

目 录

一、摩擦学国家重点实验室第五届学术委员会暨第二届咨询专家委员会第一次会议纪要	2
二、2009 年摩擦学国家重点实验室情况简介	3
1. 实验室概述	3
2. 科研情况概述	4
3. 科研人员	5
4. 实验室研究人员名单	7
三、2009 年摩擦学国家重点实验室年度报告	12
1. 年度工作计划总结	12
2. 研究工作和水平	13
3. 队伍建设和人才培养	16
4. 学术交流与运行管理	17
5. 实验室公众开放活动	18
6. 实验室大事记	18
7. 依托单位与管理部分的支持	18
四、人才培养和学术活动	19
1. 研究生培养	19
2. 学术活动	19
(1) 参加国际会议情况	19
(2) 参加国内会议情况	19
(3) 国内外期刊任职	20
(4) 代表性国际来访学术活动	21
五、实验室环境和设备	22
六、2009 年科研项目和成果	25
1. 主要在研项目	25
2. 主要项目研究进展	34
3. 科研成果	55
七、2009 年发表论文	58
1. 论文目录	58
2. 主要论文摘要	67
附录一	94
附录二	95
附录三	96
附录四	97
附录五	103

一、摩擦学国家重点实验室第五届学术委员会暨第二届咨询专家委员会第一次会议纪要

(2009 年 10 月 17 日)

清华大学摩擦学国家重点实验室第五届学术委员会暨第二届咨询专家委员会第一次会议于 2009 年 10 月 17 日—18 日在北京清华大学召开。共有 16 位学术委员会委员、13 位咨询专家委员会委员到会。清华大学科研院副院长稽世山、精仪系主任尤政出席本次会议。

10 月 17 日上午的会议，首先由温诗铸院士主持，系主任尤政致欢迎词，科研院副院长稽世山代表学校致词并宣读新一届实验室组织机构名单。温诗铸院士宣读第五届学术委员会委员名单（见附录一）和第二届咨询专家委员会委员名单（见附录二），并向各位委员颁发了聘书。第五届学术委员会主任钟掘院士、第二届咨询专家委员会首席咨询专家熊有伦院士分别致词，并简要总结了上一届学术委员会和咨询专家委员会的工作。

实验室的工作汇报由学术委员会主任钟掘院士主持。重点实验室主任雒建斌教授做实验室年度工作汇报。实验室副主任孟永钢教授汇报自主研究课题情况。17 日上午后半段会议由学术委员会副主任张曙光教授主持。微纳制造分室主任陈恩教授、智能与生物机械分室主任季林红教授、微纳光电子分室主任巩马理教授分别对各分室年度工作进行了汇报。

熊有伦院士和徐滨士院士主持了 10 月 17 日下午的会议。首先对 2009 年度摩擦学国家重点实验室开放基金的申请课题进行了评审。本年度共有 5 个重点项目和 9 个自由申请项目获得摩擦学国家重点实验室开放基金资助，资助金额共计 77 万元。获得基金资助的课题名称和资助金额见附录三。

之后，学术委员会委员和咨询专家委员会委员对上午的工作汇报进行了认真讨论。讨论主要集中在如何建立国际一流实验室这一战略目标上。委员们各抒己见，提出许多建设性意见。会议记录见附录四。

10 月 18 日上午，全体参会委员参加了本次会议的学术研讨会。町田尚博士、赵源教授、蒋向前教授、紺野大介博士、张永振教授、汪家道副教授和马天宝博士分别做了学术报告。研讨会报告题目见附录五。

学术委员会主任：

2009 年 11 月 30 日

二、2009 年摩擦学国家重点实验室情况简介

1. 实验室概述

清华大学摩擦学国家重点实验室是经原国家计委和原国家教委批准建设的国家重点实验室，1986 年开始筹建，1988 年 11 月通过验收。实验室实行学术委员会指导下的实验室主任负责制，经教育部批准，温诗铸、陈大融曾先后分别担任第一、二届和第三届实验室主任，雷天觉和谢友柏曾先后担任实验室学术委员会主任。实验室现任主任由清华大学雒建斌教授担任，中南大学钟掘院士担任学术委员会主任。

经过十几年的发展和调整，摩擦学重点实验室已形成一个以摩擦学理论与技术、表面科学与技术、微纳制造理论与技术、智能微系统设计、制造技术、微纳光电器件测试理论与技术为主要研究方向的科学研究和人才培养基地，承担着多项国家 973 计划项目、863 计划项目、国防专项课题、自然科学基金重大与重点项目以及大量国际合作和企业合作研究项目。2005 年获教育部创新团队，2007 年获国家自然科学基金优秀群体。

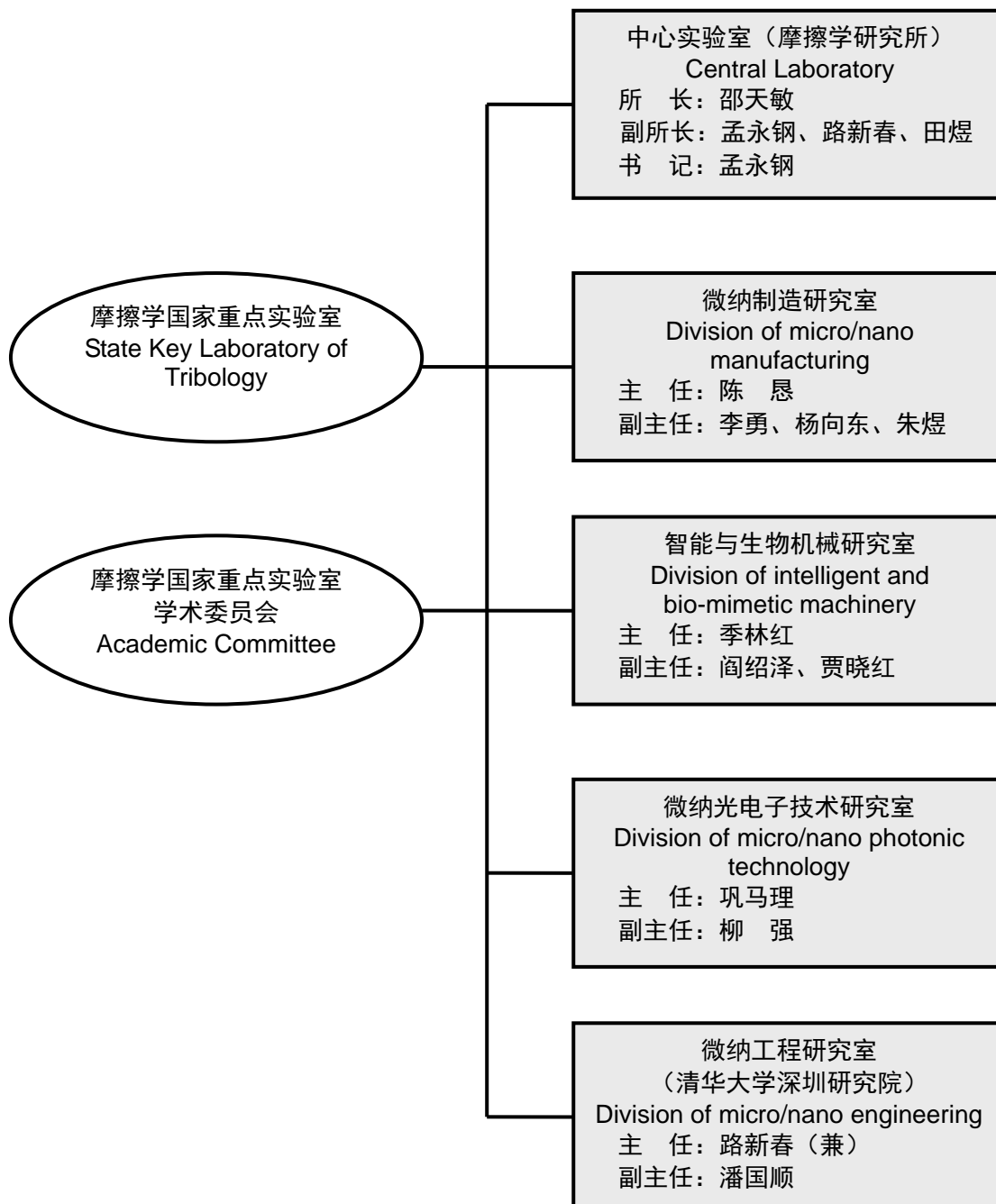
2008 年 3 月，本实验室参加了科技部组织的工程领域国家重点实验室评估，评估结果为 A 类实验室。评估完成后，实验室进行了部分人员和结构调整。

摩擦学国家重点实验室目前有固定人员 69 人，其中教授、研究员 23 名，副研究员、副教授 31 名。有博士学位者 53 人，占固定研究人员总数的 76%。实验室拥有中国科学院院士，中国工程院院士、俄罗斯工程院外籍院士、长江学者特聘教授、国家杰出青年基金获得者和教育部跨世纪优秀人才等各层次人才。

摩擦学国家重点实验室负责人

名誉主任	温诗铸	院士
主 任	雒建斌	教授
副 主 任	孟永钢（常务） 陈 愆 褚福磊 巩马理 田 煜	教授 教授 教授 教授 研究员
秘 书	张晨辉	副研究员

摩擦学国家重点实验室组织结构图



2. 科研情况概述

科技部批准的摩擦学国家重点实验室研究方向为:

- 1) 摩擦学理论与技术
- 2) 机械表面/界面科学与性能控制

- 3) 生物摩擦学与生物机械
- 4) 微纳制造理论与技术
- 5) 微纳光电测试理论与技术

积极组织 and 参与国家重点基础研究项目、国家科技专项、国家自然科学基金重大研究计划和国防创新研究项目的立项和申报工作，作为项目总体负责单位承担“973”计划项目 1 项，雒建斌教授任首席科学家；承担国家 02 重大专项 CMP 抛光机研制子项目 1 项，路新春教授为课题负责人；承担国家 02 重大专项光刻机平台研制项目 1 项，朱煜教授为课题负责人。另外还承担其它国家重大专项项目、863 项目和国家自然科学基金委创新研究群体研究项目。

在国内外学术刊物及学术会议发表论文 113 篇，其中 SCI 收录 80 篇，EI 收录 70 篇，有 25 篇论文发表在影响因子大于 2.0 的重要国际刊物上。此外，获得国家发明专利授权 28 项，教育部发明一等奖 1 项。陈皓生副研究员等人获英国机械工程师协会期刊 Part-J 的优秀论文奖；马天宝助理研究员在今年参加日本的世界摩擦学大会获得大会的青年奖一项；雒建斌获 IFToMM 服务奖。温诗铸院士获摩擦学学会最高成就奖、郑林庆教授获杰出贡献奖、田煜研究员获青年奖、汪家道副研究员获优秀论文奖。实验室固定人员共计在国内外会议上做邀请报告 11 次。

3. 科研人员

(1) 中心实验室（摩擦学研究所）

➤ 人员情况：

在职人员共有 25 名，其中中科院院士 1 人，俄罗斯工程院外籍院士 1 人，教授、研究员 8 人，副研究员：7 人，讲师、助理研究员：4 人，高级实验师等：6 人。

所 长：邵天敏

副所长：孟永钢、路新春、田煜

书 记：孟永钢

➤ 研究方向：

1. 纳米摩擦学
2. 表面形貌的摩擦学效应
3. 摩擦、磨损状态转化
4. 摩擦磨损行为及其控制

(2) 微纳制造研究室

➤ **人员情况：**

微纳制造研究室的科研人员为 16 人，另有博士后流动研究人员 15 人，其中正高级职称（教授、研究员）9 人，副高级职称（副教授、副研究员、高级工程师）12 人，讲师 3 人。绝大部分为中青年教师并具有博士学位。目前在读博士研究生 50 余人，硕士研究生 60 余人。

主 任：陈 愆

副主任：李勇、杨向东、朱煜

➤ **研究方向：**

- 先进制造装备及其控制
- 精微加工工艺与装备
- 机器人及其自动化

(3) 智能与生物机械研究室

➤ **人员情况：**

分室现有中国工程院院士 1 人、教授 5 人，副教授 9 人，高级工程师 1 人。

主 任：季林红

副主任：阎绍泽、贾晓红

➤ **研究方向：**

现代设计理论与方法、机构学与机械动力学、智能机械结构、生物机械与康复工程、CAD、以及创新产品的研制与开发。

(4) 微纳光电子技术研究室

➤ **人员情况：**

现有正高级职称人员 2 人，副高级职称人员 3 人，中级职称人员 4 人，博士研究生约 10 人，硕士研究生约 10 人。

主 任：巩马理

副主任：柳 强

➤ **研究方向：**

主要围绕先进和新型激光技术开展高功率、效率、高光束质量、小型化以及微型化激光器件的研制工作。

(5) 微纳工程研究室（清华大学深圳研究院）

➤ **人员情况：**

在职研究人员共 12 人，高级职称人员 2 人，中级职称 5 人。

主 任：路新春（兼）

副主任：潘国顺

➤ 研究方向:

1. 超精表面抛光
2. 微纳米材料

4. 实验室研究人员名单

➤ 固定人员

姓名	性别	出生日期	职称	专业	研究方向
温诗铸	男	1932-11	正高	机械工程	微纳米机械学与智能材料摩擦学
王玉明	男	1941.01	正高	机械工程	润滑与密封
陈大融	男	1946-12	正高	自动控制	表面形貌摩擦学效应研究
胡元中	男	1946-09	正高	机械工程	分子动力学模拟
雒建斌	男	1961-08	正高	机械工程	纳米级薄膜润滑研究
路新春	男	1966-05	正高	材料科学	纳米级薄膜润滑研究
孟永钢	男	1961-12	正高	机械工程	微纳米机械学与智能材料摩擦学
邵天敏	男	1963-09	正高	材料科学	表面涂层/薄膜技术与应用
田煜	男	1975-05	正高	机械工程	微纳米机械学与智能材料摩擦学
张向军	女	1968-08	副高	机械工程	微纳米机械学与智能材料摩擦学
汪家道	男	1971-11	副高	机械工程	表面形貌摩擦学效应研究
郭丹	女	1970-05	副高	固体力学	旋转机械动力学与机械故障诊断
潘国顺	男	1965-12	副高	材料科学	表面涂层/薄膜技术与应用
何永勇	男	1967-07	副高	转子动力学	旋转机械动力学与机械故障诊断
陈皓生	男	1975-11	副高	机械工程	表面形貌摩擦学效应研究
张晨辉	男	1974-12	副高	机械工程	表面工程
刘宇宏	女	1978-06	中级	化学	分子膜润滑
赵乾	男	1975-10	中级	物理	电磁材料
马天宝	男		中级	机械工程	摩擦学理论与技术
刘大猛	男	1979-01	中级	物理	机械表面/界面科学与性能控制
及开元	男	1950-09	副高	机械	机械
杨文言	女	1955-07	副高	电镜	电镜
秦力	男	1970-12	中级	机械	网络
赵磊	女	1963-07	初级	高中	实验员

2009 年年度报告

郭 炎	男	1953-11	副高	电子	电子
巩马理	男	1959-10	正高	光学	纳米测量
季林红	男	1962-01	正高	机械设计	微机械、仿生机械
阎绍泽	男	1964-01	正高	机械设计	智能机械
王人成	男	1966-01	副高	机械设计	智能机械
郝智秀	女	1966-12	副高	机械设计	智能机械
刘 莹	女	1965-12	副高	机械设计	机械学
刘向锋	男	1961-11	正高	机械设计	机械学
贾晓红	女	1972-12	副高	机械设计	生物机械
索双富	男	1963-08	副高	机械设计	智能机械
肖丽英	女	1969-06	副高	机械设计	机械学
王子羲	男	1972-08	中级	机械设计	机械学
赵景山	男	1974-08	副高	机械设计	机械学
闫 平	女	1965-09	正高	光学	纳米测量
张海涛	女	1973-03	副高	光学	纳米测量
黄 磊	男	1977-09	中级	光学	纳米测量
陈 恳	男	1954-11	正高	机械制造	微纳制造
周 凯	男	1954-09	正高	机械制造	机械制造
冯之敬	男	1948-04	正高	机械制造	微纳加工
李 勇	男	1962-02	正高	机械制造	微纳加工
王立平	男	1967-07	正高	机械制造	先进制造装备及其控制
郁鼎文	男	1962-10	正高	机械制造	微纳加工
冯平法	男	1966-02	正高	机械制造	微纳加工
韩福柱	男	1966-12	副高	机械制造	微纳加工
田 凌	女	1963-02	正高	机械制造	微纳加工
吴志军	男	1960-10	副高	机械制造	微纳加工
朱 煜	男	1965-01	正高	机械制造	纳米精度运动
刘成颖	女	1960-04	副高	机械制造	纳米精度运动
吴 丹	女	1966-10	副高	机械制造	精密与超精密加工
李铁民	男	1971-01	副高	机械制造	纳米精度运动
褚福磊	男	1959-09	正高	力学	智能微系统设计、制造技术
叶佩青	男	1963-11	正高	微纳制造	微纳制造理论与技术
刘 莉	女	1965-04	副高	微纳制造	微纳制造理论与技术
刘辛军	男	1971-03	副高	微纳制造	微纳制造理论与技术
柳 强	男	1971-06	副高	光学	微纳光电测试理论与技术
尹文生	男	1968-06	副高	微纳制造	微纳制造理论与技术
张 辉	女	1969-09	副高	微纳制造	微纳制造理论与技术
付成龙	男	1980-08	中级	微纳制造	微纳制造理论与技术

卢文秀	男	1974-02	副高	机械学	摩擦学理论与技术
杨东超	男	1975-05	副高	微纳制造	微纳制造理论与技术
杨开明	男	1970-09	中级	微纳制造	微纳制造理论与技术
张 鸣	男	1973-11	中级	微纳制造	微纳制造理论与技术
赵 彤	男	1972-12	副高	微纳制造	微纳制造理论与技术
杨向东	男	1966-05	副高	机械制造	微纳制造理论与技术
刘 莉	女	1965-04	副高	机械制造	微纳制造

➤ 流动人员

姓名	性别	出生日期	专业	学位	加入时间	是否为博士后
王慧	女	1945-03	动力机械	本科	1988-01	否
曹宇男	男	1979-09	机械电子工程	博士	2009-11	是
陈霸东	男	1974-07	计算机应用	博士	2008-05	是
陈海宁	男	1981-11	电气工程	硕士	2009-07	否
陈激	女	1985-03	药学	本科	2009-08	否
陈旭鹏	男	1983-01	精密仪器及机械	博士	2007-07	是
陈亚英	女	1973-07	机械工程	博士	2009-10	是
成荣	女	1978-11	高分子化学与物理	博士	2009-10	是
程文雍	男	1981-02	光学工程	博士	2009-07	是
戴媛静	女	1977-08	化学	硕士	2008-10	否
董立立	男	1970-03	控制理论与控制工程	博士	2008-03	是
付伟	男	1980-01	机械设计及理论	博士	2007-07	否
高令飞	女	1980-06	工程力学	博士	2009-04	是
郭丽峰	男	1980-01	测试计量技术及仪器	博士	2007-09	是
郭欲晓	女	1983-11	机械	硕士	2009-05	否
何建伟	男	1982-01	光学工程	博士	2009-07	是
纪春华	女	1982-09	检测技术与自动化装置	博士	2009-10	是
金国	男	1977-12	机械工程及理论	博士	2007-04	是
金馨	女	1981-11	广告设计	本科	2009-03	否
靳厚忠	男	1983-01	机械设计及理论	博士	2006-01	否
雷忠兴	男	1981-10	会计	其他	2009-10	否
李成	男	1985-01	仪器科学与技术	博士	2007-03	否
李党国	男	1980-01	材料学	博士	2008-05	是
李海霞	女	1979-01	仪器科学与技术	博士	2007-07	否
李锦明	男	1975-01	测试计量技术及仪器	博士	2004-04	否
李陆军	男	1981-05	流体力学	博士	2009-10	是
李学军	男	1987-01	机械电子工程	本科	2007-04	否
李永健	男	1980-03	机械学	博士	2009-09	是
李玉洁	女	1982-08	机械制造	硕士	2009-07	否
廖凯	女	1984-07	自动化	硕士	2009-02	否
林春深	男	1976-01	机械设计及理论	博士	2007-01	否

2009 年年度报告

刘大伟	男	1983-05	机器人控制	硕士	2009-02	否
刘峰斌	男	1972-09	仪器科学与技术	博士	2007-03	是
刘经宇	男	1982-10	计算机应用	博士	2008-08	是
刘孝祥	男	1984-09	未统计	硕士	2009-09	否
刘召	男	1979-10	机械电子	博士	2009-09	是
吕善进	男	1974-09	机制	博士	2007-03	是
吕晓仁	男	1979-03	机械设计及理论	博士	2008-11	是
罗经	男	1979-10	机械设计及理论	博士	2008-11	是
马竞	男	1983-08	机械工程	硕士	2009-04	否
欧君玉	女	1984-10	文艺学	硕士	2009-08	否
裴召辉	男	1982-07	机械设计及理论	硕士	2009-08	否
戚玉华	女	1953-10	高中	其他	1988-01	否
齐刚	男	1982-12	电力与电子	硕士	2009-07	否
齐雅丽	女	1985-05	未统计	硕士	2009-10	否
钱善华	男	1980-03	机械设计及理论	博士	2009-07	是
任长志	男	1977-02	机械电子	博士	2009-09	否
任冬雪	女	1985-08	化工	硕士	2009-05	否
沈攀	男	1982-09	机械设计及理论	硕士	2009-06	否
苏哲欣	男	1983-06	机械电子工程	硕士	2009-02	否
孙光来	男	1978-09	声学	硕士	2009-07	否
田芳馨	女	1984-10	机械设计及理论	硕士	2009-07	否
田丽	男	1981-06	机械设计及其自动化	硕士	2008-07	否
佟浩	男	1978-01	机械制造及其自动化	博士	2008-06	是
王爱明	男	1974-06	机械设计及理论	博士	2007-11	是
王婧	女	1985-03	机械工程	硕士	2009-02	否
王婷	女	1982-10	测试计量技术与仪器	博士	2009-09	是
王喜眉	女	1980-01	材料	博士	2009-05	是
王岩	女	1979-11	有机化学	硕士	2008-09	否
尉鹏	男	1982-01	机械设计及其自动化	硕士	2008-07	否
肖宇琦	女	1975-01	机械设计及理论	博士	2009-10	是
徐登峰	男	1973-05	机械工程	博士	2007-07	是
徐明刚	男	1978-01	机械	博士	2007-07	是
徐学峰	男	1973-12	机械工程	博士	2008-03	是
徐艳姬	女	1976-01	材料学	博士	2006-07	否
徐云龙	男	1983-10	电器工程	硕士	2009-04	否
许岩	男	1982-09	机械设计及其自动化	硕士	2008-07	否
许振杰	男	1983-01	机械设计及理论	硕士	2009-08	否
于湘涛	男	1979-01	机械工程自动化	博士	2007-06	是
张凤茹	女	1956-10	财会	其他	2009-09	否
张洪玉	男	1982-05	生物医学工程	博士	2009-05	是
张利	男	1984-04	光学工程	硕士	2009-07	否
张连清	男	1983-06	机械设计制造及自动化	本科	2009-07	否
张炜	男	1977-01	机械设计及理论	博士	2007-07	是
赵明	男	1976-01	材料加工工程	博士	2006-07	否

赵兴	男	1984-01	电气控制	硕士	2009-07	否
周明	男	1978-01	机械电子工程	博士	2006-04	否
周桃	男	1984-03	载运工具运用工程	硕士	2009-10	否
朱爱斌	男	1975-11	机械工程	博士	2009-09	是
左学勇	男	1981-02	机械设计制造及自动化	本科	2008-04	否

➤ 人才情况

称号	姓名	获得年份
科学院院士	温诗铸	1999
杰出青年基金	雒建斌	2000
长江学者	雒建斌	2003
杰出青年基金	褚福磊	2004
杰出青年基金	孟永钢	2005
杰出青年基金	路新春	2008
新世纪人才	何永勇	2005
新世纪人才	柳强	2006
新世纪人才	田煜	2007
新世纪人才	刘辛军	2008
新世纪人才	赵景山	2009

三、2009 年摩擦学国家重点实验室年度报告

1. 年度工作计划总结

1) 自主研究课题执行情况

根据科技部对国家重点实验室的自主研究课题的设置原则和精神，摩擦学国家重点实验室根据实验室的五个主要研究方向设立了重点研究课题支持实验室主要研究方向的长期稳定发展，设立了自由探索课题探索主要研究方向框架内的创新增长点。实验室在 2009 年 8 月继续进行了自主研究课题立项，自 2008 年以来共设立重点课题 10 项，面上自由探索课题 20 项，奖励项目 3 项。

围绕摩擦学理论与技术设立重点课题 3 项：微纳米尺度表面界面行为研究、核主泵用流体机械密封特性研究和水基润滑剂研制及润滑评价，另外设立自由探索课题 4 项。

围绕表面/界面科学与技术设立重点课题 2 项：微射流损伤机理研究和气/汽相结构对固液界面效应的影响研究，另外设立自由探索课题 1 项。

围绕微纳制造理论与技术设立重点课题 3 项：芯片制造中平坦化关键技术及其应用研究、近场旋转式纳米图案制造中的科学与技术问题研究和纳米精度非球曲面的振动辅助金刚石切削基础研究，另外设立自由探索课题 7 项。

围绕生物摩擦学和生物机械设立重点课题 1 项：面向生命科学的机器人微纳操作理论与技术研究，另外设立自由探索课题 4 项。

围绕微纳光电器件测试理论与技术设立重点课题 1 项：超短脉冲固体激光器及其应用技术研究，另外设立自由探索课题 2 项。

实验室在 2010 年 1 月对所有立项的自主研究课题项目进行了进展检查，所有项目提交了研究进展报告，实验室组织了 6 个专家组分别对每个项目进行了现场检查并提出了专家意见以促进项目顺利进展。根据 2009 年底自主研究课题的检查情况汇报，大多数课题进展大都比较顺利，此外也都有值得进一步改进提高的地方。实验室预定将于 2010 年 8 月以答辩汇报方式对 2008 年立项的自由探索课题进行结题检查，对其他项目进行研究进展汇报检查。

2) 开放课题执行情况

2009 年度实验室共设立开放课题 13 项，共资助经费 67 万元。其中重点课题 4 项，经费共计 40 万元。所设立的 4 项重点课题的研究内容与实验室的 2 个研究方向表面/界面科学和微纳制造理论与技术密切相关。自由申请课题 9 项，经费共计 27 万元，用于资助外单位人员使用本实验室的实验设备。2009 年度，开放基金使用支出共计 41.8 万元，主要用于实验费和差旅费的支出。

2. 研究工作和水平

承担研究课题的重要性及完成情况，研究成果的水平和影响，在国内外重要学术会议上做特邀报告的情况。实验室最新研究进展。

2009 年，实验室围绕以下主要研究方向：

- 摩擦学理论与技术
- 机械表面/界面科学与性能控制
- 生物摩擦学与生物机械
- 微纳制造理论与技术
- 微纳光电测试理论与技术

积极组织和参与国家重点基础研究项目、国家科技专项、国家自然科学基金重大研究计划和国防创新研究项目的立项和申报工作，作为项目总体负责单位承担“973”计划项目 1 项，雒建斌教授任首席科学家；承担国家 02 重大专项 CMP 抛光机研制子项目 1 项，路新春教授为课题负责人；承担国家 02 重大专项光刻机平台研制项目 1 项，朱煜教授为课题负责人。另外还承担其它国家重大专项项目、863 项目和国家自然科学基金委创新研究群体研究项目。

2009 年，实验室承担在研课题 160 余项，科研经费：4768 万元。在国内外学术刊物及学术会议发表论文 113 篇，其中 SCI 收录 80 篇，EI 收录 70 篇，有 25 篇论文发表在影响因子大于 2.0 的重要国际刊物上。此外，获得国家发明专利授权 40 项，教育部发明一等奖 1 项。陈皓生副研究员等人获英国机械工程师协会期刊 Part-J 的优秀论文奖；马天宝助理研究员在今年参加日本的世界摩擦学大会获得大会的青年奖一项；雒建斌获 IFToMM 服务奖。温诗铸院士获摩擦学学会最高成就奖、郑林庆教授获杰出贡献奖、田煜研究员获青年奖、汪家道副研究员获优秀论文奖。实验室固定人员共计在国内外会议上做邀请报告 11 次。

本年度取得的最新研究进展介绍如下：

1) 摩擦学理论与技术

对纳米压痕进行了跨尺度模拟研究，采用分子动力学与有限元模型相结合，考察了压头半径、压痕速度对纳米压痕结果的影响；针对石墨烯优异的电学性能，导热和机械性能，和其在纳电子器件、传感器、NEMS 中获得广泛的应用的前景，采用分子动力学模拟研究了多层石墨烯的剪切行为，探讨了多层石墨烯在剪切过程中的摩擦及运动规律，研究实现超滑的途径，为今后在 NEMS 等领域的应用提供基础。

针对油气和油雾润滑技术，定位定量对需要润滑的位置进行润滑剂主动供给技术中的液液界面问题，对液液界面的摩擦进行了实验研究，发现了液液界面

存在类似固固界面的静摩擦现象，为深入理解相关润滑机理和润滑技术发展具有重要意义；利用石英晶体微天平 QCM 对近壁面纳米厚度的受限薄膜进行了实验研究，考察了由于近壁面固体的约束作用、以及外场作用使液体的分子排列方式发生变化，从而使得剪切特性、相变形为发生的明显区别于体相材料的变化，还考察了电场对液晶分子在固液界面处流变行为的影响。

针对国内外实际应用的“二代加”核主泵产品两种主泵轴封结构：静压机械密封和动、静压机械密封密封工作机理开展了多场耦合稳态模型研究；对于核主泵副密封的三元乙丙橡胶材料进行了与具有 DLC 涂层的钢配偶件的摩擦性能试验，获得该橡胶密封材料的摩擦系数随润滑状态、载荷、温度和相对滑动速度等的变化规律，并通过摩擦表面的形貌分析揭示了其摩擦机理，可为核主泵机械密封性能分析及副密封选材提供依据；完成了单级立式密封试验台主体结构及高低压辅助水系统的设计与施工，规划并初步完成测试与控制系统硬件建设。

2) 机械表面/界面科学与性能控制

研究了高速、高压、高加速度条件下的材料空蚀损伤机制研究，主要解决了导致材料损伤的力学过程分析、微射流强度与近壁面距离与材料损伤间关系、层裂过程的应力波传播机理、微颗粒直接参与空蚀材料破坏过程的证据与损伤机制等问题；导致材料损伤发展的空蚀与腐蚀共同作用机制研究，主要解决金属材料表面电子态密度分布与界面腐蚀关系、表面电子特性及双电层结构与界面腐蚀关系、腐蚀与空蚀相互影响的关键因素等问题；微区高压场形成与微颗粒运动轨迹控制的形貌设计准则研究，主要解决表面形貌高压微区形成的两相流分析计算、微区高压场形成与微颗粒运动轨迹控制的形貌设计准则等问题；改变表面电子态密度构建纳米级长程力的原理与技术研究，探讨材料表层电极电势与空蚀发生的关系、多能量叠加离子注入提高材料表层电极电势的原理与技术、基于双电层的纳米级长程力的构建及其计算分析方法、阻止微颗粒趋近壁面的物理原理与力学因素等问题。

研究了液滴在曲面上的铺展；静态液滴下气相结构驻留的表面材料和结构条件及其稳定性研究；铝阳极氧化法的表面制备的实验工艺研究；不同参数对铝阳极氧化法的表面制备过程的影响及其表面超疏水性能测试；氟碳树脂表面涂层制备工艺研究。

研究了推力轴承弹性油箱失压后水轮机的动力学特性，发现弹性油箱推力轴承失压后水轮发电机组长期运行后，弹性油箱发生渗油失压，使得柔性支撑变为刚性支撑，弹性油箱失压后，只要推力瓦仍可以正常工作，推力轴承扭转刚度的变化并不会导致轴系振动发生显著的变化。

研究了斜裂纹转子系统横向振动的运动稳定性和动力学特性，发现斜裂纹

转子系统的横向响应中包含了明显的工作频率和扭振频率的组合频率，轴向响应中包含了明显的扭振频率；直裂纹转子系统中相应的频率成分不明显。斜裂纹可以引起转子刚度的弯-拉耦合、弯-扭耦合和拉-扭耦合，而直裂纹只能引起转子刚度的弯-拉耦合，所以斜裂纹转子系统表现出比直裂纹转子系统更为明显的弯-扭及拉-扭耦合振动。

分析了太阳翼的载荷环境条件，重点分析了星箭分离时太阳翼经历的力学环境条件，考察了星箭连接结构部分失效的力学环境，编制了星-箭-包带连接结构分离动力学软件模块；考虑环境温度、绳索材料特性等因素的影响，建立了太阳翼同步机构精确模型，并将同步机构模型集成于考虑铰间隙、锁定间隙等因素的太阳翼动力学软件模块；在对太阳翼运行的空间环境和力学环境分析的基础上，对复杂运行环境可能引发的构件结构破坏、固定连接松弛和精密配合表面破坏等进行了归类，进而对太阳翼分支机构/组件的故障分析与归类，建立了太阳翼的故障树；开展了模拟太阳翼动力学特性实验，并采用修正的Hilbert-Huang变换方法进行了太阳翼动力学特性的时频特性。

3) 生物摩擦学与生物机械

对仿生微柱表面的粘着剥离性能进行了理论研究；对不干胶带的剥离进行了系统实验研究；自行研制了基于二氧化硅的剪切增稠液体，在达到一定剪切速率时其液体粘度可突然上升至高达上千 Pa.s，并系统考察了基础液、温度、颗粒含量对悬浮液的剪切增稠性能的影响。

建立了人体下肢生物力学模型及其与机器人结构映射关系；探索了人体模型和机器人模型的相似性原理；设计了基于人工肌肉的仿生双足机器人，完成结构参数的优化设计、出装配图和零件图；完成了控制系统选型、试制，以及购置工作。

继续深入开展了电流变弹性体和磁流变弹性体的研究，表征了这些弹性体在电场和磁场作用下的伸缩效应和电导特性，并进行了相关力学建模；发现了电磁流变系统中的剪切增稠现象，对相关剪切增稠机理和电磁流变的机理进行了讨论，研究结果为基于智能材料的生物康复或训练机械的研制提供了重要参考。

4) 微纳制造理论与技术

在硅晶片抛光方面，在实现细抛抛光液获得突破的基础上，根据国家重大专项的任务又进行了粗抛液和精抛液的研究开发；在蓝宝石晶片抛光液研究方面，进行了多种晶向蓝宝石晶片抛光液研究；在镀铜层抛光液研究方面，进行了以二氧化硅、有机颗粒为磨粒的抛光试验研究；高精抛光粒子研制方面，进行了亚微米级氧化铝颗粒及纳米级氧化硅颗粒的制备与改性研究；在抛光液超净化控制技术方面，研究了抛光液杂质离子及大颗粒去除与控制技术；研究

了纳米颗粒与表面的接触粘着行为，测量了纳米尺度下颗粒的材料特性，及化学机械抛光中常用的二氧化硅颗粒与铜表面、硅表面的作用力；研究了化学机械抛光中材料去除的化学作用与机械作用协同效应，采用分子动力学方法模拟了单个颗粒切削表面的过程。

搭建了超精密加工机床实验平台，并进行了初步的切削验证实验；提出了两种椭圆超声振动装置的初步设计方案；初步分析了椭圆振动辅助对非球表面成形影响。完成了超精密加工机床搭建并取得较好的切削加工效果，为后续超声切削提供了基础实验平台。

建立了微结构表面超精密车削模型，通过理论分析和仿真计算，研究了刀具沿吃刀方向高频振动车削时的切屑生成机理、剪切变形特征和切削力热规律；建立了微结构表面车削成形原理，分析了切削工艺与参数对刀具运动轨迹的影响，研究了基于微结构表面超精密车削运动学特性的刀具轨迹生成方法；建立了 FTS 控制的角度域模型，研究了基于角度域的 FTS 控制器设计方法、控制算法与实现技术。

利用微结构表面超精密车削的硬件结构特点，建立了角度域概念，利用状态空间法和加速度前馈，设计了基于角度域的精密自抗扰控制器结构和算法，并从频域分析了控制器的鲁棒性、跟踪性和动态刚度。建立了正应力电磁驱动快速刀具伺服系统实验平台，设计开发了基于 DSP 的实时控制程序，对系统的定位精度和跟踪精度性能进行了测试。

