

北京市重点实验室三年绩效考评报告

(大纲)

实验室名称：纳米光子学与超精密光电系统

北京市重点实验室

依托单位：北京理工大学

联系人：石丽洁

联系电话：010-68918188

手机：13522264129

电子邮箱：ljshi@bit.edu.cn

依托单位科技主管部门联系人：刘占东

联系电话：010-68912078-103

手机：13910127798

电子邮箱：liuzd@bit.edu.cn

北京市科学技术委员会

二〇一八年制

报告说明

1. 本报告是为北京市重点实验室（以下简称“重点实验室”）绩效考评而设计。各重点实验室确保所写内容真实、客观、准确。
2. 本报告中的相关数据统计时间为自 2015 年 1 月 1 日起至 2017 年 12 月 31 日止。各年份相关数据必须和当年提交的年度报告保持一致，与年度报告相关数据不符均视为无效数据。
3. 在确认本报告编写准确无误后，应在依托单位内部进行公示（不少于 5 个工作日），并出具公示结果。依托单位应在承诺函的相应位置签字盖章，否则本报告无效。
4. 本报告中不得出现《国家科学技术保密规定》中列举的属于国家科学技术涉密范围的内容。

北京市重点实验室绩效考评承诺函

根据北京市重点实验室绩效考评有关文件要求，
依托北京理工大学组建的纳米光子学与超精密光电系统北
京市重点实验室参加本次绩效考评，并承诺如下：

- 1、所提供的报表数据、文字资料及有关附件材料真实、准确、完整；
- 2、对所提供的资料真实性负责；
- 3、不干预绩效考评工作。

实验室主任（签字）：

年 月 日

实验室依托单位（盖章）：

年 月 日

一、重点实验室基本情况统计表

基本信息	实验室名称	纳米光子学与超精密光电系统北京市重点实验室		依托单位		北京理工大学	共建单位	无	
	目前实验室主任	邹炳锁	职称	教授	手机	13911203946	电子邮箱	zoubs@bit.edu.cn	
	认定时实验室主任	邹炳锁		目前学术委员会主任		解思深	认定时学术委员会主任	解思深	
	主要运行地址	北京理工大学良乡校区理学楼 C 栋 1、2 层							
	认定时研究方向	1 新型纳米光子学材料设计与表征；2 人工纳米结构物理与量子调控研究；3 半导体多层膜及其光电效应；4 微纳系统与超精密探测							
研究水平与贡献	目前研究方向	1 新型纳米光子学材料设计与表征；2 人工纳米结构物理与量子调控研究；3 半导体多层膜及其光电效应；4 微纳系统与超精密探测；5 新型低维量子态与输运行为；6 新型纳米能源材料与器件							
	研究成果水平	承担科技计划项目	年份	国家科技计划项目（科技部项目）、国家自然科学基金委员会项目		省部级科技计划项目			
				数量（项）	财政经费（万元）	北京市科委科技计划项目		其他省部级科技计划项目	
						数量（项）	财政经费（万元）	数量（项）	财政经费（万元）
				2015	9	1540.0	0		3
2016	16	1113.0	0		2	567.0			
2017	28	3856.8	0		3	184.5			

		总计	53	6509.8	0		8	891.5			
发明专利 申请(项)	国内		PCT 申请		发明专利 授权(项)	国内		国际			
	131		0			25		0			
研究论文 (篇)	国内(中文核心)		国外(仅限 SCI(SSCI)、 EI 收录)		著作(部)						
	27		353		4						
制(修) 订技术标 准(项)	国际标准		国家标准		行业标准			地方标准			
其他	(主要填写等同于发明专利的成果数量, 如新药证书、动/植物新品种、临床新批件等)										
获奖(项)	国家级奖项				省部级奖项				行业协会等其 他奖项		
	特等	一等	二等	特等	一等	二等	三等				
技术创新 的贡献度	技术合同 (项)	2	技术性收入(万 元)	40	其中委托单位为在京 单位(项)	2	技术性收入(万 元)	40			
队伍建 设与 人才 培养	队伍结构 情况	认定时专 职人员数 量	29	现有专职人员数 量	48	副高级 (含)以上 职称数量 及所占比 例	41 85.42%	副高级 (含)以上 职称中 40 岁(含)以 下数量及 所占比 例	18 43.9%	博士数 量及所 占比例	48 100.0%
	青年骨干	引进数量	2	千人计划	2	海聚工程		其他	1		

	人才培养情况	培养数量	198	科技北京领军人才		科技新星		其他	1				
		博士(人)	57		硕士(人)	137			职称晋升(人/次)	3			
开放交流与运行管理	开放交流	开放课题(项)	3		总金额(万元)	4		访问学者(人/次)	14				
		学术委员会召开次数(次)	1	主/承办国际会议(次)	1	在国际会议做特邀报告(人/次)	40		主/承办全国性会议(次)	1			
		仪器设备纳入首都科技条件平台数量(台/套)	10	纳入条件平台仪器设备原值总金额(万元)	1800	纳入条件平台仪器设备对外提供有偿服务次数	308		纳入条件平台仪器设备对外提供有偿服务总金额(万元)	30			
		国际科技合作基地(国家级/市级/否)		是, 校级		北京市科普基地(是/否)							
		依托单位支持	实验室现有科研面积(m ²)	考评期内新增科研面积(m ²)	实验室现有仪器设备数量(台/套)	现有仪器设备原值(万元)	考评期内新增仪器设备数量(台/套)	新增仪器设备原值(万元)	经费投入(万元)	2015年	700	年报提交(次)	3
7461			150	2864.945	24	487	2016年	10					
							2017年	228					

填表说明:

- 1、国家科技计划项目仅指科技部项目，其他部委级项目均在省部级项目中计数。跨年度项目以立项年度为统计依据，财政经费以任务书中约定的经费为统计依据，不能重复计算。例：某项目 2015 年立项，财政经费 300 万，但在 2016 年下拨。该项目统计时纳入 2015 年，财政经费 300 万元。
- 2、PCT 为 Patent Cooperation Treaty（专利合作协定）的简写，是专利领域的一项国际合作条约，即在一个专利局（受理局）提出的一件专利申请（国际申请），申请人在其申请中（指定）的每一个 PCT 成员国都有效，从而避免了在几个国家申请专利，在每一个国家都要重复申请和审查。
- 3、研究论文无重点实验室署名的不予统计，国内仅统计中文核心期刊已发表的论文数量，国外仅统计 SCI(SSCI)、EI 检索收录的论文数量。
- 4、国家级奖项仅指国家最高科学技术奖、国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖和国际科学技术合作奖 5 类。
- 5、技术合同是指由重点实验室专职人员为主完成的技术开发、技术转让、技术服务和技术咨询四类活动，技术性收入是指由上述四类活动产生的总金额。
- 6、研究人员培养数量中博士、硕士指研究方向与实验室方向吻合，且在考评期内毕业的学生数量。
- 7、经费投入指依托单位为促进实验室建设的各项投入。

二、重点实验室在考评期内的运行绩效

(一) 发展规划及目标完成

1. 认定时规划目标完成情况(仅 2014 年度认定机构填写) /2015-2017 年绩效考评期内规划目标完成情况(仅 2011 年度认定机构填写)

2015 年:

发展规划: 争取培养国家杰出青年和优青人才各 1~2 人, 获准长江学者特聘教授 1~2 人; 年均培养博士生 20~40 名、接受博士后研究人员和访问学者 4~7 人; 力争在国际高水平国际刊物(影响因子大于 5)上发表论文 10~20 篇; 年均科研经费 300~400 万元, 争取国家 973 项目、863 项目、国家自然科学基金重点重大项目、国家自然科学基金杰出青年科学基金项目、国家科委的专项和国际合作项目等; 争取科研成果获国家级奖励 1~2 项, 省部级奖励多项。

目标完成情况: 在项目申请方面, 2015 年实验室成员获批国家级项目共计 9 项, 财政拨款 1540 万元, 省部级项目 3 项, 获批经费支持 140 万; 依托充足的经费保障, 实验室科研成果丰硕, 2015 年 SCI、EI 收录论文 66 篇, 其中影响因子大于 5 的共计 15 篇, 大于 10 的 2 篇; 同时实验室积极进行对外合作交流, 在国际会议上作报告 11 次, 邀请 5 位国外专家学者来访。

2016 年:

1. 规划目标完成情况

发展规划: 争取培养国家杰出青年和优青人才各 1~2 人, 获准长江学者特聘教授 1~2 人; 年均培养博士生 20~40 名、接受博士后研究人员和访问学者 4~7 人; 力争在国际高水平国际刊物(影响因子大于 5)上发表论文 10~20 篇; 年均科研经费 300~400 万元, 争取国家 973 项目、863 项目、国家自然科学基金重点重大项目、国家自然科学基金杰出青年科学基金项目、国家科委的专项和国际合作项目等; 争取科研成果获国家级奖励 1~2 项, 省部级奖励多项。

目标完成情况: 2016 年实验室在人才培养方面, 有 1 人获得国家“万人计划”科技创新领军人才称号, 1 人获批第十三批国家“千人计划”青年项目, 引进海外青年学者 1 人, 并培养 2 人晋升副教授职称; 在项目申请方面, 实验室成员获批国家级项目共计 16 项, 财政拨款 1113 万元, 省部级项目 2 项, 获批经费支持 567 万元; 依托充足的经费保障, 实验室科研成果丰硕, 2016 年 SCI、EI 收录论文 144 篇, 其中 1 区文章 27 篇, 2 区 59 篇。申请学术专利 65 项, 其中授权专利 25 项; 同时实验室积极进行对外合作交流, 合作发表多篇高水平论文, 在国际会议上作邀请报告 11 次。获得技术创新一项, 直接经济效益 100 万元,

技术水平处于世界领先地位。 圆满完成规划任务。

2017 年：

发展规划：争取实验室年均培养博士生 20~30 名、接受博士后研究人员和访问学者 4~7 人；力争在国际高水准国际刊物（影响因子大于 5）上发表论文 10~20 篇；年均科研经费 300~400 万元，争取国家 973 项目、863 项目、国家自然科学基金重点重大项目、国家自然科学基金杰出青年科学基金项目、国家科委的专项和国际合作项目等；争取科研成果获国家级奖励 1~2 项，省部级奖励多项。

目标完成情况：2017 年实验室在人才培养方面，1 人获批第十三批国家“千人计划”青年项目，培养 1 人晋升教授职称；接收博士后 5 人；培养硕士毕业生 45 人，博士毕业生 20 人，其中 5 人获校级优秀硕士学位论文奖，1 人获校级优秀博士学位论文奖；在项目申请方面，实验室成员获批国家级项目共计 28 项，财政拨款 3856.8 万元，申请省部级科技项目 3 项，财政拨款 184.5 万元，另外获得学校经费支持 228 万元；依托充足的经费保障，实验室科研成果丰硕，2017 年 SCI、EI 收录论文 168 篇，其中 1 区文章 46 篇，2 区 47 篇。申请发明专利 66 项；同时实验室积极进行对外合作交流，合作发表多篇高水平论文，在国际学术会议上作邀请报告 17 次。

2. 未来三年发展规划

围绕国家和首都创新发展，结合实验室自身研究方向，制定未来三年发展规划。规划要求清晰、合理，具有可行性。

实验室继续瞄准“微纳光、电子学材料与器件技术”的科学前沿，面向国家重大战略需求和学科发展，在部分军工和民用光电材料与器件设计、新型光电信息材料及其原理等方面开展工作。主要包括新型量子点显示技术、量子点光电探测与太阳能电池、新型光电材料制备与性质、自旋光子学材料与性质、光学芯片和电磁超材料、仿生变分辨率探测与成像、新型低维微纳结构中的微观物理机制和量子调控、新型量子态的理论模拟与计算、新型光电器件和系统的设计制作与性能研究。努力提高实验室整体学术水平，促进多学科包括电子科学与技术、光学工程、材料科学与工程、凝聚态物理及其与化学、生物医学等学科交叉，为北京理工大学“双一流”建设和北京市创新经济发展做出贡献。

（二）研究水平与贡献

1. 定位与研究方向情况

概述实验室三年来定位与研究方向的发展变化情况。

本实验室定位为：面向微纳结构设计、微纳光、电器件与系统及其应用的科学前沿交叉领域，面向北京市经济建设、社会发展的重大需求，开展基础和应用基础研究，承担国家和地方有关重大研究项目；参与解决学科和行业内的重点难点问题，研究开发具有国际先进水平和自主知识产权的微纳光电材料与器件新技术，研究探索微纳结构中光与物质相互作用、新型量子态调控的前沿科学问题和应用方案，针对新能源、新光源、新光电材料、量子信息调控及微纳技术的应用领域取得原创性进展，使实验室整体水平达到或接近同类实验室世界先进水平，发表或合作发表一批高水平学术论文，形成数种相关创新技术，同时建成国际一流的人才培养、国际合作和产学研用科研基地。目前的研究方向除包含申请认定时的四个研究方向外，又进行了新的调整。申请认定时的四个研究方向为：新型纳米光子学材料设计与表征、人工纳米结构物理与量子调控研究、半导体多层膜及其光电效应、微纳系统与超精密探测；经 2017 年学术委员会年会讨论确定，增加了“新型低维量子态与输运行为”和“新型纳米能源材料与器件”两个研究方向，分别由长江学者姚裕贵教授和青年千人计划陈棋教授任带头人，原半导体多层膜及其光电效应方向带头人薛唯教授退休，由实验室主任助理钟海政教授任临时带头人，以提高材料和器件应用的综合能力，更好地服务于地方经济和学科建设。

2. 研究成果水平与技术创新贡献度

用实验室三年内产生的代表性成果概述实验室的研究成果水平、对行业的发展促进作用、对首都经济社会发展的贡献。

本部分按年度进行阐述。

2015 年：

代表性研究工作一：量子点材料与器件

(1) 新型钙钛矿量子点及其显示应用

半导体量子点，兼具无机半导体能带调控的优势和有机半导体的加工特性，能够弥补上述技术在面光源照明、高性能显示应用中的不足，成为产业界广泛关注的下一代技术。目前研究主要限于具有核壳结构的经典量子点材料(特别是 CdSe 类材料)，高质量量子点材料，一般采用高温热注入技术制备，产业化仍面临工艺复杂、成本高等挑战。因此，寻求新型低成本量子点材料是解决上述挑战，取得原创性突破技术的重要思路。针对显示应用需求，本实验室钟海政等人国际上率先开展了有机无机杂化钙钛矿量子点材料的研究，发现了钙钛矿材料的聚集诱导荧光特性([Adv. Opt. Mater 3, 112(2015)] 该期刊 2014.07-2015.07 阅读最多的 10 篇论文之一)；利用该特性，建立了室温再沉淀和微乳液制备钙钛矿量子点技

术(国际专利申请: PCT/CN2015/092497), 获得了颜色可调、发光效率高的钙钛矿量子点材料(见图 2), 阐明了尺寸减小和有效包覆提高量子点荧光量子产率的物理机制, 在此基础上, 展示了高显色性的宽色域白光 LED 原型器件($\sim 130\%$ NTSC 标准, 重合度 $\sim 96\%$, [ACS Nano 9, 4533 (2015)], ESI 高被引论文, ESI 热点论文, 被 Materials View China 网站和《科学通报》英文版作为亮点报道); 与加州大学洛杉矶分校(UCLA)的裴启兵教授小组合作, 实现了高效率的绿光电致发光 LED 器件, 为钙钛矿材料的电致发光显示提供了新技术路线([ACS Appl. Mater. Interface 7, 28128(2015)], 该期刊当月阅读最多的 20 篇论文之一)。

与正在产业化过程中的 CdSe 类量子点相比, 钙钛矿量子点具有成本低廉、工艺简单等特点, 在照明和显示领域具有明显的优势, 是极具产业化前景的新材料。已申请中国发明专利 3 项, 正在与京东方、宇极科技等企业单位合作, 开发具有商业化前景的低成本量子点照明和显示技术。