5) 微纳光电测试理论与技术

完成了连续波面激光波前能动控制技术的方案论证与设计，包括：泽尼克像差校正能力与波面拟合算法的研究，能动镜面各低阶像差补偿能力及性能影响参数的研究；干涉相位图的噪声处理与面形分析；能动反射镜整体结构、驱动单元与布局的分析与设计，驱动方案、致动器、回复机构的分析与设计。

采用一个高功率的振荡器和四级的单通放大器构成 MOPA 结构。在重复频率 60KHz 时，32W 的 TEM₀₀ 种子光通过四级放大后的获得 154W 功率输出；进行了 10W 紫外激光工程化技术研究，重点解决了输出光束质量、寿命、连续工作时间、电源以及上位机控制等工程化问题；在高亮度二极管泵浦激光器研制方面，所研制的激光器在连续输出功率、光光转化效率方面处于国际前沿水平；在高功率光纤激光器研制方面处于国内领先水平，在激光精确制导、光电对抗等方面有重要应用价值。

3. 队伍建设和人才培养

实验室一共有固定研究人员 63 人，固定实验室管理人员 6 人，研究助理 46 人，在站博士后 27 人，在对博士和硕士研究生 178 人。

2009 年实验室加强了青年研究骨干的培养和人才引进工作，引进了剑桥大学物理专业博士毕业的刘大猛加盟。另外本实验室培养的博士后马天宝也在今年留校并在摩擦学国家重点实验室工作。2007 年引进的赵乾博士在手性电磁材料制备和表征方面取得较好进展，受邀在影响因子为 13 的国际刊物 *Materials Today* 上发表综述文章一篇。

雒建斌研究员获 IFToMM 服务奖；陈皓生副研究员等人获英国机械工程师协会期刊 *Part-J* 的优秀论文奖；马天宝助理研究员在今年参加日本的世界摩擦学大会获得大会的青年奖一项。实验室温诗铸院士获摩擦学学会最高成就奖、郑林庆教授获杰出贡献奖、田煜研究员获青年奖、汪家道副研究员获优秀论文奖。路新春研究员获教育部长江学者教授；田煜研究员获清华大学学术新人奖；解国新博士生获清华大学 2009 年度学术新秀，田煜晋升为研究员，冯平法晋升为教授。

本年度重点实验室领导机构、学术委员会换届、咨询专家委员会进行了换届。雒建斌研究院继续担任实验室主任、钟掘院士继续担任实验室学术委员会主任。增选张曙光为实验室学术委员会副主任，田煜研究员为重点实验室副主任。增选赵淳生院士、王玉明院士、张嗣伟教授为首席咨询专家。另外，实验室学术委员会委员、咨询专家委员会委员也进行了换届。

4. 学术交流与运行管理

2009 年实验室与国际间的学术交流进一步活跃。有 20 多人次出国讲学、短期工作访问或参加国际学术会议。实验室 20 多位教师和研究生参加了 2009 年在长沙举办的工业摩擦学和青年摩擦学大会，参与组织和举办了在北京举办的第九届全国摩擦学大会暨中国机械工程学会摩擦学分会成立 30 周年庆典等重要国内学术会议。实验室 7 位教师参加了中国-以色列摩擦学学术论坛。

2009 年实验室邀请 1987 年诺贝尔物理奖得主、IBM 苏黎世研究所的 Dr. George Bednorz 教授，国际知名的摩擦学专家，以色列魏兹曼科学研究院/英国牛津大学 Jacob Klein 教授，澳大利亚工程院院士、新南威尔士大学 Scientia 教授和终身教授章亮炽，澳大利亚皇家墨尔本理工大学 Derry Doyle 教授，英国康复领域专家 AbuBakr Bahaj 教授等 10 多位国际著名学者来实验室进行了访问和学术交流；邀请美国 Eaton 公司的朱东博士和以色列的 I.Etsion 教授来实验室作长期交流和访问；与日本 NSK 公司、Panasonic 公司、Toshiba 公司、IHI 公司等开展了国际合作研究项目，继续提升实验室在国际学术界和产业界的影响力。

2009 年实验室继续坚持对国内外的开放，开放基金课题新立项 13 项，资助金额达 67 万元。2009 年度，开放基金共计支出 41.8 万元。实验室大型仪器设备 20 多台套全面对外开放服务，总服务机时达 28000 小时，为开放基金课题以

及校内外的相关科研项目提供了大量高质量的测试服务。

5. 实验室公众开放活动

国家重点实验室的一个重要的功能作为科技展示平台对公众开放，展示科研成果，进行科普教育。2009 年度多次接待社会团体来实验室参观访问。2009 年 4 月份，接待了广东省肇庆市和佛山市的领导来实验室访问、交流。同时，实验室还多次接待来自国内外高校、研究所、企业人员的个人参观和访问。实验室还参加了北京市教委组织的北京青少年科技创新学院翱翔计划，每年接收 1 到 2 名高中生来实验室参加科技活动。2009 年接收了北师大燕化附中的一名高中生来实验室进行为期 1 个月的科技活动。通过各种形式的对外开放，实验室提高了社会知名度，同时促进了实验室和企业界的合作与交流。

6. 实验室大事记

2009 年对实验室进行了进一步规划，进行了实验室使用面积和功能的调整，为实验室的后续研究发展创造了更好的条件。此外，与清华大学精仪系其他研究所一起完善了 MEMS 加工超净实验室的改造和设备的更新调整工作。经过广泛调研和比较，在清华大学 211 经费的支持下，新订购了多功能椭偏仪，已经到货安装，红外热像仪已经订货。对科技部 2009 年年底批复的实验室设备更新与改造，实验室进行了计划和工作安排，对每项重要设备组织了专门的小组进行购买相关的系列工作，预计可以在 2010 年顺利完成相关设备的采购工作。

7. 依托单位与管理部分的支持

摩擦学国家重点实验室依托清华大学，挂靠在精密仪器与机械学系。依托单位对实验室的人事、财务、固定资产进行管理。清华大学每年向实验室投入 50 万元运行费。2009 年度，清华大学通过内部挖潜，向实验室提供了 720 平米的面积房屋供租赁，在一定程度上缓解了实验室面积不足的矛盾。

四、人才培养和学术活动

1. 研究生培养

清华大学摩擦学国家重点实验室有硕士点四个，分别为机械制造及其自动化、机械电子工程、现代设计理论与方法以及光学工程。博士点两个，分别为机械工程和光学工程。博士后点两个：机械工程和仪器仪表。

2008年，在校硕士研究生78人，毕业20人，在校博士研究生73人，毕业25人，博士后在站27人，出站7人。

研究生和博士后情况：

类别	个数	在校/站人数	毕业或出站人数
硕士点	4	63	17
博士点	2	115	24
博士后点	2	34	7

2. 学术活动

(1) 参加国际会议情况

类别	报告题目	会议名称	报告人	时间	地点
Invited	Tribology in nanomanufacturing of ultra-smooth surface	5th International Colloquium Micro-Tribology	雒建斌	2009-09	Poland
Kenote	Progress in Laser Surface Texturing, Keynote	The 4th World Tribology Congress WTC2009	邵天敏	2009-09	Kyoto, Japan
Invited	The growth mechanism and properties of ultra thin DLC films	UK-China Summer School and 2009 Workshop on Tribology & Surface Engineering	张晨辉	2009-06	兰州

(2) 参加国内会议情况

类别	报告题目	会议名称	报告人	时间	地点
特邀	IC 制造与摩擦学	2009年全国青年摩擦学与工业应用学术会议	路新春	2009-05	长沙

特邀	IC 制造原理与技术及其发展趋势	全国机械学科前沿研讨会	路新春	2009-05	武汉
特邀	铜布线无磨粒化学机械抛光液	第九届全国摩擦学大会	路新春	2009-10	北京
特邀	硅微机电系统的摩擦学特性测试	第九届全国摩擦学大会	孟永钢	2009-10	北京
特邀	激光在表面技术中的应用	2009 年全国青年摩擦学与工业应用学术会议	邵天敏	2009-05	长沙
特邀	硬盘磁头气体润滑的理论及实验研究	2009 年全国青年摩擦学与工业应用学术会议	孟永钢	2009-05	长沙
特邀	高功率光纤激光的模式与光束质量	第 19 届全国激光学术会议	巩马理	2009-04	北京
特邀	不相溶液/液界面摩擦实验研究	第九届全国摩擦学大会	田煜	2009-10	北京
特邀	电流变液低剪切速率相变研究	2009 年全国青年摩擦学与工业应用学术会议	田煜	2009-05	长沙

(3) 国内外期刊任职

姓名	学术期刊名称	职务	任职开始时间
雒建斌	Surface Science and Engineering	编委	2006-06
雒建斌	Surfaces and Coatings Technology	编委	2004-10
雒建斌	Tribology-Materials, Surfaces & Interfaces	编委	2006-10
雒建斌	科学通报 Chinese Science Bulletin(中英文)	编委	2002-10
雒建斌	摩擦学学报	副主编	2005-10
胡元中	PIMech E part J: Journal of Engineering Tribology	Associate Editor	2002-12
陈大融	Frontiers of Mechanical Engineering in China	编委	2005-01
王玉明	机械工程学报	编委会副主任	2002-01
王玉明	流体机械	编委会名誉主任	2001-01
王玉明	润滑与密封	编委会顾问	2003-01
胡元中	摩擦学学报	编辑委员会委员	2002-08
路新春	Journal of Bionics Engineering	编委	2004-01
赵景山	The Open Mechanical Engineering Journal	编委	2006-12
巩马理	Semiconductor Photonics and Technologies (国内英文版)	编委	2003-01
陈恳	Mechatronics	Associate Editor	2009-09
邵天敏	中国表面工程	编委	2004-02
褚福磊	振动工程学报	编委	2005-01

季林红	中国康复医学	编委	2006-12
陈恳	机器人	编委	2009-09
巩马理	激光技术	编委	2001-01
朱煜	半导体学报	常务理事	2007-01
柳强	激光技术	编委	2006-01
陈皓生	系统仿真学报	编委	2005-02
王人成	中国康复医学	编委	2006-01

(4) 代表性国际来访学术活动

编号	姓名	国别	职称	时间	来访形式
1	章亮炽	澳大利亚	院士教授	2009.10.16	学术报告、交流
2	Shuyu Zhang	美国	博士	2008.11.27	学术报告、交流
3	I.Etsion	以色列	教授	2 个月/年	讲学、交流
4	Jacob Klein	以色列	教授	1 个月/年	讲学、交流
5	Derry Doyle	澳大利亚	教授	2009.10.18	讲学、交流
6	Dong Zhu	美国	博士	6 个月/年	合作研究
7	Nick Tyler, AbuBakr Bahaj	英国	教授	2009.10.23	学术交流

五、实验室环境和设备

设备管理制度和条例

1. 实验室仪器设备管理规定

1. 实验室的所有仪器设备由仪器设备管理员负责总管理，各分室所用设备由分室管理人员负责具体管理。
2. 固定资产做到账、物、卡以及数据库完全相符。
3. 新进设备要及时建卡入账。
4. 本实验室设备一般不许借出，各分室互借要进行登记。
5. 仪器设备及附件定位存放。
6. 仪器设备登记、验收、上交等均需实验室主任签字。
7. 仪器设备如有损坏、丢失要写出报告，说明原因、过程，分清责任，并由实验室主任签属意见，及时上报。因违章造成的损失，要按有关规定进行赔偿。
8. 仪器设备的说明书由各分室管理员管理，借出要登记并按时归还。

注：大型设备的管理按照学校有关规定执行

2. 大型实验室仪器设备管理规定

1. 确定仪器技术管理负责人，该负责人负责仪器的管理与使用。
2. 建立完整的操作规程（另行列册）。
3. 建立仪器工作日记。记载仪器一般情况，管理人员必须按日如实填写。
4. 建立样品预约时间表。
5. 建立仪器维修与维护档案。如果仪器出现故障，视具体情况决定个人或请公司维修工程师进行维修，维修前后做如实记录。
6. 专人管理仪器技术资料。有关操作说明，任何人不得携出室外。只能在实验室内阅读。
7. 建立样品接受、“验关”制度，有专人负责验收。放射性样品、带有磁性样品、腐蚀性样品一律拒收。如发现有隐瞒现象，尚未造成事实者予以批评教育；如已对系统造成损坏，要及时报请学校，索取赔偿。
8. 仪器实行全年工作制，每日必须对电、气、水做检查。
9. 设立仪器保养制，每周末对主要工作件做检查；每年末对仪器主要技术指标做一次检测。
10. 定期对备件状况做出检查，按学校规定日期申报零备件采购清单。
11. 有计划地聘请国内外有关专家，交流仪器使用、维护及管理经验。
12. 定期向学校报告仪器使用情况及设备性能。
13. 操作人员按规定的主要仪器参数进行操作，不可随意更改。如遇特殊情况，必须按使用手册规定的范围调节，并登记备案。

3. 实验室仪器设备借用制度

根据清华大学固定资产管理条例，在保证实验室使用的前提下，仪器设备可以向外出借。

1. 校外借用仪器设备凭单位介绍信，必须经校方及系方负责人同意且签署意见后，方可借出。
2. 外系借用一般仪器必须有该系证明、负责人签字且经我系负责人同意，最后由实验室根据使用情况，确定借出与否。
3. 根据学校规定借到校外的仪器设备，原则上按照每天收取 1%-5% 的租金（连续期间节假日除外），所得款项作为更新仪器设备之用。
4. 借用期限一般为两个星期，到期续借需办理续借手续，逾期不还，有权加收两倍以上租金，且及时追回。
5. 凡本室因工作需要外携仪器设备，工作结束后而仪器继续由外单位借用者，应按照上述条文办理出借手续。
6. 借用单位负责借出仪器设备的维护，保证按期归还，如有损坏及逾期不还的情况，可停止对该单位借出，损坏者依损坏赔偿制度给予赔偿。
7. 仪器设备借出前应进行必要的技术测试，且提出维护注意事项，借用单位应注明：借用单位、借用人、仪器设备名称、借出及归还日期、借用单位电话号码，以便催还。
8. 本教研室人员借用仪器设备要进行登记，负责保管好并按期归还。
9. 各实验室的常规教学仪器设备一般不外借，特殊情况须经各室主管人员同意后，方可外借。

4. 仪器设备损坏（遗失）赔偿规定

根据清华大学设备仪器管理条例，结合摩擦学实验室具体情况，特制订如下条例：

1. 在发生损坏、遗失仪器设备事故后，迅速查明情况和原因，当事人应及时上交书面报告，详细说明情况，由实验室主任和管理人员提出处理意见，报系实验室与资产的负责人审核，并报学校实验室与设备处。
2. 经技术人员、管理人员和领导组成的鉴定小组查证：凡属责任事故，当事人要承担责任和经济赔偿；凡属非责任事故，可以不赔偿，但要研究事故成因，防止再次发生。
3. 在计算经济赔偿时可考虑以下情况：
4. 损坏、遗失零配件的，只计算零配件的损失价值；
5. 局部损坏可以修复的，只计算修理费；
6. 损坏后质量显著下降，但仍能使用的，应按其质量下降程度酌情计算损失价值；
7. 损坏或遗失仪器设备一般可按新旧程度合理折旧。
8. 赔偿费的偿还期一般不得超过半年，如果赔偿金额较大，赔偿者一次交款有困难时，可申请分期或缓期交清，属于几个人共同承担责任事故的，应根据各人责任大小和认识态度分别承担赔偿费。
9. 赔偿费收入只能作为修理或补充仪器设备的经费。

5. 实验室人员管理制度

1. 本实验室所有工作人员应以祖国的教育事业为重，做到认真负责、教书育人。并且不断加强业务学习，提高业务水平，紧跟时代发展。积极实验室的建设和管理工作，为教学科研服务。
2. 本实验室实行人员上班考勤制度，设有专职考勤人员，实验室工作人员必须遵守考勤制度。如因故不能按时上班，必须事先向实验室主任和考勤员请假。

3. 实验辅导人员要在实验前十分钟到达实验室，并对实验过程做适当的记录。保证人身及设备安全，发现问题及时报告。
4. 每年年末教研组根据实验室工作人员的工作业绩进行年终总评，给予表扬奖励。

6. 实验室技术人员岗位职责

1. 实验室技术人员应忠于党的教育事业，兢兢业业做好工作。遵守和贯彻学校和实验室关于实验室的各项管理规定，努力完成自己的本职工作。
2. 熟练掌握实验室的各项实验的原理和实验技术，熟练掌握实验仪器的使用方法，能维修所在实验室仪器的一些小毛病。
3. 掌握实验室设备的运行情况，发现仪器设备运行不良时应马上采取措施并及时报告、维修。
4. 积极参加实验改革，努力学习新的实验技术、新器件的使用，尽快掌握本实验室新购进的设备的使用方法。
5. 有实验时提前开门，实验中积极辅导，发现问题及时解决，实验完后应整理好设备、关闭电源、关好门窗。
6. 负责实验室的安全、环境卫生工作及设备管理工作。

六、2009 年科研项目和成果

1. 主要在研项目

(1) 省部级（以上）课题（按项目排序）

项目类别	项目（课题）名称	编号	类别	项目负责人	开始时间	结束时间
省部级项目	xxx激光器	0901NG0009	主要负责	巩马理	2009-01	2011-10
省部级项目	xxx激光器	0803NG0069	主要负责	黄磊	2008-03	2010-12
国家科技重大专项	12 英寸靶室与终端系统运动仿真轨迹规划与控制算法研究	2008ZX02105002	主要负责	杨开明	2008-09	2012-12
省部级项目	355nm 紫外固体激光xxx	51302010112	主要负责	黄磊	2008-01	2010-12
省部级项目	XXX 工程外场 XX 测试控制系统	20094810063	主要负责	杨向东 陈恳	2009-06	2010-06
省部级项目	xxx 减阻技术研究	xxxxxx	主要负责	汪家道	2006-01	2011-12
省部级项目	XXX 自动化柔性装配工装研制	20094910058	主要负责	陈恳	2009-12	2011-06
省部级项目	XX 涂料智能涂装技术研究及应用	07016	主要负责	陈恳	2007-06	2010-06
省部级项目	北京市科技新星计划 A 类	2006A59	主要负责	刘辛军	2006-09	2009-08
国家自然科学基金	被动型仿人舞伴机器人与人类舞蹈者的协调运动研究	50975148	主要负责	陈恳	2009-12	2012-12
省部级项目	壁虎刚毛的摩擦学研究等	000011	主要负责	田煜	2007-01	2010-12
"973"计划	表面材料与结构的润滑抗磨问题探究	2007CB607605	参与	邵天敏	2007-01	2010-12

国家自然科学基金	表面特性对水基润滑成膜特性的影响规律	50605034	主要负责	张晨辉	2006-01	2009-12
国家自然科学基金	并联机床高速加工航空难加工材料时动态特性及工艺研究	508xx	主要负责	王立平	2008-01	2011-12
国家自然科学基金	并联机构性能评价新指标及其应用研究	508xxxxx	主要负责	刘辛军	2007-12	2010-12
省部级项目	玻璃脆性材料磨削加工专用超精密加工磨床关键技术与装备	071111006	参与	李勇	2007-11	2009-12
支撑计划	产品生命周期评价技术与工具研究	xxxxx-1-0	参与	向东	2007-07	2009-12
国家自然科学基金	超低摩擦机理中跨尺度及复杂性问题的研究	50675111	主要负责	胡元中	2007-01	2009-12
国家科技重大专项	超低下压力 CMP 系统及工艺开发	2008ZX02104-001	主要负责	路新春	2008-10	2012-09
"973"计划	超低压下异质表面纳米精度平坦化新原理与实现	2009CB724201	主要负责	雒建斌	2009-01	2013-12
省部级项目	超高功率激光位相调节xxx	2009AA8044014	主要负责	黄磊	2009-07	2010-06
省部级项目	超高频全固态激光技术研究	NCET060056	主要负责	柳强	2007-01	2009-12
国家自然科学基金	超高重频(>2MHz)声光调 Q 激光器及其动力学特性研究	60778014	主要负责	柳强	2007-01	2010-12
国家自然科学基金	超光滑表面加工中纳米颗粒与表面间的微观作用机制研究	50775121	主要负责	郭丹	2007-12	2010-12
省部级项目	超声导引肝肿瘤微波消融治疗机器人系统的开发	H060720050330	主要负责	陈肯	2007-12	2010-12
国家自然科学基金	超疏水表面形貌的界面效应影响研究	50675112	主要负责	汪家道	2007-01	2009-12
"863"计划	脆性材料放电铣削及超声辅助复合加工技术与装备	2009AA044204	主要负责	冯平法	2009-01	2010-11

"973"计划	大惯量多体系统的多场多尺度建模与纳米运动精度生成	2009CB724205	主要负责	朱煜	2009-01	2013-08
"973"计划	大型掘进装备复杂机械系统可靠性与顺应性设计	2007CBxxx xxxxx	参与	刘辛军	2007-07	2011-08
"973"计划	大型掘进装备复杂机械系统可靠性与顺应性设计	2007CB714003	参与	何永勇	2007-06	2011-12
"863"计划	蛋白质自动化提取与多孔板微阵列制备技术	2009AA043701	主要负责	吴丹、陈恳	2009-01	2011-12
省部级项目	导弹模拟发射测试设备	xx-01	主要负责	冯平法	2007-06	2009-12
国家自然科学基金	低摩擦矫治系统的探索及其正畸摩擦力的综合模拟实验研究	30872916	参与	邵天敏	2009-01	2011-12
支撑计划	典型家电产品再资源化关键技术研究及示范应用	xxxxx-00	参与	段广洪	2008-03	2009-12
国家自然科学基金	电场与材料摩擦学行为间耦合作用机理的研究	50823003	主要负责	孟永钢	2009-01	2012-12
国家自然科学基金	电磁驱动超高频响直线式微进给系统研究	50675117	主要负责	吴丹	2007-01	2009-12
国家自然科学基金	多场耦合下的水轮发电机组非线性动力学研究	10702031	主要负责	卢文秀	2008-01	2010-12
"863"计划	多功能助行康复机器人	1xxxx00	参与	王人成	2009-01	2013-12
"863"计划	仿人机器人高性能单元与系统/伺服灵巧手臂单元	2009AAxxx xx	主要负责	刘莉、陈恳	2009-06	2010-06
支撑计划	仿生大腿假肢的研发	11xxx0	参与	王人成	2009-10	2012-10
省部级项目	飞机结构件数控加工在线检测技术研究	xx-00	主要负责	冯平法	2007-06	2009-08
"973"计划	非连续工况下重载装备的界面行为与力学特性	2006CB705403	参与	张晨辉	2006-09	2010-12
省部级项目	高操作性能并联装备构型创新与关键技术研究	NCET-08-0323	主要负责	刘辛军	2009-01	2011-12
"863"计划	高端燃油喷射系统核心喷嘴部件的关键制造技术与装备	2007AA04Z346	主要负责	张向军、李勇	2008-01	2010-06
"973"计划	高温透平叶片冲蚀发生、发展与抑制的宏微观机理	2007CB707702	参与	陈大融	2007-09	2009-08

"973"计划	高压大直径动密封与动压轴承的自适应机理	2009CB724304	主要负责	王玉明	2008-11	2013-12
"973"计划	高压微间隙中的润滑及其尺度效应	2007CB607604	主要负责	路新春	2006-10	2010-12
国家科技重大专项	光刻机双工件台系统样机研发-电机设计与验证课题	2009ZX02208-003	主要负责	朱煜	2009-01	2012-12
国家科技重大专项	光刻机双工件台系统样机研发-集成课题	2009ZX02208-001	主要负责	朱煜	2009-01	2012-12
国家科技重大专项	光刻机双工件台系统样机研发-结构与优化课题	2009ZX02208	主要负责	朱煜、张鸣	2009-01	2012-12
国家科技重大专项	光刻机双工件台系统样机研发控制总体课题	2009ZX02208-004	主要负责	朱煜、尹文生	2009-01	2012-12
国家科技重大专项	光纤总线开放式全数字高档数控装置	2009ZX04009-012	主要负责	叶佩青	2009-06	2011-06
"863"计划	航空大型结构件五轴联动加工技术与装备	xxxxx-11-00	参与	王立平	2008-01	2009-12
省部级项目	航天5院基金--空间密封技术的研究	20094030086	主要负责	索双富	2009-10	2010-12
"863"计划	航天器太阳能电池阵的可靠性设计及性能评价	xxx00000	主要负责	阎绍泽	2009-01	2011-12
国家自然科学基金	航天器太阳翼故障模式分析及其性能预测	xx00000	主要负责	阎绍泽	2009-01	2012-12
国家自然科学基金	化学机械组合作用功能粒子及其超精抛光机理研究	50775122	主要负责	潘国顺	2008-01	2010-12
省部级项目	火箭研究院-专项基金	20084810137	参与	左瑞林	2008-04	2010-06
支撑计划	机电产品绿色设计技术与应用	000-xxx-111	主要负责	向东	2007-01	2009-11
国家自然科学基金	基于介电颗粒电磁谐振的可调谐各向同性超材料研究	60978053	主要负责	赵乾	2009-12	2012-12

国家自然科学基金	基于近场无孔径探针技术的激光纳米图案制造原理和方法研究	90923018	主要负责	邵天敏	2009-12	2012-12
国家自然科学基金	基于增益导引和折射率导引效应改善 MOPA 激光光束质量新机理研究	60978032	主要负责	柳强	2009-01	2012-12
省部级项目	极大规模集成电路铜互连平坦化新原理及其应用研究	50825501	主要负责	路新春	2008-10	2012-12
省部级项目	降低 xxx 噪声的研究	xxxxxxx	主要负责	陈大融	2006-01	2009-11
支撑计划	截瘫患者行走训练系统研究	2006BAI22B03	主要负责	贾晓红	2006-12	2009-12
省部级项目	近地空间研究院--热障密封	2009	主要负责	索双富	2009-12	2011-12
"973"计划	晶圆表面加工中几何参数的纳米精度在线测量方法与表征	2009CB724207	主要负责	孟永钢	2009-01	2013-12
"863"计划	精微机电产品结构设计方法与集成设计工具	20101860008	主要负责	朱煜	2009-04	2011-04
国家自然科学基金	可控高水基润滑体系的成膜机理及摩擦学特性研究	50805086	主要负责	刘宇宏	2009-01	2011-12
国家自然科学基金	空间曲线永磁同步直接驱动系统的研究	507xxxxxxx	主要负责	赵彤	2006-12	2009-12
省部级项目	流变液机理及应用研究	200432	主要负责	田煜	2005-01	2009-12
支撑计划	绿色制造技术标准体系及重要技术标准关键技术研究	xxx-11-00	参与	向东	2007-10	2009-12
省部级项目	脉冲光纤激光器中光纤调 Q 技术研究	9140A02012007JW0102	主要负责	柳强	2007-09	2009-04
省部级项目	某机外场 RCS 测试支撑系统方案设计	200805013	主要负责	陈息	2008-06	2009-06
国家自然科学基金	纳米器件中的表面界面行为与控制	50730007	主要负责	温诗铸	2007-12	2011-12
支撑计划	偏瘫患者下肢多关节运动康复训练系统的研发	xxx0011	主要负责	季林红	2009-11	2012-12

国家自然科学基金	汽车独立悬架创新设计的综合理论及应用研究	50805083	主要负责	赵景山	2008-10	2011-12
省部级项目	清华大学学术新人	563122001	主要负责	田煜	2009-05	2010-05
"973"计划	全断面掘进系统性能仿真与试验	2007CB714007	主要负责	冯平法	2007-07	2011-12
省部级项目	全固态千瓦级激光xxx	51302010103	主要负责	柳强	2006-01	2010-12
省部级项目	全光纤连续xxx	51302010201	主要负责	闫平	2008-01	2010-12
国家自然科学基金	燃气轮机转子系统在多场耦合作用下的非线性振动与控制	10732060	参与	褚福磊	2007-11	2011-12
国家自然科学基金	人体膝关节接触磨损损伤机制与生物力学模拟及控制的研究	xx00xx	主要负责	郝智秀	2008-12	2011-12
国家自然科学基金	冗余混联机器人的动力学参数辨识及控制研究	000-xxx	主要负责	李铁民	2007-12	2010-12
国家自然科学基金	受生物学启发的双足机器人仿生设计与神经控制研究	50805082	主要负责	付成龙	2007-12	2010-12
国家科技重大专项	数控机床结合面特性及整机性能分析技术	2009ZX04014-035	主要负责	郁鼎文	2009-03	2010-12
"863"计划	数控紫外激光微加工机床与技术	2007AA030113	参与	柳强	2007-10	2010-12
"973"计划	数学机械化方法及其在信息技术中的应用	2004CB318007	参与	李铁民	2004-10	2009-12
"863"计划	双足跑步机器人的稳定性与仿生控制策略研究	2006AA04Z253	主要负责	陈恳、付成龙	2006-12	2009-12
国家自然科学基金	微/纳摩擦学	50525515	主要负责	孟永钢	2006-01	2009-12
国家自然科学基金	微颗粒表面异相成核空化机理及在空蚀磨损中的作用	50975158	主要负责	陈皓生	2009-12	2012-12
国家	微纳制造中的表面/界面行	50721004	主要	雒建斌	2007-12	2010-12

自然科学基金	为及控制技术研究		负责			
"863"计划	微细结构多功能电加工技术与装备	2009AA044205	主要负责	李玉和李勇	2009-01	2010-11
支撑计划	下肢残肢功能综合训练系统开发	xxx00	参与	郝智秀	2007-02	2009-12
国家自然科学基金	新型摩擦主动控制技术研究	50875152	主要负责	田煜	2009-01	2011-12
国家自然科学基金	新型全解耦仿人机器人技术研究	50605036	主要负责	杨东超	2006-12	2009-12
省部级项目	抑制空蚀发生的近壁面微颗粒行为控制研究	20070003103	主要负责	陈大融	2008-01	2011-12
支撑计划	影像引导消融治疗肿瘤技术装置研制	2006BAI03A11	主要负责	陈肯	2007-12	2009-12
省部级项目	硬盘基片亚纳米级抛光中化学作用机制与技术研究	JC200903170464A	主要负责	潘国顺	2009-07	2011-06
国家自然科学基金	用于超声引导微波消融治疗肝癌的机器人系统及关键技术研究	50675109	主要负责	杨向东	2007-12	2010-12
支撑计划	远洋船舶压载水物理净化处理技术	2006BAC11B05	主要负责	季林红	2007-04	2009-12
国家自然科学基金	直流运动电弧铣削加工方法研究	xxxx-000000	主要负责	韩福柱	2008-10	2011-12
支撑计划	智能下肢假肢研制	11xx00	参与	王人成	2007-02	2009-12
"973"计划	重载大惯量装备的快速高精度协调控制	2006CB705406	参与	王立平	2006-07	2010-12
省部级项目	自由度分析模型的理论基础及其在机构分析与综合中的应用研究	200741	主要负责	赵景山	2007-01	2011-12

(2) 重要国际合作项目

合作国别	项目名称	合作单位	负责人	开始时间	结束时间
日本	A study of the effect of surface texture on fluid film formation	日本 IHI 公司	孟永钢	2008-09	2009-12

芬兰	adaptive Self-reconfigurable modularity technology for future mobile multimedia devices	诺基亚	杨东超 陈息	2008-12	2010-12
日本	Improvement of Prediction Accuracy on Cutting Process with Numerical Simulation	日本 IHI 公司	褚福磊	2008-11	2009-08
日本	Makino 电火花加工的基础研究	Makino	Makino	2004-09	2010-04
日本	Research on the film forming mechanics and the tribology properties of water based lubrication	日本日本精工株式会社 (NSK)	刘宇宏	2009-01	2010-12
日本	Theory and Experimental Research On Water-Based Lubricant Used In Bearing	日本日本精工株式会社 (NSK)	潘国顺	2007-02	2009-02
日本	弹性流体动力润滑理论与模拟的深化研究	日本 Panasonic 公司	孟永钢	2008-04	2009-03
日本	高水基润滑新材料及润滑机理研究	日本	郭丹	2008-10	2011-10
日本	高速电火花加工方法研究	日本	韩福柱	2008-05	2009-04
美国	高压空化腔 CFD 模型的 PIV 流场检测	宝洁公司	陈皓生	2008-09	2010-07
德国	聚合物固体润滑涂层磨损预测的计算机模型研究	博世 (中国) 投资有限公司	胡元中	2007-10	2009-09
德国	离子液体作为新型真空润滑剂的研究	德国 DAAD	雒建斌	2007-01	2009-12
日本	面向 45nm 以下线宽集成电路的平坦化新技术研究	NSK	雒建斌	2007-12	2010-12
日本	硬盘盘基片原子级表面抛光技术研发	日本	潘国顺	2009-07	2011-07
日本	原子级光滑表面抛光研究	东京大学	潘国顺	2005-08	2010-08
日本	紫外光纤激光器研究	日立 Via 机械	巩马理	2009-06	2010-12

(3) 横向协作项目

课题名称	项目合同号	负责人	开始时间	结束时间
疏水涂层减阻性能测试	xxxxxx	汪家道	2006-01	2011-12
NGY-6 型纳米润滑膜综合测量仪	00000	雒建斌	2008-04	2009-11
精密抛光粒子研制及其表征	00001	雒建斌	2008-03	2010-12
军工项目	20094810077	张向军	2009-06	2010-06
电力机车受电弓弓网摩擦磨损研究	00003	邵天敏	2007-09	2009-09
激光微聚焦表面织构加工系统	00004	邵天敏	2008-10	2009-04

北京市决策信息服务系统市政府研究室子网站建设	00005	秦力	2008-05	2009-07
北京市人民政府研究室政务信息化系统维护	00006	秦力	2008-05	2009-05
首都之窗北京市人民政府研究室子网站维护	00007	秦力	2008-05	2009-05
池潭水电厂机组推力轴承弹性油箱结构研究	00008	褚福磊	2009-07	2010-01
远洋船舶压舱水水质快速检测技术的研究开发	00009	季林红	2009-10	2010-12
舵机数字化建模	00010	贾晓红	2008-04	2009-07
专用自动捆扎模块的研究与开发	00011	索双富	2008-02	2009-06
清分机联机自动捆扎系统的研制	00012	索双富	2008-01	2009-10
模具教学多媒体软件	00013	索双富	2007-07	2009-07
船舶压载水处理设备初始认可提案（G9 提案）技术及申报服务	00014	王子羲	2008-12	2009-04
生物自动化和生物成像技术的研究开发	00015	陈恳	2009-01	2010-12
工业机器人产业化可行性分析研究	00016	付成龙	2009-12	2010-12
慢走丝电火花加工机加工设备及其加工工艺	A20040510	韩福柱	2004-09	2014-08
水下航行体新型高效减阻技术研究	00017	李勇	2007-06	2009-06
精密微细电火花加工机床的设计开发	20090156	李勇	2009-03	2012-03
数控车床动态特性试验、分析及优化设计研究	00018	刘成颖	2008-10	2010-12
ICAD 软件协同设计与冲突管理系统	A20070423	田凌	2007-04	2010-04
基于三维 VRML 模型的虚拟装配方法	00019	田凌	2007-06	2017-05
网络化协同设计中模型同步浏览操作方法	00020	田凌	2007-06	2017-05
王立平秦川	00021	王立平	2007-01	2009-12
总装过程静电模拟试验	20091267	吴丹	2009-11	2009-12
电子废物资源化利用技术及装备研究	00022	向东	2007-10	2009-12
核酸提取仪关键技术研究	20082001270	杨东超	2008-12	2010-12
MTK-001 控制软件的研究与开发	20092001040	杨开明	2009-10	2010-04
数控机床技术联合研发中心	00025	叶佩青	2008-06	2011-05
LL-0801 型速升器的研究与开发	00026	叶佩青	2007-11	2009-12

YMCL1100 型立式加工中心综合性能仿真、实验与优化研究	00027	郁鼎文	2008-10	2010-12
MCH63 数控精密卧式加工中心性能分析、测试与优化设计	00028	张辉	2008-10	2010-09
数控机床双丝杠及直线电机驱动高速进给系统研究与应用	00029	赵彤	2008-10	2010-10
船舶主动减振项目	00030	赵彤	2009-01	2010-12
高功率人眼安全光纤激光器	M0603002	张海涛	2006-01	2010-12
真空保鲜冰箱的真空模块研制	20072000000	索双富	2007-04	2009-04
自动落纱机器人的研制	20092000000	索双富	2009-03	2009-11
空间关节型包装机器人	20060333	陈恳	2007-06	2009-06
智能管道清污机器人研究	20070596	陈恳	2007-12	2009-12
军民两用小型智能机器人	20070753	吴丹	2007-06	2010-06
齿轮箱润滑技术及选用标准研制	20070941	孟永钢	2007-10	2009-12
PECUD 和扩散炉软件系统的研制	20060939	尹文生	2006-12	2009-06
200mm/300mm 刻蚀机等离子体仿真	20071258	朱煜	2008-01	2009-01
自动图像识别与对位系统	20060986	朱煜	2007-01	2009-12
预测分析模块委托开发	20091464	胡金春	2009-05	2010-03

2. 主要项目研究进展

课题名称：超大规模集成电路制造装备基础问题研究，“973”项目
 课题时间：2009-2013，项目负责人：雒建斌

在本年度是项目执行第一年，主要从事基础条件建立、方法探索和理论分析研究。目前已取得了初步成果，为项目的顺利开展奠定了良好的基础。主要进展如下：1) 利用分子动力学模拟方法对平坦化过程中单晶铜的纳米切削和单晶硅的单分子去除机理进行了研究，分析了材料去除、堆积和缺陷的形成方式，并初步建立了平坦化过程的跨尺度计算模型。在实验研究方面，利用模板法和表面接枝分别构筑新型柔性聚合物刷状阵列以及在聚氨酯抛光垫上进行化学改性，并针对抛光工艺与环境因素对表面去除率和表面质量以及平坦化过程中缺陷的产生机理和控制方法进行了考察。初步建立了电化学无应力抛光系统并进行相关实验调试。2) 为研究均匀电场作用下紫外光固化聚物流变成形机理和图形模板电诱导过程中任意结构成形的可控性，开展了前期准备工作，包括微纳结构导电模板的制造、紫外光固化电活性聚合物制备以及电场诱导工艺实验平台的搭建与微纳结构诱导实验研究。并在此基础上，通过多场耦合分析，建立了关于电场诱导紫外光固化聚物流变成形的理论模型，得出了系统参数与诱导成形微纳结构尺度和诱导速度的解析关系，建立了诱导成形微纳结构尺度和诱导速度的优化方案；并研究得出当模板的图形结构深宽比较小时，图形结构对电场的调制作用不足以克服薄膜表面毛细不稳定造成的电场分布不均，因

此聚合物结构仍会按后者的规律成长，为任意结构成形的可控性实验研究提供了指导依据。

3) 搭建叠层封装键合实验平台，初步发现了振动对悬臂键合点强度的影响规律以及悬臂键合条件下界面的原子扩散层厚度略小于正常键合条件，提出并验证了增加焊盘厚度以提高悬臂键合强度的方法。通过实际键合条件下劈刀的运动轨迹和一线成形过程的高速视频以及引线成形过程动力学仿真研究，初步获得了引线成形于劈刀运动动力学过程的关联规律。通过键合质量在线监测系统，利用 BP 神经网络建立这些特征与键合质量直接的关联，基于这些特征的神经网络能有效地识别出键合失败。

4) 搭建亚微米组装工艺平台、焊点连接强度分析仪、高速高精运动控制、精密视觉定位、热压固化、键合缺陷在线检测、实时诊断及质量评估等实验平台，采用柔性基板和各向异性导电胶膜（ACF）探讨了各工艺参数对倒装焊点性能的影响规律。进一步研究了 ACF 最优固化策略与控制方法，建立了基于 ACF 固化度的焊点性能评价方法，提出了 ACF 最优固化度指数与控制方法。利用热-机械耦合分析，得到膜基结构局部屈曲波长和波幅随温度的变化规律。采用非接触加热和声激励振动等方法，主动暴露倒装芯片的内部缺陷，再通过红外热像仪对温度分布进行获取和处理，从而建立倒装芯片中内在缺陷的主动红外探测方法。

5) 对发热物体导致空气对流流场以及温度分布的不均匀程度进行分析，建立模型给出流场各种参数分布均匀性分析结果，揭示温度场梯度变化对激光干涉仪测量精度的影响规律，并提出采用系统辨识的方法提高误差补偿精度的途径和方法。根据不同气浮轴承中的气旋规律及其引发的微振动特点，提出新型高刚度、高稳定性的气浮轴承结构，并完成气浮原理实验平台总体结构与工艺加工。在平面电机原理样机和垂向振动传递试验平台基础上，建立平面电机动力学模型，仿真分析并试验验证了垂向振动传递特性，完善大惯量多体系统振动数学模型，开展超精密主动减振关键部件和振动控制试验台设计，对减振器关键部件的动力学特性进行测试和分析，提出振动主动控制算法。

6) 根据磁流体密封机理分析 得出磁流体密封的耐压压差与磁流体的饱和磁化强度和密封间隙内的磁场强度梯度成正比，该研究成果为研究高密封耐压能力的晶圆传输机器人磁流体密封结构奠定了理论基础。对大尺寸超薄晶圆在不同接触方式下的变形进行分析，得到从晶圆圆心到圆周之间的最佳（变形最小）约束位置。针对摩擦力对晶圆传输系统中平行轴和交错轴晶片传输位置伺服系统的影响进行分析，实现位置伺服系统的多柔件联合仿真，探讨了刚柔混合多体动力学仿真技术。并结合交叉耦合同步控制和输入整形振动抑制对晶圆传输机器人进行高精度平稳轨迹控制。

7) 针对 CMP 中晶圆表面的金属膜厚的高精度和快速在线检测技术和质量表征的要求，研究了集成电路下层金属结构对表层金属膜厚度在线测量过程中电涡流场的耦合效应，分析了涡流探测器的几何形状尺寸和匝数密度及各层金属膜厚度变化对其灵敏度和线性范围的影响规律，为实现实时在线高精度测量金属膜厚提供了一种有效的途径。并阐释了硅片表面光学特性对莫尔条纹形成的影响机理，建立相应的测量系统。本项目研究中，发表论文 38 篇，其中 SCI 收录 21 篇，EI 收录 17 篇；申请专利 36 项，授权专利 16 项；出版专著 2 本；参加国际特邀报告 2 次，国内特邀报告 9 次；获国家科技进步二等奖 1 项，国际奖励 2 项；培养了 1 名优秀中青年人才，7 位博士后，7 位博士，26 位硕士。

课题名称：超低压 CMP 系统研制与工艺开发，国家科技重大专项

课题时间：2008-2012，项目负责人：路新春

本年度完成了分区压力闭环控制平台研制、铜膜厚度测量平台、超低压 CMP 原理样

机研制、擦洗样机研制，以及超低压 CMP Alpha 机设计。1) 完成了分区压力闭环控制平台的研制，并已开展了相关实验研究。该平台用于抛光头的超低下压力闭环控制实验研究，其工作原理是：首先对抛光头内 5 个压力分区的压力分布情况进行快速、精确检测，进而完成抛光头内压力分布的快速、精确闭环压力控制。2) 铜膜厚度测试平台，利用传统电涡流测量金属膜厚度的工作原理，设计了离线静态单层铜膜厚度测量系统，能够实现传感器的标定、信号采集、数据处理、显示等功能，通过原理性试验验证达到了 10nm 静态测量精度。3) 完成了超低压 CMP 原理样机研制，该样机主要用于优化超低下压力抛光系统的运动参数，并为超低下压力抛光工艺研究提供实验平台。该样机只建立一个抛光工位，通过集成抛光头子系统、气压控制子系统、抛光盘子系统、抛光垫修整子系统、液体子系统（抛光液、DI 水）、终点检测子系统、平台框架以及控制子系统，形成一套功能完整的 ULDCMP 原理样机。4) 该清洗样机的工作原理为刷洗，其主要创新点有两个：晶圆竖直放置，清洗效果更佳；两个清洗刷轴线之间存在夹角 θ ，利用晶圆与清洗刷之间的摩擦力驱动晶圆旋转。5) 完成了 ULDCMP 子系统机械部分的设计。一个 ULDCMP 子系统包括 3 个抛光头、2 个抛光盘、2 个膜厚终点检测装置、1 个膜厚在线检测装置、1 个清洗装置以及全自动化控制系统

课题名称：极大规模集成电路铜互连平坦化新原理及其应用研究，杰出青年科学基金
课题时间：2009-2012，项目负责人：路新春

本年度主要完成了以下工作 1) 超低下压力(<0.5psi)抛光头研制，共设计了三个版本分区压力调控式抛光头，在此基础上，完成了分区压力闭环控制测试系统，该系统用于抛光头的分区压力闭环控制性能研究，主要由高精度气压伺服控制系统、高精度压力分布测量系统、精密减震平台等组成。该气压伺服控制系统气路回路主要由抛光头腔室、高精度压力传感器、电气压力比例阀、气源、一级/二级减压阀、空气过滤器、油雾分离器、两位三通阀等组成。所研制的平台可实现 0.1psi 的均匀压力控制。2) 初步研制出用于超低下压力抛光的抛光浆料和工艺。3) 对抛光后清洗中颗粒去除进行了分析，建立了一个新的纳米颗粒去除模型。根据颗粒的受力情况，把颗粒划分为四种状态，分别为：表面粘附且与清洗刷粗糙峰接触的颗粒，表面粘附不与清洗刷接触的颗粒，被粗糙峰包裹的颗粒，以及悬浮在流体当中的颗粒。对这几种状态下纳米颗粒的去除机理进行了细致研究，其结论对抛光后清洗工艺具有重要意义。

课题名称：高压微间隙中的润滑及其尺度效应，“973”课题
课题时间：2007-2011，项目负责人：路新春

本年度完成了高压微间隙摩擦测试仪的设计、加工工作，并进行了调试，申请了发明专利（实用新型）。该仪器可以在接触压力高达 3GPa、温度达 120 摄氏度的苛刻条件下测量润滑剂膜厚、摩擦力和温度。通过加载机构可以改变接触点的接触压力，加热装置可以改变温度，平衡系统可以对主轴进行保护，避免主轴在较大弯矩作用下变形，以提高测量精度。研究方面，在高接触压力下润滑油润滑特性研究方向上，研究了高接触压力作用下齿轮油和基础油的成膜特性和润滑失效机理，探讨了高接触压力对润滑剂成膜的作用机制。初步探讨了高接触压力下润滑材料衰变失效机制。使用高压微间隙摩擦测试仪和气相色谱对高接触压力下润滑材料衰变失效机制进行了研究。微间隙中润滑材料特性的研究进展顺

利。利用高压微间隙摩擦测试仪和 QCM 研究了微间隙中液体润滑材料特性及摩擦副表面状态对液体润滑材料摩擦特性的影响。本年度共发表论文 15 篇，其中 SCI 10 篇，EI 8 篇。其中影响因子 2.0-4.0 之间的论文 2 篇。申请专利 1 项。博士后出站 1 人，毕业博士生 3 人，硕士生 4 人。

课题名称：晶圆表面加工中几何参数的纳米精度在线测量方法与表征，“973”课题
课题时间：2009-2013，项目负责人：孟永钢

本年度的研究工作主要包括：（1）由电磁场理论和等效电路原理出发理论和数值分析了几种电涡流膜厚测量方法，电阻/频率~频率测量法、电阻差~频率测量法和等效电感特征频率法，分析了其优缺点，发现采用多频测量方法并对数据进行变换处理，实现不受提高影响的金属膜厚测量，并能获得较高的分辨率和精度。（2）研制了一套单频电涡流测量系统，可以实现纳米分辨率的高精度测量；（3）针对单频测量易受激励源稳定性、提离变化以及温漂等因素的影响，设计了多频电涡流金属膜厚测量系统，目前正在测试中；（4）设计了动态金属膜厚测量系统，能够模拟实际工况，获得了初步动态测量数据。本年度获授权发明专利 1 项，申请发明专利 2 项，正在培养 2 名博士生和 2 名硕士生。

课题名称：非连续工况下重载装备的界面行为与力学特性，973 子课题，
课题时间：2006-2010，项目负责人：张晨辉

本年度的研究工作主要包括微摆动条件下润滑脂润滑行为研究、含纳米颗粒润滑脂减磨特性及机理的试验研究、钳口与工件界面滑移微滑移问题研究、弹塑性接触问题的改进算法、大型重载滚动轴承的优化与仿真。研究在微摆纯滚动条件下，接触区没有发生界面滑移。在微摆纯滑动条件下，接触区发生界面滑移，并且同时发生两个摩擦副表面附近。在同样摆副条件下，没发生界面滑移形成的“月牙”形润滑膜的最大宽度比发生界面滑移形成的“月牙”形润滑膜的最大宽度大。随着微摆动的持续进行，形成的“月牙”形润滑膜厚度逐渐降低，最终出现润滑失效。研究中我们将纳米颗粒加入润滑脂中，以改善润滑脂在低速和重载条件下的润滑性能。研究发现纳米 MoS₂ 和纳米 TiO₂ 具有较好的减磨性能。当润滑脂中 MoS₂ 的质量百分含量为 20% 时，摩擦系数同未加纳米颗粒前降低了 45%。当润滑脂中 TiO₂ 的质量百分含量为 2% 时，摩擦系数降低了 20%。同时，加入纳米颗粒后，摩擦副表面的磨损明显减轻。建立了微滑移模型，分别计算了光滑表面和存在粗糙峰表面的外加轴向力和外加扭矩情况下钳口与工件界面的微滑移情况。得出如下结论：由于接触区域变形不协调，部分区域产生微滑移现象；粘着区域的随着切向载荷或者扭矩的增加而减小；耦合的切向载荷和扭矩使得接触物体更易发生整体滑动；模型可以分析微动工况下的界面特性；对于粗糙表面接触，粘着区域存在于多个不连通的区域。在大型重载滚动轴承的仿真研究中，建立了滚子轴承的三维实体多体动力接触模型。选用了三种不同的材料模型：线弹性模型，双线性等向强化，以及双线性随动强化模型。发现了在载荷较大的情况下滚子轴承会出先运动一段时间之后卡死的状况。同常用的线弹性模型模型相比，在重载条件下采用双线性等向强化和双线性随动强化这两种塑性材料模型建模更接近真实的工况。本年度发表 SCI 论文 4 篇，培养博士研究生 4 人，硕士生 1 人。

课题名称：材料表面/界面结构的润滑抗磨性能及其控制，“973”计划项目子课题
课题时间：2007-2012，项目负责人（合作）：邵天敏

本课题是“973”课题的组成部分，该课题由中国矿业大学与清华大学共同承担，本年度主要工作进展包括：1) 进一步开展了 TiN/Ti 多层膜的热稳定性和腐蚀行为研究，结果表明，TiN/Ti 多层膜的耐腐蚀能力较 TiN 单层膜明显提高；高温氧化试验结果表明，相对 TiN 单层膜，TiN/Ti 多层膜中较软的 Ti 子层能明显缓解热应力，同时层状结构有效地阻碍了氧元素向内部区域的扩散，提高了薄膜的抗氧化能力；2) 继续开展了基于掩模沉积技术制备表面织构化薄膜的工作。以高温摩擦磨损应用为背景，重点研究了表面织构化 TiAlN 单层和多层膜的制备工艺。相关工作正在进行之中，下一步将开展其高温摩擦磨损行为的研究；3) 研究了 CN_x 膜的制备技术以及工艺参数对 CN_x 膜中 N 含量和结构的影响，并进一步考察了 N 含量对薄膜结构、硬度以及摩擦磨损行为的影响规律。

课题名称：高水基润滑新材料及润滑机理研究，科技部国际合作项目
课题时间：2008-2011，项目负责人：郭丹

本年度研制了新型的水基摩擦综合测试仪，实现测量温度范围为 20-250℃，速度范围为 0.001-7m/s，压力范围为 0.1-1GPa 条件下润滑膜的厚度测量及摩擦力测量，并使膜厚分辨率达到 0.5nm。设备的研制为开展水基润滑的摩擦学机理研究提供了可靠的测试手段，为开展水基润滑的实验研究打下了基础；研究发现高水基微量油润滑液（油含量<0.001%）在接触区可形成数十纳米厚的润滑膜，特别是固/水界面能越高，成膜越厚，这为高水基润滑产品及摩擦副材料改性的研究开发提供了新的发展方向；合成了新型的有机磷酸酯水基润滑添加剂，通过改变其中的配方，研究不同摩擦副表面的摩擦及磨损性能，证明研制的高水基溶液的具有优异的润滑性能；研究发现了摩擦副表面电场促进了水润滑膜的形成。本项目的合作方为日本名古屋大学。日方主要负责研究材料表面改性的新方法和新技术，提高摩擦副表面的储水能力及水基润滑剂与表面的粘附强度，从而提高水基润滑剂的成膜能力。双方于 2009 年 9 月在名古屋大学召开了学术讨论会，各自介绍了其研究进展和下一步合作计划，会议参加人数 22 人，其中中方 4 人，日方 18 人，会议做了 9 个学术报告。目前中方已发表论文 8 篇，培养博士研究生 3 名，硕士研究生 1 名。

课题名称：聚合物固体润滑涂层磨损预测的计算机模型研究，国际合作项目
课题时间：2007-2009，项目负责人：胡元中

本研究旨在建立聚合物涂层的磨损预测的数值计算模型，其方法采用层状材料弹性接触模型，由影响系数法和快速傅立叶变换计算出表面压力分布，进而利用 Archard 公式计算涂层的磨损量及其随时间的变化规律。其中磨损系数 K 通过实验来确定。研究表明：1) 实验所得的磨损系数变化规律可由一指数函数描述，即 $K=AEXP(-B)$ ，其中常数 A、B 与涂层材料、厚度及载荷等因素有关，2) 磨损系数通常随载荷减小而增加，其影响程度与涂层的材料及厚度等因素有关，3) 实验观察到：当滑动距离超过 360m 后，磨损体积，磨损深度以及磨损轮廓变化很小，说明在磨合良好的条件下，聚合物涂层表现出较好耐磨性能。

课题名称：压缩机轴承的弹性流体动力润滑设计理论与方法，国际合作项目
课题时间：2008-2011，项目负责人：孟永钢

本课题主要针对先进的往复式压缩机和旋转式压缩机中的滑动轴承、推力轴承设计开展弹性流体动力润滑分析的建模和数值模拟。在研究工作中，针对压缩机的实际工况，建

立了考虑转轴供油槽结构、转轴惯性力和姿态变化以及轴承弹性变形的往复式压缩机主轴的流体动力润滑分析和计算模型。开发的相关计算程序已用于压缩机改进设计中。此外，针对新型旋转式压缩机中含多个偏心轴的结构，研究开发了专门的弹性变形分析程序，为开展后续的压缩机润滑设计打下了基础。

课题名称：电场与材料摩擦学行为间耦合作用机理的研究，国家自然科学基金（优秀国家重点实验室研究项目）

课题时间：2009-2012，项目负责人：孟永钢

本课题的研究内容包括：1) 电控摩擦机理；2) 电场对薄膜润滑成膜特性影响；3) 电接触材料的摩擦磨损行为与机理；4) 材料表面结构对摩擦起电影响。本年度的研究工作主要取得如下几方面进展：1) 发现对于不同浓度的表面活性剂水溶液电控摩擦现象发生时所对应的电极电位区间是不一样的。当溶液浓度接近或高于表面活性剂的临界胶束浓度时，只有当电极电位接近或低于溶液的电解电位时摩擦系数才会显著升高，否则摩擦系数保持较低的水平。在这种场合，达到水电解电位是发生电控摩擦的充分和必要条件。当溶液浓度远低于表面活性剂的临界胶束浓度时，也存在一个摩擦系数发生转折的电位区间，电位低于这个区间的低端时摩擦系数处于较高水平（与不含表面活性剂的纯水溶液中的摩擦系数数值相当），电位高于这个电位区间的高端时摩擦系数处于较低水平（0.1 以下），这个摩擦系数发生转折的电位区间处于电化学窗口之内，既不发生明显的析氢反应也不发生明显的析氧反应。用微分电容、石英晶振微天平（QCM）和原子力显微镜几种不同分析手段验证了在电化学窗口内，电极电位能够改变表面活性剂在电极表面的吸附或脱附，并测出发生吸附脱附转化的电极电位、吸附量和吸附膜的形貌。从而实验验证了电控摩擦是由表面活性剂的吸脱附转化而引起的微观机制。2) 提出一种大电流作用下摩擦副摩擦磨损性能的质点力矩动力学平衡测量方法，利用相应原理设计并加工完成了一台大电流摩擦磨损试验机，能够实现摩擦副的不同接触形式（点面、线面、间断接触以及周期振动）、不同电流、载荷和转速的摩擦性能测试。利用所研制的试验机实验研究了一系列不同碳材料和铜轮摩擦副在不同电流、载荷以及速度条件下的摩擦磨损行为，利用 SEM、EDS 以及表面形貌仪对摩擦表面进行表征，并对试验结果进行了初步的分析解释。3) 研制了一套接触起电的实验装置，真空室的极限真空度为 $3 \times 10^{-4} \text{Pa}$ ，通过引入不同的气体，可以实现环境气氛和真空度的控制。使用静电计（KEITHLEY6514）进行感应和接触电流测量，所得结果可以用于计算电荷产生和转移的数量。考察了环境气氛对接触起电的影响，分别在大气条件下和 $3 \sim 5 \text{ Pa}$ 真空条件下测量了接触电流的变化情况；研究了接触次数和接触停留时间对接触起电的影响。4) 以油、油/水二相流体以及水基润滑液为对象，深入研究了外加电场造成润滑膜内产生微气泡的现象，通过检测微电流、观察界面特征、能谱分析等手段进一步揭示了微气泡产生的机理。实验还发现，在玻璃盘表面有 SiO_2 膜存在时，微气泡产生的临界电压比没有 SiO_2 膜时要低，而且临界电流也要低至少一个数量级。在同一外加电压 98V 下，有 SiO_2 膜时产生的微气泡更为剧烈，其电流仍然比未加 SiO_2 膜时小数倍。综合多方面的实验结果，我们认为在外加电场作用下受限液体膜中产生的微气泡是局部热效应和电化学反应共同作用的结果，其中局部热效应占据主导作用。

课题名称：表面特性对水基润滑成膜特性的影响规律 国家自然科学基金 50605034
课题时间：2006-2009，项目负责人：张晨辉

本项目于 2009 年 12 月完成结题。项目研究了受限于两疏水表面间的水膜的润滑特性。发现当接触区入口附近形成固-液-气三相界面时，接触区内会形成一层水膜隔离两表面，从而形成较低的摩擦系数。研究了水中存在微量油情况下液体的成膜特性，发现摩擦副的表面特性对成膜能力有着显著的影响。当摩擦副与水的接触角较大时所形成的膜厚较厚。提出水分子和油分子相互竞争吸附的理论，成功的解释了水中微量油的成膜行为。研究了高水基乳液中乳化剂 HLB 值、制备乳化液的搅拌强度、乳化剂含量等因素对乳化液成膜特性的影响规律。研究发现乳化液成膜厚度与乳化液中油滴的粒度和乳化液的稳定性有着密切的联系。乳化液油滴粒度小、稳定性高时，乳化液破乳困难，在接触区附近形成油连续相的难度增加，因而所形成的润滑膜较薄。研究了半乳糖水溶液的成膜特性，发现当浓度为 10% 时具有最大的膜厚，并且随着速度的增大膜厚存在一饱和值。本项目共发表论文 8 篇，均为 SCI 收录。其中有 2 篇发表在 *Applied Physics Letters* 杂志上，影响因子为 3.726。参加国际会议并宣读论文 4 人次，参加国内会议并宣读论文 2 人次。分别于 2008 年、2009 年在全国青年摩擦学会议上 2 次获得优秀论文奖。本项目培养博士研究生 4 名，其中 2 名已通过答辩。

课题名称：超光滑表面加工中纳米颗粒与表面间的微观作用机制研究，国家自然科学基金
课题时间：2008-2010，项目负责人：郭丹

本年度在纳米颗粒与表面作用的分子动力学模拟方面，针对半导体材料的超精表面加工，采用分子动力学方法研究了二氧化硅纳米颗粒撞击硅表面的过程，分析了碰撞过程中的材料相变及挤压形成规律。发现在团簇入射的过程中，受温度和压力的作用，与团簇相邻的碰撞区处的单晶硅原子发生了明显非晶化过程，碰撞过程中硅基体非晶化的机理明显不同于单晶硅在纳米压痕或高温-冷却过程中的机理。在微观材料去除实验方面，研究了 Cu 表面在静态腐蚀下的表面形貌及机械特性的变化。采用 AFM 研究了单个颗粒的材料去除实验，分析了不同成分抛光液腐蚀过的样品在划痕后产生的材料去除率、去除方式的不同，揭示了超精表面加工中的化学机械协同作用。本年度共发表学术论文 2 篇，会议论文 1 篇，培养研究生 4 人，其中博士研究生 2 人、硕士研究生 2 人。

课题名称：超低摩擦机理中跨尺度及复杂性问题的研究(50675111)，国家自然科学基金
课题时间：2007-2009，项目负责人：胡元中

本研究从复杂系统观念出发，考察摩擦学系统元素间的交互作用、构建摩擦的跨尺度模型、揭示目前尚未充分了解的关于摩擦起源中的热力学和动力学机制，进而探索实现超低摩擦状态的机理和方法。研究内容包括：1) 复杂性研究的理论和方法；2) 源于分子间作用的摩擦发生机制；3) 摩擦的跨尺度模型和数值模拟；4) 摩擦过程中系统的演变和自我组织现象等。我们在研究中取得了若干重要的进展：1) 通过握手区位移边界条件实现了分子动力学(MD)模拟和有限元分析直接耦合的跨尺度分析；2) 揭示了超低摩擦(超滑)状态的不同类型、机理和实现条件；3) 展示了通过摩擦自组织演变以及界面体系结构公度性实现超低摩擦的途径；4) 分析系统复杂性和几种关键因素对实现超低摩擦的阻碍作用和影响。

完成了研究计划。项目执行过程中共发表论文 10 篇，其中 SCI 收录 9 篇，包括在影响因子较高的 *Physical Review B* 和 *Carbon* 上发表论文各 1 篇。博士生朱朋哲在科学通报上发表的论文入选为该期的“封面故事”，项目组成员马天宝博士在世界摩擦学大会（日本京都）上的学术报告获青年学术奖，在论文发表和人才培养方面都圆满完成了预期目标。

课题名称：可控高水基润滑体系的成膜机理及摩擦学特性研究，国家自然科学基金
课题时间：2009-2011，项目负责人：刘宇宏

在本年度围绕高水基润滑体系的成膜机理及摩擦学特性开展研究，其中包括两方面的工作内容：其一，摩擦副表面功能化和改性。以氟代和非氟代硅烷分子膜为对象，应用 X 射线光电子能谱(XPS)、原子力显微镜(AFM)和接触角测量仪等实验仪器对硅烷分子膜的形貌、成分和润湿性进行了表征，通过多功能摩擦磨损试验机(UMT-2)深入地研究了分子膜的摩擦性质，详细比较了氟代和非氟代硅烷分子膜在不同粗糙度表面的摩擦学性能的差异，最后，对单相和混合自组装分子膜的生长过程和摩擦性质进行了简要的对比分析。其二，活性高水基润滑介质的设计及其功能化研究。水基润滑体系中常添加一种既带有亲水基团又带有疏水基团的表面活性剂作为极压添加剂，课题中选用一种磷酸酯锌盐为例，采用 SRV 摩擦试验机测试了不同浓度水溶液的摩擦系数随时间的变化关系。在浓度高于 0.5% 时，形成有效的边界吸附膜，摩擦系数几乎不随着时间变化，表现出了优良的边界抗磨能力。添加剂的分子首先吸附在金属表面形成吸附膜，处于边界润滑状态。在摩擦条件下，接触点温度升高，添加剂分子中活性元素与金属摩擦面发生摩擦化学反应，生成耐磨损的化合物，覆盖在摩擦面上，这种膜具有较强的减磨作用。利用纳米膜厚测量仪对磷酸酯锌盐水溶液的成膜特性进行了研究。其高浓度水溶液的弹流膜厚低于低浓度时的膜厚，这是由于高浓度添加剂分子与水分子之间的较强相互作用减弱了水分子之间的相互作用，从而形成较薄的润滑膜。本年度共发表学术论文 3 篇，培养博士研究生 1 人，硕士研究生 1 人。

课题名称：低摩擦矫治系统的探索及其正畸摩擦力的综合模拟实验研究，国家自然科学基金
课题时间：2009-2011，项目负责人（合作）：邵天敏

在本年度中开展了以下工作：1) 与合作单位北京大学医学部合作，建立了正畸摩擦力测试的综合模拟实验平台，该平台可以用于研究不同的牙齿相对位置和相对角度条件下的摩擦力，为开展后续的工作提供了有效的实验手段；2) 利用离子束辅助沉积系统，在不锈钢弓丝表面制备了 CN_x 薄膜，分别在标准摩擦磨损试验机和自行研制的正畸摩擦力测试系统上对其在干摩擦和人工唾液润滑条件下的摩擦学行为进行了实验研究。同时研究了薄膜的耐腐蚀行为，并与原始表面进行了对比，结果表明，CN_x 薄膜的耐腐蚀性能明显优于原始的不锈钢，其摩擦性能也得到了明显的改善。

课题名称：壁虎刚毛的摩擦学研究，新世纪人才支持计划
课题时间：2007-2010，项目负责人：田煜

本年度的研究工作主要针对壁虎刚毛的摩擦与粘着测试进行了实验研究工作，包括：搭建了壁虎刚毛束的摩擦测试平台，在不同外加法向载荷下对刚毛束的摩擦进行了测试，验证了壁虎刚毛的微观结构引起的摩擦各项异性的特性；订购了具有较大半径的原子力显

微镜探针，直接在原子力显微镜上用该探针对壁虎单根刚毛的末端纳米薄板结构与球面接触的摩擦力与粘着力进行了测试，成功获取了单根刚毛的粘着与摩擦的相关数据；通过原子力显微镜上用探针对比将壁虎刚毛束进行有无预剪切整形进行了摩擦与粘着测试，验证了预剪切对刚毛末端薄板结构的预定向排列作用，与前人对单根壁虎刚毛进行的摩擦测试实验结果和壁虎刚毛的快速粘脱附机理的理论研究工作的解释相吻合；本年度共撰写学术论文 1 篇，培养在读博士研究生 1 人，硕士生 1 人。

课题名称：流变液机理及应用研究，全国优博百篇作者专项 200432
课题时间：2005-2009，项目负责人：田煜

本年度的研究工作主要针对电磁流变液中的剪切增稠现象开展了大量实验研究工作：在不同的流变仪上对不同的电流变液样品进行了流变测试，基本验证了电流变液在高场强下，低剪切速率下的剪切增稠现象，该剪切增稠现象说明电流变效应是一种电场控制颗粒间作用势，而颗粒间作用势调节了剪切增稠效果及强度，从而最后引起电流变液在外电场作用下的若干数量级的表观粘度变化；采用不同的基础液及添加剂，自行配置了若干种磁流变液，并对磁流变液进行了应变扫描、速率扫描、磁场强度扫描、摆动模式测试，通过这些实验研究，首次在磁流变液中也发现了剪切增稠现象；发现磁流变在剪切增稠前后，其剪切应力有数倍的差别，磁流变液增稠的临界剪切应力远高于电流变液，临界剪切速率则相对接近电流变液；直接用纯铁试样在不同液体中进行了摩擦实验研究，并与用这些液体配置的磁流变液的流变性能进行了对比，两者之间得到了较好的吻合，从而验证了由于剪切增稠，颗粒之间发生了直接的机械接触，颗粒间摩擦力在磁流变效应的剪切抗力贡献中起到了较为重要的作用。本年度发表学术论文 4 篇，其中 SCI 收录 3 篇，培养毕业博士研究生 1 人，培养毕业硕士生 1 人。

课题名称：清华大学学术新人，563122001
课题时间：2009-2010，项目负责人：田煜

本年度的工作基于弹性纤维从光滑表面剥离的受力模型，对分布规则的纤维阵列表面的弹性变形情况及受力进行了数值模拟，得到纤维阵列表面在剥离过程中的包括弹性变形及受力情况与纤维长度、纤维半径、背部基底刚度等参数的定量依赖关系，模拟结果与壁虎仿生功能表面剥离实验的结果很好的吻合。此数值模拟方法可以直观的得到剥离区域的准确受力和几何形状，对剥离强度及强粘附、易脱附性能的等方面为单等级的壁虎仿生功能表面的设计理论进行了补充，为进一步分析仿生表面的剥离行为提供了依据。本项目目前正在整理一篇论文。

课题名称：新型摩擦主动控制技术研究，国家自然科学基金，50875152
课题时间：2009-2011，项目负责人：田煜

本年度研究工作：基于电磁流变效应进行摩擦控制的实验平台搭建，在本实验室的多功能摩擦试验机 UMT 上进行改装部分工作。对 UMT 进行改装，外加绝缘件可外加电场，加线圈可加磁场；基于电流变效应的摩擦主动控制验证，在摩擦实验装置上验证通过改变两摩擦界面之间的局部电场强度的分布来改变摩擦力的可行性；基于磁流变效应的摩擦主动控制验证，通过改变两摩擦界面之间的局部电场强度的分布来改变摩擦力的可行性；为

配合基于电磁流变的摩擦控制技术基础研究，还对电磁流变效应本身的机理进行了深入讨论研究，还进行了压缩对电流变效应影响，极板形貌对电流变界面强度的影响以及电流变液的拉伸动态响应研究；设计了一个基于磁流变液的球铰结构，球直径约 25 mm，其磁场控制扭矩可达到约 2 Nm。

课题名称：微颗粒表面异相成核空化机理及在空蚀磨损中的作用，国家自然科学基金
课题时间：2009-2012，项目负责人：陈皓生

在本年度围绕空化和空蚀试验台设计与分析研究工作，包括：(1) 高压空化腔的研制；(2) 在振动空蚀实验台中完成微颗粒几何参数对空化和空蚀程度作用规律的研究；(3) 在振动空蚀实验台中完成微颗粒荷电状态对空化和空蚀程度作用规律的研究；(4) 推导微颗粒表面异相成核空化过程中界面相平衡方程。目前已完成有关微颗粒几何参数对空蚀和磨蚀作用的机理研究，在 wear 和 tribologyletter 各发表论文 1 篇，有关微颗粒荷电状态对空蚀作用规律的研究已完成研究生硕士论文 1 篇，有关微颗粒表面异相成核空化过程中界面相平衡方程的推导目前正在进行中。

课题名称：高压空化腔 CFD 模型的 PIV 流场检测，国际合作项目，美国宝洁公司
课题时间：2008-2010，项目负责人：陈皓生

在本年度完成了高压空化腔中流场测试，顺利通过结题报告。该项目基于 PIV 技术完成高压高速绕流中的空化区流场测试，分析空化条件下对流体混合效率提高的作用规律。该项目构建了 2D PIV 流场检测系统，可以完成 100m/s 流速条件下的空化流场检测，分析牛顿流体和非牛顿流体在腔体中的混合效率，改善空化条件下扰流体的耐空蚀性能。

课题名称：大惯量多体系统的多场多尺度建模与纳米精度运动生成，973 计划项目
课题时间：2009-2013，课题负责人：朱煜

本课题按照任务书规定计划任务开展了基础问题研究，包括：1) 研究影响激光干涉仪测量精度的关键因素，揭示了温度场梯度变化引起测量误差变化的规律，并提出精度补偿的若干途径和方法；2) 以光刻机掩模台为对象研究了掩模台流场，得到了掩模台温度场分布，提出优化温度分布不均匀性的方法；3) 采用系统辨识方法分别建立高精度的静态与动态温度场模型，并基于此模型研究了激光干涉测量精度补偿。针对静态流场分布的强非线性及对模型精度的高要求，研究了基于信息（误差熵）准则的新型辨识方法；针对动态流场的时变特点，研究了基于分布参数模型的温度场建模方法。利用热源及温度场数值模拟（Fluent 软件）的方法获得辨识所需数据；4) 完成了激光干涉仪测量系统超高速计数与超精密鉴相单板软硬件开发与原理实验；5) 完成气浮原理实验平台总体结构设计、工艺加工与平台集成。课题通过中期检查，实现中期预期研究目标。本年度发表学术论文 6 篇，申请中国发明专利 6 项。培养 3 名博士后出站，1 名博士生毕业，3 硕士生毕业。完成 1 本专著样书（《系统参数辨识的信息准则及算法》）