(2) 量子点红外光电探测器的研究

在合成 PbSe 量子点的基础上采用场效应晶体管结构, 实验室制备并研究了光电探测器 Au(Gate)/PMMA(930nm)/PbSe:P3HT(55nm)/Au(Source, Drain)。在 980nm 激光照射(功率密度 40 mW/cm^2) 下, 其响应度与比探测率分别达到 500 A/W 和 $5.02 \times 10^{12} \text{ Jones}$ (在 $V_{SD} = -40\text{V}$ 以及 $V_{GS} = -40 \text{ V}$ 下)。这种器件很稳定, 是因为通过反向制备的方法将介电层覆盖在有源层之上, 从而能保护有源层受到环境中水汽和氧气的影响。[*IEEE Photon. Technol. Lett* 27, 612(2015)]

(3) 聚合物可见光探测器的研究

实验室采用溶液方法我们制备了场效应晶体管结构的可见光区域的光电探测 ITO/poly(4-vinylphenol) (PVP)/poly(3-hexylthiophene) (P3HT):poly(methyl methacrylate) (PMMA)/Au (其中 PVP 作为介电层、掺杂 PMMA (20 wt.% ~ 60 wt.%) 的 P3HT 为有源层)。在没有光照的条件下, 实验发现掺杂 20 wt.% PMMA 为有源层的器件的电学性能达到极大, 其最大“开/关”电流比和空穴迁移率分别达到 329 和 $1.6 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 。在光照(波长从 350 nm 到 650 nm) 下, 发现掺杂 50 wt.% PMMA 的器件性能最佳, 其最大响应度为 166.45 mA/W (在 $65 \mu\text{W/cm}^2$ 的 600nm 光照下)。通过原子力 (AFM) 显微照片发现, P3HT:PMMA 复合薄膜中会出现 P3HT 和 PMMA 的相分离, 掺入适量的 PMMA, P3HT 的结晶度得到增强。并讨论了光照条件下 FET 结构光电探测器的性能。

(4) 量子点材料及器件稳定性方面的研究

在量子点的稳定性方面，我们通过用氯化铵对 PbSe 量子点进行‘合成后处理’提高了其稳定性，并应用于红外探测器的应用。采用场效应晶体管的器件结构，并采用溶液法及反向制备的方法（用 PMMA 盖住 PbSe 有源层），制备了红外探测器 Au(source, drain)/PbSe(52 nm)/PMMA(930 nm)/Au(gate)，在 0.1 mWcm^{-2} 的 980nm 激光照射下，器件的响应度和比探测率分别为 64.17 mA W^{-1} 和 $5.08 \times 10^{10} \text{ Jones}$ 。该方法为得到具有高的响应度和探测率的近红外/红外探测器提供了有前景的方法。[*Nanotechnology* **27**, 65201 (2015)].

另外，我们合成了三元体系的 $\text{PbS}_x\text{Se}_{1-x}$ 量子点并研究了有源层的纳米形貌对红外探测器性能的影响。首先，我们合成了不同化学组成的三元体系 $\text{PbS}_x\text{Se}_{1-x}$ 量子点，发现其禁带宽度可通过 $S/(S+Se)$ 的组成比来调节。并对其 TEM 和 XRD 进行了表征。其次，我们制备了场效应晶体管结构的光电探测器 Au/PbS_{0.4}Se_{0.6}:P3HT/PMMA/Al，通过改变有源层中 P3HT 与 PbS_{0.4}Se_{0.6} 量子点的质量比 ($K = M_{\text{P3HT}}:M_{\text{QDs}}$)，发现质量比 $K = 2:1$ 的器件在没有光照条件下的电学特性最好，然而在光照条件 (0.1 mW cm^{-2} 的 980nm 激光) 下，质量比 $K = 1:2$ 的器件的电学特性最好，其响应度和比探测率分别达到 55.98 mA W^{-1} 和 $1.02 \times 10^{10} \text{ Jones}$ ($@V_{\text{DS}} = -10 \text{ V}$ and $V_{\text{G}} = 3 \text{ V}$)。通过对不同组份的 PbS_{0.4}Se_{0.6}:P3HT 薄膜的原子力显微镜的分析，发现其纳米形貌对器件有很大的影响。这也为具有高性能的溶液合成的红外探测器提供了一种简易的制备方法。

代表性研究工作二：非磁性金属超材料的可见和近红外波段磁反应

基于非磁性金属超材料的可见和近红外波段磁反应。一般的磁性材料在高频下丧失了磁反应特性，难以实现可见光波段的超材料。本实验室学术带头人张向东教授研究组研究了镶嵌到光子晶体中的二维黑磷材料，在可见光和近红外波段发现了强的磁反应和对两种极化的偏振光的选择吸收特性。同时对轨道角动量光束和纳米结构的相互作用进行了研究，在纳米结构 hotspot 处发现强的超手征场诱导的手性分子和轨道角动量光的强相互作用，从理论上澄清了有关手性分子和轨道角动量光是否有相互作用的争议。相关成果以系列论文的形式发表。[*Sci. Rep.* **5**, 18003 (2015); *Optics Express* **23**, 30667 (2015); *Sci. Rep.* **5**, 13941 (2015); *Sci. Rep.* **5**, 8266 (2015)]

代表性研究工作三：新型二维拓扑材料的理论研究

实验室带头人姚裕贵教授长期开展二维拓扑材料（如硅烯，铋烷）的新奇物理性质研究，本年度在拓扑超导、量子反常霍尔效应、量子自旋霍尔效应、谷极化特性等方面取得进展，简述如下：

(1) 掺杂双层硅烯中的巡游铁磁性和 $p+ip'$ 超导电性 [Phys. Rev. B 92, 104504 (2015)]

铁磁性和非常规超导电性以及它们之间的关系在过去的几十年中一直是凝聚态物理学的一个重要研究领域。在这其中，巡游铁磁性与三重态超导电性的实现近些年来一直广受关注。最近的研究指出，对于费米面掺杂到破坏时间反演的范霍夫鞍点的系统，弱排斥电子相互作用通常即可诱导出巡游铁磁性与三重态超导电性。本年度我们在前期发展的无规相近似的理论框架下，进一步研究了掺杂双层硅烯中各种电子的不稳定性。研究结果表明，除了低掺杂浓度下的 $d+id'$ 超导电性外，在范霍夫奇点附近的窄掺杂区以及这些掺杂区的附近，巡游铁磁性与三重态 $p+ip'$ 超导电性将成为系统的主要电子不稳定性。在存在弱的 Kane-Mele 自旋轨道耦合的情况下，等自旋的螺旋 $p+ip'$ 配对态将压制手征 $p+ip'$ 配对态成为系统的主要电子不稳定性。掺杂双层硅烯中巡游铁磁性与三重态超导电性的出现可归因于范霍夫奇点附近发散的态密度与强的铁磁自旋关联。在接近于分隔巡游铁磁性与三重态 $p+ip'$ 超导电性的临界掺杂浓度附近，强的铁磁涨落将极大的提高超导临界温度。这在实验可能达到的低温下实现该超导电性提供了可能。另外，我们还特别讨论了三重态 $p+ip'$ 超导电性的各种试验探测方案。在应用方面，本研究提出的等自旋三重态 $p+ip'$ 超导电性具有时间反演不变的弱拓扑性质，从而可以在其边界上实现 Majorana 零模态。这在拓扑量子信息与拓扑量子计算方面具有广阔的应用前景。

(2) 半氢化的铋六角格子中谷极化的量子反常霍尔态及可调控的拓扑相变 [PRB 91, 165430 (2015)]

寻找新的拓扑量子相以及调节和理解相关拓扑相变因具有重要的科学意义和潜在的应用价值，而受到广泛的关注。其中，量子反常霍尔效应研究是一个非常重要的研究方向。基于第一性原理和有效模型，本年度研究发现了具有巨大能隙的稳定的量子自旋霍尔绝缘体材料—二维蜂窝状的 Bi/Sb 氢化物以及卤化物家族。对于其中的 Bi 基量子自旋霍尔绝缘体材料具有创纪录的 1 eV 的能隙，为后续能够工作在室温甚至更高温度的低功耗器件应用提供了材料基础 (NPG Asia Materials 6, e147 (2014), PRB 90, 085431 (2014))。本年度在

上述工作的基础上，研究了 Bi 的半氢化体系，发现了通过外磁场调节磁化取向可以导致四种不同的拓扑相变：两个谷极化的量子反常霍尔相以及铁磁绝缘体和铁磁金属，从而给出了低能有效模型并阐明了相关机理。进一步研究发现起伏的 Bi 的六角格子可以显著增大谷极化的量子反常霍尔相的体能隙，大大提高了相关器件的工作温度。该谷极化的量子反常霍尔相中完全谷极化的手性边缘态有可能用于低功耗器件中的无耗散导线。和合作者共同预测了三类可能实现量子反常霍尔效应的二维拓扑磁性材料：双层 LaMnO_3 (111) 结构 [Phys. Rev. B 92, 195114 (2015)]; 反铁磁 RbMnCl_3 (001) 面上石墨烯异质结构 [Sci. Rep. 5, 10629 (2015)]; 铁磁绝缘体 $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ 面上石墨烯范德瓦异质结构 [Phys. Rev. B 92, 165418 (2015)]。

(3) 非本征 Rashba 效应下硅烯中电场可调的自旋和谷极化边缘态 [Phys. Rev. B 92, 155419 (2015)]

二维拓扑绝缘体因具有受拓扑保护的边缘态和多种二进制自由度：自旋、谷和子格，而受到广泛的关注。拓扑保护的边缘态对于设计低耗散的纳米电子器件有着重要的意义。此外，如果电子器件能够利用到体系本征的自旋或谷自由度，则将会极大地扩展电子器件的功能范围。

在过去研究硅烯的工作基础上，本年度研究最近发现在非本征 Rashba 自旋轨道耦合作用主导其他自旋轨道耦合作用的情况下，硅烯在交换场和电场空间中，将拥有一类全新的量子反常霍尔态。在此新的拓扑态中，一对无能隙的边缘态是谷和自旋双重极化的：存在于特定的谷附近，并具有很强且指向相反的自旋极化。最为引人注目的是，通过翻转电场或交换场的方向，可有效地切换此边缘态的谷和自旋指标。为了更好的理解上述量子反常霍尔态的物理性质，我们建立了一个两带的低能有效哈密顿量。并由此低能有效哈密顿量出发，对此新的量子反常霍尔效应的起源给出了解释。同时，我们也对电场或交换场调控无能隙边缘态的物理起源做出了解释。此工作为有效地调控拓扑保护的边缘态提供了一种新的理论可能，也将会加深大家对自旋电子学和谷电子学的理解。

代表性成果四： 低维半导体纳米结构的成分维度等对激子特征的调控

(1) II-VI 族半导体微纳结构中的激子调控与行为

II-VI 族半导体的生长和掺杂，不同的掺杂产生不同的激子效应，不同的激子效应会产生不同的性质。

a) 纯粹半导体微米结构可以产生激子稳定发光， 在高密度激发

下产生多激子相干散射和激射现象，基本上如无成分非计量比的情况时均体现玻色子行为，如有缺陷或计量比偏离会导致一定程度解离，产生等离子体； b) 在多组分微纳结构中，其中激子受影响成分涨落较小形成的电荷或载流子与激子的碰撞可以影响激子稳定性，产生放大的光生载流子效应，用于光电探测； c) 多组分结构中，成分涨落尺度较大的可以形成局部势阱稳定激子，从而产生放大的发光现象，此时界面的散射会对激子稳定性有很大影响； d) 磁性离子的掺杂会与激子形成激子磁极化子（磁性激子），伴随有铁磁性的出现；其中掺杂微量离子（如 Co, Mn 等二价离子）时的激子磁极化子会产生长距离的激子相干效应，通过铁磁耦合和纵向极化声子的协助效应，自由激子与磁性激子间耦合明显，在高密度激发下会产生类似 Bose-Einstein Condensation 的相干辐射行为，可能提供另外一种路线实现玻色子激射，用作量子光源，而且与传统的激子关联不同。 e) 在不同微纳结构中掺杂会产生明显增大的激子声子耦合，导致其激子行为的多样化，并非仅仅起散射激子的作用，一定条件下也会促进激子的相干性。

(2) 层状多元半导体的激子行为

这个领域近期饱受关注，近来我们系统研究铅卤化物钙钛矿和硫属多元化合物的微纳米结构，通过成分、尺度和聚集度的调整会产生很大幅度的激子行为调控，产生新的物性与应用： 1) 与成分高度相关，卤化物钙钛矿中离子的离子性的变化导致极化能力的变化，从而其带隙产生较大的移动，如在适当尺度下和插层分子调控下可以产生高度稳定的激子，并产生高效的发光，可以用于 LED。 2) 钙钛矿量子点的发光可以用有机分子进行高效调控其聚集度和载流子巡游长度，产生可调的发光或者光电性质； 3) 在另外体系中其尺度和成分区间里，激子可以产生高效解离和迁移，同时产生高效的光电转换，用于太阳能电池； 3) 在较大微米尺度下，钙钛矿微纳结构中的激子在高密度激光激发下还可以产生多模激射，证明其中由于声子散射造成的解离行为很严重，其温度效应也能证明这一点。 4) 在掺杂过渡金属离子的条件钙钛矿微纳结构中可以约束多激子，可产生磁极化激子，与自由激子同时存在，最后在高密度激发时发出单模激射，后者来自磁化激子；这个发现证明层状半导体中的激子也与三维结构中激子一样，也会与磁性离子团耦合，改善激子稳定性，为未来设计新型光源开辟道路。

代表性研究工作五：光电子器件与系统

(1) 电磁波多带滤波器

电磁波多带滤波器在通讯电子等领域具有十分重要的应用背景,本实验室张用友副教授发明了一种电磁波多带滤波器——测微腔与金属—介质—金属波导耦合的电磁波多带滤波器(授权公告号为CN103682532B)。该滤波器可以工作在太赫兹波段、光纤通讯波段和微波波段工作,具有小型化和集成化特点。发明了一种“基于分布式布拉格反射镜的多通道电磁波极化滤波器”(申请公布号为CN104835998A)。该极化滤波器的透射谱具有梳状结构,各个透射峰的半高宽可以小于1 nm,并且透射峰半高宽与峰间距比小于0.05。布拉格反射镜层数可以有效控制透射峰半高宽以及峰间距,透射峰位置则由表面光栅常数决定。此外,每一个透射峰的透射率可以达到100%。本发明具有带宽窄、透射峰数目多多优点,且透射谱若依赖于结构精度。此方面的理论研究工作已发表。[Scientific Reports 6,21125(2016)]

(2) 基于激光光谱技术的煤元素分析仪

基于激光光谱技术测煤质及矿石全元素检测仪的产业化将有利于燃煤企业提高使用效率,降低消耗,减少排放,解决目前全元素快速同步定量化检出设备的空白,将在各个领域服务于在京的高耗能企业,包括电厂、热力集团等企业,提供相关技术改造的技术支持。本年度,刘瑞斌副教授主持激光光谱技术测煤质及矿石全元素检测仪的产业化工作,项目的产品可完成煤中各种元素的分析,特别是碳元素含量的检测,进而完成相应热值的分析,以及燃烧后产生煤粉尘的半定量分析。煤质的优劣对于燃烧条件的控制至关重要,利用该设备后可以有效降低废渣的量并能达到煤的充分利用,提高燃烧效率。目前标准的煤质分析方法操作程序繁琐、条件要求苛刻,而且需要数个小时才能得到分析结果,因此无法适应煤质量进行快速分析的要求。基于激光光谱技术的轻元素(C、H、O、N)检测系统目前还没有,本产品属于填补国内空白的产品。