课题名称：全断面掘进系统性能仿真与试验，"973"计划课题
课题时间：2007-2011，项目负责人：冯平法

课题围绕可视化掘进系统性能集成仿真系统的构建, 在 2009 年重点开展了下列基础理论研究和系统开发工作: 1、设计了可视化掘进系统性能集成仿真方案, 重点研究了掘进系统异构数据集成仿真方法, 开发了 PFC/FLAC3D 与仿真系统之间的数据转换接口, 实现了基于过渡网格的多场异构有限元分析数据集成可视化; 2、采取微元思想, 建立了复合地层盾构载荷域模型, 开发了相应的盾构载荷仿真计算程序, 分析了刀盘阻力、阻力矩的变化和分布规律; 3、通过理论研究和仿真分析, 研究了盾构机关键部件、关键系统在典型外载荷作用下的性能特点, 具体包括: 刀盘和盾体的受力变形和强度性能分析; 刀盘传动齿轮力传递特性分析; 推进系统的刚度、力传递特性分析及基于受力最均匀分区系统布局优化设计; 盾构机中基于动态响应谱的含间隙机构性能仿真分析; 面向同步控制的带冗余驱动的盾构拼装机 PRPRP 径向机构性能分析; 4、在相似性理论指导下, 完成了切削与推进缩尺实验模型的设计与制造, 目前正进行相关的实验研究。发表学术论文 7 篇 (其中 SCI 收录 2 篇, EI 收录 7 篇), 录用 7 篇, 申请发明专利 5 项。

课题名称: Improvement of Prediction Accuracy on Cutting Process with Numerical Simulation, 国际合作课题 (日本 IHI 公司)
课题时间: 2008-2009, 项目负责人: 冯平法

建立了切削仿真与实验研究环境, 通过实验和仿真方法研究了高强度钢 SCM440 的切削力和切削温度特性, 研究了切削用量 (切削速度、切深、进给量) 对切削力和切削温度, 并对仿真和实验结果进行了比较。参加了 2010 年 2 月在日本举行的项目进展 Workshop, 顺利通过项目结题验收, 并签署了进一步开展合作的技术协议, 通过建立合适的材料本构方程和刀屑摩擦方程提高切削仿真精度。

课题名称: 飞机结构件数控加工在线检测技术研究, 成飞军工项目
课题时间: 2007-2009, 项目负责人: 冯平法

提出了数控加工精度原位检测的技术思路, 构建了数控加工精度原位检测的软硬件系统, 研究了测量误差分离与补偿技术、五轴摆角测量方法, 实现了多种数控和测头系统下的精度检测, 成功应用于成都飞机制造集团重点飞机型号的制造中, 有效保证加工质量, 提高整体加工效率。2009 年 8 月通过结题验收。

课题名称: 导弹模拟发射测试设备, 014 军工项目
课题时间: 2008-2009, 项目负责人: 冯平法

完成导弹模拟发射测试设备的设计开发工作, 机械分离设备和电气分离设备, 通过 014 组织的测试和验收, 技术指标完全达到合同要求。

课题名称: 高端燃油喷射系统核心喷油部件的关键制造技术与装备, 863 计划项目
课题时间: 2007-2010, 项目负责人: 张向军、李勇

本年度在前期喷孔加工样机研发和实验研究基础上, 进一步完成了七轴喷油嘴喷孔加工专用机床 (样机 2) 的研发工作。并针对前期样机存在的不足和问题, 改进了主轴机构的夹丝和导向模块、压电陶瓷驱动电源模块; 完善和优化了微能高频脉冲电源及检测模块、数

控系统功能模块和操作界面；完成了主轴机构、专用工装、数控系统等模块装配和调试，对样机 2 进行了整体联调，达到了喷孔角定位精度优于 $\pm 0.5^\circ$ 。进而，开展了工艺参数优化与实验研究，对微喷孔试件的进行了检测和性能评价，探讨了影响加工效率和精度的关键因素；得出了电参数、电极丝辅助高频激振对加工效果的影响规律；进一步提高了电极对中心精度和各轴定位精度；基本建立了适于批量化生产的自动化加工工艺和数据库。加工实验表明：研发的七轴机床实现了喷油嘴多喷孔的全自动化加工，加工结果达到了用户图纸技术要求，加工效率可达到 1.5~1.7mm/min。为改善喷油嘴喷孔的流量系数，进一步研究了喷孔微细电火花加工的后一道挤压研磨工序。为提升加工机床的品质和面向未来需求，进行了一些探索性的机构设计和理论研究，设计了面向欧 4 标准倒锥喷孔加工的新主轴机构；研究了喷油嘴喷孔微细电火花加工过程自动化智能控制方法。本年度中，与苏州美澜精微机械技术有限公司合作，装配和调试喷油嘴喷孔加工机床 3 台，实现小批量加工生产；发表论文 3 篇，专利 2 项，培养博士后 3 人，博士研究生 2 人，硕士研究生 2 人。

课题名称：12 英寸靶室与终端系统运动仿真轨迹规划与控制算法研究，02 重大专项项目
课题时间：2009-2012，项目负责人：杨开明

在本年度围绕课题目标开展了试验系统设计、分析与研究工作，目前课题进展顺利，现阶段主要完成的工作任务如下：（1）为了达到项目指标（550 片晶圆/小时），根据现场调研结果，设计了三种新的输片流程方案，最后通过与合作单位广泛深入讨论，确定其中一种方案作为实施方案，该方案具有结构紧凑效率高的特点，理论上最高传输效率可以达到 600 片晶圆/小时。（2）完成了该实施方案的详细设计，包括靶室详细尺寸、输片流程等；绘制了 Solidworks 图纸，利用 Matlab/Simulink 中的 SimMechanics 建立了系统运动学模型和动力学模型，并进行了轨迹规划控制仿真。（3）完成了真空环境输片机械手和洁净环境机械手的选型，选定为美国 Brooks 公司机械手，完成了 2 台机械手的报价，撰写了相关采购报告和技术论证报告，目前已进入商务合同签订阶段。根据项目负责单位的建议并按学校要求，真空机械手的采购是定向招标采购，撰写完成了免招标申请。（4）提交了 3 项发明专利申请书——①一种离子注入机晶圆传输及定位装置②离子注入机晶圆传输机械手末端执行器结构及装置③一种离子注入机晶圆传送系统及其晶圆传送方法，目前正在进行审核，预计 2010 年 7 月可以获得专利申请号。（5）撰写了 2 项发明专利申请书——①一种离子注入机晶圆定位装置②一种晶圆传输机械手机晶圆固定及检测装置，预计 2010 年 9 月底可以正式提交申请。（6）针对离子注入机晶圆传输机械手机械结构设计、动力学仿真分析与运动控制技术进行研究，撰写相关技术研究报告及技术论文 6 篇。

课题名称：Adaptive Self-reconfigurable modularity technology for future mobile multimedia devices, 国际合作项目
课题时间：2008.12-2010.12，项目负责人：杨东超 陈恩

本年度围绕以往概念样机的设计开展了进一步的设计与研究，截止到目前为止共提出了 5 种模块化手机的设计方案：1) 七巧板积木式：借鉴了七巧板积木的思想，将手机机体设计为形状不一的平面模块，每个模块上均加工有螺纹孔，平时可装配为常规的手机外形实现手机功能，闲暇时可将手机拆分为散件再进行灵活的搭接和装配，以达到益智和休闲的目的（尤其是可供学龄儿童玩耍），该方案目前已加工出零件实物；2) 魔板式：借鉴了 8 片基体的魔板的外形和思路，手机可实现连续变形，但真实的魔板的关键在于绑线

方式，目前该方案采用较短的轴孔配合模拟和替代绑线，因此在变形过程中不够联系和灵活。但本形式能够引起手机使用者的较大兴趣，手机的外形也有了较大的突破，尤其是在采用绑线式的手机模块化设计方案之后。该方案目前也已加工出零件实物；3) 模型插装式：借鉴了利用从较薄的木板中刻划出的拼接件组装成为立体模型的思路，平时可装配为常规的手机外形实现手机功能，闲暇时可将手机拆分为散件再进行灵活的拼接和插装，以达到益智和休闲的目的（尤其是可供学龄儿童玩耍），但每款手机插装的最终模型只能有一种结果，较缺少柔性和变化；4) 圆管插装式：在一个布满了小突起的基板上可以随心所欲地插装外形统一的小圆管，即可完成造型。这一方案的优点是手机的模块外形统一，便于加工和装配，造形的结果也会千差万别，娱乐性较好；5) 拼图式：手机由若干个外形规则和统一的薄片组成，闲暇时可将手机分解为散件，每一个薄片都有两面，所以可将手机模块拼成两幅不同的图画，此方案的模块外形也很统一，便于加工和装配。或者模块开发成立方体，而不是薄的长方体，这样就可以得到六种不同的拼图结果，娱乐性较好。

课题名称：双工件台结构关键单元技术及样机结构研究，02 重大专项项目
课题时间：2009-2012，项目负责人：张鸣

09 年双台缩微实验装置完成全部设计装调工作，并进行了控制实验。共完成图纸 53 张。建立了双台缩微装置的动力学模型并进行了仿真，仿真结果同实验结果吻合较好。三自由度微动台完成全部设计装调工作，并进行了控制实验。共完成图纸 46 张建立了三自由度微动台的动力学模型并进行了仿真，仿真结果同实验结果吻合较好。三自由度微动台的控制实验取得了良好的效果，实现了 $\pm 4\text{nm}$ 的定位纹波，已经超出了项目设定的考核指标。完成了六自由度微动台设计，完成图纸 47 张。掩模台的结构设计已经全部完成，共计完成图纸 271 份，其中装配图 65 份，零件图 206 份。硅片台粗动台和微动台的主体详细设计已经完成，已经进入工艺设计阶段。开展了平面气浮电机关键技术研究。包括平面电机推力实验系统、关键制造工艺、一维运动定位实验台和电机散热研究四个方面。通过一年的研究，基本突破了这些关键技术。本年度共发表专利 2 项，博士研究生 1 人、硕士研究生 1 人。

课题名称：新型全解耦仿人机器人技术研究，国家自然科学基金
课题时间：2007.1-2009.12，项目负责人：杨东超

该项目已于 2009 年年底结题。在项目研究过程中首先想到的是利用已有的解耦 2R 并联机构设计仿人机器人解耦下肢，其髁关节中心在两正交方向上的位移分别由两个驱动器的运动输出所决定，但并联机构构型较复杂，质量也较大。后经研究发现保证下肢解耦的关键问题在于保证下肢侧摆自由度与前摆自由度的轴线始终互相垂直，这是因为构型的几何特性降低了耦合程度。在此基础上经过改进与优化得到了结构最为简单的解耦下肢设计方案，即只需将传统串联下肢的侧摆关节上移。最后推导出了基于预设稳定裕度的下肢各关节转角的解析式，样机行走实验表明解耦下肢能够明显简化样机的步态规划、运动学分析以及稳定性控制等工作。本项目的主要研究成果包括：获得一项国家发明专利授权——《一种仿人机器人解耦腿结构》，专利号：ZL200710063069.9；在 *Mechanism and Machine Theory*、*中国机械工程*、*计算机应用* 等杂志发表期刊论文 5 篇（1 篇被 SCI 收录，2 篇被 EI 收录，1 篇被 ISTP 收录）和 1 篇会议论文（另有 1 篇论文已被录用）；培养研究生 5 人（4 人毕业，1 人在读）。

课题名称：精微机电产品结构设计方法与集成设计工具，863 项目
课题时间：2009-2011，项目负责人：张鸣

本课题为华中科技大学牵头，清华以子课题形式参与。09 年完成了气浮轴承动静特性快速求解算法的开发；完成了超精密运动系统静态误差模型建立；建立了用于超精密运动系统的先进陶瓷材料、复合材料和阻尼材料的材料库。完成了工具软件架构设计。本年度共发表论文 2 篇，培养博士研究生 1 人、硕士研究生 1 人。

课题名称：双工件台控制系统总体设计及关键技术研究，02 重大专项项目
课题时间：2009-2013，项目负责人：尹文生

根据课题任务，本年度的研发工作主要集中在原理实验装置控制系统设计与调试实验、原理样机整机控制系统设计与建模仿真、关键控制算法设计三方面。完成了双台微缩原理实验装置的控制系统设计、搭建与调试，搭建了一套缩微双台实验装置的控制系统，完成了直线电机开环与闭环模型辨识算法研究，建立了精确的面向控制的系统模型，研究了有铁芯直线电机由齿槽效应引起的推理波动的特性，完成了基于迭代学习算法的直线电机推力波动抑制控制器，实现了在 300mm/s 速度 10m/s² 加速度条件下 ±10μm 的轨迹跟踪误差，实现了双工件台的交换控制实验。开展了双工件台系统中 6 自由度微动台控制方法的前期研究，在三自由度平面气浮微动台原理实验装置上开展了控制算法设计、模型辨识方法研究、基于 VME 计算机的控制系统设计与测试等工作，平面三自由度微动台控制系统设计、建造与控制算法实验研究。微动台系统的控制实验取得了良好的效果，实现了 ±4nm 的定位纹波。在进行了整机控制系统需求分析与控制系统模块划分的基础上，对比了分散控制与集中控制方案，经过性能分析计算与多次论证，确定了分层的集中与分散控制结合的总体思路，完成了三种控制系统总体方案设计与比较，通过分析与部分模块性能仿真，确定了最终技术方案，目前已经完成了控制系统的总体设计，正在进行详细设计工作。完成了硬件板卡接口定义、板卡技术性能指标制定方面的工作。完成了多种平运动轨迹的设计与性能分析。重点对 5 次多项式轨迹进行了研究，对轨迹进行了数字圆整并采取精度补偿措施修正圆整误差，实现了离散系统的运动轨迹设计。本年度共发表学术论文 2 篇，博士研究生 1 人、硕士研究生 1 人。

课题名称：高性能电机关键单元技术及其试验研究，02 重大专项项目课题
课题时间：2009-2013，课题负责人：胡金春

本年度课题针对工件台硅片台对电机的需求，设计了六自由度微动以及平面大行程两种类型电机，购置一种直线电机，分别实现大行程直线与平面运动以及六自由度微动，目前正在开展此三种电机的性能测试工作；在功率驱动方面，研制了线性及 PWM 型两种数字高性能功率驱动器的第二轮原理设计，正在进行性能调试与测试；正在电机设计与测试分析相关研究。完成设计图纸 2 份，线性功率驱动器部件 6 套（每套支持 4 自由度控制），并在微动台上实现了 4nm 定位精度；PWM 功率驱动器 1 套；其他平面与微动电机平台 2 套。本年度发表学术论文 1 篇，申请中国发明专利 4 项，培养 1 名硕士生毕业，2 名博士生在读。



课题名称：高压大直径动密封与动压轴承的自适应机理，“973”计划
课题时间：2009-2013，项目负责人：王玉明

本年度围绕核主泵动密封的多场耦合机理研究和研究性试验系统设计工作展开。主要完成了：流体静压型核主泵机械密封进行流固热耦合数值法和解析法工作机理研究；研究了结构参数对密封性能的影响，对密封静环的主要参数进行了初步的优化设计。针对具有复杂界面构型的周向波度与锥度动静压结合型机械密封，建立了动静压解耦的几何分析模型，揭示出该类机械密封纯流体条件下的作用机理。研究了具有表面复杂微结构流体动密封基于质量守恒原理的 JFO 边界条件的空化处理办法。研究了静压式机械密封系统多场、跨尺度全场温度分析；修正了目前国内外广泛采用的对流传热系数经验公式。完成了用于核主泵轴封系统宏微观性能、静动态性能等研究试验台及其高压（ $P > 15.5 \text{MPa}$ ）、高温（供水温度 $< 90^\circ\text{C}$ ）辅助水系统、参数采集与辅助系统控制平台。包括：1) 核主泵机械密封宏观性能研究的单级立式试验台；2) 核主泵轴封系统微观特性研究卧式单级密封试验台；3) 核主泵辅助密封宏微观摩擦性能与非线性阻尼等特性研究往复式辅助密封试验台。4) 高压水、气及其控制系统设计施工已完成。本年度共发表（或收录）学术论文 9 篇，申请发明专利 1 项，培养博士后 1 人，博士研究生 4 人、硕士研究生 5 人（已毕业 1 人）。

课题名称：人体膝关节接触磨损损伤机制与生物力学模拟及控制的研究，国家自然科学基金
课题时间：2008.12-2011.12，分项目负责人：郝智秀

基于 MRI 断层图像，采用逆向建模技术建立了包括股胫关节及髌股关节在内的膝关节三维模型，此模型包括了股骨、胫骨、髌骨、腓骨、关节软骨、半月板及主要的韧带。考虑了半月板的横观各向同性及韧带的超弹性特征，并根据解剖结构对边界条件做了设定。通过与文献实验及计算结果的对比，验证了所建模型的有效性。在建立三维股胫关节有限元模型的基础上，对膝关节的前移、后移及内旋、外旋进行了模拟，定量分析了人体股胫关节在这四种运动状态下四条主要韧带的力学特点及它们的协同作用机制，对各种运动状态下韧带的限制作用进行了量化分析。模拟分析了前交叉韧带完整、部分受损及完全受损情况下，膝关节的稳定性及前交叉韧带损伤对侧副韧带、半月板和关节软骨带来的影响，并根据结果对由前交叉韧带损伤而引起的并发症出现的组织及部位做了预测。在已建立膝关节的基础上，进一步建立韧带不可压缩特性计算模型和程序，对现有有限元软件进行二次开发，增加模型计算能力。实现了膝关节在组合复杂载荷情况下的有限元分析。目前尝试对韧带组织的细观结构进行力学实验的方案设计和初步实验，以期建立韧带组织宏观力学性能与其微观结构和组元成分间的关系和数学模型，从而能够由组织的细观结构推测出组织的宏观力学性能，实现韧带组织本构特性的描述。发表研究论文：期刊 2 篇，国际会议 2 篇和国内会议 1 篇，培养硕士研究生 1 人。

课题名称：下肢残肢功能综合训练系统开发，“十一五”国家科技支撑计划
课题时间：2007-2009，分项目负责人：郝智秀

完成了所负责项目的全部内容，即膝上及膝下载肢训练器设计的方案设计和结构设计，进行了样机试制和整机调试，所设计样机达到了下肢残肢功能综合训练目的和要求。申请发明专利 2 项（申请号：200910090915.5 及 200910090916.x），已公开。目前配合项目负责单位正在进行项目的结题。培养本科生及研究生各 1 名。

课题名称：远洋船舶压载水物理净化处理技术，支撑计划
课题时间：2007-2009，项目负责人：季林红

课题于 2010 年 4 月 26 日接受科技部委托交通部组织的专家组的验收评审工作，专家组听取了课题负责人的技术总结报告和项目成果报告，专家最终给课题打分 95.8 分，被评为优秀；专家组认为课题经过清华大学技术组的攻关，不仅超额完成了远洋船舶压载水物理净化处理的关键技术研究和实验以及国际海事组织的认证等工作，而且在轻重微生物高效分离技术、大流量过滤及反冲洗技术和系统集成等方面实现了技术创新，填补了国内在远洋船舶压载水处理装置技术方面的空白，为我国履行国际公约进而参与国际船舶压载水处理技术市场的竞争创造了条件。该项目目前正在由企业接手产业化阶段的工作。

课题名称：偏瘫患者下肢多关节运动康复训练系统的研发，支撑计划
课题时间：2009-2012，项目负责人：季林红

课题于 2009 年底启动，目前已经开展的工作包括：（1）人体实验，测试人体在多位姿状态下的生理参数和肌肉活动能力的测试实验；（2）对国内外在下肢康复方面的技术发展状况进行了分析和总结，获得了课题开展深入研究的方向和研制策略；（3）进行了下肢多关节多位姿康复训练系统的设计和训练方案论证等工作。目前到校经费 25 万。

课题名称：截瘫患者行走训练系统研究，科技支撑计划
课题时间：2006-2009，项目负责人：贾晓红

在本年度：进行了实验样机机械系统的加工与调试，设计制造了减重装置，改造了医用跑台，完成了外骨骼机械腿、减重装置和医用跑台的集成装配和调试；设计了可以协调控制外骨骼机械腿和医用跑台的控制系统并完成了调试；完成了安全模块的设计、加工和安装调试。最后进行了健康人和一例患者实验，指标达到了项目预期要求；制订了相关的标准草案，并提交给国家标准化委员会，正在立项；撰写并提交了项目验收申请报告；申请发明专利 1 项，培养研究生 2 名，发表论文 5 篇。

课题名称：多场耦合下的水轮发电机组非线性动力学研究，国家自然科学基金面上项目
课题时间：2008-2010，项目负责人：卢文秀

2009 年度，取得了一些阶段性成果：（1）弹性油箱推力轴承失压后水轮发电机组的动力学特性。机组长期运行后，弹性油箱发生渗油失压，使得柔性支撑变为刚性支撑。本研究建立了弹性油箱失压后推力瓦的刚度模型和扭转刚度模型，并计算了水轮发电机组轴系在外激励下的动力响应。结果表明，弹性油箱失压后，只要推力瓦仍可以正常工作，推力轴承扭转刚度的变化并不会导致轴系振动发生显著的变化。（2）对直裂纹转子和斜裂纹转子系统的振动特性进行了理论研究。理论研究结果表明，斜裂纹转子系统的横向响应中包含了明显的工作频率和扭振频率的组合频率，轴向响应中包含了明显的扭振频率；而直裂纹转子系统中相应的频率成分却很不明显。这主要是由于斜裂纹和直裂纹对转子系统的刚度影响不同造成的。斜裂纹可以引起转子刚度的弯-拉耦合、弯-扭耦合和拉-扭耦合，而直裂纹只能引起转子刚度的弯-拉耦合。所以斜裂纹转子系统表现出比直裂纹转子系统更为明显的弯-扭及拉-扭耦合振动。发表论文 4 篇。

课题名称：智能下肢假肢研制，科技支撑计划
课题时间：2006-2009，项目负责人：王人成

在本年度：进行了肌电信息与运动信息的采集与分析，提出了基于肌电信号的步态周期识别方法；进行了四连杆气压膝关节的主体结构设计与优化，完成了三代智能下肢假肢样机的加工制作；进行了智能下肢假肢控制系统的研究，完成了嵌入式关节控制器的设计、实验与调试，通过改变假肢膝关节的摆动速度，使假肢可以随着速度的不同随时调节；进行了临床试验研究，建立了双自由度假肢实验平台和智能下肢假肢性能检测平台，制订了相关的标准。申请发明专利 1 项，培养研究生 2 名，发表论文 5 篇。

课题名称：多功能助行康复机器人，863 重点项目
课题时间：2009-2011，项目负责人：王人成

在本年度：根据人体运动特征、康复医学理论和项目的主要技术指标要求，通过机构运动分析确定机器人机构类型和主要结构参数，完成了机器人的总体结构方案和控制方案设计；建立了三维机构模型，仿真分析机器人系统的工作空间，优化结构参数，完成产品样机的结构设计和外观设计，实现关键部件的模块化和标准化设计。申请发明专利 1 项，培养研究生 1 名，发表论文 2 篇。

课题名称：仿生大腿假肢的研发，863 重点项目
课题时间：2009-2011，项目负责人：王人成

在本年度：进行了健康人和假肢穿戴者步态分析实验，初步建立了膝关节和踝关节协调控制规律模型；在智能膝关节样机的基础上，设计了智能踝关节机械结构，目前正在进行样机试制。申请发明专利 1 项，培养研究生 1 名，发表论文 1 篇。

课题名称：航天器太阳能电池阵的可靠性设计及性能评价，“863”计划项目
课题时间：2009-2011，项目负责人：阎绍泽

在本年度围绕航天太阳能电池阵性能分析与可靠性设计开展了理论建模与数值模拟、实验研究工作，包括：分析了太阳能电池阵的构型及发展趋势，以及太阳能电池阵的载荷环境条件，重点分析了星箭分离时太阳能电池阵经历的力学环境条件，考察了星箭连接结构部分失效的力学环境；考虑环境温度、绳索材料特性等因素的影响，建立了太阳能电池阵同步机构精确模型，编制了太阳能电池阵动力学软件模块；在对太阳能电池阵运行的空间环境和力学环境分析的基础上，对复杂运行环境可能引发的构件结构破坏、固定连接松弛和精密配合表面破坏等进行了归类，进而对太阳能电池阵分支机构/组件的故障分析与归类，建立了太阳能电池阵的故障树；完善了原有的简单实验装置，开展了模拟太阳能电池阵动力学特性初步实验，并采用修正的 Hilbert-Huang 变换方法进行了太阳能电池阵动力学特性的时频特性；初步设计了新的实验装置。本年度共发表或录用学术研究论文 4 篇，编制软件模块 1 套。

课题名称：汽车独立悬架创新设计的综合理论及应用研究，国家自然科学基金
课题时间：2008-2011，项目负责人：赵景山

本年度取得如下进展：(1) 与新型悬架匹配的转向系统的创新设计理论：系统研究了在满足汽车转弯时各轮纯滚动条件下，转向系统创新设计的方法。给出了在满足 Ackermann

非线性约束下的转向传动机构, 论文已被 Journal of Mechanical Engineering Science 接受。(2) 机构的动力学分析与综合: 通过建立刚体构件与弹簧减振器间的系统动力学模型, 研究了悬架在车轮上下跳动过程中的铰链的运动学参数和载荷分布情况, 为机构的结构综合提供了分析依据。研究成果已被 Vehicle System Dynamics 接受。(3) 在汽车独立悬架的创新设计方面, 综合出新型过约束的后独立悬架机构。该悬架机构在保证车轮定位参数不变的前提下具有更紧凑的结构、更小的簧载质量和更高的结构强度。该研究成果已被国际机构学领域的重要学术期刊 ASME Journal of Mechanical Design 接受。

课题名称: 自由度分析模型的理论基础及其在机构分析与综合中的应用研究, 省部级项目

课题时间: 2007-2011, 项目负责人: 赵景山

本年度取得如下进展: (1) 机器人机构自由度分析理论: 系统总结了近年来在机构自由度分析方面的研究成果, 2009年3月在科学出版社出版专著《机器人机构自由度分析理论》一部。(2) 在机器人的运动、静力分析方面, 给出了可用于机器人动态运动规划和奇异性规避的新的理论判据。通过对机器人机构末端执行器的速度分析, 讨论了机器人机构末端执行器可行性运动需要满足的基本条件, 从互易螺旋的角度研究了机器人机构的速度正、逆解问题。进一步, 根据虚功率原理, 导出了机器人机构静力平衡的条件和静力学正、逆解问题。该研究成果既可应用于机器人的轨迹规划, 又可应用于机器人的奇异性判别和规避。该研究成果已被国际机构学领域的重要学术期刊 Journal of Mechanical Engineering Science 接收。



课题名称: 全固态激光xxx, 国家“十一五”预先研究计划

课题时间: 2005-2010, 项目负责人: 柳强 巩马理

本年度围绕固态 3-5 μm 光参量转化技术开展研究工作, 探索如何实现中心波长大于 3.7 μm 光参量转化过程的机理以及得到高能量、高效率中红外激光输出。目前适合实现高能量 3-5 μm 激光输出的非线性晶体并不多, 研究了如何选择合适的非线性晶体(保证可以实现大块生长、具有较高的透过率和较大的有效非线性系数等)和选择合适的结构参数(晶体的切割方式、晶体尺寸)做参量转化, 以得到高能量 3-5 μm 的激光输出。另外, 高能量 3-5 μm 波段激光输出的非线性转化过程与泵浦激光脉冲宽度、发散角、泵浦光斑大小和泵浦功率密度关系密切, 通过系列实验确定了走离角大小、晶体口径、损伤阈值、OPO 的建立时间等参数影响而对应的最佳泵浦参数。实验方面, 在 800mJ 10ns Φ 9mm 1064nm 的激光泵浦的条件下, 利用沿 XZ 平面切割的中波红外晶体得到重复频率 10Hz, 中心波长 3.75 μm , 单脉冲能量 55mJ, 脉冲宽度 9ns 的中波红外激光输出。实验中还发现为了有效控制中心波长, 非线性晶体角度调谐精度要控制在 0.01°以内。下一年度将重点开展高重复频率下, 高能量 3.7 中波红外输出特性研究, 解决晶体热效应、非线性走离效应、晶体抗损伤等技术问题。本年度共发表学术论文 4 篇, 培养博士研究生 1 人。

课题名称: 全光纤连续高功率光纤激光器, 国家“十一五”预先研究计划

课题时间: 2008-2010, 项目负责人: 闫平

本年度重点围绕全光纤高功率光纤激光器开展实验和理论研究，在完成数百瓦级单元激光放大器研究的基础上，进行了更高功率激光放大输出实验，获得良好结果，验证了高功率光纤激光器设计思想，解决了大芯径光纤低损熔接、高功率光纤激光器热控制等技术问题。系统采用了新型泵浦方式，对多个泵浦半导体激光器的功率和光谱合成特性进行了研究，成功实现单点泵浦功率超过 800W 的泵浦功率注入。进行了多项光纤无源器件工艺研究，购置和改进了相关制作设备，研制成功 (1+1) x1 光纤泵浦耦合器以及 7x1 光纤泵浦耦合器。本年度发表论文 1 篇，申请专利 3 项，授权专利 1 项。

课题名称：超高重频 (>2MHz) 声光调 Q 激光器及其动力学特性研究，国家自然科学基金
课题时间：2008-2012，项目负责人：柳强

本年度在建立的超高重频声光调 Q 激光器动力学模型和数值模拟基础上。搭建了侧面泵浦掠入射结构和双端面泵浦声光调 Q 超高重复频率激光演示装置，开展了大量的实验研究工作，在侧面泵浦掠入射结构中成功获得了 2MHz 调 Q 输出；在双端面泵浦结构中获得了稳定的重复频率 850kHz 的调 Q 输出，并通过 MOPA 放大，平均功率达到了 183W，转换效率 41%，脉冲宽度 72ns。实验上搭建了侧面泵浦掠入射结构和双端面泵浦声光调 Q 超高重复频率激光演示装置，分别获得了 2MHz 和 850kHz 调 Q 输出。本年度在国际光学期刊上发表论文 2 篇，全部为 SCI 收录，博士研究生 1 人、硕士研究生 1 人。

课题名称：数控紫外激光微加工机床与技术，国家“十一五”863 计划
课题时间：2008-2010，项目负责人：柳强

本年度针对目前制约国产全固态紫外激光器工业化进程的技术瓶颈开展研究工作，重点解决主输出功率偏低，光束质量相对较差问题。开展了 10W 紫外激光工程化技术研究，采用分布式双端泵浦复合低浓度 Nd:YVO4 和能够补偿热透镜和热致双折射等热效应的基模动态稳定谐振腔结构，放大级通过增益导引和折射率导引效应改善热畸变，实现高质量基频光输出，获得了 $M^2=1.2$ ，平均功率 42W 的 1064nm 调 Q 激光输出。同时重点解决了输出光束质量、寿命、连续工作时间、电源以及上位机控制等工程化问题，2009 年 9 月，已经完成了 10W 紫外激光工程化样机研制，指标全部达到预定目标，即将进行验收和与数控加工设备联机测试工作。首先进行了台面原理性实验研究，本年度共发表 SCI 收录论文 2 篇，获得授权专利 1 项，培养博士研究生 1 人、硕士研究生 1 人。

课题名称：固体激光×××，某部项目
课题时间：2009-2011，项目负责人：张海涛，巩马理

本年度设计了半导体激光二极管泵浦 Nd:YLF 晶体实现高重频 1053nm 激光输出的系统方案，确定了微型声光 Q 开关、晶体参数、腔镜参数、泵浦光场分布，以及谐振腔结构参数等，模拟了输出结果；在实验中搭建了 1053nm 微型固体激光实验系统，在 40mm 短腔中获得了 2.1W 的 1053nm 连续激光输出，光光效率 33%。在微型谐振腔中加入微型声光 Q 开关，获得了 50kHz，脉宽 41ns，平均功率 1.12W，波长 1053nm 脉冲激光输出，光光效率 32%，脉冲峰值功率不稳定性 3.8%，角漂 0.2mrad，占发散角的 3.1% 光束质量 $M^2=1.25 \times 1.28$ 。完成脉冲激光器的正样研制，提交标准文件，完成了储存温度 -40℃~70℃，工作温度 0℃~40℃、振动、冲击等环境测试，返回了用户单位阶段结论意见表和评审表，完成正样研制报告、图纸、原材料、配套件清单等系列文件。本年度发表 1 篇 SCI 收录文章，培养硕士生 1 人。

课题名称：超高功率激光位相调节×××，863-804 课题
课题时间：2009-2011，项目负责人：黄磊

本年度完成了课题合同约定的全部研究内容，完成了满足全部技术指标的自锁式大口径凹面能动反射镜样机一台，具体包括：完成了凹面反射镜超高功率激光波前位相控制新技术的可行性探索和论证；完成了超高功率激光波前位相控制新原理的研究与理论分析；研究超高功率激光波前位相控制新技术的总体实现方案设计；研究超高功率激光波前位相控制新技术的构型设计与结构研究；超高功率激光波前位相变形反射镜与致动器的连接方法研究；超高功率激光波前位相控制技术性能评估。通过实验分析，使用大口径激光干涉仪，对凹面反射镜激光波前位相控制能力进行测试与分析，测试结果表明，所研制的凹面反射镜能够实现有效的波前位相控制，面形开环位相校正精度： $PV=411\text{nm}$ ，位相控制精度为 66nm 。本年度共发表学术论文 2 篇，培养博士后 1 人，博士研究生 1 人、硕士研究生 1 人。

课题名称：355nm 紫外固体激光×××，国家预研课题
课题时间：2008-2010，项目负责人：黄磊

本年度合同约定的研究内容包括：开展高功率、高光束质量、高重复频率种子源优化设计与研制；开展高效率倍频、和频优化设计与研制；完成高功率、高重频、高光束质量全固态紫外激光器样机的研制。根据年度合同要求，本年度已完成合同约定的全部研究内容，达到约定的技术指标。具体包括：完成了高功率、高光束质量、高重复频率种子源优化设计与研制，采用高亮度 LD，完成了种子源的调试与工艺研究，实现了可工程化的种子源结构，获得了高光束质量、高功率、高重复频率、高效率和高稳定性的红外激光输出。完成了倍频与和频结构的调试与工艺研究，实现了可工程化的倍频与和频系统结构，获得了高功率、高重频、高光束质量的紫外激光输出。完成了高功率、高重频、高光束质量全固态紫外激光器样机的研制：结合高稳定性种子源的优化设计、高效率倍频和频的优化设计，完成了全固态紫外激光器工程样机的研制。工程样机采用腔外倍频与和频技术方案，由调 Q 得到高重频、高稳定性的红外种子源输出，红外激光在腔外经过倍频晶体、和频晶体后，最后得到高功率、高重频、高光束质量的紫外激光输出。研制的样机达到年度合同约定的技术指标，所实现的紫外激光的主要技术参数具体包括：重复频率 70.43kHz ，脉冲宽度 14.44ns ，X 方向光束质量为 1.155，Y 方向光束质量为 1.183，功率 10.41W 。本年度共发表学术论文 4 篇，培养博士后 1 人，博士研究生 1 人、硕士研究生 1 人。

课题名称：×××激光器，电子元器件科研项目
课题时间：2008-2010，项目负责人：黄磊

本年度完成了项目合同约定的全部研究内容，完成了满足全部技术指标的×××激光器工程化样机一台，具体包括：完成了高功率倍频激光器的输出光束指向稳定性研究：研究了光束指向稳定性的影响因素，优化了系统结构和温度响应性能，完成了工程化设计，完成了工艺研究与样机研制，获得了高指向稳定性的倍频激光输出，指向稳定性小于 0.01mrad （连续 4 小时）。完成了倍频激光扩束与匀化系统的研究：研究了高功率倍频激光的扩束匀化系统，实现了高斯光束向均匀平顶光束的高效率转化，完成了工程化设计，完成了工艺研究与系统装配调试，基于 0.5mm 激光光束，获得了直径 50mm 、发散角小于

0.1mrad 的近平行扩束匀化光束。完成了高功率倍频激光系统的高低温性能及功率稳定度研究：研究了基于腔内倍频与和频技术方案，采用腔内多布鲁斯特折射方法，有效降低了系统输出功率不稳定性；研究了不同热稳定条件下，激光谐振腔的结构微变化规律和热致畸变性能。获得了-40 度至+50 度热环境条件下、小于 2%的高功率稳定度输出。本年度共发表学术论文 2 篇，培养博士后 1 人，博士研究生 1 人、硕士研究生 1 人。

课题名称：紫外光纤激光器研究，国际合作项目
课题时间：2009-2010，项目负责人：巩马理

本年度项目开展了 266nm 紫外激光原型机研制，利用 BBO 晶体，实现了平均功率大于 14W 的紫外激光输出，同时开展了高效率 355nm 紫外激光研究，通过改善泵浦光光束质量和频率变换走离色散补偿等措施，利用 MOPA 系统和腔外频率变换成功实现了平均功率 35W，脉冲宽度小于 30nm，光束质量小于 1.3 倍衍射极限输出，转换效率达到了 35%。在 20W 紫外激光工程样机方面：完成了全固态紫外激光器工程样机的研制，重点了解决输出功率稳定性、非线性晶体寿命、输出脉冲稳定性、光斑指向稳定性以及整机可靠性问题。研制的样机达到年度合同约定的技术指标，2009 年 5 月 21 日，举行了一期项目验收和二期协议签约仪式，该国际合作项目起于 2005 年 2 月，旨在开发一种用于微加工领域的紫外激光器，至 2009 年 5 月，一期项目已经顺利完成，研制的 20W 紫外激光器将运往日本，目前正在进行整机测试和微加工设备整机调试工作。本年度共发表学术论文 4 篇，培养博士后 2 人，博士研究生 2 人、硕士研究生 1 人。