实验室作为创新平台对建设全国科技创新中心所发挥的作用

(1) 对首都经济社会发展的贡献(通过开展的具体工作阐述科技对首都经济社会发展的支撑引领作用,满足首都经济社会发展的需求)

显示是国民经济的重要支柱型产业,年产值超千亿美元。首都北京拥有中国显示行业的龙头企业京东方科技集团,是国内液晶显示行业规模最大的企业,京东方集团一直在开展新型显示技术领域具有前瞻性布局。半导体量子点兼具无机半导体能带调控的优势和有机半导体的加工特性,能够弥补上述技术在面光源照明、高性能显示应用中的不足,成为产业界广泛关注的下一代技术。本实验室钟海政教授在低成本新型钙钛矿量子点方面有原创性的工作,在国际上率先开展了材料制备和电致发光显示的研究,与目前发展的产业化中的CdSe

材料相比，钙钛矿材料具有成本低、制备简单等特点。目前实验室与京东方科技集团合作共同开展钙钛矿电致发光的应用工作，有望推动低成本量子点材料的发展。

(2) 行业引领及贡献（针对行业的重大、关键技术问题开展技术研究的具体工作）

兵器行业：本实验室重要骨干王岭雪、薛唯与中科院半导体研究所、北方夜视集团的驰宏光电有限公司成立了“光电仪器联合实验室”，王岭雪副教授作为项目负责人获得 103 万元的经费资助，开发“三维周视红外成像系统”。此外实验室骨干王岭雪、薛唯、钟海政等人分别参与中国兵器集团的创新团队建设，与兵器 53 所联合获批兵器集团“新型隐身材料兵器集团创新团队”，与兵器 214 所联合获批“彩色电子倍增 EMCCD 器件兵器集团创新团队”，有力地支撑兵器集团的隐身与成像技术的发展。

先进制造：刘瑞斌副教授主持开发的激光光谱技术元素检测技术进展顺利，推动了煤质元素检测领域的产业化进程，2015 年完成了基于激光光谱技术测煤质及矿石全元素检测仪的产业化工作，获得了南京 321 项目的支持，并完成了相关产品在开滦集团的快灰检测选煤的实验性验证，并得到开滦集团的科技项目立项，完成了华电国际集团下属的章丘电厂的入炉煤元素检测实验和在线入炉煤快速分析系统的定型，为电厂打通燃控的最后一个环节提供了传感器。基于激光光谱技术测煤质及矿石全元素检测仪的产业化将有利于燃煤企业提高使用效率，降低消耗，减少排放，该产品的推广将解决目前全元素快速同步定量化检出设备的空白，将在各个领域服务于在京的高耗能企业，包括电厂、热力集团等企业，提供相关技术改造的技术支持。

显示行业：本实验室作为《中国彩电技术创新产业联盟》的筹备委员会和创始成员与中国电子商会共同开展联盟的成立工作，为新型显示产品的推广提供技术支撑。

2016 年：

代表性研究工作一：新型量子点材料及其照明显示应用

照明和显示是国民经济的重要支柱型产业，年产值超千亿美元。与其相关的新材料，是推动产业升级换代的重要基础，如日本科学家发明的 GaN 掺杂技术产生了庞大的白光 LED 产业，柯达公司发明的有机电致发光 (OLED) 技术掀起了柔性显示的技术革命。半导体量子点，兼具无机半导体能带调控的优势和有机半导体的加工特性，能够弥补上述技术在面光源照明、高性能显示应用中的不足，可能成为产业界广泛关注的下一代技术。值得关注的是，基

于量子点背光源技术的液晶显示器已经成功走向商业化。然而，目前研究主要限于具有核壳结构的经典量子点材料(特别是 CdSe 类材料)，高质量量子点材料，一般采用高温热注入技术制备，产业化仍面临工艺复杂、成本高、稳定性等挑战，但这些均在解决过程中。因此，寻求新型低成本量子点材料是解决上述挑战，取得原创性突破技术的重要途径之一。

依托纳米光子学与超精密光电系统北京市重点实验室的研究平台，钟海政教授在邹炳锁教授支持下带领学生，围绕新型量子点材料及其照明显示应用的基础科学问题和技术问题开展系统深入研究，并与国内外合作者包括相关高技术企业开展了广泛合作，研发了多种不同的量子点材料，取得了一系列研究进展，并在国际同行中产生了较大影响。针对面光源照明的应用需求，前期研究他们重点发展了低毒、低成本三元铜铟硫(CuInS₂)系列量子点材料(其中 4 篇代表性论文成为 ESI 高被引论文)，在世界上率先实现了百克量级的小试放大(如图 1，授权中国发明专利：ZL 201110259596.3)，制备出高显色性能、高效率的远程白光 LED 灯具(Nanoscale 2013, 5, 3514; Optics Express 2013, 21, 10105; 第十三届大学生“挑战杯”科技发明类一等奖)。2016 年发展了高效、快速的配体交换技术，改善了其界面与其它材料的兼容度，与河南大学申怀彬副教授、长春光机所纪文宇副研究员合作，实现了高效率的电致发光器件(亮度和效率均为此类量子点报道的最高值)，为制备电致发光 LED 面光源奠定了基础(Chem. Mater. 2016, DOI: 10.1021/acs.chemmater.5b04480)。之一成果使材料中不同组分的兼容度和电荷传输效率有很大改善，为新器件设计开辟了道路。

针对显示应用需求，自 2013 年开始在国际上率先开展了有机无机杂化钙钛矿量子点材料的研究，与本校董宇平教授等人合作，发现了钙钛矿材料的聚集诱导荧光特性(Adv. Opt. Mater. 2015, 3, 112 该期刊 2014.07-2015.07 阅读最多的 10 篇论文之一)；利用该特性，建立了室温再沉淀和微乳液制备钙钛矿量子点技术(国际专利申请：PCT/CN2015/092497)，获得了颜色可调、发光效率高的钙钛矿量子点材料(见图 2)，与华中科技大学韩俊波教授合作，阐明了尺寸减小和有效包覆提高量子点荧光量子产率的物理机制，在此基础上，展示了高显色性的宽色域白光 LED 原型器件(~130% NTSC 标准, 重合度~96%, ACS Nano 2015, 9 4533, ESI 高被引论文，被 Materials View China 网站和《科学通报》英文版作为亮点报道)；与加州大学洛杉矶分校(UCLA)的裴启兵教授小组合作，实现了高效率的绿光电致发光 LED 器件，为钙钛矿材料的电致发光显示提供了新技术路线(ACS Appl. Mater. Interface 2015, 7, 28128, 该期刊当月阅读最多的 20 篇论文之一)。2016 年又拓展了钙钛矿铅卤化物的材料制备技术，分别在聚合物母体中生长，同时还保持其优异的发光性能，获得了颜色可调的高荧光效率钙钛矿量子点光学膜(量子产率：94.6%)，实现了 32 英寸液晶显示背光和显示器样机，背光色域>120%，色彩表现力显著提升。具体内容参见 *Advanced Materials* 2016, 28, 9163 - 9168(发表日期：2016/08/29)；而采用自组装生长获得的纳米棒体现了显著的各向

异性发光性质，材料稳定性良好，论文发表于 Angew Chemie Int 2016。这些进展为制备钙钛矿 LED 器件奠定了基础。

与正在产业化过程中的 CdSe 类量子点相比，铜铟硫和钙钛矿量子点具有成本低廉、工艺简单等特点，在照明和显示领域具有明显的优势，是极具产业化前景的新材料。已申请中国发明专利 12 项，其中 4 项获得授权，现正在与京东方、宇极科技等企业单位合作，进一步开发具有商业化前景的低成本量子点照明和显示技术。

上述进展得到了国家自然科学基金委、科技部 973 计划、北京市科技新星、北京市青年英才以及校重大项目培育计划、校优秀青年教师资助计划和“青年教师重返母校计划”的支持。近 5 年来，发表学术论文 40 篇（其中第一/通讯作者 28 篇），被包括 Science、Nature Nanotechnology、Nature Communication 等国际期刊他人引用 >600 次，3 篇入选 ESI 高被引论文，受邀在欧洲显示 2015 年会、美国第 228th 电化学学会年会显示材料分会等国际会议上，做学术邀请报告 10 余次。获得北京市科委新材料中心举办的“纳米之星”创业大赛中团队组（80 家团队参赛）第二名。

代表性研究工作二：二维或准二维微纳米结构的电子态及其输运

A： 第二类外尔半金属领域：2016 年 9 月，北京理工大学物理学院量子功能材料设计与应用实验室姚裕贵教授研究组（余智明博士后、姚裕贵教授）和新加坡科技设计大学的杨声远教授合作研究了第二类外尔半金属在磁场下的新奇物性。相关研究成果发表在近期的《物理评论快报》上[Phys. Rev. Lett. 117, 077202 (2016)]。该工作得到了国家自然科学基金委和科技部的资助。在实验室中模拟和研究基本粒子（如狄拉克费米子、外尔费米子）的行为是当前凝聚态物理中最为令人振奋的研究领域之一。更为吸引人的是，由于电子在凝聚态物理领域中和基本粒子在高能物理领域中所遵循的物理规范可有所不同，所以凝聚态物理中还能呈现出高能物理中所不存在的有效费米子，如最近提出的第二类外尔（狄拉克）费米子等诸多新型费米子。一般而言，动量空间中外尔费米子的色散是可以沿某一动量方向倾斜的。当倾斜足够强的时候，外尔锥将会翻倒而使得体系的费米面从一个点变为一条线或一个面。此种情况下的外尔费米子被称为第二类外尔费米子，以区别于传统的第一类外尔费米子。尽管外尔费米子的手性并不受能带倾斜的影响，但在凝聚态物理中诸多物理行为都与体系费米面的几何形貌息息相关，所以第二类外尔费米子具有迥异于传统外尔费米子和其它材料的新奇物性。 磁场下，电子的运动将会量子化而形成朗道能级，如体系是三维的，则朗道能级在沿着磁场方向是有色散的。研究发现，在第二类外尔半金属中，能量倾斜会使得体系的朗道能级间距变小，特别是当磁场指向偏移能量倾斜方向为某个临界角度时，朗道能级的间

距为零，也即导致所谓的朗道能级坍塌现象(collapse of Landau levels)。基于半经典的物理图像，他们还指出了此坍塌现象对应于电子在磁场中的回旋运动轨道由闭合变为开放，表明此时有效外尔模型已不足以描述电子的行为。在朗道能级坍塌之前，第二类外尔点的朗道能级的磁光电导亦表现出与传统外尔材料的迥异行为：如具有各向异性的磁光电导，低频下一直存在带间跃迁，且随频率增加，光学吸收谱具有独特的形状等。这些发现皆有助于指导实验发现第二类外尔费米子材料和确定体系参数。

B: 弱拓扑绝缘体以及复合的外尔半金属领域: 2016年，北京理工大学物理学院姚裕贵教授研究组（刘铖铖博士、周金健博士生、姚裕贵教授）和德州大学达拉斯分校的张帆博士合作提出了弱拓扑绝缘体和复合的外尔(Weyl)半金属可以在一类动力学稳定和业已合成的范德瓦尔斯(van der Waals)材料 $\beta\text{-Bi}_4\text{X}_4$ ($\text{X}=\text{Br}, \text{I}$)中实现。相关研究成果发表在近期的《物理学评论快报》上(Phys. Rev. Lett. 116, 066801 (2016))。该工作得到了北理工校优青，校基础基金以及国家自然科学基金委和科技部的资助。

以拓扑绝缘体为代表的一系列量子态的发现正在革新并深化了我们对量子材料的基本认识。这种基本认识和理解可能导致前所未有的技术应用优势。比如，拓扑绝缘体中可控的量子相变以及受保护的自旋动量锁定的表面态在Majorana基的拓扑量子计算中有着重要的应用前景。三维的拓扑绝缘体需要用四个拓扑指标来描述($\nu_0; \nu_1, \nu_2, \nu_3$)。如果 ν_0 不等于0，即为所谓的强拓扑绝缘体；如果 $\nu_0=0$ ，而 ν_1, ν_2, ν_3 不全为零，则称为弱拓扑绝缘体。强拓扑绝缘体具有奇数个Dirac表面态，而弱拓扑绝缘体具有偶数个Dirac表面态。值得指出的是，强、弱拓扑绝缘体是一同被理论首先预言出来的。很快，实验上便证实和发现了若干个强拓扑绝缘体材料。该类拓扑绝缘体被研究的最多也最透彻。这得益于大多数的强拓扑绝缘体都是层状材料。该结构特点使得实验上可以很容易在解理面上观察到强拓扑绝缘体的指纹—奇数个表面Dirac锥，而不需要特别的表面钝化处理。然而，令人惊讶的是，到目前为止实验上还没有发现弱拓扑绝缘体。一个自然的想法是通过堆垛二维的拓扑绝缘体来得到弱拓扑绝缘体。该方法的最大问题是弱拓扑绝缘体的特征表面Dirac锥只能在侧面而非解理面观察到，而在其解理面(平行于堆垛平面)没有特征表面态。我们知道非解理面难于获得且不稳定，同时会具有大量的悬挂键，这些都给实验验证带来了巨大的挑战。因此，找到一个新的体系能够在实验上易于验证且能够便于研究弱拓扑绝缘体特有的新奇物性是迫切和重要的。

在前期研究该类二维大能隙拓扑绝缘体的工作基础上(Nano Lett. 14, 4767 (2014))，北理工物理学院量子功能材料设计与应用实验室刘铖铖博士、周金健博士生、姚裕贵教授和德州大学达拉斯分校的张帆博士合作提出了弱拓扑绝缘体可以在范德瓦尔斯(van der Waals)

材料 $\beta\text{-Bi}_4\text{X}_4$ ($\text{X}=\text{Br}, \text{I}$) 中实现并可以容易地被实验验证。如图 1 所示, 该类材料的基本构建单元是一维的原子链。垂直于该原子链方向的两个晶面(100)和(001)都是解理面。本征的 $\beta\text{-Bi}_4\text{Br}_4$ 、 $\beta\text{-Bi}_4\text{I}_4$ 分别是弱拓扑绝缘体和强拓扑绝缘体。他们还发现单轴应变可以使得体系发生拓扑相变。在不同的应变区, 可以得到强拓扑绝缘体、弱拓扑绝缘体以及普通的能带绝缘体, 如图 3 所示。对于弱拓扑绝缘体, 在(001) 解理面是没有拓扑表面态的, 而在(100) 解理面, 出现了两个各向异性的表面 Dirac 锥, 见图 2。并且, 当对该体系进行电荷掺杂时, 可以发现该表面态发生了四次 Lifshitz 转变。 $\alpha\text{-Bi}_4\text{Br}_4$ 、 $\alpha\text{-Bi}_4\text{I}_4$ 由于其元胞沿 c 方向长度加倍, 相应的高对称点都反带两次, 所以都是拓扑平庸的能带绝缘体。值得特别指出的是, 如图 4 所示, 在从弱拓扑绝缘体到强拓扑绝缘体转变的同时破缺体系的反演对称性, 会出现一个全新的 Weyl 半金属相, 即在两个解理面都出现了费米弧(Fermi arc), 但是只在(100) 解理面出现费米环(Fermi circle), 我们称之为复合的 Weyl 半金属。作为典型的弱拓扑绝缘体, 该类范德瓦尔斯(van der Waals)材料 $\beta\text{-Bi}_4\text{X}_4$ ($\text{X}=\text{Br}, \text{I}$) 为研究很多新颖的物理提供了一个理想的平台。当体系在平均的意义上具有 $U(1)$, 时间反演以及平移对称性时, 弱拓扑绝缘体对于无序是稳定的。当破缺其中任一对称性, 都将会引入相应的新奇物理效应。如螺位错以及台阶等拓扑缺陷的引入会破缺平移对称性将会导致螺旋的边界态。又如磁性的引入可以破缺时间反演对称性会导致量子反常霍尔效应。再如与超导的邻近耦合效应可以破缺 $U(1)$ 对称性从而导致带有 Majorana 零模的拓扑超导体。