课题名称：化学机械组合作用功能粒子及其超精抛光机理研究，国家自然科学基金面上项目
课题时间：2008-2010，项目负责人：潘国顺

本年度主要开展了以下工作：针对不同的被抛光材质（集成电路硅晶片、硬盘盘基片，选择适当的试剂（硅烷偶联剂、表面活性剂、络合剂等），控制合理的实验条件，制备不同特征的化学机械组合作用功能粒（主要涉及 SiO₂ 和 Al₂O₃ 抛光粒子）；研究抛光工艺对新型抛光体系在抛光过程中的作用规律，考察功能性粒子在不同压力、不同主盘转速、抛光垫等工艺参数对抛光去除及表面质量的影响规律，优化功能性粒子的实施工艺；对新型抛光液体体系配方进行研究，考察与组合作用功能粒子兼容并稳定的各种试剂，并研究各组分对抛光性能的影响规律。本年度共发表学术论文 5 篇，其中期刊论文 3 篇，专利 3 项，培养博士研究生 1 人，硕士研究生 1 人。

课题名称：Theory and Experimental Research On Water-Based Lubricant Used In Bearing,
NSK（日本精工株式会社）全资基金资助组织 EMTAF 研究费资助项目
课题时间：2009-2011，项目负责人：潘国顺

本年度主要围绕水基润滑体系的摩擦学特性和润滑机理展开相关研究，通过金属膜与加载钢球形成水基薄膜的物理化学特性来探讨水基润滑理论。通过研究氧化硅、氧化铝、铬等材料固体/水界面能、膜厚、摩擦力、pH 值等方面探讨水基薄膜润滑表面特性，发现形成较粘弹润滑理论更厚的薄膜；固液接触角越大，界面能越大；更高的固液界面能产生更厚的润滑薄膜及更小的摩擦力；探讨水基薄膜的表面亲水特性，研究 SDS、TX100 等表面活性剂对水基薄膜的影响，发现随着溶液中接触角的增大，薄膜厚度增加；憎水表面较之亲

水表面，更易诱导形成更厚的水基薄膜。本年度共发表期刊论文4篇，专利1项，培养士研究生1人。

课题名称：原子级光滑表面抛光研究，科技部国际科技合作项目
课题时间：2006-2010，项目负责人：潘国顺

本年度主要开展了以下工作：研制原子级硬盘盘片表面抛光用超精抛光液，系列实验研究不同硬度、粒度及粒度分布、固含量的纳米粒子及不同的氧化剂、腐蚀剂、缓蚀剂、润滑剂等抛光液要素在抛光过程中的作用机制，获得合理的抛光液配方；研究抛光液的化学成分与点蚀，大颗粒与划痕、微凹坑，抛光垫硬度与抛光条痕等之间的关系规律，揭示微缺陷的形成机理；获得无划痕、蚀坑、橘皮等缺陷的超光滑表面；所研制的抛光液及其工艺抛光盘片后所达到的表面粗糙度（AFM）已略超过国外商用抛光液。本年度共发表期刊论文3篇，专利3项，培养博士研究生1人，硕士研究生1人。

课题名称：硬盘基片亚纳米级抛光中化学作用机制与技术研究，深圳市基础研究项目
课题时间：2009-2011，项目负责人：潘国顺

本年度主要开展了以下工作：基于硬盘基片表面材料的物理化学性质、元素分布和结构特征，运用红外、热分析等技术对抛光过程中化学反应进行测量，提取相关参数并分析；结合化学反应动力学、热力学等理论，研究化学反应过程中内因（如结构、性质等）和外因（如浓度、温度、催化剂等）对反应速率（包括方向变化）的影响；根据抛光中化学反应规律和纳米粒子行为，并结合抛光工艺，系统研究抛光液化学组分、含量及抛光粒子性质等与材料表面化学反应特性、抛光产物性质、抛光表面形态之间的关系，考察动态过程中化学与机械作用的平衡特性；结合表面物理化学、分析化学、流体力学等理论，探讨化学与机械作用平衡的形成条件、变化规律与控制方法。本年度共发表期刊论文3篇，专利1项，培养硕士研究生1人。

课题名称：硬盘盘基片原子级表面抛光技术研发，深圳市国际科技合作项目
课题时间：2009-2011，项目负责人：潘国顺

本年度主要开展了以下工作：针对目前及下一代硬盘盘片抛光中存在的问题，对原子级表面抛光用超精抛光液进行研究，研究不同的纳米粒子及不同的氧化剂、腐蚀剂、润滑剂等抛光组分在抛光过程中的作用机制；研究抛光液各要素与抛光后盘片表面质量如表面粗糙度、波纹度、划痕等的关系；通过研究抛光液种类特性、抛光垫特性（如硬度、毛孔大小及分布等）、抛光压力、转速、时间等抛光过程变量与抛光性能（表质量、去除率等）间的关系，优化抛光工艺。本年度共发表期刊论文3篇，专利3项，培养硕士研究生1人。

3. 科研成果

发明专利号	名称	国别	发明人
ZL200610055207.4	一种具有横向肋条减阻疏水表面的水中航行体	国内	汪家道,陈大融,陈皓生

ZL200710099372.4	一种阵列电极式平板壁面微空泡发生装置	国内	汪家道,陈皓生,陈大融
ZL200610080833.9	测量硬盘磁头飞行高度的系统及共光路双频激光干涉测量方法	国内	孟永钢
ZL200710080387.6	用于提高输出光束质量的脉冲激光器	国内	巩马理,黄磊,张海涛,柳强,闫平
ZL200710100318.7	一种钢球碰撞式联轴器	国内	刘向锋,刘莹
ZL200710063487.8	一种双腿可分开角度训练的坐式腿部力量训练器	国内	季林红,王子羲
ZL200710062638.8	一种模具及零件的整体式磁流变抛光方法	国内	韩福柱
ZL200710099373.9	一种圆形截面试样壁面流体摩擦阻力测量装置	国内	汪家道,邵天敏,陈大融
ZL200610055206.X	一种具有横向肋条减阻表面的水中航行体	国内	汪家道,陈大融,陈皓生
ZL200710120703.8	一种直流电弧电火花加工方法	国内	韩福柱
ZL200710178138.0	仿生踝关节	国内	陈悬,付成龙
ZL200710063069.9	一种仿人机器人解耦腿机构	国内	杨东超,陈悬
ZL200710177970.9	基于介电颗粒和金属线的温度可调谐负折射器件及制备方法	国内	赵乾,孟永钢
ZL200410029189.3	一种融接型包层泵浦光纤侧面耦合器的制作方法	国内	闫平,巩马理
ZL200410029384.6	多波长高功率光纤激光器	国内	闫平,巩马理,柳强,黄磊
ZL200410029385.0	级联式分布泵浦高功率光纤激光器	国内	巩马理,闫平,黄磊,柳强
ZL200710087159.1	一种提高输出稳定性的脉冲激光器	国内	巩马理,黄磊,张海涛,柳强,闫平
ZL200610012012.1	具有重心调整功能的部分减重支持装置	国内	贾晓红
ZL200710119263.4	后退时可微屈膝盖的机械膝关节	国内	王人成
ZL200610113114.2	竖向平移式空间多连杆独立悬架	国内	赵景山,褚福磊
ZL200410009472.X	永磁同步平面电动机	国内	朱煜,尹文生,段广洪
ZL200610169826.6	一种超薄 3 自由度平面电机	国内	朱煜,张鸣,尹文生,段广洪
ZL200710118130.5	一种 6 自由度微动工作台	国内	朱煜,张鸣,尹文生,段广洪

ZL200710119275.7	一种光刻机硅片台双台交换系统	国内	朱煜,张鸣,尹文生,段广洪
ZL200710303713.5	一种采用十字导轨的光刻机硅片台双台交换装置	国内	朱煜,张鸣,尹文生,杨开明,段广洪
ZL200710064152.8	大范围移动磁浮平面工作台	国内	朱煜,张鸣,尹文生,段广洪
ZL200710062640.5	线性防偏摆双腔室空气弹簧	国内	朱煜
ZL200710111591.X	一种超薄 3 自由度微动工作台	国内	朱煜,张鸣,尹文生

七. 2009 年发表论文

在国内外学术刊物发表论文 113 篇，其中 SCI 收录 80 篇。

1. 论文目录

论文题目	作者	期刊名称	卷、期、页	收录类别
A comparative study of tribological properties between perfluoro and non-perfluoro alkylsilane self-assembled monolayers(SAMs)	Xinkuan Wang, Yuhong Liu, Jianbin Luo, Guoxin Xie	JOURNAL OF WUHAN UNIVERSIT Y OF TECHNOLO GY-MATERI ALS SCIENCE EDITION	24(4):588-5 93, 2009	SCI 收 录
Molecular dynamics simulation of shear-induced graphitization of amorphous carbon films	Tian-Bao Ma, Yuan-Zhong Hu, Hui Wang	Carbon	2009, 47, 1953-1957	SCI 收 录
Inhibitors for organic phosphonic acid system abrasive free polishing of Cu	Wei Zhang, Xinchun Lu, Yuhong Liu, Guoshun Pan, Jianbin Luo	APPLIED SURFACE SCIENCE	255(7):4114 -4118, 2009	SCI 收 录
On elastic deformation, inter-asperity cavitation and lubricant thermal effects on flow factors	Fan-Ming Meng, SQ Cen, Yuan-Zhong Hu, Hui Wang	TRIBOLOGY INTERNATI ONAL	2009, 42(2), 260-274	SCI 收 录
Stress Analysis on Layered Materials in Point Elastohydrodynamic-Lubricated Contacts	Zhan-jiang Wang, Wen-zhong Wang, Hui Wang, Yuan-zhong Hu	Tribology Letters	2009, 35, 229-244	SCI 收 录
Study of lubrication behavior of pure water for hydrophobic friction pair	Zhizuo Ma, Chenhui Zhang, Shuhai Liu, Jianbin Luo, Xinchun Lu, Shizhu Wen	SCIENCE IN CHINA SERIES E-TECHNOL OGICAL SCIENCES	2009, 52(11), 3128-3134	SCI 收 录
Investigation of the running-in process and friction coefficient under the lubrication of ionic liquid/water mixture	Guoxin Xie, Shuhai Liu, Dan Guo, Quan Wang, Jianbin Luo	APPLIED SURFACE SCIENCE	255(12):640 8-6414, 2009	SCI 收 录
Friction at the liquid/liquid interface of two immiscible polymer films	Hongbo Zeng, Yu Tian, Boxin Zhao, Matthew Tirrell,	Langmuir	2009, 25 (9), pp 4954-4964	SCI 收 录

	Jacob Israelachvili			
Gecko adhesion pad: a smart surface?	Noshir S Pesika, Hongbo Zeng, Kai Kristiansen, Boxin Zhao, Yu Tian, Kellar Autumn, Jacob Israelachvili	J. Phys.: Condens. Matter	2009,21:464132	SCI 收录
Growth of ultrathin diamond-like carbon films by C60 cluster assembly: Molecular dynamics simulations	Tian-Bao Ma, Yuan-Zhong Hu, Hui Wang	Diamond & Related Materials	2009, 18, 88-94	SCI 收录
Superhydrophobic behavior achieved from hydrophilic material	Jiadao Wang, Fengbin Liu, Haosheng Chen, Darong Chen	Applied Physics Letters	2009 95 084104-1~084104-3	SCI 收录
Surface modification of DF-2 tool steel under the scan of a YAG laser in continuously moving mode	SeDao, M.Hua, T.M.Shao, H.Y.Tam	Journal of Materials Processing Technology	2009, 209 (10) : 4689-4697	SCI 收录
Synthesis of carbon films containing diamond particles by electrolysis of methanol	He SQ, Meng YG	THIN SOLID FILMS	2009, 51 (19) :5625-5629	SCI 收录
The Crowding Model as a Tool to Understand and Fabricate Gecko-Inspired Dry Adhesives	Noshir S. Pesika, Nick Gravish, Matt Wilkinson, Boxin Zhao, Hongbo Zeng, Yu Tian, Jacob Israelachvili, Kellar Autumn	Journal of Adhesion	2009, 85:512-525	SCI 收录
The electron transfer behavior of the hydrogen- terminated boron-doped diamond film electrode	Jiadao Wang, Fengbin Liu, Haosheng Chen, Darong Chen	Mater. Chem. Phys.	2009 115 590-598	SCI 收录
The protective properties of ultra-thin diamond like carbon films for high density magnetic storage devices	Min Zhong, Chenhui Zhang, Jianbin Luo, Xinchun Lu	APPLIED SURFACE SCIENCE	256(1):322-328, 2009	SCI 收录
The transient behavior of electrorheological fluid in tensile flow	Yu Tian, Minliang Zhang, Xuli Zhu, Jile Jiang, Yonggang Meng, Shizhu Wen	Smart Mater. Struct.	2009,18:125021	SCI 收录

Tribology research in China: a personal view	Yuan-Zhong Hu	PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART J-JOURNAL OF ENGINEERING TRIBOLOGY	2009, 223, 1-15	SCI 收录
Compression enhanced shear yield stress of electrorheological fluid	Minliang Zhang, Yu Tian, Jile Jiang, Xuli Zhu, Yonggang Meng, Shizhu Wen	Chinese Physics Letters	2009, 26(4): 048301.	SCI 收录
Controllable and switchable capillary adhesion mechanism for bio-adhesive pads: Effect of micro patterns	Zhang XJ, Liu Y, Liu YH, Ahmed SIU	CHINESE SCIENCE BULLETIN	2009, 54 (10) :1648-1654	SCI 收录
Electronic properties of the hydrogen-terminated and oxygen-terminated diamond surfaces after exposure to the atmosphere	Fengbin Liu, Jiadao Wang, Darong Chen, Dayun Yan	Chin. Phys. B	2009 18 2041-2047	SCI 收录
Discussion on the Technique of Relative Optical Interference Intensity for the Measurement of Lubricant Film Thickness	Liran Ma, Chenhui Zhang	Tribology Letters	36(3):239-245, 2009	SCI 收录
Effect of ingredients in slurry containing alumina on chemical mechanical polishing of hard disc substrates	Jianzhen Sun, Guoshun Pan, Yan Zhou, Yonghua Zhu, Jianbin Luo, Xinchun Lu, Yan Liu	PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART J-JOURNAL OF ENGINEERING TRIBOLOGY	223(J7):1003-1011, 2009	SCI 收录
Effect of La ₂ O ₃ on microstructure, mechanical and tribological properties of Ni-W coatings	BaoLei Han, Xinchun Lu	Chinese Science Bulletin	54(24):4566-4570, 2009	SCI 收录
Effect of liquid properties on the growth and motion characteristics of micro-bubbles induced by electric fields in confined liquid films	Guoxin Xie, Jianbin Luo, Shuhai Liu, Dan Guo, Gang Li, Chenhui Zhang	JOURNAL OF PHYSICS D-APPLIED PHYSICS	42(11):115502, 2009	SCI 收录

Effect of Micro/Nano-Particles in Cavitation Erosion.	Y. J. Li, H. S. Chen, D. R. Chen, J. D. Wang	J. Nanosci. Nanotechnol.	2009 9 783-787	SCI 收录
Effect of microcontent of oil in water under confined condition	Liran Ma, Jianbin Luo, Chenhui Zhang, Shuhai Liu, Tao Zhu	APPLIED PHYSICS LETTERS	95(9):091908, 2009	SCI 收录
Equilibrium geometric structure and electronic properties of Cl and H ₂ O co-adsorption on Fe (100) surface	Zhao W, Wang JD, Liu FB, Chen DR	Chinese Science Bulletin	2009 54(8) 1295-1301	SCI 收录
Friction Properties of OTS SAMs and Silicon Surface under Water Lubrication	Wang X, Zhang XJ, Ahmed I, Liu Y, Wen SZ	JOURNAL OF WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY-MATERIALS SCIENCE EDITION	2009, 24 (2): 273-277	SCI 收录
Water erosion mechanism of mild carbon steels induced by micro-particles	XU WanLi, QIN Li, WANG JiaDao, CHEN HaoSheng, CHEN DaRong	Chinese Sci Bull	2009 54 4577-4582	SCI 收录
Molecular dynamics simulations of atomic-scale friction in diamond-silver sliding system	Peng-Zhe Zhu, Yuan-Zhong Hu, Hui Wang	Chinese Science Bulletin	2009, 54(24), 4555-4559	SCI 收录
Effect of micro-dimple patterns on capillary pull-off force and friction force of silicon surface	Zhang XJ, Dong YK, Liu BH, Schaefer JA	CHINESE PHYSICS B	2009, 18 (1): 231-237	SCI 收录
Thermal effect at the incipient stage of cavitation erosion on a stainless steel in ultrasonic vibration cavitation	Chen H.S., Li J., Liu S.H.	Journal of Fluid Engineering	2009(231): 024501~1-3	SCI 收录
Effect of nano-sized CeF ₃ on microstructure, mechanical, high temperature friction and corrosion behavior of Ni-W composite coatings	Baolei Han, Xinchun Lu	SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY	203(23):3656-3660, 2009	SCI 收录
Effect of pH on Material Removal Rate of Cu in Abrasive-Free Polishing	Wei Zhang, Xinchun Lu, Yuhong Liu, Guoshun Pan, Jianbin Luo	JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY	156(3):H176-H180, 2009	SCI 收录
Effect of surface charge on water film nanoconfined between hydrophilic solid surfaces	Shuhai Liu, Jianbin Luo, Guoxin Xie, Dan Guo	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	105(12): 124301, 2009	SCI 收录

Effects of Differential Scheme and Viscosity Model on Rough-Surface Point-Contact Isothermal EHL	Yu-chuan Liu, Q. Jane Wang, Dong Zhu, Wen-zhong Wang, Yuan-zhong Hu	Journal of Tribology Transactions of the ASME	2009, 131, 044501	SCI 收 录
Energy transfer under impact load studied by molecular dynamics simulation	Ruling Chen, Jianbin Luo, Dan Guo, Xinchun Lu	JOURNAL OF NANOPARTI CLE RESEARCH	11(3):589-6 00, 2009	SCI 收 录
Experimental Study of Head-Disk Interface Flyability and Durability at Sub-1-nm Clearance	Li N, Zheng LS, Meng YG, Bogy DB	IEEE TRANSACTI ONS ON MAGNETIC S	2009, 45 (10) : 3624-3627	SCI 收 录
Cavitation damages on solid surfaces in suspensions containing spherical and irregular microparticles	Chen HS, Wang JD, Chen DR	Wear	2009 266 345-348	SCI 收 录
A ring area formed around the erosion pit on 1Cr18Ni9Ti stainless steel surface in incipient cavitation erosion	Chen H.S., Li J.	Wear	2009(266): 884-887	SCI 收 录
A compact high efficient diode-double-passing-pumped mid-IR Tm:YLF laser at room temperature	Huang L, Gong M, Ke L, Liu J	LASER PHYSICS	2009,19(7), 1395-1398	SCI 收 录
High power all-solid-state fourth harmonic generation of 266 nm at the pulse repetition rate of 100 kHz	Liu Q, Yan XP, Fu X,Gong ML	LASER PHYSICS LETTERS	2009,6(3), 203-206	SCI 收 录
High repetition rate dual-rod acousto-optics Q-switched composite Nd:YVO4 laser	Yan XP, Liu Q, Fu X,Gong M,Wang D	OPTICS EXPRESS	2009,17(24) 21956-2196 8	SCI 收 录
High-repetition-rate high-beam-quality 43 W ultraviolet laser with extra-cavity third harmonic generation	Ya X, Liu Q, Gong M, Fu X, Wang D	APPLIED PHYSICS B-LASERS AND OPTICS	2009,95(2) 323-328	SCI 收 录
Influence of mode distortion on the transverse mode competition in large-mode-area amplifiers	Liao SY, Gong ML, Zhang HT	OPTICS COMMUNIC ATIONS	2009,282(3) , 406-412	SCI 收 录
Numerical modeling of the thermal lensing effect in a grazing-incidence laser	Yan XP, Gong ML, He FH, Liu Q,Fu X,Wang DS	OPTICS COMMUNIC ATIONS	2009,17(7), 1851-1857	SCI 收 录
120 W high repetition rate Nd:YVO4 MOPA laser with a Nd:YAG cavity-dumped seed laser	Fu X, Liu Q, Yan X, Cui J,Gong M	APPLIED PHYSICS B-LASERS AND OPTICS	2009,95(1), 63-67	SCI 收 录
183 W TEM00 mode acoustic-optic Q-switched MOPA laser at 850 kHz	Liu Q, Yan XP, Fu X, Gong ML	OPTICS EXPRESS	2009,17(7), 5636-5644	SCI 收 录
40 W picosecond fiber amplifier with the large mode-area polarized crystal fiber	Yu H, Zhou J, Wushouer X, Yan P,Wang DS,Gong ML	LASER PHYSICS LETTERS	2009,6(9), 653-656	SCI 收 录

500 W Nd:YAG Zigzag Slab MOPA Laser	Cui J, Liu Q, Fu X, Yan X, Gong M	LASER PHYSICS	2009,19(10), 1974-1976	SCI 收录
A Method of Micro Laser Surface Texturing Based on Optical Fiber Focusing	Yiqian Zhou, Tianmin Shao, and Liang Yin	Laser Physics	2009, 19(5): 1061-1066	SCI 收录
A stable 10 kHz-1.3 MHz high repetition rate continuously controllable AO Q-switched Nd:YVO4 laser	Huang L, Gong M, Yan P, Liu Q	LASER PHYSICS	2009,19(7), 1407-1409	SCI 收录
Frictional Adhesion of Patterned Surfaces and Implications for Gecko and Biomimetic Systems	Hongbo Zeng, Noshir Pesika, Yu Tian, Boxin Zhao, Yunfei Chen, Matthew Tirrell, Kellar Autumn, Kimberly L. Turner, Jacob N. Israelachvili	Langmuir	2009, 25 (13), pp 7486-7495	SCI 收录
All-Fiber Eye-Safe Pulsed Laser with Er-Yb Co-Doped Multi-Stage Amplifier	Peng B, Zhang H, Gong M, Yan P.	LASER PHYSICS	2009,19(10), 2019-2022	SCI 收录
Assessment of dynamical properties in EDM process-detecting signature of latent change to deleterious process in advance	M. Zhou, Fuzhu Han	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	(2009),44(3,4),pp.283-292	SCI 收录
Assessment of the dynamical properties in EDM process-detecting deterministic nonlinearity of EDM process	M. Zhou, Fuzhu Han	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	(2009),44(1,2),pp.91-99	SCI 收录
Experimental verification of isotropic and polarization properties of high permittivity-based metamaterial	Fuli Zhang, Qian Zhao, Lei Kang, Ji Zhou, and Didier Lippens	PHYSICAL REVIEW B	80, 195119 (2009)	SCI 收录
Fabrication and tribological properties of super-hydrophobic surfaces based on porous silicon	Yuhong Liu, Xinkuan Wang, Jianbin Luo, Xinchun Lu	APPLIED SURFACE SCIENCE	255(23):9430-9438, 2009	SCI 收录
Film forming characteristics of oil-in-water emulsion with super-low oil concentration	Liran Ma, Jianbin Luo, Chenhui Zhang, Shuhai Liu, Xinchun Lu, Dan Guo, Jiangbo Ma, Tao Zhu	COLLOIDS AND SURFACES A-PHYSICO-CHEMICAL AND ENGINEERING ASPECTS	340 (1-3): 70-76, 2009	SCI 收录

Film-forming Characteristics of Grease in Point Contact under Swaying Motions	Gang Li, Chenhui Zhang, Jianbin Luo, Shuhai Liu, Guoxin Xie, Xinchun Lu	TRIBOLOGY LETTERS	35(1):57-65, 2009	SCI 收录
First principles study of water monomer adsorption on charged Fe (110) Surface	Wei Zhao, Jiadao Wang, Fengbin Liu, and Darong Chen	J. Nanosci. Nanotechnol	2009 9 1229-1233	SCI 收录
Flat-topped beam output from a double-clad rectangular dielectric waveguide laser with a high-index inner cladding	Kang HX, Zhang HT, Yan P, Wang DS, Gong ML	OPTICS COMMUNICATIONS	2009,282(10), 2407-2412	SCI 收录
High-order modes suppression in large-mode-area fiber amplifiers and lasers by controlling the mode power allocations	Gong ML, Liao SY, Yuan YY, Zang HT	JOURNAL OF OPTICS A-PURE AND APPLIED OPTICS	2009,11(1) 015701	SCI 收录
High-speed EDM milling with moving electric arcs	Fuzhu.Han, Y. Wang	International Journal of Machine Tools and Manufacture	(2009), 49, (1) pp.20-24	SCI 收录
Investigation of material removal mechanism of silicon wafer in the chemical mechanical polishing process using molecular dynamics simulation method	Xue-Song Han, Yuan-Zhong Hu, Si-Yuan Yu	APPLIED PHYSICS A-MATERIALS SCIENCE & PROCESSING	2009, 95(3), 899-905	SCI 收录
Investigation on hydrophobicity of lotus leaf: Experiment and theory	Jiadao Wang, Haosheng Chen, Tao Sui, Ang Li, Darong Chen	Plant Sci.	2009 176 687-695	SCI 收录
LD bar corner-pumped TEM00 CW composite Nd:YAG laser	Gao S, Liu H, Wang DS, Gong M	OPTICS EXPRESS	2009,17(24) 21837-21842	SCI 收录
Mie resonance-based dielectric metamaterials	Qian Zhao, Ji Zhou, Fuli Zhang, and D. Lippens	Materials Today	12(12):60-69 (2009)	SCI 收录
Over 8 W high peak power UV laser with a high power Q-switched Nd:YVO4 oscillator and the compact extra-cavity sum-frequency mixing	Yan XP, Liu Q, Gong M, Fu X, Wang D	LASER PHYSICS LETTERS	2009,6(2), 93-97	SCI 收录
Particles detection and analysis of hard disk substrate after cleaning of post chemical mechanical polishing	Yating Huang, Xinchun Lu, Guoshun Pan, Bill Lee, Jianbin	APPLIED SURFACE SCIENCE	255(22):9100-9104, 2009	SCI 收录

	Luo			
Pseudo-Nine-Point Finite Difference Method for Numerical Analysis of Lubrication	Bai SX, Peng XD, Meng YG, Wen SZ	JOURNAL OF TRIBOLOGY -TRANSACTIONS OF THE ASME	2009,131:4(044502)	SCI 收录
Q-switched fiber laser by all-fiber piezoelectric modulation and pulsed pump	Peng B, Gong ML, Yan P, Liu Q	OPTICS COMMUNICATIONS	2009,282(9), 2066-2069	SCI 收录
Simulation of the ligament forces affected by prosthetic alignment in a trans-tibial amputee case study	Fang, Li Dan; Jia, Xiao Hong; Wang, Rencheng; Suo, Shuangfu	MEDICAL ENGINEERING & PHYSICS	2009,7(31): 70-793	SCI 收录
Stable polarization short pulse passively Q-switched monolithic microchip laser with [110] cut Cr ⁴⁺ :YAG	Wang Y, Gong M, Yan P, Huang L, Li D	LASER PHYSICS LETTERS	2009,6(11), 788-790	SCI 收录
Theoretical calculation of beam quality factor of large-mode-area fiber amplifiers	Liao S, Gong M, Zhang H	LASER PHYSICS	2009,19(3), 437-444	SCI 收录
End-pumped Nd:YAG zigzag slab laser with weak pump absorption	Fu X, Liu Q, Yan XP, Cui JY, Gong ML	CHINESE OPTICS LETTERS	2009,7(6), 492-494	SCI 收录
微纳间隙受限液体的界面黏着机理研究	熊毅, 张向军, 张晓昊, 温诗铸	物理学报	2009, 58(3): 1826-1832	SCI 收录
H ₂ O 分子在 Fe(100), Fe(110), Fe(111) 表面吸附的第一性原理研究	赵巍, 汪家道, 刘峰斌, 陈大融	物理学报	2009, 58(5) 3352-3358	SCI 收录
极板形貌修饰对电流变液/极板界面滑移抑制实验研究	张敏梁、田煜*、蒋继乐、孟永钢、温诗铸	物理学报	2009,58(12):8394-8399	SCI 收录
Research on Side-Insulation of Tool Electrode for Micro Electrochemical Machining	Liu Gaihong, Li Yong, Chen Xupeng and Lv Shanjin	Advanced Materials Research	Vols. 60-61 (2009) pp 380-387	EI 收录
Influence of Electrolytic Products in Machining Gap on Micro ECM	Ma Xiaoyu, Li Yong, Lv Shanjin	Advanced Materials Research	Vols. 60-61 (2009) pp 388-393	EI 收录
Effects of Shoe Heel Height on Loading and Muscle Activity for Trans-Tibial Amputees During Standing	贾晓红; 王人成; Lee, Winson	Tsinghua Science and Technology	2009,(03):281-286	EI 收录
步态变化对人体膝关节接触生物力学特性的影响	郝智秀;金德闻;张宇;彭江;	清华大学学报(2009,(05):39-42	EI 收录
半被动双足机器人的准开环控制	付成龙, 黄元林, 王健美, 陈恳	机器人	2009, 31(2):110-117.	EI 收录
不同载荷和速度下氧化锆/不锈钢摩擦副电控摩擦行为的实验研究	贺四清,孟永钢,田煜	摩擦学学报	2009,29(6):546-550	EI 收录

高密度硬盘磁头滑块承载面结构优化设计	林晶, 孟永钢	摩擦学学报	2009, 29 (1):33-37	EI 收录
机器人辅助腹腔介入治疗的空间运动约束及控制策略	熊璟, 陈恳, 夏泽洋	机器人	2009,31(6): 612-619	EI 收录
基于 ADAMS 二次开发的星箭包带式连接结构动力学建模	谭雪峰, 阎绍泽	机械设计	2009,26(增 刊):33-34,3 7	EI 收录
基于 CPG 的仿人机器人运动控制方法及研究进展	王健美, 付成龙, 黄元林, 陈恳.	机械设计与制造	2009, (09):1-3.	EI 收录
小型高速水洞收缩段的优化设计	周刚, 汪家道, 陈皓生, 陈大融	船舶力学	2009 13 N4 513-521	EI 收录
压缩速度对电流变液抗压强度影响的实验研究	张敏梁、田煜、蒋继乐、孟永钢、温诗铸	清华大学学报	2009, 49(11):1783 -1786	EI 收录
正弦驱动与传感反馈结合的双足机器人仿生控制	王健美, 付成龙, 黄元林, 陈恳	机器人	2009, 31(6)	EI 收录
考虑综合步行约束的仿人机器人参数化 3D 步态规划方法	伊强,陈恳,刘莉,付成龙	机器人	2009,31(4): 342-350	EI 收录
黏度对流固界面滑移影响的试验研究	王馨,张向军,孟永钢,温诗铸	摩擦学学报	2009,(03)	EI 收录
表面肌电信号生物反馈治疗系统的研究	胡晓刚;王人成;贾晓红;朱琳;王爱明;	中国康复医学杂志	2009,(03):2 52-254	其他
磁头磁盘界面碰撞声发射信号特性研究	林晶, 孟永钢	润滑与密封	2009, 4: 15-18	其他
弹流润滑点接触 Hertz 区温度分布及其变化规律的实验研究	孙文龙, 马丽然, 李刚, 郭东明, 路新春	润滑与密封	34(3):16-19 , 2009	其他
多孔氧化铝表面的润湿性能	李昂, 秦力, 汪家道, 陈大融, 隋涛	润滑与密封	2009 34 N8 20-24	其他
仿生智能假肢的研究与进展	王人成;金德闻	中国医疗器械信息	2009,(01):3 -5	其他
骨盆 II 型切除重建的三维有限元分析	高相飞;郝智秀	医用生物力学	2009,(S1):1 11	其他
骨盆环三维有限元模型的建立	姬涛,高相飞,郭卫,郝智秀	中国组织工程研究与临床康复	2009,13(09) :1625-1628	其他
航天器太阳能电池阵的演变与创新设计	吴嘉宁,	机械设计	2009,29(增 刊):41-43	其他
基于电磁感应的扭转振动测量方法	张敏杰, 郭丹	实验力学	24(3):233-2 38,2009	其他
基于虚拟游戏的视觉生物反馈技术在康复运动训练中的应用	孟凡;贾晓红;王人成;金德闻;	中国康复医学杂志	2009,(02):1 65-166	其他

几种前交叉韧带移植物对膝关节生物力学影响的有限元分析	万超;郝智秀;司慧;	医用生物力学	2009,(S1):112-113	其他
纳米颗粒和表面织构的协同作用对摩擦副摩擦磨损性能的影响,	周吉,邵天敏	中国表面工程	2009,22(4):20-25	其他
上肢机器人辅助康复治疗中变换作业面对复合运动训练的影响	王子羲;陈里宁;姚重阳;谢群;季林红;	中国康复医学杂志	2009,(01):70-72	其他
微梳齿谐振器故障的动态仿真	朱毅, 郭丹	应用力学学报	26(2):393-397, 2009	其他
微细电解加工用电极的侧壁绝缘及应用实验	刘改红, 李勇, 陈旭鹏, 马晓宇, 朱效谷	电加工与模具	No.4 (2009) pp.28-31,39	其他
微细孔电火花加工设备及其加工实验研究	徐明刚, 李勇, 佟浩, 吕善进, 胡满红	电加工与模具	No.5 (2009) pp.5-9	其他
小型仿人机器人 THBIP-II 的研制与开发	伊强,陈恳,刘莉,付成龙	机器人	2009, 31(6)	其他
综合改善微细电解加工精度的工艺研究	马晓宇, 李勇, 胡满红, 刘改红	电加工与模具	No.5 (2009) pp.24-29	其他

专著

名称	作者	出版社
Computational Studies on Drag Reduction Effect by Surface Grooves, Chapt 6 of "Applied Physics in the 21st Century"	Chen H.S., Li Y.J.	NOVA Publications, US

2. 主要论文摘要

【1】 A compact high efficient diode-double-passing-pumped mid-IR Tm:YLF laser at room temperature.

【作者】 Huang, L., M. Gong, L. Ke, and J. Liu,

【刊名】 Laser Physics,

【年卷期】 2009. 19(7): p. 1395-1398.

【关键词】 continuous-wave, tm, operation

【摘要】 A new compact high efficient diode-double-passing-pumped Tm:YLF laser at room temperature is presented. Using a crystal of 3 mm x 3 mm x 12 mm 4% doping Tm:YLF and double-end-double-passing pumping cavity structure without complex optical splitter pumping system, 5.6 W CW 1907.6 nm laser is obtained at 26.2 W 792 nm pumping laser. The slope efficiency is as high as 37.8% and the spectrum width is 2 nm. The relationship between cavity length and output laser is also analyzed. Experiments verify that the highest energy and conversion efficiency can be reached by optimizing the oscillator cavity length. Finally, we used this Tm:YLF laser to pump Ho:YAG crystal at room temperature and achieved 1.65 W 2.1 μ m output laser with slope efficiency 67%.

【2】 High power all-solid-state fourth harmonic generation of 266 nm at the pulse repetition rate of 100 kHz.

【作者】 Liu, Q., X.P. Yan, X. Fu, M. Gong, and D.S. Wang,

【刊名】 Laser Physics Letters,

【年卷期】 2009. 6(3): p. 203-206.

【关键词】 q-switched, harmonic generation, phase-matched, ultraviolet-beam generation,

4th-harmonic generation, nd-yvo4 laser, crystal

【摘要】14.8 W UV laser at 266 nm was reported with the extra cavity frequency quartered configuration, The fundamental frequency IR source is a high-power high-beam-quality acoustic-optic Q-switched Nd:YVO4 master-oscillator-power-amplifier laser. The type-I phase-matched LBO and type-I phase-matched BBO crystals were used as the extra-cavity frequency doubled and quartered crystal respectively, 14.8 W UV laser of 266 nm was obtained at the pulse repetition rate of 100 kHz with the conversion efficiency of 18.3% from green to UV, and the pulse duration of the UV laser was 10 ns corresponding to the pulse peak power of 14.8 W. At 150 kHz, 11.5 W power output was obtained. The highest peak power of 21 kW was also achieved at 80 kHz with the average output power of 14.5 W.