代表性研究工作三：量子点-有机复合膜结构的光电性质和光电器件

A: PbSe 量子点与聚合物 PVK 作有源层的光电探测器: 量子点与聚合物掺杂作为有源层是制备光电探测器的常用方法, 可以结合两种材料的优势制备性能优良的光电探测器。如果掺入的聚合物的载流子迁移率不高, 则其结果会如何呢? 为此, 我们将空穴迁移率比较低的聚(*N*-乙烯基吡啶)(PVK) 掺入 PbSe 量子点中制备混合溶液, 研究 PVK (20 mg/mL 氯仿溶液) 与 PbSe 量子点 (15 mg/mL 氯苯溶液) 的体积比 ($K=V_{\text{PVK}}/V_{\text{PbSe}}$) 对红外探测器性能的影响。实验发现, 在 30 mW/cm^2 980 nm 激光照射下, 在 $V_G=20 \text{ V}$ 及当体积比 $K=1:2$ 时, 场效应晶体管结构的光电探测器 Au(S&D)/PbSe:PVK/PMMA/Al(G) (如图 3 所示) 的性能最佳, 表现出最大响应度为 2.93 A/W 及比探测率为 $1.24 \times 10^{12} \text{ jones}$ (如表 1 所示)。器件表现出了与 PbSe 量子点与高空穴迁移率的 P3HT 掺杂作为有源层所表现出的高性能相比拟, 我们讨论了这其中的背后原因及其物理机制。而且, 由于使用 PMMA 介电层覆盖了有源层, 并且对有源层采用了无机配体置换处理, 所有这些类型的探测器都很稳定。[RSC Advances, 6 (2016)

44514 - 44521]

B: 三元 $\text{PbS}_x\text{Se}_{1-x}$ 量子点作为有源层的无机-有机光电探测器: 制备了三元体系的量子点 $\text{PbS}_x\text{Se}_{1-x}$ 并研究了其作为有源层的纳米形态结构对探测器性能的影响。首先, 我们合成了不同组分的三元体系 $\text{PbS}_x\text{Se}_{1-x}$ 量子点, 发现其带隙可通过 $S/(S+\text{Se})$ 的组分比例来进行控制; 其次, 我们研究了有源层 ($\text{PbS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}:\text{P3HT}$) 中量子点与 P3HT 的质量比 ($K=M_{\text{P3HT}}:M_{\text{QDs}}$) 对场效应晶体管结构的光电探测器 $\text{Au}/\text{PbS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}:\text{P3HT}/\text{PMMA}/\text{Al}$ (如图 4(a) 所示) 性能的影响。该器件横截面的 SEM 照片如图 4(b) 所示。实验发现, 当质量比 $K=2:1$ 时, 在没有光照射下, 器件的电学性能最佳; 然而, 在有光照射情况下, 质量比 $K=1:2$ 的器件的光学性能最好, 在 $V_{\text{DS}}=-10\text{ V}$ 及 $V_{\text{G}}=3\text{ V}$ 以及 $0.1\text{ mW}/\text{cm}^2$ 的 980 nm 激光照射下, 器件的最大响应度达 $55.98\text{ mA}/\text{W}$ 、比探测率达 1.02×10^{10} Jones。对通过不同质量比 (K) 的 $\text{PbS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}:\text{P3HT}$ 有源层进行原子力显微镜照片 (如图 5 所示) 的测试和观察, 实验数据显示有源层的纳米表面形貌对器件性能有很大的影响。此外, 这种方法也为我们提供了一种简易的制备高性能、可溶液加工的红外探测器的途径。[Nanotechnology, 27 (2016) 165202]

C: 利用 $\text{PbS}_x\text{Se}_{1-x}$ 量子点的二极管结构光电探测器: 利用上面得到的三元体系 $\text{PbS}_x\text{Se}_{1-x}$ 量子点, 我们制备了二极管结构的红外光电二极管 $\text{ITO}/\text{ZnO}/\text{PbS}_x\text{Se}_{1-x}/\text{Au}$ (如图 6(a) 所示, 其中 ZnO 作为电子传输层)。可通过 $\text{PbS}_x\text{Se}_{1-x}$ 量子点中原子组成比来调节器件的响应范围, 其吸收带边和光致发光激子能量可通过调控三元体系中 $S/(\text{Se} + \text{S})$ 的原子比率来实现。通过在有源层与 ITO 电极间插入可溶液合成的 ZnO 薄膜层能有效提高电子的收集率。实验结果表明, 可溶液加工的 ZnO 薄膜层可有效增加 $\text{PbS}_{0.4}\text{Se}_{0.6}$ 为有源层的光电二极管的性能。我们研究了有源层的厚度对器件性能的影响, 在 $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ 的 980 nm 红外激光照射下, 得到器件的最大光响应度和比探测率分别为 $25.8\text{ A}/\text{W}$ 和 1.30×10^{13} Jones。实验发现, 这种通过“层-层”配体置换处理有源层之后, 器件变得非常稳定。[RSC Adv., 6 (2016) 87730 - 87737].

D: 基于量子点-有机复合太阳能电池机理研究: 量子点太阳能电池是目前的研究热点, 用纳米材料制备太阳能电池有望突破光电转换效率的极限。然而, 目前人们对量子点太阳能电池的内部工作机理认识还不明确, 针对这种情况, 杨胜谊教授、薛唯教授和章婷副教授等开展了基于 PbS 量子点或者氧化锌纳米晶-有机聚合物的太阳能电池机理的研究。采用电化学阻抗谱的方法, 通过不同的配体置换技术, 制备并研究了基于 PbS 量子点的两种太阳能电池 $\text{Au}/\text{PbS}-\text{TBA1}/\text{ZnO}/\text{ITO}$ 和 $\text{Au}/\text{PbS}-\text{EDT}/\text{PbS}-\text{TBA1}/\text{ZnO}/\text{ITO}$ (如图 7 所示) 的复合电阻、载流子寿命、电容及电导等物理量, 比较了这两种量子点太阳能电池的载流子传导机理, 器件

Au/PbS-EDT/PbS-TBAI/ZnO/ITO 的光电转化效率达到了 7.71%，与世界上最高的效率 (8.6%) 相差不到 1%，这为设计更高性能的量子点太阳能电池提供了思路。宽带隙的氧化锌纳米晶近年来也常应用于量子点太阳能电池制作，薛维教授、章婷副教授等在实验中发现氧化锌纳米晶配置于翻转聚合物太阳能电池结构时会体现明显的效率增强效应；两篇论文均发表于 (ACS appl mater & interfa 2016)。

F: 负栅压下垂直晶体管结构的有机光电探测器: 通常，在负栅压下，基于并五苯的有机静电感应晶体管 IT0(Source)/Pentacene/Al (Gate) /Pentacene/ Au(Drain) 的源漏电流 (I_{DS}) 随着正向源漏电压 (V_{DS}) 的增加而增加，呈现一种固有的整流特性曲线 (而不会出现饱和和特性曲线)。那么，如果是在负向源漏电压 (V_{DS}) 情况下，情况又会是如何呢？为此，我们研究了在负栅压及负源漏电压情况下晶体管 IT0/Pentacene (80 nm)/Al (15 nm)/Pentacene (80 nm)/Au 的光电特性。在负栅压下，发现随着 V_{DS} 从 0V 增加到 6V，源漏电流 (I_{DS}) 从整流特性转变为饱和特性，其启亮电压 (V_{ON}) 随着负栅压幅值的增大而向更大的负向电压移动；而且，这种启亮电压移动的步长会由于器件放置一段时间之后而变小。本文讨论了这种电流调制作用的可能机制。[Organic Electronics, 31 (2016) 273-277]。

代表性研究工作四： 自旋极化光电材料及其应用探索

自旋电子学研究利用创新的方法来操纵电子自旋自由度进行信息的传递、处理与存储，具有目前传统微电子学无法比拟的优势。自旋电子学是当前信息技术或者器件保持 Moore 定律提升性能和应用范围的基本思路，也是凝聚态物理前沿与信息技术的交汇热点。其核心是通过调控微纳结构中的双重自由度——自旋和载流子输运来实现，拓扑绝缘体结构的巨大进展就是目前科学界在这个实现自旋调控之路上的一个重大尝试，并已经取得重要突破。当前自旋电子学正处于快速发展时期，随着科学技术的发展和人们认识水平的提高，很多新的现象和应用不断被揭示和发现。但目前自旋电子实现条件还很苛刻，主要是因为自旋相干载流子的相干尺度小，相干产生温度低，这与其材料或结构的制备和微结构特征有关，因此暂时还不能在技术上产生明显的应用，但其巨大的应用潜力是可以预期的，而且近年来由于光对微纳结构中自旋的调控行为逐渐被发现，渐渐形成了‘自旋光子学’的研究领域。针对微纳结构中电子自旋相干的输运行为实现条件十分苛刻和艰难的问题，邹炳锁团队近年来一直在寻求方法突破自旋电子的相干瓶颈，针对稀磁半导体微纳结构开展了深入的自旋极化激子的研究。2016 年与英国南桑普顿大学 A. Kavokin 教授合作，针对自旋极化相干量子态的微观相互作用机理，独辟蹊径，采用 II-VI 族稀磁半导体微纳结构生长技术制备稀磁半导体微纳结构，促使离子形成铁磁耦合团，与自由激子耦合形成新型元激发——自旋极化激子 (EMP)，该元激发在微纳结构中得到确认。采用飞秒和纳秒激光脉冲激发，成

功地在室温稀磁半导体中微纳结构中实现了自旋极化激子的偏振发射和相干激射，意味找长程自旋极化激子相干态的稳定存在，同时还成功地实现了采用微区光谱学手段研究半导体中自旋与激子间的相互作用，尤其是铁磁和反铁磁相互作用，为未来在技术上在室温实现自旋调控铺平了道路。论文发表在 ACS phonotics 2106 等杂志上，本实验室是在国际上率先研究这个问题的团队，相关领域已经发表数十篇高水平论文。

进入新世纪以来，以石墨烯为代表的二维材料的出现，为自旋电子学的发展带来了新的动力。石墨烯被称为“黑金”，是“新材料之王”，已掀起一场席卷全球的颠覆性新技术新产业革命。石墨烯具有非凡的电子性质，有别于一般的导体，它不但能传递电子讯号，更特别的是它能长距离的保持电子自旋的讯号，使得电子传输除了能有效传导电子，也能传递电子自旋讯号，因此有可能成为自旋电子学领域内充满希望的材料之星。但是石墨烯自身没有磁性，如何有效地引入自旋是该材料最主要的问题。吴汉春教授与台湾大学张庆瑞教授就这一问题展开密切合作，他们通过理论和实验相结合研究了纳米缺陷对石墨烯自旋运输的影响，发现 5-7 线缺陷的局域态在无外加磁场下能产生室温自旋过滤效应，在施加面内磁场下能导致一个 5% 的正磁阻，从而提供了一种在石墨烯体系中引入自旋自由度的新途径。此次在石墨烯上发现可以利用线缺陷造成自旋电子的产生与传输，有望开拓石墨烯产业的崭新方向；该论文发表在 Nature Communication 2016。

代表性研究工作五：光与微纳结构物质间的相互作用

光与物质的相互作用微观机制一直是设计微纳光电器件的理论指针，本实验室一直开展相关微纳结构与其中光、声、电响应的调制方面研究，2016 年张向东教授团队主要在光和纳米结构的相互作用方面取得了一系列创新成果：在具有 hotspots 的纳米结构中实现了 Förster 共振能量转移率和效率同时提高现象，而且在相同结构中通过改变参数观察到了能量转移率随局域态密度不同的变化关系，澄清了有关能量转移率与局域态密度关系的长时间争论。利用介电纳米颗粒的磁反应实现了分子 ROA 手性增强；我们首先对部分相干光的超散射特性进行了研究，发现超散射场的散射特性受场的关联特性强烈影响。进一步设计出了硅基纳米结构，实现了常系数偏微分方程的求解。还对黑磷、石墨烯等二维材料的光电特性进行了研究，对其外场和外压下电子结构特性进行了分析。研究了石墨烯-光子晶体复合结构中的非线性光反应，分析了波在其中传播的准相位匹配，在这样复合结构中获得了高效倍频产生。

另外，我们在量子调控方面利用经典光束的偏振和轨道角动量两个自由度的不可分离特性，实现了高维编码，结果显示：利用 N 维不可分离基矢的 N 元编码能够通过操纵 N/2

个不同轨道角动量模式即可完成，而且具有低串扰特性。进一步我们又证明基于轨道角动量的高维空间可以优化量子门设计。同时基于轨道角动量单光子我们观察到了量子 Talbot 效应。这种 Talbot 效应展现出了与通常 Talbot 效应不同行为，它可以与有效的周期目标被没有角动量光子照亮产生的 Talbot 效应对应。因此可以利用这种方式构造出各种复杂的衍射图案。

邹炳锁教授团队的张用友副教授带领学生系统研究了光在不同微纳结构中的波导及其调控行为，为未来的光子器件和量子调控器件做准备。例如 A) 准二维波导的曲率效应：金属-绝缘体-金属层状结构可以认为是准二维波导结构，光在其中仅能横向传输。我们研究发现，当波导沿纵向有弯曲时，可以实现有效的介电函数和磁导率，进而有效调控电磁波在波导中的传输。这种方法避免了实现复杂介电函数和磁导率所需要的人工超材料的制备，为准二维波导体系中相关光调控提供了一种新的可能，详见 Appl. Phys. Lett. 109, 201105 (2016)。 B) 光栅修饰 Bragg 反射镜诱导的光学透射梳：表面介电光栅对 TE 和 TM 波都可诱导出梳状透射谱，且有较小的半高宽。透射梳峰的数密度随 Bragg 反射镜的元胞数的增加而增大，但是透射峰的平均半高宽与平均峰间距之比几乎不变，且透射梳弱依赖于结构无序。光学透射梳在光操控和精密测量仪器设计方面有较大应用。该工作见 Scientific Reports 6, 21125 (2016)。 C) 在波导与 Jaynes-Cummings 模型耦合体系中的单光子动力学行为：该工作考察波导与 Jaynes-Cummings 模型之间的双点耦合，利用含时 Schrodinger 方程来研究，发现单光子透射率随两个耦合点间距离周期变化。此外，与平面入射不同，脉冲波入射时，出射波波形可以由耦合点间距离进行调控，这为调控单光子脉冲波形提供了一种可能，详见 Scientific Reports 6, 33867 (2016)。这些工作均将为未来量子信息器件设计发挥重要作用。

代表性研究工作六：光学、材料及信息技术交叉的光电系统或方法

学科交叉点是科学领域产生新理论、新发明的突破口。光学工程是一门与信息、材料、能源、生命、仪器、计算机及微电子技术等学科紧密结合和交叉融合的学科。近年来，光学与纳米技术的碰撞产生了很多新的概念、材料和技术，它们形成了许多新光电系统，给激光雷达、新型显示、健康照明、诊疗、探测传感等领域带来了新的机遇。

郝群教授长期开展激光长距探测光电系统的研究，针对探测对象和光电探测系统等方面的关键问题都有重要创意，曾获得多项重要成果和表彰；2016 年她带领学生在针对大气湍流的激光回波探测和信号获取等方面开展深入研究，取得重要进展，论文发表于 optical express 2016；光电学院王涌天教授团队中刘娟教授等人与澳大利亚斯威本科技

大学的 Min Gu 院士研究组合作，研制了基于金颗粒掺杂量子点光折变聚合物材料的亚波长可刷新全息三维显示器件，实现大视角全息三维显示。该项研究成果于今年 1 月发表于国际知名期刊《先进光学材料》(Advanced Optical Materials, 4(1):70-75, 2016)。