【3】 High repetition rate dual-rod acousto-optics Q-switched composite Nd:YVO4 laser.

【作者】Yan, X.P., Q. Liu, X. Fu, H.L. Chen, M.L. Gong, and D.S. Wang,

【刊名】Optics Express,

【年卷期】2009. 17(24): p. 21956-21968.

【关键词】nd-yag laser, solid-state lasers, nd-yvo4 laser, 500 khz, power, system

【摘要】We demonstrate the high-repetition rate acousto-optic Q-switching of a dual-rod Nd:YVO4 laser. Two thermally bonded composite YVO4-Nd:YVO4-YVO4 rod crystals were used as the gain medium to reduce the serious thermal effect. The pump mode and its influence on the laser mode were analyzed, and the effective pump radius was controlled by tuning the spectrum of laser diodes with adjustment on the temperature of laser diodes. Three different configurations of cavity optics were designed and the output performance using these cavities was investigated. In Q-switching operation, 73.2 W TEM00 mode average power at 650 kHz was obtained. The stable Q-switching range was from 80 kHz to 650 kHz with the pulse duration increasing from 17.5 ns to 80 ns. In CW operation, 78 W TEM00 mode and 93 W multi-mode output power was achieved with different cavity designs, corresponding to the optical-optical efficiency of 46.5% and 52.2% respectively.

【4】 High-repetition-rate high-beam-quality 43 W ultraviolet laser with extra-cavity third harmonic generation.

【作者】Ya, X., Q. Liu, M. Gong, X. Fu, and D. Wang,

【刊名】Applied Physics B-Lasers and Optics,

【年卷期】2009. 95(2): p. 323-328.

【关键词】solid-state laser, 4th-harmonic generation, nd-yvo4 laser, uv-light, 500 khz, 355 nm

【摘要】High-power, high-repetition-rate extra-cavity third harmonic generation of 355 nm with high beam quality has been developed. The acoustic-optical Q-switched Nd:YVO4 MOPA laser including 2- and 4-stage amplifiers was used as the IR source. With the extra-cavity frequency conversion of LBO crystals, 30.2 W TEM00-mode 355 nm UV laser was obtained with a 2-stage amplifier MOPA laser, and the optical-to-optical (1064 nm to 355 nm) conversion efficiency was up to 30%. Enhanced 43 W TEM00 UV laser at 60 kHz was achieved with a 4-stage amplifier MOPA IR laser, and pulse duration was 10.7 ns corresponding to the peak power as high as 67 kW, with single pulse energy of 0.72 mJ. The optical-optical efficiencies from IR and diodes to UV were 28% and 10% respectively.

【5】 Influence of mode distortion on the transverse mode competition in large-mode-area amplifiers.

【作者】Liao, S.Y., M.L. Gong, and H.T. Zhang,

【刊名】Optics Communications,

【年卷期】2009. 282(3): p. 406-412.

【关键词】fiber amplifier, large-mode-area, mode distortion, transverse mode competition, bend-distortion, fibers, design

【摘要】In large mode area fiber amplifier, it is difficult to avoid the bend induced mode distortion. With the existence of mode distortion taken into account, a previous transverse mode competition model has been improved. Based on this model and the finite element difference-beam propagation method, the behaviors of bent mode competition are demonstrated

and compared with the straight mode competition where the mode distortion is neglected, the comparison and quantitative results show that serious mode distortion can change the appearance of transverse mode competition in bent fiber amplifiers and even drastically degrade the amplifier performance.

【6】 Numerical modeling of the thermal lensing effect in a grazing-incidence laser.

【作者】 Yan, X.P., M.L. Gong, F.H. He, Q. Liu, X. Fu, and D.S. Wang,

【刊名】 Optics Communications,

【年卷期】 2009. 282(9): p. 1851-1857.

【关键词】 pumped nd-yvo4 laser, solid-state lasers, slab laser, high-power, nd-yag, heat-generation, doped yag, diode, conversion, operation

【摘要】 The numerical modeling of thermal lensing effect is investigated in a grazing-incidence laser. The deformation of the bounce face is introduced into the modeling for the first time, and the Gaussian distribution of the pump light and the anisotropic heat conduction are considered. The results indicate that the proportion of the deformation on the bounce face to the thermal lensing effect is as high as 80% for small grazing-incident angle of 5. The thermal lensing effect sensitively depends on the pump power, grazing-incident angle and the pump distribution in a grazing-incidence bounce geometry laser.

【7】 120 W high repetition rate Nd:YVO4 MOPA laser with a Nd:YAG cavity-dumped seed laser.

【作者】 Fu, X., Q. Liu, X. Yan, J. Cui, and M. Gong,

【刊名】 Applied Physics B-Lasers and Optics,

【年卷期】 2009. 95(1): p. 63-67.

【关键词】 high-power, amplifier, kw,

【摘要】 A master oscillator power amplifier (MOPA) system in which the output from an end-pumped Nd:YAG oscillator cavity dumped at 500 kHz is scaled up by a four-stage Nd:YVO4 amplifier is reported. Decrease in extraction efficiency of the amplifier chain with crystals different from that in the oscillator was analyzed. With the 5.4 W seed output, 118 W of power was extracted from the amplifier chain at the pump power of 345 W, with an extraction efficiency of 34.2% and an overall optical-optical efficiency of 30.9% for the MOPA system. The beam quality factors were measured as $M(x)^{(2)} = 1.45$ and $M(y)^{(2)} = 1.59$ in two orthogonal directions, respectively.

【8】 183 W TEM00 mode acoustic-optic Q-switched MOPA laser at 850 kHz.

【作者】 Liu, Q., X.P. Yan, X. Fu, M.L. Gong, and D.S. Wang,

【刊名】 Optics Express,

【年卷期】 2009. 17(7): p. 5636-5644.

【关键词】 end-pumped lasers, heat-generation, nd-yvo4 laser, system

【摘要】 We report a high-power, high-repetition-rate TEM00 mode MOPA laser using acoustic-optic Q-switching. Seed laser from the dual-endpumped Nd:YVO4 oscillator was scaled up to 183.5 W average power at 850 kHz after behind amplified by the four-stage power amplifiers. The stable Q-switching operation worked at different pulse repetition rate from 60 kHz to 850 kHz while the pulse duration increased from 12.8 ns to 72 ns. The beam quality was near diffraction-limit with M-2 factors measured as $M-x(2) = 1.28$ and $M-y(2) = 1.21$. In CW operation, 195 W TEM00 mode output was achieved corresponding to the total optical-optical efficiency of 44.7% and the absorbed pump power to output power efficiency of 53.3% respectively.

【9】 40 W picosecond fiber amplifier with the large mode-area polarized crystal fiber.

【作者】 Yu, H., J. Zhou, X. Wushouer, P. Yan, D. Wang, and M. Gong,

【刊名】 Laser Physics Letters,

【年卷期】 2009. 6(9): p. 653-656.

【关键词】 ultra-short laser, fiber amplifier, mode-locked, nd:yvo4, high-average-power, repetition-rate, laser

【摘要】 We reported the 5W picosecond laser with pulse width of 30 ps and the repetition rate of 100 MHz, which was amplified to 40.2 W with the linear polarized Yb-doped photonic crystal fiber (PCF), with the slope efficiency of about 58%. As much a 17.3 W second-harmonic power was achieved corresponding to the conversion efficiency of 43%.

【10】 500 W Nd:YAG Zigzag Slab MOPA Laser.

【作者】 Cui, J., Q. Liu, X. Fu, X. Yan, H. Zhang, and M. Gong,

【刊名】 Laser Physics,

【年卷期】 2009. 19(10): p. 1974-1976.

【关键词】 nd-yag laser, high-power, average-power, system

【摘要】 A MOPA Nd:YAG laser with end-pumped zigzag slab architecture has been developed. 277 W laser output is obtained from the master-oscillator stage, corresponding to the average slope efficiency of 35.9% and the optical conversion efficiency of 34.6%, which emits the maximum power of 402 with 1163 W of pump power. Furthermore, the amplifier stage produces 505 W with the slope efficiency of 24% and the extraction efficiency of 25%. The beam quality is estimated as M-x(2) approximate to 10, M-y(2) approximate to 50 in the orthogonal directions respectively.

【11】 A ring area formed around the erosion pit on 1 Cr18Ni9Ti stainless steel surface in incipient cavitation erosion.

【作者】 Chen, H.S. and J. Li,

【刊名】 Wear,

【年卷期】 2009. 266(7-8): p. 884-887.

【关键词】 cavitation erosion, stainless steel, thermal effect, ultrasonic vibration cavitation, collapse, bubble

【摘要】 After a 1 min cavitation experiment performed in an ultrasonic vibration system, needle-like erosion pits appeared on a polished stainless steel surface, and a special ring area was formed around each pit. The shape of the pit and the plastic deformation of the ring area indicate that the mechanical impaction on the surface is the main reason for the cavitation erosion. On the other hand, the iridescent color, the decreased surface hardness and the appearance of the precipitated carbon ring prove that the ring area has experienced a tempering process with the temperature higher than 300 degrees C. Also, the lack of oxygen in the ring area proves that it is not a chemical oxygen result.

【12】 A stable 10 kHz-1.3 MHz high repetition rate continuously controllable AO Q-switched Nd:YVO4 laser.

【作者】 Huang, L., M. Gong, P. Yan, and Q. Liu,

【刊名】 Laser Physics,

【年卷期】 2009. 19(7): p. 1407-1409.

【关键词】 composite crystal laser, 914 nm laser, saturable absorber, nd-yvo4 laser, mode, intracavity, generation, operation

【摘要】 A stable AO Q-switched Nd:YVO4 laser using diode-end-pumped structure is presented. By optimizing laser crystal, pumping laser and controlling electric parameters to eliminate thermal lens difference, this AO Q-switched laser can reach 1.3 MHz repetition rate and achieve stable pulse in large range from 10 kHz continuously to 1.3 MHz. The important relationship between repetition rate and electric parameters, including pumping current, duty cycle of electric pulse, are also presented. Output average power and pulse width at 1.3 MHz are 4 W and 35 ns, respectively.

【13】 Frictional Adhesion of Patterned Surfaces and Implications for Gecko and Biomimetic Systems.

【作者】 Zeng, H.B., N. Pesika, Y. Tian, B.X. Zhao, Y.F. Chen, M. Tirrell, K.L. Turner, and J.N. Israelachvili,

【刊名】 Langmuir,

【年卷期】 2009. 25(13): p. 7486-7495.

【关键词】 polymer microfiber arrays, fibrillar interfaces, enhanced adhesion, attachment system, releasable adhesion, biological adhesion, contact mechanics, stamp deformation, basic principles, rough-surface

【摘要】 Geckos and smaller animals such as flies, beetles, and spiders have extraordinary climbing abilities: They can firmly attach and rapidly detach from almost any kind of surface. In the case of geckos, this ability is attributed to the surface topography of their attachment pads, which are covered with fine columnar structures (setae). Inspired by this biological system, various kinds of regularly structured or "patterned" surfaces are being fabricated for use as responsive adhesives or in robotic systems. In this study, we theoretically analyze the correlated adhesion and friction (frictional adhesion) of patterned surfaces against smooth (unstructured) surfaces by applying well-established theories of van der Waals forces, together with the classic Johnson-Kendall-Roberts (JKR) theory of contact (or adhesion) mechanics, to recent theories of adhesion-controlled friction. Our results, when considered with recent experiments, suggest criteria for simultaneously optimizing the adhesion and friction of patterned surfaces. We show that both the van der Waals adhesion and the friction forces of flexible, tilted, and optimally spaced setal stalks or (synthetic) pillars are high enough to support not only a large gecko on rough surfaces of ceilings (adhesion) and walls (friction) but also a human being if the foot or toe pads-effectively the area of the hands-have a total area estimated at similar to 230 cm².

【14】 All-Fiber Eye-Safe Pulsed Laser with Er-Yb Co-Doped Multi-Stage Amplifier.

【作者】 Peng, B., H. Zhang, M. Gong, and P. Yan,

【刊名】 Laser Physics,

【年卷期】 2009. 19(10): p. 2019-2022.

【关键词】 division-multiplexing applications, output power, edfa

【摘要】 We report an all-fiber pulsed laser with multistage fiber amplifier which was suitable for high power eye-safe free space optical communications. Tapered structure has been utilized between booster and final amplifiers, which could increase the power coupling from the former fiber into the core of the latter fiber, and the beam quality of the output laser could be improved simultaneously. A maximum output power over 6 W has been achieved from the master-oscillator-power-amplifier system. With the multi-stage configuration and forward pumping, the optical signal to noise ratio was measured to be better than 50 dB.

【15】 Assessment of dynamical properties in EDM process-detecting signature of latent change to deleterious process in advance.

【作者】 Zhou, M., F.Z. Han, Y.X. Wang, and I. Soichiro,

【刊名】 International Journal of Advanced Manufacturing Technology,

【年卷期】 2009. 44(3-4): p. 283-292.

【关键词】 edm, discrimination of discharging pulses, cross-prediction errors, non-stationarity, discharge machining process, time-series

【摘要】 Time series data of gap state were often used as feedback signal in EDM control systems. An effective way to quantify gap state in machining was developed in this paper. Based on a time series of gap states recording a machining process, the entire process was partitioned into three parts, transient process, efficient machining process, and deleterious process. It is expected that efficient machining process should be maintained long enough in consideration of machining efficiency and avoiding workpiece surface damage. In this case, a signature of structural change from efficient machining process to deleterious process has to be detected or detected in advance. It has been found that linear analysis methods failed the task. In this paper, a nonlinear analysis method, cross-prediction error, was employed to track this structural change in efficient machining process in two tests. In the first test, the efficient machining process was roughly split into 30 segments. By using the cross-prediction-error method in this test, the non-stationarity, a signature of structural change from stationary process in efficient machining process to non-stationary process, was successfully revealed in the last segment of the process. In another test, efficient machining process was even more finely split into 70 segments, and by using the cross-prediction-error method again it is found that the detected non-stationarity in the

process was in the last segment but one. The second test not only proves the effectiveness of the method, but also brings forward the detected non-stationarity more than 10s. The detected non-stationarity in advance, thus, is supposed to be used for avoiding the occurrence of abnormal deleterious process and maintaining a persisted efficient machining process.

【16】 Assessment of the dynamical properties in EDM process-detecting deterministic nonlinearity of EDM process.

【作者】 Zhou, M., F.Z. Han, Y.X. Wang, and I. Soichiro,

【刊名】 International Journal of Advanced Manufacturing Technology,

【年卷期】 2009. 44(1-2): p. 91-99.

【关键词】 edm, discrimination of discharging pulses, surrogate data method, nonlinear analysis, discharge machining process, surrogate data, time-series, systems

【摘要】 Time series of gap state were often used as feedback signal in electrical discharge machining (EDM) adaptive control systems. However, models precisely describing the EDM process have never been built because of the once believed stochastic nature of the EDM process. In this case, the power of adaptive controls in EDM had not been fully brought into play. Before building a feasible model, it is prerequisite to determine whether an efficient stable EDM process is nonlinear or linear, deterministic or stochastic. The main purpose of this paper is to investigate the deterministic nonlinearity of the process. A discriminating method was first provided to judge states in the gap at sampling intervals from voltage and current. Gap state was then statistically quantified from a train of discriminated states at sampling intervals within a specified period of time. Based on a time series of gap state data, we took use of surrogate data method to detect the nonlinearity of the process. From the results of two kinds of tests, it can be concluded that the deterministic nonlinearity of the process reflected by gap states is intrinsic.

【17】 Cavitation damages on solid surfaces in suspensions containing spherical and irregular microparticles.

【作者】 Chen, H.S., J.D. Wang, and D.R. Chen,

【刊名】 Wear,

【年卷期】 2009. 266(1-2): p. 345-348.

【关键词】 cavitation erosion, cavitation, cavity, abrasion, microparticle, erosion, water, abrasion

【摘要】 Spherical and irregular microparticles both in the size of 5 μ m were put into the de-ionized water respectively to form different suspensions, and vibrating cavitation experiments were performed in the two kinds of suspensions. After the experiment, the damages on the specimen surfaces were measured and free radicals in suspensions were detected. It was found that suspensions with particles cause more severe cavitation erosion than those without particles. Compared with a spherical particle, the shape of the irregular particle has little effect on the number of the cavities, but it causes abrasion on the solid surface besides the cavitation erosion.

【18】 A comparative study of tribological properties between perfluoro and non-perfluoro alkylsilane self-assembled monolayers(SAMs).

【作者】 Wang, X.K., Y.H. Liu, J.B. Luo, and G.X. Xie,

【刊名】 Journal of Wuhan University of Technology-Materials Science Edition,

【年卷期】 2009. 24(4): p. 588-593.

【关键词】 perfluoroalkylsilane, xps, afm, friction coefficient, microelectromechanical systems mems, force microscopy, friction, adhesion, surface, microstructure, lubrication, mechanisms, aluminum, silicon

【摘要】 The tribological properties of perfluoro and non-perfluoro alkylsilane molecular films were investigated and compared detailedly. Their surface properties were characterized by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), atomic force microscopy (AFM) and contact angle (CA) measurement. A ball-on-disk tribometer was used to study the frictional properties of these alkylsilane monolayers. The experimental results reveal that the alkylsilane molecular films are good candidates to decrease friction and they have good capability to endure rigorous shear forces. Perfluoro alkylsilane molecular films are bonded better with the Si substrate than the simple hydrocarbon ones. The effects of sliding velocity and normal load on friction coefficient are

evident and the friction coefficient increases with the increase of the sliding velocity. However, friction coefficient decreases with the increase of normal load initially and then increases, indicating there exists a critical normal load for the load effect.

【19】 Discussion on the Technique of Relative Optical Interference Intensity for the Measurement of Lubricant Film Thickness.

【作者】 Ma, L.R. and C.H. Zhang,

【刊名】 Tribology Letters,

【年卷期】 2009. 36(3): p. 239-245.

【关键词】 film thickness, roii method, thin film lubrication, scale, nano

【摘要】 The technique of relative optical interference intensity (ROII) has been developed for measuring lubricant film thickness. Here, we describe in detail the principle and the characteristics of the film thickness measurement system based on the existing ROII method. Some researchers have reported a large calculation error in film thickness with the use of ROII method. The description and analysis of the resolution, accuracy and important factors influencing the measurement results of this measurement technique presented here illustrate that the ROII method should be used in a specific optical system with negligible multiple beam reflections, but not in an ordinary one. The reported calculation error in film thickness using the ROII method comes from using an inappropriate optical system and inappropriate coating parameters. In fact, the ROII method, which is a very accurate method for measuring the thickness of a thin lubricant film, with a high resolution in film thickness of 0.5 nm and a horizontal resolution of 1.4 μm , can only be used in a two-beam interference system.

【20】 Effect of ingredients in slurry containing alumina on chemical mechanical polishing of hard disc substrates.

【作者】 Sun, J.Z., G.S. Pan, Y. Zhou, Y.H. Zhu, J.B. Luo, X.C. Lu, and Y. Liu,

【刊名】 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part J-Journal of Engineering Tribology,

【年卷期】 2009. 223(J7): p. 1003-1011.

【关键词】 hard disc substrate, chemical mechanical polishing, slurry, alumina, cold weld, material removal, cmp, planarization, behavior, size

【摘要】 In this article, new slurry containing alumina abrasives, oxidants, and surface modifiers is developed for the primary polishing of Ni-P-plated hard disc substrates. Compared with commercial slurry, the developed one improves the surface quality drastically by relieving cold weld (CW) and scratch. A fairly high material removal rate (MRR) is obtained when the pH value of the slurry is 3.0. D50 (mean particle diameter) of the alumina abrasive is decreased by using a ball mill, which is effective in alleviating deep scratches and CW. Scanning electronic microscope and X-ray diffractometer are used to study the formation mechanism of CW. The oxidant hydrogen peroxide H_2O_2 is proved to be helpful in eliminating CW and improving the MRR largely. Lauroyl monoethanolamide sulfate $\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{CONHC}_2\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$ as a surface modifier is added to the slurry to improve the surface quality further.

【21】 Effect of La_2O_3 on microstructure, mechanical and tribological properties of Ni-W coatings.

【作者】 Han, B.L. and X.C. Lu,

【刊名】 Chinese Science Bulletin,

【年卷期】 2009. 54(24): p. 4566-4570.

【关键词】 electrodeposition, ni-w-la₂o₃ composite coating, microstructure, corrosion resistance, high temperature tribology, rare-earth compounds, corrosion-resistance, composite coatings, alloy coatings, al-n, glass, electrodeposition, oxidation, elements

【摘要】 In this paper, a Ni-W-La₂O₃ composite coating was prepared by the electrodeposition method. Microhardness tester and environmental scanning electron microscope equipped energy dispersive spectroscopy were employed to investigate the microhardness and the surface morphology of the composite coatings respectively, and the high temperature friction behavior and corrosion resistance of the coatings against molten glass were investigated by using a high

temperature tribometer. The results show that La₂O₃ can refine the microstructure effectively, and make the element distribution uniform, which leads to the increase of average microhardness. La₂O₃ particulates can reduce the friction coefficient between the composite coating and glass during the sliding process at about 973 K largely, and the corrosion resistance of the La₂O₃ added Ni-W coatings is effectively improved compared with that of the non-added one, furthermore the mechanism of friction-reducing and anti-corrosion is also discussed.

【22】 Effect of liquid properties on the growth and motion characteristics of micro-bubbles induced by electric fields in confined liquid films.

【作者】 Xie, G.X., J.B. Luo, S.H. Liu, D. Guo, G. Li, and C.H. Zhang,

【刊名】 Journal of Physics D-Applied Physics,

【年卷期】 2009. 42(11): p. -.

【关键词】 boiling heat-transfer, potential flow, detachment, behavior, surface, fluids, force

【摘要】 The effect of liquid properties on gas bubble growth and motion characteristics in liquid films confined within a nanogap between a highly polished steel ball and a smooth glass disc under an electric field is reported. Experimental results show that the critical voltage for the appearance of bubbles has insignificant dependence on liquid viscosity and surface tension. The bubble size after detachment increases with liquid viscosity, and bubble instability and coalescence tend to occur when bubbles move some distance away from where they were formed. An increase in liquid surface tension results in larger bubbles at the growth stage. Also, the bubble motion characteristics are greatly influenced by liquid viscosity, and the dielectrophoresis force is demonstrated to be the dominant driving force for bubble movement. Theoretical models and analyses have been used to discuss the bubble formation and describe the bubble movement characteristics.

【23】 Effect of Micro/Nano-Particles in Cavitation Erosion.

【作者】 Li, Y.J., H.S. Chen, D.R. Chen, and J.D. Wang,

【刊名】 Journal of Nanoscience and Nanotechnology,

【年卷期】 2009. 9(2): p. 783-787.

【关键词】 micro/nano particle, multiphase flow, cavitation erosion

【摘要】 The tests in de-ionized water with micro/nano CeO₂ particles are carried out to study the effect of the micro/nano particles in inception of cavitation erosion. The existence of micro/nano particles is found to be the requisite factor and the degree of cavitation erosion is related to the sizes of the particles. Particles in the micro/nano scale may act as the transporters of micro bubbles to keep or get close to the solid surface together and the pressure fluctuation induced by the surface roughness causes the collapse of bubbles and erosion of the surface. Discrete phase models are employed to simulation the moving tracks of the particles. The sizes of the particles affect their capabilities of keeping and getting close to the surface. The effect of the particles of a certain size in cavitation erosion is determined by the combinational action of the two.

【24】 Effect of microcontent of oil in water under confined condition.

【作者】 Ma, L.R., J.B. Luo, C.H. Zhang, S.H. Liu, and T. Zhu,

【刊名】 Applied Physics Letters,

【年卷期】 2009. 95(9): p. -.

【关键词】 lubricating properties, film, viscosity, emulsions, scale

【摘要】 The lubricant film thickness between two contacting surfaces is important for the evaluation of lubrication effectiveness. According to the elastohydrodynamic lubrication theory, the film thickness of pure water is usually on the order of a few nanometers. It was found, however, that microcontent of oil contamination can cause a lubricant film more than 100 nm, much thicker than the predicted. The effect of micro-oil content in water between a smooth plate and a highly polished steel ball was investigated. The film forming characteristic of such films was presented. The film formation mechanism and influencing factors were discussed.

【25】 Effect of micro-dimple patterns on capillary pull-off force and friction force of silicon

surface.

【作者】Zhang, X.J., Y.K. Dong, B.H. Liu, and J.A. Schaefer,

【刊名】Chinese Physics B,

【年卷期】2009. 18(1): p. 231-237.

【关键词】micro-dimpled surface, capillary pull-off force, frictional property, relative humidity, adhesion, humidity, contact

【摘要】A microtribometer is used to measure and compare pull-off forces and friction forces exerted on (a) micro-dimpled silicon surfaces, (b) bare silicon surfaces, and (c) octadecyltrichlorosilane (OTS) treated silicon surfaces at different relative humidity (RH) levels separately. It is found that above a critical RH level, the capillary pull-off force increases abruptly and that the micro-dimple textured surface has a lower critical RH value as well as a higher pull-off force value than the other two surfaces. A micro topography parameter, namely sidewall area ratio, is found to play a major role in controlling the capillary pull-off force. Furthermore, micro-dimpled silicon surface is also proved to be not sensitive to variation in RH level, and can realize a stable and decreased friction coefficient compared with un-textured silicon surfaces. The reservoir-like function of micro dimples is considered to weaken or avoid the breakage effect of liquid bridges at different RH levels, thereby maintaining a stable frictional behaviour.

【26】 Effect of nano-sized CeF₃ on microstructure, mechanical, high temperature friction and corrosion behavior of Ni-W composite coatings.

【作者】Han, B.L. and X.C. Lu,

【刊名】Surface & Coatings Technology,

【年卷期】2009. 203(23): p. 3656-3660.

【关键词】ni-w-nanocef(3) composite coatings, high temperature tribological properties, anti-corrosion properties, rare-earth elements, alloy coatings, al-n, resistance, electrodeposition, films, glass

【摘要】Ni-W-CeF₃ composite coatings were prepared by electrodeposition in a Ni-W plating bath containing CeF₃ nano-particles. The shape and size of the CeF₃ nano-particles and the surface topography of the composite coatings were observed using an environmental scanning electron microscope, and the component and structure analysis was characterized by means of XRD. A microhardness tester was employed to investigate the microhardness of the coatings. The high temperature friction behavior and corrosion resistance of the coatings against molten glass were investigated by using a high temperature tribometer. It was found that the CeF₃ nano-particles appeared in the coatings as microspheres of a diameter less than 50 nm. The addition of CeF₃ nano-particles led to changes in morphologies of the composite coatings by refining the size of crystalline bulks. Therefore, the Ni-W-nanoCeF(3) composite coatings had more compact and fine granular morphologies. The co-deposited CeF₃ nano-particles were uniformly distributed in the Ni-W matrix and had contribution to greatly increasing the microhardness, high temperature tribological and anti-corrosion properties of the Ni-W alloy, furthermore the mechanism of anti-friction and anti-corrosion is discussed.

【27】 Effect of pH on Material Removal Rate of Cu in Abrasive-Free Polishing.

【作者】Zhang, W., X.C. Lu, Y.H. Liu, G.S. Pan, and J.B. Luo,

【刊名】Journal of the Electrochemical Society,

【年卷期】2009. 156(3): p. H176-H180.

【关键词】hydrogen-peroxide, impedance spectroscopy, complexing agents, functional-groups, citric-acid, copper, slurries, cmp, model

【摘要】The effect of pH on the material removal rate (MRR) of Cu in an organic phosphonic acid system abrasive-free slurry was investigated by thermodynamics, X-ray photoelectron spectroscopy analysis, and electrochemical measurements. The pH range can be divided into three chemical regions according to the evolution of the polishing MRR, which relies on the effect of pH on the chelating effect of the chelating ligand. diethylene triamine penta methylene phosphonic acid. The higher the pH is. the more efficient the chelating ligand is. In the alkaline pH region. because of the enhanced chelating effect and precipitation of the chelate complex on the surface, both the MRR and friction coefficient during polishing process increase significantly,

and the corrosion current acquired from the potentiodynamic polarization measurement decreases.

【28】 Effect of surface charge on water film nanoconfined between hydrophilic solid surfaces.

【作者】 Liu, S.H., J.B. Luo, G.X. Xie, and D. Guo,

【刊名】 Journal of Applied Physics,

【年卷期】 2009. 105(12): p. -.

【关键词】 vibrational spectroscopy, interfacial water, molecules, point

【摘要】 The effect of surface charge on the water film confined between hydrophilic solid surfaces has been investigated using thin film interferometry. Experimental results indicate that the higher surface charge density induces the thicker water film for model surfaces, silica, and alumina. It is thought that the strong surface field induced by the surface charge establishes a more ordered hydrogen-bonding network that promotes the forming of thicker water lubrication film between hydrophilic solid surfaces.

【29】 Effects of Differential Scheme and Viscosity Model on Rough-Surface Point-Contact Isothermal EHL.

【作者】 Liu, Y.C., Q.J. Wang, D. Zhu, W.Z. Wang, and Y.Z. Hu,

【刊名】 Journal of Tribology-Transactions of the Asme,

【年卷期】 2009. 131(4): p. -.

【关键词】 lubrication, rough surfaces, viscosity, transverse ridge, validation, simulation

【摘要】 This paper discussed the computational accuracy of rough-surface point-contact isothermal elastohydrodynamic lubrication (EHL) analysis by investigating the effects of differential scheme, viscosity-pressure, and shear-thinning models. An EHL experiment with multitransverse ridges was employed as simulated target. Four differential schemes, including the combined and the separate first-order and second-order backward schemes, were investigated. It is found that the separate second-order backward scheme offers the best results based on the comparison with the experimental data, with which two roughness derivatives may be fully or partially canceled each other; thus, the discretization error induced by roughness can be reduced. The consistency of differential schemes is an important issue for the separate schemes. The Yasutomi free-volume viscosity-pressure model and the Eyring rheological model are found to yield the numerical simulations the closest to experimental results.

【30】 Energy transfer under impact load studied by molecular dynamics simulation.

【作者】 Chen, R.L., J.B. Luo, D. Guo, and X.C. Lu,

【刊名】 Journal of Nanoparticle Research,

【年卷期】 2009. 11(3): p. 589-600.

【关键词】 silica cluster impact, cluster size, incidence angle, dissipation of energy, molecular dynamics simulation, nanoparticles, numerical method, cluster ion impact, mixed systems, surface, emission, bombardment, damage, si, implantation, graphite, silicon

【摘要】 The process of amorphous silica clusters impact on a crystal silicon substrate is studied by molecular dynamics simulation, focusing on the energy transfer between clusters and the substrate under different impact conditions such as cluster size, impact velocity, and incidence angle. The impact process is divided into cluster deformation stage, cluster resilience stage, and cluster rebound stage according to the courses of energy change during the impact process. The simulation elucidates that the time of impact process of every cluster is only related to cluster size and is independent of impact velocity and incidence angle. The translational energy loss of the cluster and the potential energy increment of the substrate during cluster deformation stage, and the dissipation energy of system are independent of cluster size under the same impact energy and incidence angle. And the translational energy loss of the cluster during cluster rebound stage changes from energy absorption to energy release after the incidence angle becomes more than 60A degrees. The rotational energy of the cluster may be omitted when the incidence angle is less than 15A degrees. The ratios of the rotational energy increment of the cluster, the kinetic energy increment, and the potential energy increment of the substrate to the translational energy loss of the cluster are obviously influenced by impact conditions. And the ratios of the increment of the other categories of energy to the translational energy loss of the cluster are not sensitive to impact

conditions.

【31】 Experimental Study of Head-Disk Interface Flyability and Durability at Sub-1-nm Clearance.

【作者】 Li, N., L.S. Zheng, Y.G. Meng, and D.B. Bogy,

【刊名】 Ieee Transactions on Magnetics,

【年卷期】 2009. 45(10): p. 3624-3627.

【关键词】 durability, flyability, fly-height control, hard disks, head-disk clearance, head-disk interface (hdi), wear, height control

【摘要】 As dynamic fly-height (DFH) sliders with active flying-height (FH) control using local thermal expansion caused by a heating element were introduced in hard disk drives recently, the minimum clearance between the head and disk has been reduced to sub-3-nm. To achieve a higher recording density, the clearance will have to become even smaller, which will make the slider more likely to contact the disk and thus may cause head-disk interface (HDI) instability and slider/disk wear. This paper describes a test to study the flyability and durability of the DFH sliders at sub-1-nm clearance. The test involves the DFH sliders flying for a series of durations at 1 and 0.5 nm clearances. The sub-1-nm clearance was achieved by making the pole-tip protrusion back off 1 or 0.5 nm immediately after an initial touchdown. During flying, the acoustic emission and friction signals were monitored to investigate the slider flyability. The HDI durability was evaluated by inspecting the lube pickup on the slider air-bearing surface, carbon wear of the sliders and disks, and lubricant modulation/depletion using optical microscopy, scanning electron microscopy, and an optical surface analyzer, respectively, after each test. Finally, the possibility of stable on-track flying of the optimized DFH sliders at 1-nm clearance was demonstrated.

【32】 Experimental verification of isotropic and polarization properties of high permittivity-based metamaterial.

【作者】 Zhang, F.L., Q. Zhao, L. Kang, J. Zhou, and D. Lippens,

【刊名】 Physical Review B,

【年卷期】 2009. 80(19): p. -.

【关键词】 barium compounds, dielectric resonators, ferroelectric materials, high-frequency effects, magnetic resonance, metamaterials, permeability, permittivity, strontium compounds, left-handed metamaterial, composite medium, permeability, particles

【摘要】 We report on the experimental verification of isotropy and polarization properties of high-permittivity metamaterial composed of cubic ferroelectric resonators. Barium strontium titanate (BST) with permittivity as high as 850 is used as ferroelectrics material so that the metamaterial condition is fulfilled. The isotropy was investigated via the scattering of an electromagnetic wave under tilted incidence. From the experimental data, we observed that the magnetic resonance, at 8.6 GHz for a millimeter cube size, is independent of the incidence angle for the TM and TE polarizations. For the latter, however, an extra dip in the transmittance at higher frequency (10.7 GHz for a period of 1.2 mm), not evident under normal incidence, is found. By comparing the full wave simulations of microstructured and homogenous metamaterial slabs it is shown that the electromagnetic response is independent of the underlying structuring technique. On this basis, we verified that this extra dip, theoretically predicted by [Koschny, Phys. Rev. B 71, 121103(R) (2005)] for a three-dimensional split ring resonator technology, results from the permeability dispersion characteristics of BST cubes, with zero transmittance at the magnetic plasma frequency.

【33】 Fabrication and tribological properties of super-hydrophobic surfaces based on porous silicon.

【作者】 Liu, Y.H., X.K. Wang, J.B. Luo, and X.C. Lu,

【刊名】 Applied Surface Science,

【年卷期】 2009. 255(23): p. 9430-9438.

【关键词】 porous silicon, alkylsilane molecular films, super-hydrophobic, tribological properties, self-assembled monolayers, microelectromechanical systems mems, water-repellent, superhydrophobic surface, thermal-stability, roughness, friction, films, wettability, microstructures

【摘要】 In the present work, super-hydrophobic surfaces based on porous silicon (PS) were constructed by the self-assembled molecular films and their tribological properties were investigated. A simple chemical etching approach was developed to fabricate PS with the certain rough microstructure surface, which can be observed by the environmental scanning electron microscopy (ESEM). The hydrocarbon and fluorocarbon alkylsilane molecular films were self-assembled on PS, which was confirmed by the X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) measurement. In contrast to PS, the alkylsilane molecular films modified PS (mPS) were super-hydrophobic since the apparent water contact angle (CA) exceeded 160 degrees. The tribological properties of PS and the mPS were investigated by a ball-on-disk tribometer during the processes of different sliding velocities and normal loads. The experimental results showed that the alkylsilane molecular films could decrease the friction coefficient. Due to the difference of chain structure and functional groups, the fluorinated alkylsilane films are better candidates for improving the hydrophobicity and lubricating characteristics of PS comparing to the non-fluorinated ones. The carbon chain length of alkylsilane molecules self-assembling on the Si or PS substrates could have little effects on the hydrophobic properties and the tribology performances. (C) 2009 Elsevier B. V. All rights reserved.

【34】 Film forming characteristics of oil-in-water emulsion with super-low oil concentration.

【作者】 Ma, L.R., J.B. Luo, C.H. Zhang, S.H. Liu, X.C. Lu, D. Guo, J.B. Ma, and T. Zhu,

【刊名】 Colloids and Surfaces a-Physicochemical and Engineering Aspects,

【年卷期】 2009. 340(1-3): p. 70-76.

【关键词】 emulsion, low oil concentration, film thickness, particle size distribution, lubrication, starvation

【摘要】 The oil-in-water emulsion has been widely used as lubricant in metal working such as metal rolling and cutting. The film formation ability of emulsion was considered as an important evaluation factor. Thus the film formation mechanism and characteristics of emulsion have been widely investigated. However, the mechanism is still dubious and film forming characteristics were seldom discussed under an oil volume percentage of 0.05%. In this paper, a lubricating film testing apparatus is used to investigate the film forming characteristics of oil-in-water emulsion between the surface of a steel ball and that of a glass disc coated with chromium. By carrying out experiments under extremely low oil volume percentages (0.005-2.5%), some new phenomena are found in our program. The film formation mechanism of oil-in-water emulsion is discussed based on the different film forming performances of emulsion with different oil volume percentages. New viewpoints on the film formation of emulsion are put forward in this paper.

【35】 Film-forming Characteristics of Grease in Point Contact under Swaying Motions.

【作者】 Li, G., C.H. Zhang, J.B. Luo, S.H. Liu, G.X. Xie, and X.C. Lu,

【刊名】 Tribology Letters,

【年卷期】 2009. 35(1): p. 57-65.

【关键词】 film thickness, grease lubricant, non-steady state, swaying motions, ehl, lubrication, behavior, thickness, ball

【摘要】 The technique of relative optical interference intensity (ROII) and simple numerical calculations were used to investigate the lubricating behavior of grease lubricant films in the rolling direction under swaying motions (acceleration/deceleration). Experimental results indicate that at a same entrainment velocity of the inlet, the central film thickness under deceleration is larger than that under acceleration. The minimum central film thickness in one swaying cycle does not occur at the moment of zero entrainment, but at the initial period of acceleration. At the moment of zero entrainment, the central film is thicker than its peripheries, and the value of the central film thickness increases with increases in the changing rate of the entrainment velocity. It is thought that the transient behaviors of the grease lubricant film deviate from those in steady state conditions. The profiles of the transient film thickness and the approximate thicknesses of elastohydrodynamic contact in the rolling direction calculated by using a simple numerical method are supported by the experimental results. The numerical method can also be used to explain the behavior of the grease lubricating film under non-steady state conditions.

【36】 First Principles Study of Water Monomer Adsorption on Charged Fe(110) Surface.

【作者】 Zhao, W., J.D. Wang, F.B. Liu, and D.R. Chen,

【刊名】 Journal of Nanoscience and Nanotechnology,

【年卷期】 2009. 9(2): p. 1229-1233.

【关键词】 first principles, water monomer adsorption, iron surface, h₂o, ru(001), pt(111)

【摘要】 In order to clarify the binding site and orientation of H₂O monomer on Fe(110) surfaces with different charges, the potential dependent adsorption of water monomer over charged Fe(110) surface has been studied using first principles method. The results indicate that H₂O molecular prefers to special orientation on the surface with different charges. In addition, the internal structure of H₂O molecule deforms deeply due to different adsorption effect. The adsorption process is an exothermic and endothermic process for the surface with positive and negative charges, respectively. The covalence function is the dominant interaction in this adsorption system.

【37】 Flat-topped beam output from a double-clad rectangular dielectric waveguide laser with a high-index inner cladding.

【作者】 Kang, H.X., H.T. Zhang, P. Yan, D.S. Wang, and M.L. Gong,

【刊名】 Optics Communications,

【年卷期】 2009. 282(12): p. 2407-2412.

【关键词】 solid-state lasers, flat-topped beam, rectangular dielectric waveguide, flattened mode

【摘要】 A novel method to produce a flat-topped laser beam by using a double-clad rectangular waveguide laser with high-index inner cladding is presented. The waveguide dispersion equation for cosine mode was deduced, the condition for the flattened mode was given out. relative gains for guided modes were calculated numerically and analyzed. Results indicate that a gain advantage for the flattened mode is clear, a flat-topped laser beam can be achieved when the optical confinement factor, the gain intensity and the output coupler are chosen suitably.

【38】 Friction at the Liquid/Liquid Interface of Two Immiscible Polymer Films.

【作者】 Zeng, H.B., Y. Tian, B.X. Zhao, M. Tirrell, and J. Israelachvili,

【刊名】 Langmuir,

【年卷期】 2009. 25(9): p. 4954-4964.

【关键词】 stick-slip friction, lattice-boltzmann, mutual diffusion, wall slip, adhesion, liquid, surfaces, blends, coalescence, fluid

【摘要】 We studied the friction between two immiscible polymer melts of polybutadiene (PBD) and polydimethylsiloxane (PDMS). Polymer films (100-300 nm thick) were coated onto smooth mica substrates, and then were brought into contact and sheared (slid) to and fro in a surface forces apparatus (SFA). Stop-wait-start experiments were also carried out at different sliding velocities to investigate the characteristic relaxation times of the interdigitation and disinterdigitation processes at both the static and shearing interfaces. By virtue of their limited interdigitation/interpenetration across the contact interface, immiscible polymers never fully coalesce into a continuous homogeneous material. This affects both their dynamic adhesion and friction forces. The immiscible interface exhibits various "characteristic" parameters such as its static and dynamic widths and at least two relaxation times: the static interpenetration time and the velocity adaptation time. The interfacial width saturates at some small but finite value, resulting in Stribeck-like behavior for the friction force as a function of the sliding velocity, characterized by F having a minimum value at some characteristic sliding velocity V . The presence of solvents at the immiscible interface can have a dramatic effect on the friction or lubrication forces. The implications of the results regarding the depth and dynamics of interdigitation and interpenetration of immiscible chains across an interface are discussed in relation to the adhesion, friction, and strength of polymer composites and the coalescence of immiscible droplets.

【39】 Gecko adhesion pad: a smart surface?

【作者】 Pesika, N.S., H.B. Zeng, K. Kristiansen, B.X. Zhao, Y. Tian, K. Autumn, and J. Israelachvili,

【刊名】 Journal of Physics-Condensed Matter,

【年卷期】2009. 21(46): p. -.

【关键词】foot-hair, arrays, biology, forces, model, setae

【摘要】Recently, it has been shown that humidity can increase the adhesion of the spatula pads that form the outermost (adhesive) surface of the tokay gecko feet by 50% relative to the main adhesion mechanism (i.e. van der Waals adhesive forces), although the mechanism by which the enhancement is realized is still not well understood. A change in the surface hydrophobicity of a gecko setal array is observed when the array, which supports the spatulae, is exposed to a water drop for more than 20 min, suggesting a change in the hydrophilic-lyophilic balance (HLB), and therefore of the conformation of the surface proteins. A surface force apparatus (SFA) was used to quantify these changes, i.e. in the adhesion and friction forces, while shearing the setal array against a silica surface under (i) dry conditions, (ii) 100% humidity and (iii) when fully immersed in water. The adhesion increased in the humid environment but greatly diminished in water. Although the adhesion forces changed significantly, the friction forces remained unaffected, indicating that the friction between these highly textured surfaces is 'load-controlled' rather than 'adhesion-controlled'. These results demonstrate that the gecko adhesive pads have the ability to exploit environmental conditions to maximize their adhesion and stabilize their friction forces. Future designs of synthetic dry adhesives inspired by the gecko can potentially include similar 'smart' surfaces that adapt to their environment.

【40】 Growth of ultrathin diamond-like carbon films by C-60 cluster assembly: Molecular dynamics simulations.

【作者】Ma, T.B., Y.Z. Hu, and H. Wang,

【刊名】Diamond and Related Materials,

【年卷期】2009. 18(1): p. 88-94.

【关键词】diamond-like carbon, simulation, microstructure, amorphous-carbon, roughness evolution, beam deposition, substrate, surface

【摘要】The deposition of C-60 clusters to produce cluster-assembled ultrathin diamond-like carbon (DLC) films is investigated using the molecular dynamics (MD) simulations. The deposition dynamics, especially the fragmentation process of the C-60 cluster are studied. The trajectory and instantaneous velocity of each atom in the cluster reveal a close relationship between cluster deposition and atom-by-atom deposition of DLC film. The atomistic structures, sp^3 fractions, and radial distribution functions of DLC films are quantitatively studied. For relatively low energies ($E < 20$ eV/atom), the C-60 structural features preserve partially. The cluster-assembled films show big cavities, non-uniform structures, and rough surfaces. For relatively high energies ($E > 20$ eV/atom), the films turn out to be structurally amorphous, densely-packed and sp^3 dominated. A marked discrepancy is observed between the sp^3 fraction of cluster and atom-by-atom deposited DLC films. The kinetic energy dissipation and the oblique incidences of freed atoms are the main reason for this discrepancy.

【41】 High-order modes suppression in large-mode-area fiber amplifiers and lasers by controlling the mode power allocations.

【作者】Gong, M.L., S.Y. Liao, Y.Y. Yuan, and H.T. Zhang,

【刊名】Journal of Optics a-Pure and Applied Optics,

【年卷期】2009. 11(1): p. -.

【关键词】large-mode-area fiber, fiber amplifier, modal weight factor, filter fiber, modal superposition, weight growth rate, bend-distortion

【摘要】The modal weight factors and their changing properties in large-mode-area fibers are investigated when the optical beam propagates from one fiber into another one with a different cross-sectional structure. Based on a weighted mode power superposition theory, a novel scheme of inserting a filter fiber to change the power allocation among the co-existing modes in active fibers is proposed. In order to verify the effectiveness of this method in practical implementations, the mode power propagation of a fiber laser and a fiber amplifier with an inserted filter fiber are calculated, respectively. Compared with the cases without a filter fiber, the numerical results show an obvious suppression effect of high-order modes.

【42】 High-speed EDM milling with moving electric arcs.

【作者】 Han, F.H., Y.X. Wang, and M. Zhou,

【刊名】 International Journal of Machine Tools & Manufacture,

【年卷期】 2009. 49(1): p. 20-24.

【关键词】 edm, milling, moving electric arcs, dc power supply

【摘要】 A novel high-speed electrical discharge machining (EDM) milling method using moving electric arcs has been proposed in this study. We connected a copper electrode rotating rapidly around its axis and a work piece to a DC power supply to generate a moving electric arc. To ensure high relative speed of any point on the electrode with respect to the work piece, the electrode was shaped like a pipe. It was observed that the electric arcs move rapidly within the discharge gap due to the revolution of the tool electrode, removing the materials on the electrode along the track of the arc roots. To explore the characteristics of machining with moving electric arcs, an EDM milling apparatus was devised. Two planes with approximately the same roughness were machined separately by this equipment and a traditional EDM machine for comparison. It was found that a much higher material removal rate can be easily achieved by EDM milling with moving electric arcs. In the meanwhile, wear of the tool electrode in this new method is negligible, which is greatly favorable for machining accuracy. The microstructures of these surfaces were also investigated for further information.

【43】 Investigation of material removal mechanism of silicon wafer in the chemical mechanical polishing process using molecular dynamics simulation method.

【作者】 Han, X.S., Y.Z. Hu, and S.Y. Yu,

【刊名】 Applied Physics a-Materials Science & Processing,

【年卷期】 2009. 95(3): p. 899-905.

【关键词】 ductile-regime, indentation, germanium, tool

【摘要】 Chemical mechanical polishing (CMP) technology, being the mainstream technique of acquiring global planarization and nanometer level surface, has already become an attractive research item. In the case of CMP process, the indentation depth lies in the range of nanometer or sub-nanometer, huge hydrostatic pressure induced in the local deformation area which makes the material removal and surface generation process different from traditional manufacturing process. In order to investigate the physical essence of CMP technique, the authors carry out molecular dynamics (MD) analysis of chemical mechanical polishing of a silicon wafer. The simulation result shows that huge hydrostatic pressure is induced in the local area and leads to the silicon atom transform from the classical diamond structure (alpha silicon) to metal structure (beta silicon). This important factor results in the ductile fracture of silicon and then in the acquisition of a super-smooth surface.

【44】 Investigation of the running-in process and friction coefficient under the lubrication of ionic liquid/water mixture.

【作者】 Xie, G.X., S.H. Liu, D. Guo, Q. Wang, and J.B. Luo,

【刊名】 Applied Surface Science,

【年卷期】 2009. 255(12): p. 6408-6414.

【关键词】 ionic liquid/water, water-based lubrication, running-in process, thin films, liquids, contacts, water, additives, ceramics, films

【摘要】 The tribological properties of three different films commonly used in microelectromechanical systems (MEMS) under the lubrication of ionic liquid (IL)/water mixtures with various concentrations in the running-in process have been investigated. Results show that coefficients of friction (COFs) and wear rates for low temperature silicon oxide (LTO)/Si₃N₄ vary in a similar way to the ones for poly-Si/Si₃N₄ under the lubrications of different IL/water mixtures. In contrast, the differences in COFs and wear rates are more significant in that the COFs and wear rates increase dramatically with the decrease in IL/water concentration in the case of self-mated Si₃N₄, while the differences in COFs and wear rates for the two other tribopairs are relatively small when the concentration is changed. The period of the running-in process reduces with the increase in IL/water concentration for all the tribopairs. Effective hydrodynamic lubrication can be found in the case of Si₃N₄/Si₃N₄ tribopair at higher

IL/water concentrations without an evident running-in process, however, such a phenomenon cannot be observed for the other two tribopairs. Different wear mechanisms will also be analyzed in this paper.

【45】 Investigation on hydrophobicity of lotus leaf: Experiment and theory.

【作者】 Wang, J.D., H.S. Chen, T. Sui, A. Li, and D.R. Chen,

【刊名】 Plant Science,

【年卷期】 2009. 176(5): p. 687-695.

【关键词】 lotus leaf, hydrophobicity, surface topography, hysteresis, metastable, superhydrophobic surfaces, ultralyophobic surfaces, water, cassie, wenzel, hysteresis, resistance, chemistry, criteria, growth

【摘要】 A detail experiment investigation on hydrophobicity of lotus leaf had been given, including contact angle, entrapped gas, micrometer and nanometer surface topographies. Four kinds of lotus leaf surfaces were involved: fresh front (FF), dried front (DF), fresh back (FB) and dried back (DB) surfaces. The basic mechanisms of the liquid spreading on a rough surface and the entrapped gas under a drop had been discussed. Based on the mechanisms and experiment, hydrophobicity of the four lotus leaf surfaces was analyzed. The investigation results showed that the hydrophobicity of the front surfaces was dominated by the entrapped gas under the drop and the absolute stable position of the contact line while the back surfaces by metastable positions of the contact line, resulting in the ultrahydrophobicity on the front surfaces and large contact angle hysteresis on the back surfaces. The effects of dual-size surface structures on the hydrophobicity were discussed in detail. Because the nano-pillars were firmly close together, there was no entrapped gas in the nano-structure on the front surfaces. The structure of micropillars was a main cause for the ultrahydrophobicity of the front surfaces. However, on the FB surface, the structure of nano-pillars was a main cause to induce entrapped gas.

【46】 LD bar corner-pumped TEM00 CW composite Nd:YAG laser.

【作者】 Gao, S., H. Liu, D.S. Wang, and M.L. Gong,

【刊名】 Optics Express,

【年卷期】 2009. 17(24): p. 21837-21842.

【关键词】 nd-yag laser, slab laser, mode

【摘要】 Ray-tracing algorithm was used to simulate the pump absorption efficiency and pump absorption distribution of LD corner-pumped laser with different parameters of Nd:YAG composite slab crystal. Resonator experiment was performed to suppress the oscillation of higher-order modes and realize TEM00 operation. Experiment results showed that the output power was 11.94W with an optical-optical efficiency of over 26%, and the M2 factors of beam quality at width and thickness directions were 1.18 and 1.34, respectively. It has been proven that the corner-pumped configuration could obtain laser output with good beam quality as a result of high pump efficiency and good pump uniformity.

【47】 Mie resonance-based dielectric metamaterials.

【作者】 Zhao, Q., J. Zhou, F.L. Zhang, and D. Lippens,

【刊名】 Materials Today,

【年卷期】 2009. 12(12): p. 60-69.

【关键词】 negative refractive-index, spherical-particles, colloidal crystals, photonic crystals, optical cloaking, composite medium, permeability, terahertz, resonators, permittivity

【摘要】 Increasing attention on metamaterials has been paid due to their exciting physical behaviors and potential applications. While most of such artificial material structures developed so far are based on metallic resonant structures, Mie resonances of dielectric particles open a simpler and more versatile route for construction of isotropic metamaterials with higher operating frequencies. Here, we review the recent progresses of Mie resonance-based metamaterials by providing a description of the underlying mechanisms to realize negative permeability, negative permittivity and double negative media. We address some potential novel applications.

【48】 Molecular dynamics simulation of shear-induced graphitization of amorphous carbon

films.

【作者】 Ma, T.B., Y.Z. Hu, and H. Wang,

【刊名】 Carbon,

【年卷期】 2009. 47(8): p. 1953-1957.

【关键词】 diamond-like-carbon, induced phase-transformation, friction, coatings, scale, stresses, surface

【摘要】 The shear-induced graphitization of amorphous carbon (a-C) films in sliding contact with a diamond counterface is investigated by molecular dynamics (MD) simulations. The gradual formation of a graphene-like sp^2 dominant layer on the a-C film surface is observed after steady-state sliding has been achieved, which provides direct evidence for the experimental observations of friction induced graphitization of a-C film. After the graphitized layer is formed, the relative sliding occurs between the graphitized atomic layers. During the shearing process, the biaxial stress in the graphitized layer experiences a transition from highly compressive (42 GPa) to tensile (-3 GPa). It is the relaxation of the local biaxial stress that leads to the sp^3 -to- sp^2 structural transformation.

【49】 Inhibitors for organic phosphonic acid system abrasive free polishing of Cu.

【作者】 Zhang, W., X.C. Lu, Y.H. Liu, G.S. Pan, and J.B. Luo,

【刊名】 Applied Surface Science,

【年卷期】 2009. 255(7): p. 4114-4118.

【关键词】 chemical mechanical polishing, abrasive free, copper, inhibitor, organic phosphonic acid, copper, corrosion, slurry, benzotriazole, surfaces, steel, media, films

【摘要】 Organic phosphonic acid system abrasive free slurry for copper polishing is developed in our earlier work. Since material removal rate is too high to be applied as precision polishing slurry for copper, inhibitors are needed. Experiment results also show us that the most commonly used inhibitor benzotriazole is unsuitable for this abrasive free slurry, and then another kind of compound inhibitors for this organic phosphonic acid system abrasive free slurry are developed. The compound inhibitors, consisting of ascorbic acid and ethylene thiourea, can control the material removal rate and also reduce surface roughness. XPS results show that, in the compound inhibitors, ascorbic acid participates in the surface chemical reaction, forms passivating layer on copper surface and helps to control the material removal rate. Corrosion current calculated from polarization curve is consistent with material removal rate. Ethylene thiourea contributes to the reduction of surface roughness, which can be indicated by the peak shape change of S-2p in XPS results.

【50】 On elastic deformation, inter-asperity cavitation and lubricant thermal effects on flow factors.

【作者】 Meng, F.M., S.Q. Cen, Y.Z. Hu, and H. Wang,

【刊名】 Tribology International,

【年卷期】 2009. 42(2): p. 260-274.

【关键词】 elastic deformation, inter-asperity cavitation, thermal effect, flow factors, rough-surface lubrication, hydrodynamic lubrication, bearings, model

【摘要】 Separate or combined effects of elastic deformation and inter-asperity cavitation of rough surfaces and lubricant thermal effect, resulting from different lubrication conditions, on flow factors were investigated based on an extended Reynolds equation and associated equations. The numerical results reveal that the flow factors given by Patir and Cheng are valid only over the range of big ratio of film thickness to roughness (h/σ), while their validities obviously drop for small h/σ due to the separate or combined effect of the above influencing factors. Moreover, variations of flow factors due to the combined effect of deformation and inter-asperity cavitation are significantly different from those by separate effects of these influencing factors. Therefore, Patir and Cheng's flow factors should be used with caution and corrected according to specific lubrication conditions.

【51】 Over 8 W high peak power UV laser with a high power Q-switched Nd:YVO₄ oscillator and the compact extra-cavity sum-frequency mixing.

【作者】 Yan, X.P., Q. Liu, M. Gong, D.S. Wang, and X. Fu,

【刊名】 Laser Physics Letters,

【年卷期】 2009. 6(2): p. 93-97.

【关键词】 q-switched, harmonic generation, phase-matched, all-solid-state, ultraviolet-beam generation, nd-yvo4 laser, 4th-harmonic generation, 500 khz, 266 nm, crystal, light, radiation, cslib6o10

【摘要】 Continuous wave (CW) and acousto-optical (AO) Q-switch operation of Tm (5 at %), Ho (0.3 at %): YAP laser at 2.13 μ m wavelength were reported in this paper. The Tm:Ho:YAP crystal was cooled by liquid nitrogen and double-end-pumped by a 14.2 W fiber-coupled laser diode at 798 nm. Different resonator lengths and output couplers for the pump power were tried. A maximum conversion efficiency of 31.3% and a maximum slope efficiency of 35.2% were acquired with CW output power of 4.45 W. Average power of 4.21 W was obtained at pulse repetition frequency (PRF) of 15kHz, corresponding to an optical-to-optical conversion efficiency of 29.6% and a slope efficiency of 32.4%. The energy per pulse of 2.3 mJ in 64 ns was achieved at 1.5kHz with the peak power of 35.8 kW. Q 2009 by Astro Ltd. Published exclusively by WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

【52】 Particles detection and analysis of hard disk substrate after cleaning of post chemical mechanical polishing.

【作者】 Huang, Y.T., X.C. Lu, G.S. Pan, B. Lee, and J.B. Luo,

【刊名】 Applied Surface Science,

【年卷期】 2009. 255(22): p. 9100-9104.

【关键词】 hard disk, post-cmp cleaning, particle contamination, adhesion, removal, surfaces, rough

【摘要】 Scrub, ultrasonic and megasonic are widely used in industry as post-CMP (chemical mechanical polishing/planarization) cleaning procedure. In this paper experiments and results are described to analyze the particle contaminations of hard disk substrate after each process of post-CMP cleaning. A scatter spot method has been exploited to detect the location and characteristics of the particles. SEM with EDX is used to observe and analyze the particles' shape and size as well as the elements. The results indicate that brush scrub process can remove 99% contaminations after CMP but not that efficient for submicron particle. Megasonic is a refined method for cleaning nano-particles. However, contaminations like metallic particles and bacteria from the equipment may cause pollution. The abrasive particles embedded in the plating pits cannot be removed by mechanical force. Pollution in the dryer is also discussed.

【53】 Pseudo-Nine-Point Finite Difference Method for Numerical Analysis of Lubrication.

【作者】 Bai, S.X., X.D. Peng, Y.G. Meng, and S.Z. Wen,

【刊名】 Journal of Tribology-Transactions of the Asme,

【年卷期】 2009. 131(4): p. -.

【关键词】 finite difference methods, hard discs, lubrication, mechanical contact, surface texture

【摘要】 Contours of surface texture of contact faces are not always parallel to the directions of the axis in solving Reynolds equations with finite difference method, and this often induces significant pressure saw-tooth effect, which results in an unignored analysis error. In this paper, pseudo-nine-point finite difference, as a new finite difference method, is introduced to solve the lubrication numerical problem of pressure saw-tooth. Also, application is carried out in gas lubrication of hard disk systems to verify the validity of the new method. In analysis, pressure distributions and gas floating forces are calculated for two different types of sliders, and the astringency and efficiency of the new method is discussed. Numerical results show that the pseudo-nine-point finite difference method can restrain pressure saw-tooth evidently, and presents better astringency and efficiency than the traditional five-point finite difference method. With the increase in mesh density, pressure distribution and gas floating force trend to steady. Also, numerical values of the floating force agree well with the experimental ones.

【54】 Q-switched fiber laser by all-fiber piezoelectric modulation and pulsed pump.

【作者】 Peng, B., M.L. Gong, P. Yan, and Q. Liu,

【刊 名】 Optics Communications,

【年卷期】 2009. 282(10): p. 2066-2069.

【关键词】 fiber lasers, active q-switch, pump modulation, high-power, compact

【摘 要】 We have demonstrated a Q-switched fiber laser based on a mechanical all-fiber Q-switching module and pulsed-pump configuration. A piezoelectric actuator was utilized in the module to change the round-trip loss of the fiber laser cavity, and exploited the pulsed pump to prevent the multiple pulsing phenomena. Q-switching pulses were successfully achieved at the repetition rates from 1 Hz to 2 kHz, and the average output power was 11 mW. The peak power in excess of 114 W with associated pulse width of 193 ns was obtained at the repetition rate of 500 Hz. Besides preventing multiple pulsing phenomena, pulsed-pump configuration can also suppress amplified spontaneous emission and increase pulse stability and peak power simultaneously.

【55】 Simulation of the ligament forces affected by prosthetic alignment in a trans-tibial amputee case study.

【作 者】 Fang, L.D., X.H. Jia, R.C. Wang, and S.F. Suo,

【刊 名】 Medical Engineering & Physics,

【年卷期】 2009. 31(7): p. 793-798.

【关键词】 musculoskeletal model, ligament forces, prosthetic alignment, trans-tibial, joint relative translation, anterior cruciate ligament, optimal-control model, musculoskeletal model, limb alignment, knee, gait, injury, muscle

【摘 要】 The aims of this study were to predict and explain the patterns of ligament forces in the stump of a left trans-tibial amputee during walking, and to study the effects of the prosthetic alignment. Musculoskeletal modeling and computer simulation were combined to calculate ligament forces. The prosthesis was aligned to be in optimal position for the subject and then changed by +/- 6 degrees in the sagittal plane. The results showed most ligaments bearing the maximum tension forces around both heel-strike and toe-off. The PT force was the biggest in all of the ligaments which were studied. The load patterns of ACL and PCL were opposite in the gait cycle, but the load patterns of MCL and LCL appeared similar. The above results showed that the ligament forces increased at the incorrect alignment, because the incorrect alignment could break the relative translation of the femur and tibia, and that would generate the extra ligament strains. As a result, the ligament forces increased, and the long-duration fatigue occurred more easily. This finding suggests that the proper prosthetic alignment is very important for the normal activities of the stump ligaments. (C) 2009 IPPEM. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

【56】 Stable polarization short pulse passively Q-switched monolithic microchip laser with [110] cut Cr⁴⁺:YAG.

【作 者】 Wang, Y., M. Gong, P. Yan, L. Huang, and D. Li,

【刊 名】 Laser Physics Letters,

【年卷期】 2009. 6(11): p. 788-790.

【关键词】 lasers, passively q-switched, monolithic microchip, stable polarization, short pulse width, mode-locking

【摘 要】 A monolithic Nd:YAG microchip laser with [110] cut Cr⁴⁺ YAG is presented. The output beam is linearly polarized with polarization ratio higher than 100:1. The polarization direction is stable, independent of pump power, crystal temperature, LD temperature. In single longitudinal mode operation, stable 259 ps pulses at 2.5 KHz with 82 kW peak power and diffraction limited beam mode are output. with a simple and compact one-pass Ne:YVO₄ amplifier, 144 kW peak power is achieved. Single longitudinal and fundamental transverse mode is kept after passing through the amplifier stage. The microchip laser can be operated in two longitudinal modes with two set of output pulses by increasing the pump power.

【57】 Stress Analysis on Layered Materials in Point Elastohydrodynamic-Lubricated Contacts.

【作 者】 Wang, Z.J., W.Z. Wang, H. Wang, and Y.Z. Hu,

【刊 名】 Tribology Letters,

【年卷期】 2009. 35(3): p. 229-244.

【关键词】 elasto-hydrodynamic lubrication (ehl), contact mechanics, coatings, stress analysis, newtonian fluid model, coated surfaces, coatings

【摘要】 For multilayered or coated substrates in elasto-hydrodynamic-lubricated (EHL) contacts, the subsurface stress distributions under a normal load combined with shear traction have been analyzed in this article through computer simulations. The Papkovitch-Neuber potentials and Fourier transform are adopted to deduce the pressure-displacement, pressure-stress, and shear traction-stress response functions in frequency domain for the coated substrates, and to calculate distributions of pressure and subsurface stress. The results from the analysis of EHL contacts on coated substrates are compared with those from dry contact model in which shear traction is assumed to obey Coulomb's law. Effects of the Young's modulus of coatings, the properties of lubricants, and the magnitude of traction are discussed. Similar to the results in dry contacts, hard coatings in lubricated cases tend to increase the von Mises stress, whereas soft coatings decrease the stress. Shear traction makes the max von Mises stress increasing and moving closer to surface. However, the changes in subsurface stress due to shear traction are less obvious in lubricated contacts. Comparison between EHL and dry contact models reveals that lubrication can reduce the von Mises stress in the coating layer due to smaller shear traction. The analyses show that pressure, film thickness, and subsurface stress distributions are influenced by surface coatings, sliding velocity, rheological models, and pressure-viscosity behaviors.

【58】 Study of lubrication behavior of pure water for hydrophobic friction pair.

【作者】 Ma, Z.Z., C.H. Zhang, S.H. Liu, J.B. Luo, X.C. Lu, and S.Z. Wen,

【刊名】 Science in China Series E-Technological Sciences,

【年卷期】 2009. 52(11): p. 3128-3134.

【关键词】 hydrophobic surface, water lubrication, friction coefficient, pll-g-peg, boundary lubrication, silicon-nitride, oxide surfaces, wear, resistance, monolayers, ceramics, droplet, brush

【摘要】 The perfluorooctyltrichlorosilane molecular layer was self-assembled on glass plate. The tribological properties of the molecular layer in water were studied with the method of ball on disk. An interesting phenomenon was found that low friction coefficients of 0.02-0.08 were obtained when the friction pair was lubricated with only a water droplet. Whereas, when the friction pair was encircled with large amount of water or fully immersed in water, the friction coefficient was higher than that under a droplet lubrication. A mechanism of water droplet lubrication was proposed that the surface tension caused by the solid-liquid-air three-phase interface makes water molecules enter into the contact zone, which separates the two friction surfaces and provides a low friction coefficient. However, water film can hardly form when more water encircles the friction pair, due to the attraction between water molecules.

【59】 Superhydrophobic behavior achieved from hydrophilic surfaces.

【作者】 Wang, J.D., F.B. Liu, H.S. Chen, and D.R. Chen,

【刊名】 Applied Physics Letters,

【年卷期】 2009. 95(8): p. -.

【关键词】 diamond-like carbon, hydrophobicity, surface texture, lotus-leaf, water

【摘要】 The superhydrophobic behavior of a surface can be generally attributed to the combination of its chemical composition and microscale texture. The surface can be both hydrophobic and rough, and the roughness enhances its hydrophobicity. For a natural or artificial surface, superhydrophobic behavior is generally induced by a structured hydrophobic surface. This paper proposes an alternative; that is the superhydrophobic behavior can be obtained from a structured hydrophilic surface. The superhydrophobic behavior of a T-shape micropillar surface coated with diamond-like carbon has been achieved, which experimentally proved the proposed hypothesis that superhydrophobicity can be created from a hydrophilic surface through surface microstructure modification.

【60】 Synthesis of carbon films containing diamond particles by electrolysis of methanol.

【作者】 He, S.Q. and Y.G. Meng,

【刊名】 Thin Solid Films,

【年卷期】 2009. 517(19): p. 5625-5629.

【关键词】electrochemical deposition, diamond, crystalites, microstructure, gas-phase, deposition, energies, growth, plasma, water

【摘要】Carbon films containing diamond particles were deposited onto a Si (100) substrate by electrolysis of methanol under a direct current potential of 1200 V, with a current density of about 52 mA/cm², at atmospheric pressure and in the temperature range of 50-55 degrees C. The surface morphology, microstructure and crystalline structure of the deposited films were characterized by scanning electron microscopy (SEM), Fourier transformation infrared (FTIR) spectroscopy, Raman spectroscopy and transmission electron microscopy (TEM) respectively. The SEM images show that the films are formed by particle clusters and a surrounding glassy phase. The Raman spectra of the films indicate that the particle clusters are composed of diamond and that the glassy phase is composed of amorphous carbon. The FTIR measurements suggest the existence of hydrogen which is mainly bonded to the sp³ carbon in the films. The transmission electron diffraction patterns further indicate that the particles in the films consist of single-crystalline diamond. Both TEM and Raman measurements have confirmed unambiguously the formation of diamond crystals in the deposit, although the particles are not uniformly distributed on the entire surface.

【61】 The Crowding Model as a Tool to Understand and Fabricate Gecko-Inspired Dry Adhesives.

【作者】Pesika, N.S., N. Gravish, M. Wilkinson, B.X. Zhao, H.B. Zeng, Y. Tian, J. Israelachvili, and K. Autumn,

【刊名】Journal of Adhesion,

【年卷期】2009. 85(8): p. 512-525.

【关键词】adhesion, bio-inspired adhesives, crowding model, dry adhesives, friction, gecko, foot-hair, elastic-modulus, rough surfaces, setal arrays, attachment, lizards, detachment, locomotion, friction, systems

【摘要】A model based on geometrical considerations of pillars in a square lattice is analyzed to predict its compression behavior under an applied normal load. Specifically, the crowding model analyzes the point at which tilting pillars become crowded onto neighboring pillars, which limits the achievable tilt angle under an applied normal load, which in turn limits their adhesion and friction forces. The crowding model is applied to the setal arrays of the tokay gecko. Good agreement is found between the predictions of the crowding model (a critical tilt angle of $\theta = 12.6$ degrees to the substrate corresponding to a vertical compression of $z = 49\mu\text{m}$ of the setae within the setal array) and experimental data for the compression of tokay gecko setal arrays. The model is also used as a criterion to predict the number density of setae in a tokay gecko setal array based on the lateral inter-pillar spacing distance, s , between tetrads of setae and the effective diameter, d , of the tetrad. The model predicts a packing density of 14,200 setae/mm², which is again in good agreement with the measured value of 14,400 setae/mm². The crowding model can be used as a tool to determine the optimum geometrical parameters, including the diameter and the spacing distance between pillars, to fabricate dry adhesives inspired by the gecko.

【62】 The electron transfer behavior of the hydrogen-terminated boron-doped diamond film electrode.

【作者】Wang, J.D., F.B. Liu, H.S. Chen, and D.R. Chen,

【刊名】Materials Chemistry and Physics,

【年卷期】2009. 115(2-3): p. 590-598.

【关键词】surfaces, thin films, electrochemical properties, electronic structure, cvd diamond, photoelectron-spectroscopy, electrochemical-behavior, surface conductivity, plasma treatment, vapor, oxidation, reconstruction, chromatography, wettability

【摘要】To clarify the electron transfer behavior of the hydrogen-terminated boron-doped diamond film electrode in an electrolytic solution, its detailed electronic structures were investigated by using scanning probe microscopy and ab initio methods. The interface structure of the hydrogen-terminated diamond electrode and the electrolyte was also studied by means of cyclic voltammetry and AC impedance spectroscopy. The results showed that there exist shallow acceptors in the band gap of the hydrogenated diamond films. Neither the surface hydrogen alone nor the subsurface hydrogen could induce the shallow acceptors, though they interact strongly

with the surface carbon atoms or subsurface carbon and boron atoms in the diamond film. It is the interaction of the surface adsorbates and the surface C-H bonding that gives rise to the shallow acceptors in the band gap of the hydrogenated diamond film. The surface shallow acceptors in the band gap of the hydrogenated diamond film could lower the energy barrier of the electron transfer between the diamond electrode and the electrolytic solution. Thus, electrochemical window for the hydrogenated diamond film is narrower and, its film resistance and capacitance are also smaller than those of the oxygenated one. In our work, the experimental data obtained by using scanning probe microscopy are in good agreement with the calculation results.

【63】 The protective properties of ultra-thin diamond like carbon films for high density magnetic storage devices.

【作者】 Zhong, M., C.H. Zhang, J.B. Luo, and X.C. Lu,

【刊名】 Applied Surface Science,

【年卷期】 2009. 256(1): p. 322-328.