钟海政教授与华中科技大学韩俊波教授使用 Z 扫描技术研究了钙钛矿量子点以及全无机 CsPbBr₃ 量子点两类量子点的三阶非线性光学性质，研究表明这两类材料在 800nm 飞秒激发条件下具有与传统量子点可比拟甚至超越传统量子点的三阶非线性光学系数，两类材料均表现出自散焦特性，并由于两类材料在组分与结构上的差异，在非线性吸收特性当中具有不同的表现。在低级发密度下 CH₃NH₃PbBr₃ 量子点表现出双光子吸收，而 CsPbBr₃ 量子点表现出饱和吸收。两类材料的不同特征将有助于其在光计算、光存储、光开关等非线性光学领域的研究和应用。这一成果于 2016 年 7 月发表于《先进光学材料》杂志(Advanced Optical Materials., 2016, 4(11), 1732-1737)。

邹炳锁教授团队的刘瑞斌副教授带领学生首次利用纳米压印技术制作了具有均匀深宽比，不同图形的二氧化硅基二维光子晶体结构，并利用压印所得光子晶体结构实现了对可见激光偏振态的调制。二氧化硅材料是一种具有高介电常数的介质材料，在电子工业领域，如太阳能电池，发光二极管，场效应晶体管的生产过程中常被用作介电层。同时，二氧化硅材料也是制作光学元器件的基础材料，也是制造光导纤维的重要原料，有着良好的光学性质。最近研究证明周期结构二氧化硅材料或光子晶体结构对于太阳能电池的转化效率，二极管的发光强度及晶体管的电子输运特性都有极大的改善效果，此外，器件中的二氧化硅光子晶体结构对于光波具有分光、选择及调制效应。但是，制造高品质，具有特定深宽比的二氧化硅周期结构或者大面积光子晶体结构依然存在巨大挑战。本工作首次将基底完整压印光刻技术与 sol-gel 技术相结合，在 4 寸硅片基底上制作出具有统一深宽比，表面平滑，周期完整的二氧化硅光子晶体结构。制作了周期可达亚微米尺度(约为 100nm)二氧化硅光子晶体结构，并且研究了其较好的光选择与光调控以及偏振选择控制特性，其在紫外到可见波段及近红外较好的衍射特性可以在新型 LED 等器件中发挥作用。其在对红外偏振选择特性上，通过合理的结构控制实现红外波段偏振器件也具有广阔的军事价值。通过基底完整压印光刻技术制作高品质大面积功能化二氧化硅光子晶体，其温度特性(耐高温 500 度)远好于有机材料基压印微结构，将在光通信领域，红外探测，光束调控等领域具有广阔的应用前景。 **相关文章发表在**(Sci Rep, 6, 34495(2016) **基于纳米压印技术制作的二氧化硅光子晶体偏振调制研究**)

宋勇教授小组提出了一种基于日光辐射的 AMI 能量供应方法，建立了基于日光辐射的 AMI 能量供应模型，完成了日光在人体皮肤组织中传输的仿真分析，通过物理实验验证了基

于日光辐射的 AMI 能量供应方法的可行性。有源植入式医疗器件 (AMI, Active Medical Implants) 可在人体内实现生物信息检测、药物释放和器官恢复等功能, 在精准医疗、移动医疗等领域具有广泛的应用前景。另一方面, 有源植入式医疗器件需在电能的驱动下工作, 而植入式电池电量有限, 限制了 AMI 的使用寿命。同时, 目前已有的 AMI 体外充电方法也难以满足 AMI 安全、长期供电要求。项目组所取得的进展为最终形成一种便利、持久、环保的新型体外 AMI 能量供应方法奠定了研究基础, 具体工作包括: (1) 建立了基于日光辐射的 AMI 能量供应模型。包括: 日光光源模型, 人体皮肤组织模型, 菲涅尔透镜模型和光电池模型等。同时, 通过 TracePro 仿真确定了菲涅尔透镜与人体皮肤组织之间的距离等参数。(2) 研究了基于日光辐射的 AMI 能量供应仿真方法。提出了一种基于能量叠加的日光在人体组织内传输的仿真方法; 完成了日光辐射的参数分析; 通过仿真研究确定了菲涅尔透镜与光电池的相对位置。在此基础上, 实现了基于 Monte Carlo 方法的日光在人体组织内的传输仿真。(3) 开展了基于日光辐射的 AMI 能量供应仿真研究。仿真了日光在人体脂肪层、肌肉层内的传输过程, 分析了其光能流率分布; 通过日光在多层人体组织内的传输仿真, 研究了其光能流率分布和总光通量分布。最终, 为基于日光辐射的 AMI 能量供应装置设计提供了依据。(4) 开展了基于日光辐射的 AMI 能量供应物理实验验证。建立了基于日光辐射的 AMI 能量供应实验装置, 进行了相关物理实验, 并对实验数据与仿真结果进行了对比分析。相关成果发表在 (*Sensors*, 16, 1468(1-12), 2016) 。

实验室作为创新平台对建设全国科技创新中心所发挥的作用

显示是国民经济的重要支柱型产业, 年产值超千亿美元。首都北京拥有中国显示行业的龙头企业京东方科技集团, 是国内液晶显示行业规模最大的企业, 京东方集团一直在开展新型显示技术领域具有前瞻性布局。半导体量子点兼具无机半导体能带调控的优势和有机半导体的加工特性, 能够弥补上述技术在面光源照明、高性能显示应用中的不足, 成为产业界广泛关注的下一代技术。本实验室钟海政教授在低成本新型钙钛矿量子点方面有原创性的工作, 在国际上率先开展了材料制备和电致发光显示的研究, 与目前发展的产业化中的 CdSe 材料相比, 钙钛矿材料具有成本低、制备简单等特点。目前实验室与京东方科技集团合作共同开展钙钛矿电致发光的应用工作, 有望推动低成本量子点材料的发展。本实验室在显示方面的工作均与北京市的相关科技企业合作。

兵器行业: 本实验室重要骨干王岭雪、薛唯与中科院半导体研究所、北方夜视集团的驰宏光电有限公司成立了“光电仪器联合实验室”, 王岭雪副教授作为项目负责人获得 103 万元的经费资助, 开发“三维周视红外成像系统”。此外实验室骨干王岭雪、薛唯、钟海政等人分别参与中国兵器集团的创新团队建设, 与兵器 53 所联合获批兵器集团“新型隐身材

料兵器集团创新团队”，与兵器 214 所联合获批“彩色电子倍增 EMCCD 器件兵器集团创新团队”，有力地支撑兵器集团的隐身与成像技术的发展。


先进制造和节能减排：刘瑞斌副教授主持开发的激光光谱技术元素检测技术进展顺利，推动了煤质元素检测领域的产业化进程，2015 年完成了基于激光光谱技术测煤质及矿石全元素检测仪的产业化工作，获得了南京 321 项目的支持，并完成了相关产品在开滦集团的快灰检测选煤的实验性验证，并得到开滦集团的科技项目立项，完成了华电国际集团下属的章丘电厂的入炉煤元素检测实验和在线入炉煤快速分析系统的定型，为电厂打通燃控的最后一个环节提供了传感器。基于激光光谱技术测煤质及矿石全元素检测仪已经在神华集团使用，服务于高耗能企业，包括电厂、热力集团等企业，发挥了良好的作用。


显示行业：本实验室作为《中国彩电技术创新产业联盟》的筹备委员会和创始成员与中国电子商会共同开展联盟的成立工作，为新型显示产品的推广提供技术支撑。

2017 年：

代表性研究工作一：光芯片和电磁超材料研究

超材料 (Metamaterials) 是一种人工制备出的微纳结构材料，能呈现天然材料所不具备的电磁物理性质，如负折射现象，强的磁响应以及隐身等等。基于这些人造的微小结构材料，一些性能卓越的电磁仪器已被设计和制造出来。最近美国科学家 N. Engheta 教授研究小组利用超材料实现了积分，微分和卷积等数学操作，与传统的光计算方案相比，超材料具有体积小利于集成等众多优势，使得全光计算芯片的实现成为可能。但是可以执行量子算法的超材料器件还从来都没有被设计出来。依托纳米光子学与超精密光电系统北京市重点实验室的研究平台，我们做出了如下研究工作：

(1) 制备出了 Metamaterials 波基芯片：完成量子搜索算法 (Adv. Mater. 29, 1703986 (2017))。量子搜索算法是一种典型的量子算法，它拥有  (N 代表搜索次数) 的搜索效率，比经典搜索算法的搜索效率 N 要高。超材料 (Metamaterials) 是一种人工制备出来的微纳结构材料，能呈现天然材料所不具备的电磁物理性质，如负折射现象，强的磁响应以及隐身等等。基于这些人造的微小结构材料，一些性能卓越的电磁仪器已被设计和制造出来，然而执行量子功能的仪器以前一直没能实现。最近我们理论设计出了微波 Metamaterial 芯片，并数值证明了其可在经典微波环境下完成量子搜索算法。进而我们利用 3D 打印技术制备出

了这样的芯片，并在微波实验平台下，证明了其搜索效率为 ，与量子算法的搜索效率等效。

(2) 在利用纳米结构增强分子手性探测效率研究方面，2007 年我们取得了两方面进展：一是我们发现电四极子可诱导强手征光学效应。我们发展了 T-矩阵方法计算分子电四级诱导的 CD，发现：当分子处于纳米颗粒的 hotspots，且具有确定取向时，分子电四极对 CD 的贡献远高于磁偶极近似理论的推算值 (*Nanoscale*, 9, 5110 (2017))。二是我们发现低损耗介电纳米结构能很好增强分子手性光学效应。由于介电纳米结构可以同时激发电偶极和磁偶极共振，基于介电的纳米结构的表面增强 CD 谱比同尺寸的金属纳米结构效果更佳，且吸热还小 (*Nanoscale* 9, 5701 (2017))。我们这些发现为分子手性探测提供了新思路。

代表性研究工作 2：微纳体系中自旋光子和自旋电子学研究

自旋电子学研究利用微观局域创新的方法来操纵电子自旋自由度进行信息的传递、处理与存储，具有目前传统微电子学无法比拟的优势。当前自旋电子学正处于快速发展时期，随着科学技术的发展和人们认识水平的提高，很多新的与自旋调控相关的新材料、现象和应用不断被揭示和发现。自旋电子学材料其中很大一部分是稀磁半导体，因为样品制备的成分组分复杂，不利于产生有效的发光，故其光子学性质还很少研究。为寻求光学调控自旋相关的行为，邹炳锁教授团队针对过渡金属掺杂的微纳米尺度稀磁半导体体系首先开展系统创新研究，近年来取得了很大进展。继 2016 年首先报道了稀磁半导体 CdS: Co 微纳米结构中集体磁激子极化子的玻色子激射后，2017 年通过对稀磁半导体 ZnSe: Mn 微纳结构的微区光学响应探测其发光时发现了两种不同情况的光学行为：低密度掺杂和高密度掺杂，只有低密度掺杂才有可能探测到有效的发光；而且即使低浓度掺杂时过渡金属离子也会发生聚集，并产生两种自旋耦合态，一种是直接铁磁耦合，然后铁磁耦合对与自由激子耦合形成磁极化激子 (excitonic magnetic polaron)，参见 *nanotechnology* 28(10), 105202 (2017)，它们会通过光诱导铁磁耦合极化高密度激子，形成磁极化激子的集体激发，甚至可导致玻色子激射。另外一种反铁磁耦合聚集态，这种反铁磁聚集对如遇到激子、缺陷或者载流子会形成另外一种束缚磁极化激子 (bound magnetic polaron)，这种束缚激子态容易在高密度激发下因为缺陷或者束缚载流子导致一定的强载流子效应，导致电子空穴等离子体。而高密度掺杂体系通常因为自旋间弛豫不会产生发光。在稀掺杂条件下，铁磁耦合离子聚集还会影响 d-d 跃迁，表现在其 d-d 跃迁能量移向低于单个离子的 d-d 跃迁能，而反铁磁耦合离子聚集态会

产生相对于单个离子的 d-d 跃迁能级蓝移的光谱发光峰；因此利用微区发光光谱，我们可以通过 d-d 光学跃迁探知稀掺杂过渡金属离子的自旋耦合关系，从而把握其带边激子的行为和输运行为。在 Mn 离子掺杂的 ZnS 纳米带中，离子聚集数的不同和磁耦合种类不同，其 d-d 跃迁也会发生类似移动行为 (*J. Mater. Chem. C*, 5(34), 8749–8757(2017))。为此，我们又掺杂与 Mn(II) 类似的 Fe(III) 离子于 ZnSe 纳米带中，得到了同样的结果 (*RSC Advances* 8(6), 3133–3139(2018); *ApplSci*, 1, 39 (2017))。在掺杂微量 Co 离子的缺锌的 ZnSe 纳米带中我们观察到了明确 BMP 发光特征，首先用光学手段证明其铁磁性来自反铁磁耦合离子对与缺陷的耦合 (*NANOTECHNOLOGY*, 29(5), 055707 (2018))。而 Co 离子掺杂的碲化锌纳米结构的微区光谱 (*CHIN. PHYS. LETT.* Vol. 35, No. 3, 037801(2018)) 证明 Co-Co 离子间的铁磁耦合是其铁磁性的主要来源，而且光诱导可以产生更显著的自旋极化激子协同辐射。钙钛矿是近几年很受关注的一种新型多功能光电材料，令人意外的是我们在抗磁的钙钛矿溴化铅体系中我们掺杂了 Mn 离子后，因为 Mn 离子间铁磁聚集也产生了飞秒激光诱导下的集体激子磁极化子 (CEMP) 的相干辐射 (自旋极化激光)，论文发表于 *J. Phys. Communication* 2017, 1, 055018，而这些工作进展可能意味着“自旋光子学”的领域开始走上历史舞台。

在溴化锰体系中，我们可以将吡啶分子引入晶格，通过 Mn-吡啶配合，形成有机无机复合晶体结构，实现了其磁性和发光性质的同时调控；发光实验发现，较多的吡啶分子可以将 Mn 离子分隔开来，导致单个 Mn 离子的 d-d 跃迁产生的强绿色发光，材料体现顺磁性；而减少吡啶的量形成的样品，会导致 Mn-Mn-Mn 串出现，其中 Mn 离子间铁磁耦合产生铁磁性，其发光体现红色，这样的结果证明了离子间的磁耦合种类会调制其 d-d 跃迁能量，增强辐射跃迁和磁性，参见 *JPCC2018*。另外我们还制备了 CdS/CdO 核壳纳米线，通过微区发光光谱和表面光伏光谱证实了纳米线中核壳 PN 结和微腔结构的存在，对其光伏效应由明显的增强效果 (*JPCC* 121 (26), 14349–14358 (2017))。此外我团队陈冰昆博士制备了氧化铝多孔纳米材料，可以在蓝光区域发出强光，并用于 LED 器件上，论文发表于 *Adv. Mater.* 29(1), 04284。

进入新世纪以来，以石墨烯为代表的二维材料的出现，为自旋电子学的发展带来了新的动力。石墨烯被称为“黑金”，是“新材料之王”，已掀起一场席卷全球的颠覆性新技术新产业革命。石墨烯具有非凡的电子性质，有别于一般的导体，它不但能传递电子讯号，更特别的是它能长距离的保持电子自旋的讯号，使得电子传输除了能有效传导电子，也能传递电子自旋讯号，因此有可能成为自旋电子学领域内充满希望的材料。但是石墨烯自身没有磁性，如何有效地引入自旋是该领域最主要的问题。吴汉春课题组与台湾大学张庆瑞教授课题组就这一问题展开合作，他们通过理论和实验相结合研究了纳米缺陷对石墨烯自旋输运的影响，发现 5-7-5-7 线缺陷的局域态在无外加磁场下能产生室温自旋过滤效应，在施加面内磁场下

能导致一个 5% 的正磁阻，从而提供了一种在石墨烯体系中引入自旋自由度的新途径。该工作由多家单位国际合作完成。主要合作者还包括俄罗斯科学院固体所 Alexander Chaika 博士，爱尔兰圣三一学院物理系系主任 Igor Shvets 教授，德国汉堡大学 Alexander Lichtenstein 教授，荷兰奈梅亨大学 Mikhail Katsnelson 教授和中科院等离子所刘华军研究员。该工作得到了北京理工大学学术启动计划和沙特 Aramco 工业基金的资助。该工作发表在在国际权威学术期刊 *Nat. Comm.* 8, 14453, 2017; DOI: 10.1038/NCOMMS14453 上。

另外我们开展了一维金属碳纳米管中的自旋-电荷分离的理论研究：采用时域密度泛函理论研究有限长碳纳米管的光学激发。电荷密度波源自于电子单态的集体激发，而自旋密度波则源自于电子三重态的激发。它们的第一主峰激发能可以给出 Tomonaga-Luttinger 液体参数和密度-密度相互作用强度。研究发现，密度-密度相互作用能随碳纳米管的长度的增加而增加。另一方面，单态激发能和三重态激发能随纳米管长度的增加而减小。通过时域分析电荷和自旋线密度，我们进一步证明了电荷和自旋密度波是金属碳纳米管的元激发，而且它们间是相互独立的。计算结果明确的证实了电荷和自旋波的空间分离。该工作发表在 *Nano Lett.* 2017, 17, 6747-6751。

除自旋相关的问题之外，利用不同相对介电常数的限域环研究了激光诱导等离子体增强机理，发现了大介电常数材料对等离子体更好地限制作用，部分地解决了基于激光击穿光谱中对精度影响较大的基体效应影响，利用等离子体温度等物理参数修正了回归模型，实现了高精度煤质全元素快速检测，文章发表于 *Optical Express* 25: 27559-27566 (2017)；利用几何规则的片状二维半导体 CdS 结构实现了光控逻辑单元，弄清了二维规则几何结构的高效多维波导现象，实现了高效波导器件。论文发表于 *Nanotechnology*, 28(14), 145701(2017)

代表性研究工作三：新型低维量子体系的理论模拟

2017 年度我们在二维自旋轨道耦合材料（例如 HfGeTe、Bismuthylene）研究了新奇拓扑量子物性，并继续在新型二维材料（例如磷烯、砷烯，C₂N, C₃N）中的磁性、可控磁光效应和铁电等新奇物性开展研究。此外，我们与实验组合作，首次验证二维 Cu₂Si 中存在 Dirac 节线费米子。下面对本年度取得的重要研究进展作如下简述：

(一) 单层 HfGeTe 中新奇的自旋轨道 Dirac 点 【*Phys. Rev. Mater.* 1, 054003 (2017)】

二维体系中的 Dirac 电子的研究方兴未艾。然而，目前理论预测和实验上得到验证的体系（石墨烯、硅烯、锗烯、石墨炔等）中存在的 Dirac 点都是在不考虑自旋轨道耦合相互作用下的情况。实际上，考虑自旋轨道耦合相互作用下，它们都是拓扑绝缘体。与此同时，近年来对三维拓扑半金属的研究发现，nonsymmorphic 对称性的存在可以保护 Dirac 点不受自旋轨道耦合作用的影响。那么，在二维体系中寻找存在 nonsymmorphic 对称性保护的 Dirac 点是富有意义的课题。本课题的主要结论如下：

1、通过第一性原理计算发现对于单层的 HfGeTe 可以从其体相剥离得到。且其体相实验上已经合成。单层的 HfGeTe 体系中存在 Dirac 点，其由 nonsymmorphic 的镜面滑移对称性保护。并且，这个 Dirac 点靠近费米能级，便于实验探测。

2、我们基于对称性分析和第一性原理计算，在 Dirac 点附近构建有效哈密顿量，并研究了应变对这个体系 Dirac 性质的调节。发现应变可以调节 Dirac 点的位置、色散和 Valley 的性质。

此外，我们还发现该体系是 Z2 金属，并计算了 Z2 拓扑数和表面态的性质。

(二)新型二维铋基 Bismuthylene 材料中量子自旋霍尔效应的研究【*Nanoscale* 9, 8207 (2017)】

拓扑绝缘体是一种崭新的量子态物质，它的发现是近几年凝聚态物理领域的一项重大突破。拓扑绝缘体不同于传统的“金属”和“绝缘体”，但表面或边界上呈现与自旋相关的金属态，它具有自旋与动量锁定的独特性质，因此电子自旋反转的背反射行为被禁止，为制备新型低能耗的自旋电子器件和实现量子计算等开辟了一条崭新的道路，有可能为未来的信息技术和材料科学带来重大革命。

综合实际应用情况，紧扣当前研究热点，为探索新型拓扑绝缘体提供指引，我们提出理想的新型拓扑绝缘体应当符合“净”、“实”、“简”，“宽”四大标准，即，净：费米能级处能带结构干净。实：化学上稳定，实验易合成且环境友好。简：所选化学元素少（以一元或二元为佳）且结构简单，便于实验制备。宽：带隙宽，便于量子输运性质的测量。

基于上述理想的新型拓扑绝缘体四大标准，我们理论预言了新型二维铋基同素异形体-Bismuthylene。通过计算，我们得到 Bismuthylene 带隙能够达到 0.28 eV，远高于室温能标(约 26meV)。此外，我们通过能带成份分析发现该体系的低能能带主要是由 Bi 的 p 轨道

所构成。我们还得到了 Bismuthylene 局域在边缘上的拓扑边缘态具有无耗散导电通道。该拓扑材料具有鲁棒性，其体能隙可通过双轴应力和外加电场能够进行有效调控。为了探究 Bismuthylene 在绝缘衬底的生长机理，我们发现 Bismuthylene 材料的拓扑特性在宽带隙绝缘衬底材料 BN 上得以很好地保持，进而为拓扑材料在绝缘体衬底生长提供了一条崭新的思路，便于为将来实验生长与测量获得更佳的操作生长方案，为开发新型大带隙拓扑量子器件打下坚实的基础。

(三)二维磷烯、砷烯由于空穴掺杂和应变诱导具有铁磁相变和可控磁光效应【*2D Mater.* 4, 025107 (2017); *Nanoscale* 9, 17405 (2017)】

在探索新型二维材料的磁性方面，我们发现二维磷烯、砷烯通过简单的空穴掺杂可以诱导体系从无磁基态变为铁磁基态，体系还是完全自旋极化的半金属态。而且通过计算估计它们的居里温度都高于室温。进一步，还发现施加应变可以有效的调节从铁磁态到非磁态的转变。对于六角磷烯在较低浓度的空穴掺杂下 ($0.2 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$) 只要 1.5% 双轴压缩应变就可以使得体系发生铁磁到非磁相变。而对于六角砷烯在较低浓度的空穴掺杂下 ($0.5 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$)，只要 2.5% 拉伸应变就可以实现非磁到铁磁的相变。通过分析，我们发现这类体系的铁磁性是由费米面附近其独特的墨西哥帽子型的价带和两条普通抛物线形状的价带所共同导致的。其中墨西哥帽子型的价带具有发散的态密度，可以通过空穴掺杂诱导出磁性。而应变可以改变两种价带的相对位置，从而影响体系的磁性。

此外，我们还进一步研究了二维磷烯、砷烯在空穴掺杂下的磁光克尔与法拉第效应。研究发现，磁光效应不仅可以通过门电压、应力调控，而且还表现出对层数、基底和自旋方向强烈的依赖性。具体表现为：(1) 门电压可控性：随着空穴的不断注入，磁光克尔与法拉第效应会逐渐增强直至到达临界点，随后会很快消失；(2) 应力可调性：对蓝磷和灰砷无论是双轴拉伸还是压缩，整体的磁光克尔谱趋势几乎不变，但是峰值能被有效地调控；(3) 层数依赖性：随着蓝磷灰砷的层数增多，磁光效应会逐渐削弱，当达到三层后，磁光效应基本已消失；(4) 基底可调性：具有更小折射率的绝缘基底会产生更大的磁光克尔效应；(5) 自旋方向依赖性：自旋极化沿着垂直于样品的方向时，磁光效应更显著，当将自旋旋转到平行于样品的方向时，磁光效应削弱了至少一个量级，这表现出了强烈的各向异性。

(四)理论与实验相结合，国际上首次验证二维 Cu₂Si 中存在 Dirac 节线费米子【*Nat. Commun.* 8, 107 (2017)】节线半金属，是一种全新的量子态。不同于之前热门的狄拉克半金属和外尔半金属，在节线半金属中费米面附近的导带和价带交叉，其交叉点即节点会形成一条线，故而称为节线半金属。节线半金属最早在三维体系中提出，由于其具有独特鼓膜状

的表面态，它可能在高温超导范围有潜在应用。三维节线半金属最近也陆续地被一些实验证实，比如 PtSn₄, ZrSiS, TlTaSe₂ 等。最近在二维材料中有理论预言可以存在对称性保护的二维节点半金属，然而鲜有被实验证实。

在本文中，我们通过第一性原理计算和角分辨光电子谱测量发现了单层 Cu₂Si 是一种节线半金属。体系的一条导带和两条价带相交，在布里渊区中间区域形成两套封闭的节线。两套节线分别呈现六边形和六角梅花形。通过对称性分析，我们发现体系中的节线受到垂直方向的镜面对称性保护。如果破坏体系对称性，无能隙的节线会被打开，除了在一些高对称方向依然有能隙闭合点。实验上 Cu₂Si 生长在 Cu 单质的(111)表面，通过角分辨光电子谱测量发现，在沿着不同的方向上都有能隙闭合点，即证明了节线的存在。我们的这个发现把三维节线的半金属推广到二维。我们建议还可以通过施加不同衬底破坏对称性，实现从二维节线半金属到，二维狄拉克半金属转变。

(五) 二维第 IV 族碲化物的铁电性质【*Appl. Phys. Lett.* 111, 132904 (2017)】

二维铁电材料在未来的微电子领域中有很多潜在的应用，比如超快开关器件，磁控制场效应管和可以稳定读写的随机存储器件等。最近，实验上合成了具有类似黑磷结构的碲化锡，铁电转变温度接近室温。通过第一性原理计算研究，我们分析了二维第 IV 族碲化物的铁电性质。这些碲化物在二维情况下的基态结构都具有类似黑磷结构，而且表现为面内的自发极化。相对于其他碲化物，碲化锗具有优良的铁电性质。它的铁电转变温度高达 570 K。在拉伸应变下这个转变温度还可以迅速增加。另一方面，碲化锗的自发极化翻转可以通过应变或者垂直电场进行有效调制，实现自发极化的快速翻转。对于碲化锡，我们证实了实验中所获得的室温铁电性是外来应变增强导致的。多层碲化锗的堆积方式是铁电性堆积，即相邻两层碲化锗的极化方向相互平行，这使得未来合成的碲化锗将具有稳定的铁电性质。相对于碲化锗，其他四六族材料比如碲化锡的多层是反铁电堆积。碲化锗的这些在铁电性质上的优势使得它在未来的纳米铁电器件的中有广泛的应用前景。

(六) 此外，我们还完成了以下研究：

(1) 发现 ZrO 材料是三对 type-II 三重简并点和三个 nodal ring 共存的拓扑金属【*J. Phys. Chem. Lett.* 8 (23), 5792 (2017)】；(2) 第二类节线半金属：理论和材料实现【*Phys. Rev. B* 96, 081106(R) (2017)】；(3) 应变拓扑半金属中的人工重力场和拓扑相变【*npj Quantum Mater.* 2, 23 (2017)】；(4) 电子晶体中的双曲色散和负折射率【*Phys. Rev. B* 95, 165436 (2017)】；(5) 石墨烯泡沫：基于细观模型的单轴拉伸行为和断裂模型【*ACS Nano* 11 (9),

8988, (2017)】；(6) 双层转角黑磷的模拟研究【Phys. Rev. B 96, 041411(R) (2017)】；(7) 多孔型-C₂N 材料的铁磁性研究【J. Mater. Chem. C 5, 8424(2017)】；(8) 三维拓扑绝缘体表面态的双反射和隧穿效应研究【Phys. Rev. B 96, 125152 (2017)】；(9) CuInS₂ 中复合缺陷对带隙的调制研究【J. Phys. D: Appl. Phys. 51025105 (2018)】。(10) 非中心对称系统 ZrO 材料是三对 type-II 三重简并点和三个 nodal ring 共存的拓扑金属【J. Phys. Chem. Lett. 8 (23), 5792 (2017)】；(11) 第二类节线半金属：理论和材料实现【Phys. Rev. B 96, 081106(R) (2017)】；(12) 应变拓扑半金属中的人工重力场和拓扑相变【npj Quantum Mater. 2, 23 (2017)】；(13) 电子晶体中的双曲色散和负折射率【Phys. Rev. B 95, 165436 (2017)】；(14) 拓扑半金属在应变下形成的人工引力场和拓扑相变【Phys. Rev. B 95, 165436 (2017)】；(15) 石墨烯泡沫：基于细观模型的单轴拉伸行为和断裂模型【ACS Nano 11(9), 8988, (2017)】；(16) 利用共格理论(CSL)，第一性原理计算(DFT)，以及分子动力学模拟(MD)，系统地对扭曲双层黑磷的力学特性进行研究【Phys. Rev. B 96, 041411(R) (2017)】；(17) 多孔型-C₂N 材料通过门电压可调的电子掺杂实现半金属的铁磁基态【J. Mater. Chem. C 5, 8424(2017)】；(18) 三维拓扑绝缘体表面态的双反射和隧穿效应：由输运测量确定表面态的翘曲强度【Phys. Rev. B 96, 125152 (2017)】；(19) 从杂化泛函计算角度看 CuInS₂ 中复合缺陷对带隙的调制【J. Phys. D: Appl. Phys. 51025105 (2018)】。

代表性研究工作四：偏振发光钙钛矿纳米片的自组装策略制备与相关器件

偏振发光技术是光学工程的重要领域之一，在液晶显示、三维显示、光学存储、荧光成像等领域具有广泛的应用。具有偏振特性的发光材料是实现上述应用的基础，目前种类和性能十分受限。因此，寻求高效偏振发光特性的材料是光学材料研究领域的重要方向之一。

钙钛矿量子点是近两年来涌现出来的“明星”发光材料，已经在液晶显示背光和柔性电致发光显示等领域展现出应用前景。在材料学院和纳米光子学北京市重点实验室的支持下，钟海政课题组成为国际上最早报道钙钛矿量子点及其显示应用的研究小组之一。前沿发展的“室温再沉淀”制备技术，已经成为钙钛矿量子点合成的通用路线之一，被国内外研究小组广泛应用(*ACS Nano* 2015, 9, 4533-4542, ESI 高被引论文; *Chem. Mater.* 2017, 29, 3793-3799)。面向液晶显示背光应用，发明了“颠覆性的”量子点光学膜原位制备技术，通过产学研合作，实现了兼具高效率 and 广色域特性的 LED 背光模组以及显示样机(*Adv. Mater.* 2016, 28, 9163 - 9168, ESI 高被引论文; 样机在拉斯维加斯 2018 全球消费电子展上全球首发)。面向电致发光应用，与 UCLA 裴启兵教授小组合作，展示了基于钙钛矿量子点的高效

率超柔电致发光显示器件 (*ACS Appl. Mater. Interface*, 2015, 7, 28128–28133, ESI 高被引论文; *J. Mater. Chem. C* 2017, 5, 531–538)。