【关键词】 ultra-thin dlc, tem, wear resistance, diffusion barrier, fcva, amorphous-carbon, tribological properties, corrosion protection, raman-spectra, dlc films, coatings, deposition, surface, layer, disks

【摘要】 With the increase of magnetic storage density, the thickness of the protective diamond like carbon (DLC) film on the surfaces of head and disk is required as thin as possible. In this paper, the structure, mechanical properties and corrosion and oxidation resistance of ultra-thin DLC films are investigated. The ultra-thin DLC films were deposited by using filtered cathodic vacuum arc (FCVA) technique. The exact thickness of the ultra-thin DLC film was determined by high resolution transmission electron microscope (HRTEM). Raman analysis indicates that the ultra-thin DLC film presents ta-C structure with high sp³ fraction. In the wear test, a diamond tip was used to simulate a single-asperity contact with the film surface and the wear marks were produced on the film surface. The wear depths decrease with film thickness increasing. If the film thickness was 1.4 nm or above, the wear depth was much lower than that of Si substrate. This indicates that the ultra-thin DLC film with thickness of 1.4 nm shows excellent wear resistance. Corrosion tests in water and oxidation tests in air were carried out to investigate the diffusion barrier effect of the ultra-thin DLC films. The results show that the DLC film with thickness of 1.4 nm provides adequate coverage on the substrate and has good corrosion and oxidation resistance.

【64】 The transient behavior of electrorheological fluid in tensile flow.

【作者】 Tian, Y., M.L. Zhang, X.L. Zhu, J.L. Jiang, Y.G. Meng, and S.Z. Wen,

【刊名】 Smart Materials & Structures,

【年卷期】 2009. 18(12): p. -.

【关键词】 steady shear-flow, squeeze mode, yield-stress, er fluid, suspensions, performance, compression, simulation, design, fields

【摘要】 Transient behaviors of (ER) fluids in tensile flow and applied stepwise voltages were experimentally studied. The transient tensile stress rises exponentially with time. The characteristic rising time of tensile stress is independent of the amplitude of the applied voltage and the tensile velocity, while the amplitude of tensile yield stress is significantly affected by the two factors. The transient tension applied as a stepwise voltage is different from a stable tension pre-applied at constant voltage in different particle chain structure forming processes. Because of the chain aggregation during an intermittent voltage on-off test, the achieved tensile yield stress showed an exponent of 2.75 to the applied electric field at low separation velocities (0.2 mm s⁻¹), higher than the square relationship predicted by traditional polarization models, and the exponent of 1.5 predicted by the conduction model. The results achieved in this study show that the mechanical properties of ER fluids are greatly affected by the method of applying the electric field, the strain rate, and the gap geometry between electrodes. These factors should be properly considered in the design and control of ER actuators.

【65】 Theoretical calculation of beam quality factor of large-mode-area fiber amplifiers.

【作者】 Liao, S., M. Gong, and H. Zhang,

【刊 名】 Laser Physics,

【年卷期】 2009. 19(3): p. 437-444.

【关键词】 laser, semiconductor, oscillation

【摘 要】 In order to evaluate a fiber amplifier's output beam quality, we have explored the beam quality factor calculation. A theoretical beam quality factor calculation method is presented in this paper. The method bases on modal power decomposition, laser rate equations and Fourier diffraction theory. Through the rate equations, each modal power weight factor at the fiber output facet is obtained. By the modal power decomposition, the optical field at the fiber output facet is established. Finally, running Fourier transformation, the beam diverging state in free space and corresponding $M(2)$ parameter are obtained. The calculation process is verified with applying it to working out the beam $M(2)$ parameters of large-mode-area (LMA) fiber amplifier system under different conditions. The numerical results help us well know and predict the out beam property. Some obtained results are also accord with other reporting outcomes.

【66】 Thermal Effect at the Incipient Stage of Cavitation Erosion on a Stainless Steel in Ultrasonic Vibration Cavitation.

【作 者】 Chen, H.S., J. Li, and S.H. Liu,

【刊 名】 Journal of Fluids Engineering-Transactions of the Asme,

【年卷期】 2009. 131(2): p. -.

【关键词】 bubbles, chemical analysis, hardness, stainless steel, surface roughness, tempering, ultrasonic applications, vibrations, wear

【摘 要】 An ultrasonic vibration cavitation erosion experiment was performed to study the thermal effect during the erosion process. The ring affected zone was observed on the sample surface around the erosion pit at the incipient stage of the cavitation erosion. The results of the surface testing on roughness, hardness, and chemical composition proved that the zone was caused by thermal effect, and that the zone surface experienced a tempering process with the temperature higher than 300 degrees C. Numerical simulation results show that the high temperature domain in the bubble directly contacting the solid wall is a necessary condition for the occurrence of the tempering process on the zone surface, or the heat in the bubble can hardly be transferred to the solid wall under the effects of the great temperature gradient in the bubble and the quick cooling process in the water.

【67】 Tribology research in China: a personal view.

【作 者】 Hu, Y.Z.,

【刊 名】 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part J-Journal of Engineering Tribology,

【年卷期】 2009. 223(J1): p. 1-15.

【关键词】 lubrication, nano-tribology and bio-tribology, lubricants and additives, tribological materials and coatings, thin-film lubrication, molecular-weight polyethylene, reinforced hydraulic concrete, fretting wear behavior, micro-arc oxidation, human tooth enamel, surface-roughness, mixed lubrication, solid lubrication, point contacts

【摘 要】 With the development of the economy and manufacturing industry, tribology research in China has experienced a fast growth over recent decades. This review gives an outline for the research progresses achieved by Chinese scientists and engineers in various subjects, including elastohydrodynamic lubrication (EHL) and mixed lubrication, nano-tribology, lubricants and additives, tribo-materials and coatings, tribology issues in biology and bionics, wear of materials, and tribological design that transfers research achievements to the design process of machine components. In comparison with the vastness of research activities and Chinese economy, this article is written by the present author, based on limited information and knowledge, but it may help tribologists around the world to get a better idea about what has been done by their counterparts in China, which would encourage communication and cooperation in tribology research.

【68】 Compression Enhanced Shear Yield Stress of Electrorheological Fluid.

【作 者】 Zhang, M.L., Y. Tian, J.L. Jiang, X.L. Zhu, Y.G. Meng, and S.Z. Wen,

【刊 名】 Chinese Physics Letters,

【年卷期】 2009. 26(4): p. -.

【关键词】 steady shear, suspensions, zeolite

【摘 要】 Shear tests of an electrorheological fluid with pre-applied electric field and compression along the field direction are carried out. The results show that pre-compressions can increase the shear yield stress up to ten times. Under the same external electric field strength, a higher compressive strain corresponds to a larger shear yield stress enhancement but with slight current density decrease, which shows that the particle interaction potentials are not increased by compressions but the compression-induced chain aggregation dominates the shear yield stress improvement. This pre-compression technique might be useful for developing high performance flexible ER or magnetorheological couplings.

【69】 Controllable and switchable capillary adhesion mechanism for bio-adhesive pads: Effect of micro patterns.

【作 者】 Zhang, X.J., Y. Liu, Y.H. Liu, and S.I.U. Ahmed,

【刊 名】 Chinese Science Bulletin,

【年卷期】 2009. 54(10): p. 1648-1654.

【关键词】 bio-adhesive pads, controllable and switchable, capillary adhesion mechanism, micro patterns, systems, surface, friction

【摘 要】 Some insects and animals, such as bugs, grasshoppers and tree frogs, realize their efficient adhesion mechanism to glass surface, wall and ceiling by injecting a wetting liquid thin film into the pad-substrate contact area. Their ability to control adhesion (attaching or detaching from a surface) is in many cases connected to the contact geometry and surface patterns of their attachment pads. This paper focuses on the dependence of the capillary adhesion (wet adhesion) on the micro patterns of the bio-adhesive pads. The objective is to reveal the possible mechanism for a bio-adhesive pad to control capillary force through adjusting its micro-scale surface pattern and topography. A capillary adhesion force model is built up taking account of the combined role of micro-dimple geometry as well as the wetting behavior of the confined liquid thin film. Calculated results of the apparent contact angle on the regularly micro-dimpled surfaces are compared with and in good agreement with the experimental measurements. Simulation of the capillary adhesion force reveals that it is controllable in a large magnitude by adjusting a dimensionless surface pattern parameter k defined as $a/(a+b)$, where a is the diameter of micro dimple, and $(a+b)$ is the side length of one pattern cell. When adjusting the parameter k more than 0.75, the capillary adhesion force could be switchable from attractive to repulsive. This effect of micro patterns on the interfacial capillary force is proved to be dominant when the pad-substrate clearance decreases to the nano/micrometer scale. These results indicate that a controllable and switchable capillary adhesive mechanism might be utilized by a living insect or animal to realize its stable adhesion and quick releasing movement through adjusting the micro-pattern topography of its bio-adhesive pad.

【70】 Electronic properties of hydrogen- and oxygen-terminated diamond surfaces exposed to the air.

【作 者】 Liu, F.B., J.D. Wang, D.R. Chen, and D.Y. Yan,

【刊 名】 Chinese Physics B,

【年卷期】 2009. 18(5): p. 2041-2047.

【关键词】 hydrogen-termination, oxygen-termination, electronic properties, diamond film, photoelectron-spectroscopy, cvd diamond, oxidation, vapor, films, reconstruction, conductivity, microscopy, defects

【摘 要】 The electronic properties of hydrogen- and oxygen-terminated diamond surfaces exposed to the air are investigated by scanning probe microscopy (SPM). The results indicate that for the hydrogen- terminated diamond surface a shallow acceptor above the valence-band-maximum (VBM) appears in the band gap. However, the oxygen-terminated diamond film exhibits a high resistivity with a wide band gap. Based on the density-functional-theory, the densities of states, corresponding to molecular adsorbate in hydrogenated and oxygenated diamond (100) surfaces, are studied. The results show that the

shallow acceptor in the band gap for the hydrogen-terminated diamond film can be attributed to the interaction between the surface C-II bonding orbitals and the adsorbate molecules, while for the oxygen-terminated diamond film, the interaction between the surface C-O bonding orbitals and the adsorbate molecules can induce occupied states in the valence-band.

【71】 End-pumped Nd:YAG zigzag slab laser with weak pump absorption.

【作者】 Fu, X., Q. Liu, X.P. Yan, J.Y. Cui, and M.L. Gong,

【刊名】 Chinese Optics Letters,

【年卷期】 2009. 7(6): p. 492-494.

【关键词】 high-brightness, nd, amplifier, power, oscillator

【摘要】 A diode-pumped Nd:YAG oscillator laser with an end-pumped zigzag slab architecture and weak pump absorption is developed. An output power of 253 W with a slope efficiency of 50.2% and an optical-optical conversion efficiency of 39.6% is achieved from the resonator, which emits the maximum power of 290 W with 840-W pump power. An optimum laser diode (LD) array coolant temperature is chosen in an attempt to realize the weak but uniform pump absorption. Furthermore, we have confirmed that the performance of zigzag slab resonator depends sensitively on the incident angle of the beam at the slab end face.

【72】 Equilibrium geometric structure and electronic properties of Cl and H₂O co-adsorption on Fe (100) surface.

【作者】 Zhao, W., J.D. Wang, F.B. Liu, and D.R. Chen,

【刊名】 Chinese Science Bulletin,

【年卷期】 2009. 54(8): p. 1295-1301.

【关键词】 density functional theory, fe (100) surface, h₂o, cl, molecular adsorption, ag(111) surface, metal-surfaces, water, adsorption, chlorine, 1st-principles, hydrogen, dissociation, simulations, overlayer

【摘要】 Based on the first principles density functional theory, the equilibrium geometric structure and surface electronic properties of Cl and H₂O co-adsorption on the Fe (100) surface are investigated. The results indicate that the optimal adsorption site for Cl and H₂O co-adsorption on the Fe (100) surface is the location of Cl at the bridge site and H₂O at the top site. Compared with the Fe (100)/H₂O adsorption system, remarkable changes in geometric structure and electronic properties occur, owing to the presence of Cl in the Fe (100)/(H₂O+Cl) adsorption system. The analysis of equilibrium geometric structure and surface electronic properties shows that the presence of Cl in the Fe (100)/(H₂O+Cl) adsorption system unstabilizes the Fe surface, making it easy to lose electrons.

【73】 Friction Properties of OTS SAMs and Silicon Surface under Water Lubrication.

【作者】 Wang, X., X.J. Zhang, I. Ahmed, Y. Liu, and S.Z. Wen,

【刊名】 Journal of Wuhan University of Technology-Materials Science Edition,

【年卷期】 2009. 24(2): p. 273-277.

【关键词】 silicon surface, ots sams, water lubrication, friction, wear, self-assembled monolayers, force microscopy, adhesion, contact, mica

【摘要】 The friction and wear properties of silicon surface covered with octadecyltrichlorosilane (OTS) self-assembled monolayers (SAMs) were investigated by a UMT-2 microtribometer with and without water as lubricant, and then compared with that of bare silicon surface. Dry friction measurement results show that OTS SAMs have a very low friction coefficient compared to bare silicon surface under lower sliding velocity and normal contact load. However, heavy wear occurs on OTS SAMs under higher contact stress and sliding velocity. Under water lubrication, OTS SAMs can prevent wear obviously and meanwhile present low coefficient of friction even under high velocities. The improved frictional and anti-wear property on OTS SAMs surface is attributed to the hydrophobic property of OTS and hydrodynamic effect of water. Furthermore, a wear critical phase diagram for OTS SAMs with and without water was proposed, which indicates that OTS SAMs working under water lubrication owns a wider range of available load and velocity to reduce friction and prevent wear.

【74】 Water erosion mechanism of mild carbon steels induced by micro-particles.

【作者】 Xu, W.L., L. Qin, J.D. Wang, H.S. Chen, and D.R. Chen,

【刊名】 Chinese Science Bulletin,

【年卷期】 2009. 54(24): p. 4577-4582.

【关键词】 water erosion, micro-particle, mild carbon steel, liquid impact, resistance, blades

【摘要】 To clarify the water erosion mechanism of the mild carbon steels, the water erosion experiments were performed by using deionized water as steam source. The results showed that under the damage threshold velocity of liquid impact, the material surface would not be destroyed. However, when the micro-particles were added into the steam, the pits appeared on the surface soon. By comparison, it is found that the pits are quite different from those induced by micro-particles impact without steam, but similar to those induced by cavitation erosion. The results indicated that the water erosion mechanism was similar to that of cavitation erosion under the damage threshold velocity. The micro-particles carry the micro-bubbles to approach the surface of the material, and the micro-bubbles collapse and generate micro-jet to impinge vertically on the surface, which lead to the produce of pits.

【75】 Molecular dynamics simulations of atomic-scale friction in diamond-silver sliding system.

【作者】 Zhu, P.Z., Y.Z. Hu, and H. Wang,

【刊名】 Chinese Science Bulletin,

【年卷期】 2009. 54(24): p. 4555-4559.

【关键词】 atomic-scale friction, stick-slip, molecular dynamics simulation, shearing deformation, stick-slip, metals, surface, fcc

【摘要】 Molecular dynamics simulations have been performed to explore the atomic-scale sliding friction, especially the stick-slip friction, in a system consisting of a diamond slider and a silver substrate. The mechanisms of the stick-slip behavior are investigated by considering sliding speeds between 10 m/s and 200 m/s. The analyses of the shear distance between the upmost layer and the downmost layer and displacements of a column of atoms in the slider show that shearing deformation of the slider is the main cause of the stick-slip phenomenon. Our simulations also present that a commensurate fit between the two contact surfaces is unimportant for the stick-slip friction.

【76】 A method of micro laser surface texturing based on optical fiber focusing.

【作者】 Zhou, Y.Q., T.M. Shao, and L. Yin,

【刊名】 Laser Physics,

【年卷期】 2009. 19(5): p. 1061-1066.

【摘要】 In the present paper, optical fibers are used as focusing unit in the process of laser surface texturing, which can effectively decrease the area of the focused facular point. An original experimental equipment was built and described. Micro-textures of parallel grooves and meshed textures were produced on silicon surface. Extensive experiments proved that micro-marking of 2-3 μm could be etched with proper focusing distance.

【77】 Surface modification of DF-2 tool steel under the scan of a YAG laser in continuously moving mode.

【作者】 SeDao, M. Hua, T.M. Shao, and H.Y. Tam,

【刊名】 Journal of Materials Processing Technology,

【年卷期】 2009. 209(10): p. 4689-4697.

【关键词】 surface modification, continuous laser-scanning, df2 tool steel, martensitic transformation, resistance, wear

【摘要】 Pulsed Nd:YAG laser with focus diameter of 1.06 μm was used to treat successively and continuously the surface of DF-2 cold work tool steel plate. Surfaces irradiated under a large range of laser setting parameters resulted in very different morphologies and microstructures. Roughness of the treated surface was measured by Talysurf profilometer, whilst surface morphologies and microstructures were investigated by scanning electron microscopy (SEM). Change of crystalline structure and composition of the treated surface layers before and after

treatments were studied by energy dispersion spectroscopy (EDX). Cross-sectional micro-hardness of the treated layers was also analyzed. Measured micro-hardness values clearly indicated the performance improvement of the treated Surface owing to the formation of martensite. Penetration depth of the micro-hardness varied greatly with the laser it-radiating parameters that recursively results in different microstructures. Suitable control of the laser irradiation parameters allowed the accomplishment of highest micro-hardness at the outermost surface.

【78】 微纳间隙受限液体的界面黏着机理研究

【作者】熊毅, 张向军, 张晓昊, 温诗铸

【刊名】物理学报

【年卷期】2009. 58(3): p. 1826-1832.

【关键词】生物黏着爪垫, 毛细黏着力, 受限液体

【摘要】利用球-盘接触黏着试验仪对微量受限液体的界面黏着行为的研究发现: 临界体积范围内(皮升到纳升)的受限液滴达到临界厚度后将出现自动铺展和瞬时收缩行为(分别对应球-盘趋进和分离过程), 并同时提供一定幅值的法向黏着力及伴随出现力的突变; 该界面黏着力与液滴体积、球的直径等相关, 并很好地揭示了昆虫或树蛙爪垫与光滑表面间的湿黏着行为. 在进一步试验的基础上, 利用球-面接触模型的毛细黏着力公式对所观察到的试验现象进行了机理揭示, 认为临界体积受限液滴出现的自动铺展和瞬时收缩行为与接触副的刚度相关, 最大法向黏着力随液体体积的减小而减小, 与接触副之间受限液体的中心区厚度有关. 结合生物黏着爪垫进行了受限液体界面黏着控制机理的分析, 可以指导仿生黏着爪垫的设计与控制.

【79】 H₂O 分子在 Fe(100), Fe(110), Fe(111)表面吸附的第一性原理研究

【作者】赵巍, 汪家道, 刘峰斌, 陈大融

【刊名】物理学报

【年卷期】2009. 58(5): p. 3352-3358.

【关键词】first principles, fe crystal surfaces, h₂o, molecule adsorption, ab-initio, water

【摘要】采用第一性原理研究了 H₂O 分子在 Fe (100), Fe (110), Fe (111) 三个高对称晶面上的表面吸附. 结果表明, H₂O 分子在三个晶面上的最稳定结构皆为平行于基底表面的顶位吸附结构. H₂O 分子与三个晶面相互作用的吸附能及几何结构计算结果表明 H₂O 分子与三个晶面的相互作用程度不同, H₂O 分子与 Fe (111) 晶面的相互作用最强, 其次是 Fe (100), 相互作用最弱的是 Fe (110) 表面, 而这与晶面原子

【80】 极板形貌修饰对电流变液/极板界面滑移抑制实验研究

【作者】张敏梁、田煜、蒋继乐、孟永钢、温诗铸

【刊名】物理学报

【年卷期】2009. 58(12): p. 8394-8399.

【关键词】electrorheological fluid, slip, patterning electrode, compressive stress

【摘要】被外电场极化而固化的电流变液容易在极板处产生剪切滑移而降低其力学性能. 使用抛光、激光打坑、覆盖尼龙网和光刻腐蚀四种方法对极板形貌进行了修饰, 并对电流变液的压缩力学性能进行了测试. 研究表明, 光滑极板和光刻腐蚀柱阵列极板易产生界面滑移而压缩强度较低, 粗糙坑阵列和覆盖尼龙网可抑制界面滑移而压缩强度高. 极板形貌增强极板附近局部电场强度, 强化了链末端与极板间的作用, 迫使链结构屈服位置远离链末端, 从而有效抑制了滑移. 研究结果对进一步认识电流变液的屈服强度, 提高电流变器件的力学性能有重要参考价值.

附录一

摩擦学国家重点实验室 第五届学术委员会成员名单

学术委员会主任： 钟掘 院士，中南大学

学术委员会副主任： 薛群基 院士，中国科学院兰州化学物理研究所

任露泉 院士，吉林大学

张曙光 副总工程师，铁道部

委员(按姓氏拼音字母为序):

陈大融 教 授，清华大学

葛世荣 教 授，中国矿业大学

郭东明 教 授，大连理工大学

郭万林 教 授，南京航空航天大学

胡元中 研究员，清华大学

黄 平 教 授，华南理工大学

李涤尘 教 授，西安交通大学

李 健 教授级高工，武汉材料保护研究所

林忠钦 教 授，上海交通大学

刘 焜 教 授，合肥工业大学

刘 莹 教 授，南昌大学

史铁林 教 授，华中科技大学

严新平 教 授，武汉理工大学

张永振 教 授，河南科技大学

赵亚溥 研究员，中国科学院力学研究所

周仲荣 教 授，西南交通大学

附录二

摩擦学国家重点实验室 第二届咨询专家委员会成员名单

首席咨询专家：熊有伦 院 士，华中科技大学
徐滨士 院 士，装甲兵工程学院
范守善 院 士，清华大学
王玉明 院 士，清华大学
赵淳生 院 士，南京航空航天大学
张嗣伟 教 授，石油大学

特邀咨询专家：（按姓氏拼音字母为序）：

桂长林 教 授，合肥工业大学
何丹农 教 授，上海交通大学
Jiang Xiangqian, Professor, University of Huddersfield, UK
Daisuke Konno, Dr., ETT, Japan
雷源忠 教 授，国家自然科学基金委员会
李 曙 研究员，中国科学院金属研究所
Li Yuzhuo, Professor, Clarkson University, USA
罗继伟 教授级高工，河南洛阳轴承研究所
黎 明 教 授， 国家自然科学基金委员会
Hisashi Machida, Dr., NSK, Japan
王成焘 教 授，上海交通大学
黄柏林 副教授，香港城市大学
杨沛然 教 授，青岛理工大学
Zhang Yumin, Dr., Quaker Chemicals Co. Ltd., USA
赵 源 教授级高工，武汉材料保护研究所
Zhu Dong, Dr., STLE fellow, Eaton Corporation, USA

附录三

2009 年度摩擦学国家重点实验室开放课题批准结果

资助号	课题名称	申请人	单位	批准资助额度
SKLTKF 09A01	粗糙表面微通道电渗流机理及实验研究	刘莹	南昌大学机电工程学院	10 万
SKLTKF 09A02	纳米制造中多物理场协同作用的跨尺度模拟	周志敏	东北大学	15 万
SKLTKF 09A03	合成纳米管纤蛇纹石技术与修复金属磨损表面的机理和应用技术的研究	金元生	清华大学	10 万
SKLTKF 09A04	化学机械抛光中界面行为及损伤机理的分子动力学研究	陈入领	上海大学	5 万
SKLTKF 09A05	铜化学机械抛光腐蚀磨损协同作用研究	梁红	Texas A&M University, College Station, TX, USA	10 万
SKLTKF 09B01	高温自润滑耐磨复合材料及其激光制备技术	刘秀波	苏州大学	3 万
SKLTKF 09B02	稀土改性碳纳米管在钛合金表面自组装复合膜摩擦学性能研究	程先华	上海交通大学	3 万
SKLTKF 09B03	KDP 晶体各向异性对摩擦学性能影响研究	郭晓光	大连理工大学	3 万
SKLTKF 09B04	考虑干接触、纳米级薄膜、流体膜共存的三维接触混合润滑理论和实验研究	张勇斌	淮海工学院	3 万
SKLTKF 09B05	硬度与弹性的协同效应对橡胶磨损性能的影响	孙举涛	青岛科技大学	3 万
SKLTKF 09B06	基于磨粒分析与台架磨损试验的齿轮箱全寿命磨损规律研究	张培林	石家庄市军械工程学院	3 万
SKLTKF 09B07	摩擦副表面纳米复合镀层的摩擦学性能研究	吴明远	河南科技大学	3 万
SKLTKF 09B08	硅片化学机械抛光中的损伤机理及质量控制	杜诗文	太原科技大学	3 万
SKLTKF 09B09	提高四球摩擦测试数据重现性的基础研究	林福严	中国矿业大学(北京)	3 万
	柱塞泵/马达摩擦副研究	姜继海	哈尔滨工业大学	不资助

附录四

会议记录

讨论会由熊有伦院士和徐滨士院士主持，各位委员对实验室的发展提出了许多很好的建议，发言记录如下：

张嗣伟教授：

实验室过去 1 年成绩卓著，获得了科技进步奖。十几年前评估时曾经提出过于偏重基础研究，现在在工程应用方面做出了很大的突破。今年来发表的学术论文水平高，并且注重水平不看重数量，这种做法很好。但是也应该看到一些潜在危机，比如纳米专项项目方面的申请全军覆没，应该找到深层次原因。

实验室的发展潜力很大：出现了一些很有苗头的研究方向而且取得了一定的成绩。对一个科研集体，如果能持续找到新的方向，将具有强大的生命力。另外，还需要注意年轻教师的培养，比如田煜，希望不要给太多的行政压力。

对于今后发展建议：非常支持提出建立国际一流实验室的战略目标。敢于提战略目标是前进的第一步。除了战略目标，还要提战术目标，要寻找中短期突破口。比如在水下减阻方向，应寻找理论突破；在电流对流体的影响方面能否找到新的发现；压载水的处理技术方面的研究应与全球环境问题相结合。

发展策略：

1. 要抓住全球、全国的发展中的各种问题，要提高自己的意识，不要仅局限于技术层面；
2. 不要随波逐流，有所失才有所得。比如国家奖，要放在什么地位，要何种时期放在何种地位；
3. 国际合作，在新的方向上加强国际合作。

最后讲一个小笑话，青蛙和癞蛤蟆有什么区别：青蛙是保守派，因为它坐井观天。而癞蛤蟆是创新派，因为它想吃天鹅肉。所以要做用于创新的癞蛤蟆，不要做保守，但名声好的青蛙。

桂长林教授：

实验室的工作越做越好，气氛也越来越团结。需要注意的是摩擦学问题不是孤立的问题，建议把思路扩展一下。

赵源教授：

实验室的新想法很多，也都在付诸实施。能否把有些新想法找兄弟单位来做，或者请兄弟单位协作。这样把实验室开放的问题打开了。同时也把兄弟单

位的力量围绕自己的方向组织起来，将来的成果会更多。可以考虑从实验室的领导层面形成合作，双方各出一部分人，由清华出研究经费，成果归清华或双方共享。

雷源忠教授：

近年来实验室从规模、队伍建设、发展方向、研究成果几个方面都有很好的发展。如何定义国际一流实验室？应该具有如下 3 个特点：

1. 一流的学术大师、人才和研究队伍；
2. 一流的实验设备；
3. 一流的研究成果。

关于重点项目的设置，有的项目与国家已支持的方向重合，应该资助学科前沿。如何发挥博士、博士后的积极性，建议设立博士研究基金，鼓励博士的科研积极性，充分发挥博士的创新性。

蒋向前教授：

几点建议：

1. 国际上好多实验室的主要教授已成为国家重大企业以及产品的参与者，实验室应该加强参与重大企业的研发中；
2. 把国内从事摩擦学学生召集起来，请国外专家来讲课，对学生成才非常有帮助；
3. 在摩擦学教学方面是否有新的想法。作为教师，教书育人是一项很重要的工作。

熊有伦院士：

蒋向前教授提出的关于培训课的建议非常好。培训对象应该是在读研究生和青年教师。另外，建议开一些小型的非形式化会议，针对某一个专题。目前来看，科研经费不是太大的问题，但困惑是如何利用充足的经费取得更好的成果。关于青年教师的培养，年轻人需要确定一个长久的研究方向。研究氛围需要宽容一些，允许不同类型的人和研究。

基础理论与应用如何结合？其实，在工程领域，国家需求很强烈，而国家需求是科研最重要的推动力。重点实验室的方向还是应该面向国家重大需求。

科学研究需要一个积累过程，没有积累水平就上不去。包括人才、成果、文化氛围都需要长期积累。不搞产业化很难做到长期积累，总是做一个项目换一个方向。实验室作为一个基地，应该认真思考怎么跟产业结合。

温诗铸院士：

成果的对立面往往不是失败，而是平庸、浮夸、虚假、轻狂。

今后的工作需要考虑如下问题：

1. 科技工作者如何对国家重大需求做出贡献？国家实验室如何在其中发挥作用；
2. 目前的研究手段以实验、经验为主，缺乏系统的理论分析。科学没有数学不是真科学；
3. 科研工作效率不太高，经费很多，人才很好，但成果不理想。科学研究方法和理念需改进；
4. 提倡勤俭科研。

徐滨士院士：

实验室的人才梯队成才很快，项目突破进展很大。如何建立国际一流实验室是摆在前面的重要问题。而科技工作怎样对国家重大需求做贡献是核心问题。

作为国家重点实验室，需要对摩擦学的学科建设做出贡献。不但要做科研工作，还要把学科建设起来，通过学科建设带动摩擦学发展。比如生态材料、环境材料的摩擦学问题需要建立相关学科。环境保护、绿色经济、循环经济、低碳经济等都需要摩擦学工作者的参与。

科学研究的产业化、工业化需要发展，把基础理论研究转化为生产力。产业化如果不去参加，不去引导，不去理论分析，单单靠企业是做不好的。而理论也需要在产业化中不断摸索和提升。

重点实验室应该在学科建设和产业化的基础上抓住其中的基础理论。

郭万林教授：

建立国际一流实验室的目标应该提出。需要注意的是在现有环境下怎么把心定下来、潜下心来进行研究。

开放课题的资助强度需加强。开放课题的管理应改进，不应只局限于使用设备，应该有效的吸引外单位人员来交流、合作。

林忠钦教授：

雒主任刚刚上任时，提出了几条目标，基本已经实现。现在提出建立国际一流实验室，感觉上有质的飞跃，值得其他实验室学习，具有示范作用。

建议：

1. 国际一流提得适时，需要确立可考核目标。有哪一个、二个研究方向引领世界——可为国际一流的标准。自主课题中哪些可做为备选。
2. 世界一流的含义如何理解？如何体现中国特色的特征？
3. 摩擦学研究如何围绕中国重大需求体现中国特色？

李滌尘教授：

国家重点实验室应该起到示范和平台的作用，这种机制如何建立？

服务机制如何建立？包括提升教授的工作效率；提高为全国服务的效率；凝聚全国甚至世界优秀人才的机制。

需要进一步加强学科交叉，比如激光方面的研究与实验室主题如何融合；基础学科的研究与工程如何交叉融合。

实验室的流动机制，如何进行新陈代谢：新人进？老人出？

周仲荣教授：

关于铁路方面的摩擦学研究，在我刚刚回国加入牵引动力实验室时要脱离钢轨，现在又要紧抓钢轨。目前的状况是应用把基础研究落后面了。实验手段根本达不到应用的要求。高速铁路中的摩擦学问题主要牵涉到安全问题，从最开始的动力学回到摩擦学上来，但是在这方面的摩擦学研究滞后。另外还有滑板摩擦学问题，设计材料问题，制造装配工艺问题等很多问题。高铁中现在的问题很大，大部分关键部件都是进口。但是清华想要进入高铁困难重重。

建议：创国际一流这个观点非常重要。需要弄清楚现阶段中国摩擦学在国际上到底处于什么地位。清华摩擦学在国际上到底处于什么地位。

创国际一流应该考虑三件事：1. 主办世界摩擦学大会；2. 建立北京-东京摩擦学会议双边机制；3. 办一个英文期刊。

郭东明教授：

实验室在国际化、基础研究方面已经取得了很好的成果，需要考虑如何进一步发展。在国际合作与交流方面还需要进一步加强，可以考虑设立国际合作交流专家委员会。同时，采取措施吸引一批国际上一流的专家每年来实验室工作一段时间。

实验室的五个研究方向之间有机的联系还不够，应以基础研究为载体，把几个方向有机串联起来。基础研究应该面向国际前沿，并解决国家重大需求。在自主研究课题设立上，应该支持能将几个方向联系起来的重大基础研究。

现在实验室的发展面临着体制的制约，比如实验室考核、人员考核等等。学校能否在政策方面给予一定的支持。

杨沛然教授：

实验室已经取得了很大的成绩，但不要停留在成绩上，应该想出一些新点子。

关于开放基金的管理，如何进行改革以吸引外单位人员来参与实验室的科

研工作。需要从体制上改进，目前的开放体制等于不开放。能否在体制允许范围内想办法解决问题。比如，能否吸引外单位学生来实验室做课题，实验室的设备完全免费开放。

张永振教授：

关于创建国际一流的问题，关键是战略问题，首先需要找准方向，在哪些方向能做到一流？一开始可以在局部进行突破。

关于开放课题：建议放下身段，不要等人来申请。主动寻找，设立开放课题，为我所用，以任务、目标为管理、不要以形式进行管理。

史铁林教授：

实验室设立自主研究课题时兼顾到了方方面面，有些寻求平衡。支持的项目很多并不是原创项目，应该重点对年轻人资助和对培育项目的资助，并且能够持续资助。

实验室建设中应注意研究方向与实际的研究工作是否吻合。未来几年实验室方向应该收缩，集中力量进行突破。

严新平教授：

我们摩擦学是世界上大国，但不是强国。创建国际一流的目标应该进行细化。瞄准国外一两个国际一流实验室，在各方面如何细化，达到一流。

重点实验室必须坚守一定的基础理论研究。

设立的自主研究课题与实验室的研究方向是否吻合？放在摩擦学帽子下是否合适。分室应该积极参与重点实验室的工作。下午的讨论会非常重要，分室负责人应该参加。

另外，开放基金的设立应坚持前沿性和基础性。

李曙教授：

如何吸引国际一流学者？以金属所为例，设国际讲座奖，吸引国外教授，每年设一个名额。也可以设海外团队奖，吸引曾经在实验室工作过的学生或老师定期回国，并形成制度化。

关于开放基金，资助额度偏低，而且经费使用不方便，缺乏吸引力。

关于开放课题的设置，实验室能否出指南，把自己想做工作的提出。

关于工程应用，不见得一定要搞产业化，但为工程服务是非常重要的。

李健教授：

实验室面临着一个最大的制约因素——面积，没有发展空间。这一问题应

该作为本届领导的重点解决问题。

重点实验室对摩擦学会做出了很大贡献。应该长此以往坚持下去，为协会和行业做出贡献。

罗继伟教授：

人才培养不应仅局限于清华。能否根据摩擦学分支，办假期班并坚持下去。

张预民博士：

国际一流的定位究竟是什么意思？如何定位？与国外先进实验室相比，比较弱方面的是和工业界的横向合作。把基础研究、实际需求、转化公司结合在一起的合作项目太少。

刘焜教授：

实验室应该考虑如何发挥带动国内摩擦学发展的领导作用。在国内摩擦学领域中应该起到牵头作用。

桂长林教授：

建议写一本用于本科教学的摩擦学教材。

关于实验室的研究方向的建议：人体健康是今后的一个重点方向。另外，航天领域也应该加以关注。

钟掘院士：

摩擦学实验室的特点：广交四面八方的朋友，把学科内、学科外、交叉学科的人都召集起来。

重点实验室的发展需要有一批人潜心于基础研究。实验室在坚持基础研究，坚持科学探索做的非常好。同时，实验室发展一定要有一步一步更高的目标。

怎么样能成为国际一流实验室？最根本的评价在于是否在本学科里做到别人没有做到的、想到的事情。什么是前沿？前沿在于自己提出。如果认识深度超过国际同行，所提出问题被国际同行承认，自然就成为国际一流。

新的产业、新的技术里面的摩擦学本质是什么？最有现代时代特征的摩擦学本质是什么？国内外哪些重大工程对摩擦学的挑战是什么？从中提炼出引领世界的摩擦学新概念。这个问题是实验室当前最重要的问题。

附录五

学术研讨会日程

时间：2009年10月18日，8:30~12:00

地点：精仪系大会议室

题目：日本摩擦学学会的活动情况以及京都 WTC 概况的介绍
报告人：町田尚 博士 日本摩擦学会理事长

题目：废润滑油分类再生初探
报告人：赵源 教授，武汉材料保护研究所

题目：Surface Metrology Application in Tribology
报告人：蒋向前 教授，University of Huddersfield, UK

题目：微纳操作关键技术日本“产业革新机构”（株式会社）介绍
报告人：绀野大介 博士，ETT, Japan

题目：载流摩擦、磨损研究
报告人：张永振 教授，河南科技大学

题目：表面超疏水机理及控制
报告人：汪家道 副教授，清华大学摩擦学国家重点实验室

题目：DLC 膜的分子动力学模拟研究
报告人：马天宝 博士，清华大学摩擦学国家重点实验室