在上述研究的基础上, 课题组发展了“自组装策略”, 从预制的零维钙钛矿量子点出发制备出高荧光效率的偏振发光钙钛矿纳米片, 与邹炳锁教授、邓罗根教授、石丽洁副教授合作, 通过第一性原理计算和蒙特卡洛模拟研究了自组装成片过程中的偶极-偶极相互作用, 发现偶极矩方向的重排是决定颗粒组装成片状形貌的决定性因素。进一步研究, 将钙钛矿纳米片掺杂高分子膜中, 经过拉伸取向, 观察到了明显的偏振发光特性, 为其偏振发光应用奠定了基础。相关成果在线发表在 *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2017, 56, 1780–1783。上述进展得到了国家自然科学基金委、科技部战略性先进电子材料重点专项、北京市科技新星计划的支持。

代表性研究工作五: 纳米多层膜光电器件

(1) 以 SiO₂ 溶胶-凝胶为介电层的、全溶液加工的、场效应晶体管结构的超灵敏度钙钛矿光探测器

在本工作中, 我们提出了一种以 SiO₂ 溶胶-凝胶为介电层的、场效应晶体管 (FET) 结构的超灵敏度全溶液加工的钙钛矿光探测器。在 0.37 mW/cm² 的 532 nm 激光的照射下, 基于 FET 结构的钙钛矿光探测器 Al (Gate)/SiO₂/CH₃NH₃PbI₃/Au (Drain, Source) 显示出高的响应率 (10.72 A/W) 和比探测率 (6.2 × 10¹³ Jones), 并且也讨论了该器件的内部工作机理。这种全溶液加工的方法为在柔性衬底上制备高性能的钙钛矿光电器件提供了一种可行的方案【*J. Alloy. Compd.* 717 (2017) 150–155】。

(2) 以钙钛矿 MAPbBr₃ 量子点与 PbS_xSe_{1-x} 量子点混合物为有源层的全溶液加工的、宽谱带光电探测器

由于有机-无机异质结光探测器综合了有机和无机材料的优点, 它吸引了越来越多人们的兴趣, 且宽谱带光探测器被广泛应用于许多科研和工业领域。本文中, 我们制备了一种以钙钛矿 MAPbBr₃ 量子点与 PbS_xSe_{1-x} 量子点混合物为有源层的全溶液加工的、宽谱带高性能光电探测器。由于异质外延纳米材料 MAPbBr₃:PbS_xSe_{1-x} 的界面特点使得由单组分或分层器件

不能实现的功能设计和感知，异质外延纳米材料都能实现。将 MAPbBr₃ 量子点的高电输运性质与 PbS_{0.4}Se_{0.6} 量子点的高辐射效率相结合，实验发现光电二极管 IT0/ZnO/PbS_{0.4}Se_{0.6}:MAPbBr₃/Au 在 49.8 μW cm⁻² 的 532 nm 激光照射下，其最大的光响应率和比探测率分别为 21.48 A/W 和 3.59×10¹³ Jones；在 62 μW cm⁻² 的 980 nm 激光照射下，其最大的光响应率和比探测率分别为 22.16 A/W and 3.70 × 10¹³ Jones。该器件的性能高于已经报道的层状光电二极管 IT0/ZnO/PbS_{0.4}Se_{0.6}/MAPbBr₃/Au，或者基于纯钙钛矿（MAPbBr₃）和 PbS_{0.4}Se_{0.6} 量子点的任何光电二极管，而且也优于任何传统无机半导体的光电探测器。我们的实验结果表明，外延纳米复合材料（MAPbBr₃:PbS_xSe_{1-x}）表现出显著的光电特性，可追溯到原子尺度的晶体相干作用，人们可以利用从 PbS_xSe_{1-x} 进入钙钛矿的优良光生载流子扩散性能，来提高器件从紫外线、可见光区到红外线区域的器件性能【Nanotechnology, 28(50) (2017) 505501】。

代表性研究工作六：仿生变分辨率探测与成像研究

郝群教授课题组围绕仿生视觉机理在主动与被动成像中的应用，开展了系列化研究，重点研究了基于仿生视觉机理的自动调焦成像方法、快速自动调焦算法的设计与优化、激光主动成像中的回波信号接收与调制，以及基于液体透镜自适应脉冲激光测距，为仿生视觉成像机理在主被动成像相关的研究奠定基础。取得的主要成果：

(1) 提出基于仿生视觉采样的自适应调焦方法。

针对传统调焦方法存在的调焦效率低、调焦精度差的缺点，提出基于仿生视觉采样的自适应调焦方法，该方法与传统调焦方法的对比传统调焦方法中，图像中目标（汽车模型）和背景（树木、房屋模型等）在笛卡尔坐标中被均匀采样，所有像素均参与调焦值计算，调焦效率低。我们的方法采用自适应的窗口和对数极坐标变换，仅有目标中部分像素参与调焦值计算，减少了数据计算量。因此所提方法能够有效提高自动调焦的效率和精度。

对自适应采样窗口模型进行验证。选取占据整幅图像 0.6 倍的汽车模型作为目标。在不同采样窗口下比较自动调焦算法的半宽度。当采样窗口大小占整幅图像的 0.2~0.6 倍时，由于增加区域为感兴趣目标因此半宽度急剧增加。当采样窗口大小占 0.6~1.0 倍时，因为增加的区域是不感兴趣区域（背景）因此半宽度增加缓慢。所以当感兴趣目标和不感兴趣目标都被采样时，适当控制采样窗口的大小是很有必要的。0.2 倍时调焦曲线峰值出现在第 12 幅并

且出现了局部峰值(蓝色虚线圈)。由此可知,采样窗口大小不能无限减小,它应该包含全部感兴趣目标信息。通过以上结果可以看出自适应窗口适用于自动调焦。

(2) 回波波形自适应调整机制研究

针对传统主动激光测距中存在的回波波容易容易出现畸变的问题,重点研究了导致畸变的原因与类型,回波波形除了与目标形状有关外,导致其畸变的另外一个原因是回波太强或太弱,较为典型的情况是接收光学系统与探测器之间的位置因震动、环境干扰等原因改变,将导致波形形状改变,可分为三种情形,分别是离焦、离轴及偏转,针对三种情况,详细讨论了回波波形的改变趋势与相应的调整机制,在此基础上,提出一种基于液体透镜的自适应回波波调整方法,为高精度激光测距奠定理论与试验基础。该研究内容得到国家自然科学基金项目资助,发表论文6篇,申请发明专利7项,相关研究成果发表在国际顶级SCI期刊Opxics express 以及重要SCI期刊Applied opxics、Opxics and Laser in Engineering, Remote sensing 上。

代表性研究工作七: 高分辨真彩色动态全息三维显示关键技术的研究

国家自然科学基金重点项目“高分辨真彩色动态全息三维显示关键技术的研究”围绕新型动态全息三维显示关键技术开展基础性、战略性研究。深入研究了提高全息三维显示分辨率的科学途径和技术手段。建立了空间和时间部分相干的波前重建传输理论,扩展了部分时间-空间部分相干的衍射理论公式,提出了基于部分空间和部分时间相干波前编码方法;揭示了调制器件像素形状、间隔、尺寸等对重建三维图像质量的影响,研究了基于超材料、氧化石墨烯、拓扑绝缘体以及非线性等多种纳米材料结构器件实现大视场、高分辨的三维显示方案;同时提出了圆形像素结构可以扩大视场角、提高图像质量的方案;提出了复合全息体视图编码理论,实现了多相位调制、复振幅调制的波前精确调制方法;提出了压缩查找表法、三维仿射面元法、精确压缩查表法、分数傅里叶变换法、点源菲涅尔卷积加速法等波前快速编码算法,实现了高效三维表征和编码方法;提出了用一个特殊设计的圆柱形的3D雾屏作为空间承载介质,实现了大范围的全息三维显示;提出了液晶空间光调制器正交组合上转换真彩色全息显示方法,实现了大范围的全息三维显示。项目执行期间发表了SCI检索文章44篇(其中3篇IF>10),包括2篇Nature子刊,授权国家发明专利17项,在国际会议上做特邀报告18次,出版专著2部。博士后出站1名、培养博士生14人、毕业7人,培养硕士生24人,毕业24人;培养学生获国家奖学金10人次,获北京市优秀毕业生4人次;1人

次获全国光学工程学科优秀博士学位论文提名，3人次获北京理工大学博士优秀研究生论文，1人次获王大珩高校学生光学奖，10人次获北京理工大学硕士优秀论文。

代表性研究工作八：新型能源材料与光伏器件

有机-无机杂化钙钛矿材料以其优异的光电学性能，成为光电和能源领域应用中的一颗新星，引起社会的广泛关注。目前钙钛矿太阳能电池的光电转化率已经突破 22.1%，接近传统晶硅电池。加之低廉的成本和简单的制备工艺，钙钛矿太阳能电池技术已经开始了产业化进程。因其优异的光电性能，钙钛矿材料还被广泛用作其他光电器件，如发光二极管、光探测器和激光器等。针对钙钛矿太阳能电池技术的研究，目前的主要面对的研究挑战包括 1) 高效率；2) 稳定性；3) J-V 迟滞等。

针对稳定性问题，陈棋教授与北京大学张文彬教授合作，设计出能够对钙钛矿有机无机组分相互作用进行调控的分子，进一步调节材料的光电性能。通过分子设计引入笼型聚倍半硅氧烷 (NH₂-POSS) 分子，制备钙钛矿太阳能电池器件，其结构为 ITO/SnO₂/Perovskite/NH₂-POSS/spiro/Ag。通过多种光学和电学测试分析了 NH₂-POSS 与钙钛矿之间的作用方式以及材料光电性能的改变。研究表明，笼型聚倍半硅氧烷 (NH₂-POSS) 分子能够改变钙钛矿材料与空穴传输层的界面接触，并能够阻挡水氧等异质分子的扩散，从而提高电池的光电转换效率和器件稳定性。这一成果于 2018 年 3 月被接收，发表于 *J. Mater. Chem. A*, 10.1039/C7TA11345E

针对 J-V 迟滞等问题，陈棋教授课题组开展钙钛矿太阳能电池的界面研究，将 CdTe 量子点引入钙钛矿太阳能电池中，用于修饰钙钛矿光吸收层与空穴传输层 (Spiro-OMeTAD)，试图通过 CdTe 量子点的高空穴迁移率，改善电池中空穴传输与抽取过程，从而改善电池的迟滞效应。重点考察了 CdTe 量子点的表面包覆配体对电池性能的影响并发现，当 CdTe 表面被 CH₃NH₃PbI₃ 包覆时，电池效率最高，并且能有效改善迟滞效应。该文章与 2018 年 1 月发表在 *Nano Energy* 上。(https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.01.035)

为了进一步提高钙钛矿电池效率，陈棋教授课题组对光伏器件的表界面进行了研究。通过在钙钛矿吸光层制备过程中，引入同质的钙钛矿 CsPbBr₃ 量子点，形成了 Cs 元素的梯度分布，从而有效的改变了吸光层的界面的带边电子排布和能级分布，有效提高了电池中空穴传输与抽取能力，进而提高了电池的效率 and 稳态最大功率输出效率。文章采用多种先进表征手段，包括角分辨 X 光衍射以及二次离子谱，确认了钙钛矿近表面的元素梯度分布；并通过 EIS、PL、SCLC 等手段重点考察了量子点改性后的器件界面行为。同质钙钛矿量子点在钙

钛矿太阳能电池的应用为相关界面工程提供了新的思路和解决方案。该文章于 2017 年 10 月发表。 (*ACS Energy Lett.*, 2018, 3 (1), pp 30 - 38)

3. 实验室在全国科技创新中心建设中所发挥的作用

(1) 对首都经济社会发展的贡献 (通过开展的具体工作阐述科技对首都经济社会发展的支撑引领作用, 满足首都经济社会发展的需求)。

本实验室刘瑞斌副教授主持研发的利用微区激光光谱技术 (LIBS) 的煤质检测仪在检测精度和应用模式上在火电行业获得认可, 多家企业认购采用, 2017 获得了全国互联网+大赛北京赛区三等奖。现正在开发其他包括药品检测仪, 食品成分检测仪等。

显示技术是国民经济的重要支柱型产业, 年产值超千亿美元。半导体量子点兼具无机半导体能带调控的优势和有机半导体的加工特性, 能够弥补上述技术在面光源照明、高性能显示应用中的不足, 成为产业界广泛关注的下一代技术, 一直是本实验室研究的重点。本实验室钟海政教授率领一个小组在低成本新型钙钛矿量子点及其薄膜方面有原创性的工作, 在国际上率先开展了材料制备和电致发光显示的研究, 与目前发展的产业化中的 CdSe 材料相比, 钙钛矿材料具有成本低、制备简单等特点。他们联合合肥乐凯、TCL 集团, 实现了钙钛矿量子点液晶电视样机, 在 2018 年 CES 展上全球首发。实验室研究团队与京东方科技集团合作共同开展量子点电致发光器件合作, 2017 年双方合作申请中国发明专利 7 项, 其中 1 项转入进入 PCT 申请阶段。最近, 他们开发的钙钛矿量子点的电致发光器件外量子效率超过 16%, 有望打破目前世界报道的记录。

(2) 行业引领及贡献 (针对行业的重大、关键技术问题开展技术研究的具体工作)。

兵器行业: 本实验室重要骨干王岭雪、薛唯与中科院半导体研究所、北方夜视集团的驰宏光电有限公司成立的“光电仪器联合实验室”, 王岭雪副教授作为项目负责人获得资助后, 领导开发的“三维周视红外成像系统”取得重要进展, 样机已经做出。

先进制造和节能减排: 刘瑞斌副教授主持开发的激光光谱技术元素检测技术进展顺

利，推动了煤质元素检测领域的产业化进程，2017 年完成了基于激光光谱技术煤质检测仪的推广工作，完成了华电国际集团下属的章丘电厂的第二套入炉煤元素检测仪的安装调试，为电厂打通燃控的最后一个环节提供了传感器。发挥了良好的作用。

（三）队伍建设与人才培养

1. 实验室主任与学术带头人作用

综述实验室主任、学术带头人在实验室发展建设上的作用；如果实验室主任有变更，需详细说明变更理由及学术委员会对主任变更的意见。

（1）实验室主任简介

（200 字以内）

如果实验室主任有变更，需详细说明变更理由及学术委员会对主任变更的意见

邹炳锁，男，1965 年 1 月出生，博士，教授，博士生导师，长江学者。

所在学科凝聚态物理、材料物理与化学，主要研究方向为纳米光子学材料与技术。

长期从事纳米技术研究，培养博士、博士后三十余人。在纳米材料设计与加工制作、纳米材料的尺寸效应和电子结构、可调控的纳米光电磁物性、纳米材料的尺寸与界面效应和激光表征技术、多功能材料物性研究及其应用、微纳光子器件及其物理等方面取得系列成果，曾率先在国际上实现量子点的干细胞示踪标记，曾打破半导体微纳激光的可调谐范围世界纪录等，研究成果曾获 2010 湖南省自然科学奖一等奖 1 项，曾承担 973 子课题和基金委重点项目等多项。目前已发表 SCI 论文超过 300 篇，他引超过 10000 次，获授权发明专利 15 项，出版专著 2 本。2000 年度中科院百人计划，2006 年受聘“长江学者奖励计划”特聘教授。被国际著名的艾思维尔出版集团中国事业部发布为“2015、2016、2017 年度中国各学科高影响力学者榜高被引学者之一”物理类榜单。现正带领团队积极投入北京市的发展战略，在新型原位元素检测仪和新型量子点发光显示技术方面与北京和外地多家企业开展战略合作，积极推动相关技术的产业化。

（2）实验室主任与学术带头人作用

综述实验室主任、学术带头人在实验室发展建设上的作用。

实验室主任邹炳锁教授，作为本实验室的学术带头人，是国内从事纳米光子学材料与应用研究最早的研究者之一，长期开展材料、物理、化学、生物和光电技术等交叉领域的科

研工作。在纳米材料制备、纳米发光及其调谐机制、量子点生物标记、纳米结构中的激子与元激发间耦合性质、非线性光学、光电转换、过渡金属纳米结构不稳定性及其光学表征、纳米磁性及其调控与应用、纳米光波导和合金纳米结构能带调谐与其可调谐发光与激射、纳米晶的生物标记、solar cell, 纳米光电探测、纳米稀磁半导体中的新型元激发和磁性本质的光学探测等方面有突出贡献。作为长江学者, 邹炳锁教授具有坚实的理论基础和敏锐的科研直觉, 一直坚持大组会的主持, 与研究生集体讨论前沿工作, 并解答众多研究生的各种复杂理论及实验问题, 坚持学生要面向最尖端的科研工作, 阅读最新的高水平科研论文, 一直把握科研方向和实验室建设的全局, 重视提高青年教师的学术水平, 鼓励他们开展高水平研究, 积极引领团队开拓面向未来的应用器件研究, 如量子点发光器件和元素分析仪, 多次受邀在国际学术会议上做邀请报告, 2017年两次受邀国际学术会议做大会邀请报告。主持校引智基地的工作, 邀请国际著名学者来校交流合作, 在实验室的创立、发展建设方面发挥了组织和领导作用。重视人才引进, 积极开展引进海外青年人才的工作, 推荐引进优秀青年人才。作为研究者, 长期开展量子点与纳米线的研究, 发表SCI论文超过三百余篇, 他引已超过10000次, 担任Science letter 和 Appl. Sci. 杂志编委; 被国际著名的艾思维尔出版集团中国事业部收录为“2015、2016、2017年度中国各学科高影响力学者榜高被引学者之一”物理类榜单。

张向东教授作为学术带头人, 多年来一直致力于光子晶体和低维纳米结构的物理特性及其应用研究, 并作出了多项创新成果。首次观测到了光和声的 Zitterbewegung 效应, 证明了相对论量子力学中一个长期的理论预言, Nature China 的研究亮点专门报道了这一工作, 发表在《Nature》上的论文也对这个工作做了很好引用和评述。利用单光子和纠缠双光子在实验上首次观察到了量子 Talbot 效应, 更正了过去人们在量子成像研究方面一些错误认识。首次在光子准晶中观察到了负折射现象, 并在国际上率先利用二维光子晶体超棱镜实现了对两种极化波的同时聚集成像。通过严格数值模拟首先在声子晶体中观察到负折射现象, 并发现了自旋子的负折射。在无序动力学中率先从理论上揭示出准一维到三维的动力学交叉行为, 后被实验所证实。发展出了在强局域化中分析弱局域化的统一理论。提出了利用带边场工程光子带隙的办法, 并被实验证实。在 12 重准晶中发现了大的绝对光子带隙, 率先在铁磁耦合双结中发现超过 90% 的巨隧穿磁电阻。在 Phys. Rev. Lett.、Adv. Matter.、Appl. Phys. Lett. 和 Phys. RevA/B/E 等核心期刊上发表论文 160 余篇, 论文被包括发表在 Nature、Science、Nature Materials、Nature Physics 和 Phys. Rev. Lett. 等 SCI 期刊上的论文引用 4000 余次。曾多次在国际大会上做邀请报告, 研究成果被 Physics Web、Phys. World 等专门报道。除了其优秀的科研表现外, 张向东教授作为副主任积极参与实验室创立与建设, 参与国际交流与合作, 在人才引进和对外交流等方面发挥了不可或缺的作用。

郝群教授作为学术带头人长期在新型光电成像传感技术和光电精密测试技术领域从事教学和科研工作。主要研究方向包括新型光电成像技术、仿生光电感测技术、抗振干涉测量技术及仪器等。郝群教授主持过多项国家级项目，包括国家自然科学基金仪器专项/面上项目、国防基础科研重大/重点项目、国家 863 项目等。研究成果获得省部级技术发明和科技进步奖 3 项（排名第 1）；在 *Optics Express*、*Optics Letters* 等国际期刊和国内一级期刊发表论文 150 余篇，影响因子大于 2 的国际期刊论文四十余篇；出版专著 1 部，国际会议上 15 次作特邀报告；申报国际、国家发明专利 30 余项，其中 20 项已授权。目前，担任国际工程光学（SPIE）、美国光学学会（OSA）会员，中国仪器仪表学会理事，中国计量测试学会理事，中国兵工学会光学专业委员会主任委员、光电子专业委员会副主任委员等社会兼职。担任《Defense Technology》杂志副主编，*Optics Express*、*Optics Letters* 等杂志审稿人。郝群教授作为实验室副主任，同样为实验室创立和建设发挥了重要的作用，并组织多种学术活动引领相关光电系统领域的研究。

姚裕贵，北京理工大学，物理学院，教授

研究领域为计算物理和凝聚态物理，主要针对材料中贝里相位效应的科学问题，发展了反常输运物理量和拓扑不变量 Z_2 的第一性原理计算方法，并应用于反常输运和拓扑物性的研究。至今发表 SCI 论文 130 余篇【包括 *Phy. Rev. Lett.*（20 篇）、*Nature* 子刊、*Adv. Mater.*、*Nano Lett.*、*Chem. Soc. Rev.*、*Prog. Mater. Sci.* 等】，目前年引用 1700 次，其中 4 篇论文单篇引用超过 500 次， H -index=41，曾在美国 APS 和 MRS 等国际重要会议上作邀请报告。在反常霍尔效应、硅烯、石墨烯和拓扑绝缘体等方面的研究成果具有国际影响力，被诺贝尔奖得主 A. K. Geim、美国科学院院士 D. Vanderbilt、C. L. Kane 和张首晟等广泛引用；关于反常输运的部分成果进了教科书，硅烯研究中提出的理论模型被以名字命名。2011 年获“中国科学院杰出科技成就奖”、2012 年获得国家杰出青年基金资助、2012 年入选“长江学者特聘教授”计划、2014 年入选“科技部中青年科技创新领军人才”计划、2016 年入选“国家万人计划科技创新领军人才”计划。目前担任 *Int. J. Mod. Phys. B*、*Mod. Phys. Lett. B*、*Eur. Phys. J. B* 和 *Sci. Rep.* 的编委。(Publication List: <http://www.researcherid.com/rid/A-8411-2012>)

钟海政教授，男，1981.10 出生 北京理工大学教授、博导，国家自然科学基金优秀青年基金获得者(2017)。

研究领域为微纳光子学技术，主要研究方向为光学与光电子材料，目前主要从事量子点发光技术研究，在铜铟硫和钙钛矿系列量子点材料及其照明和显示应用方面有突出贡献。已

发表 SCI 论文 85 篇，被他人引用>3000 次，其中第一或通讯论文 52 篇，8 篇入选 ESI 高被引论文，单篇最高他引 340 次，H 因子 28。申请中国专利 12 项(授权 9 项，其中 2 项成功转让)，提交 PCT 专利申请 2 项，为 3 本专著撰写章节，在包括“欧洲显示 2015 年会”、日本显示年会、美国电化学年“显示材料分会”等重要国内外会议上做邀请报告 20 余次。获第六届徐叙瑢发光学优秀青年学术论文奖（二等）

已经完成和承担科研项目 10 余项，正在承担包括国家自然科学基金优秀青年基金、重点基金、面上项目，科技部“战略性先进电子专项”课题任务、十三五装备领域预研基金重点项目等课题。兼任《中国光学》青年编委、中国电子学会半导体科技青年专业委员会委员、中国彩电技术创新联盟量子点专家、九三学社海淀区青工委委员等学术和社会职务。作为客座编辑，组织了《中国光学》北理工青年学者专刊。并多次担任国际学术会议的分会主席、程序委员会委员、墙报评委等学术职务。

先后入选国家自然科学基金优秀青年基金(2017)、人事部留学归国择优资助(2012)、北京市科技新星(2014)和北京市青年英才(2013)等人才计划支持。

陈棋教授，男，新能源材料专家，北京理工大学教授。2016 年入选中组部“青年千人”计划。2005 年本科毕业于清华大学化工系，2007 年硕士毕业于清华大学化学系，2012 年博士毕业于加州大学洛杉矶分校(UCLA)材料科学与工程系，随后以博士后身份在 UCLA 加州纳米研究中心从事薄膜太阳能电池研究工作。主要从事有机无机杂化及复合材料的开发与应用研究，材料广泛应用于能源、光电等领域，具体包括太阳能电池、储能电池、传感器、探测器等各类新型光电功能化器件，尤其是新型纳米复合结构构筑、纳米结构加工、光电转化及催化等相关工艺开发和交叉前沿课题。承担并承担国家级项目 3 项，包括科技部重点研发计划专项和自然科学基金面上项目等。迄今发表论文 50 余篇，引用超过 9000 次。包括 Science、Nature Communications、Journal of American Chemical Society、Nano Letters、Advanced Materials 等。单篇最高他引超过 2000 次。

2. 队伍结构与创新团队建设

综述实验室科研团队人员结构及围绕主要研究单元的创新团队建设情况。

实验室目前拥有专职科研人员 48 人，其中正高级职称有 21 人，副高级职称有 20 人，全部有博士学位。此外还有技术人员 2 名均负责所有设备的运行，临时人员由流动人员编制解决。专职科研人员中含国家杰出青年科学基金获得者 2 人，长江学者 2 人，“青年千人计划”入选者 2 人，“科技创新领军人才”入选者 1 人，国家优秀青年科学基金获得者 2 人，教育部新世纪优秀人才 5 人，北京市科技新星 2 人。

3. 青年骨干人才培养

综述引进及培养青年人才的政策及效果。

实验室在稳定和吸引优秀高水平人才的具体措施及成效如下：① 多渠道、多措施引进和支持有成为该领域学术或技术带头人发展潜力的青年优秀人才，对拔尖人才加以重点培养，着力培养他们组织开展创新研究的能力，激励优秀青年人才快速成长；② 支持优秀科技人才开展跨单位交流合作，与国外实验室建立联合实验室，联合培养人才，高效培养更加优秀的人才，增强创新意识，提高他们科研合作和组织协调能力；③ 不断向科研队伍注入新的有活力的血液，促进科研水平的进步，保证科研工作持续发展与创新；④ 争取学校支持，利用学校预聘制制度，多方创造条件，不仅在科研经费上给予扶持，也要满足优秀年轻人才的生活需求，让他们专心工作；⑤ 为优秀人才搭建平台、创造良好成长条件，鼓励他们出国合作交流和参加国际会议，支持他们开展学术交流与合作，开阔科技视野，提高综合素质，才能让他们勇挑重担，带动整个队伍的科研创新。

实验室三年以来引进海外青年人才 3 人，其中青年千人 1 人，培养 2 名青年减少晋升副教授，1 名教师晋升教授，期间姚裕贵教授获评“万人计划”称号。

（四）开放交流与运行管理

1. 学术委员会作用

综述学术委员会在考评期的召开情况及对实验室研究工作的指导作用。

本实验室的学术委员会成员都在北京，彼此的交流合作十分顺畅，他们经常对实验室工作给予指导和帮助。

2015 年实验室未专门召开学术委员会会议，但是在实验室绩效考核及年终总结等事务中皆征求了学术委员会成员的意见。概括总结其指导意见主要有：经费投入以及科研项目的获得相对偏少，队伍建设需要加强充实，创新研究要能够与应用结合等等。同时谢思深主任

一再强调实验室要以纳米光子学材料与器件技术为基础，并能与军工应用加强结合，突出科研特色，突出服务北京经济和社会发展。

2016 年学术委员会对年度发展计划和发展发现给出了指导意见。学术委员会提出实验室要以纳米光子学材料与器件技术为基础，并能与军工应用加强结合，突出科研特色，突出服务北京经济和社会发展、创新研究与应用结合的特点。

2017 年 12 月 2 日召开了学术委员会年会和学术交流会，学术委员会委员听取了实验室工作汇报，高度肯定实验室近 3 年来的工作，认为这三年实验室取得的进步很大，无论是队伍还是研究进展还有科研项目，同时对实验室的发展规划的每个方向都给出了具体的指导意见。学术委员会提出实验室要以纳米光子学材料与器件技术为基础，争取与北京市地方经济和军工特色应用加强结合，突出科研特色，突出服务北京经济和社会发展、创新研究与应用结合的特点。同意实验室提出的关于加入两个研究方向的建议，另外还针对每个方向，提出了具体建议如下，例如 1) 纳米光子材料，要以新材料设计和量子效应相结合，体现性能的改进和创新。2) 量子调控：要争取确凿的证据证实量子信息技术与光通讯技术间的实际联系和解决技术难点。量子点发光要突出器件应用。量子态的理论模拟要与器件应用相联系，凸显其性能优越性。能源器件：要突出解决实际应用中的科学问题。纳米光电系统，要强化新的加工技术的运用，提高系统应用范围。

因学术委员会委员调动和很多参加各种活动的原因，集中开会讨论的条件经常不具备，因此我们调整了一部分委员，延聘了一些新的委员，并增加其在行业和对口技术领域有代表性的学者，以保证实验室能够在适当的时间召开学术委员会会议。特此向市科技委员会报告备案。

2. 开放交流

综述实验室在考评期的开放交流情况及对实验室的促进作用。

实验室拥有电子束刻蚀、SEM 形貌测试，EDS 能谱测量等设备，对校内外相关课题组提供相关的开放服务，已经陆续支撑了十几个国家自然科学基金项目的申请和结题工作，为校内 10 几个课题组提供硕士和博士毕业课题的技术支撑。

另外 2016-2017 年度还支持了两个开放合作项目：1) 广西桂林电子科技大学曾若生教授的“新型掺杂量子点发光行为探测”、2) 湖南师范大学周伟昌副教授的“一维核壳结构纳米线的制备和光学性质”，合计 1.5 万。

3. 协同创新

(1) 综述实验室与其他实验室合作、组建或加入产业技术创新联盟等产学研合作情况等；

(2) 实验室设立分中心（在京外设置的机构）建设情况、开展“京津冀协同创新”等区域合作情况等；

(3) 实验室支撑/保障北京行政副中心、雄安新区、冬奥会建设情况等；

(4) 实验室开展“一带一路”合作、国际合作情况等。

2015-2016 年度

(1) 本实验室与北京市混合现实与新型显示工程技术研究中心的王涌天教授、刘娟教授在全息显示材料和量子点显示技术开展了卓有成效的合作, 提出了将量子点掺杂水凝胶材料用于三维显示承接的新思路, 制备出计算全息三维显示量子点凝胶材料承接介质, 为扩展三维全息显示的视场角提供了新思路和新技术。

(2) 本实验室作为《中国彩电技术创新产业联盟》的筹备委员会和创始成员与中国电子商会共同开展联盟的成立工作, 为新型显示产品的推广提供技术支撑。

(3) 本实验室重要骨干王岭雪、薛唯与中科院半导体研究所、北方夜视集团的驰宏光电有限公司成立了“光电仪器联合实验”。

(4) 本实验室参与北京理工大学天津武清新材料产业化基地的建设, 参与北京理工大学鲁南工业技术研究院的筹建。

(5) 本实验室刘瑞斌副教授主持研发的激光光谱技术测煤质及矿石全元素检测仪, 已在神华集团推广使用, 并用于许多电力企业的煤质检测, 给使用企业创造了上千万的经济效益。目前已与常州建立联合企业项目: 基于激光技术的快速煤质检测仪, 进一步开发新应用。正在开发药品检测仪, 获得了全国互联网+大赛北京赛区三等奖。

2017 年度

(6) 实验室与香港城市大学的光子学材料研究中心建立了双边合作关系, 港方实验室主任 Andrey Rogach 教授 2017 年获得教育部外专局海外名师计划, 同时钟海政教授和 Andrey Rogach 教授合作获批国家自然科学基金委和香港科技局的中港合作联合基金支持。“各向异性钙钛矿纳米晶的可控制备与偏振发光应用研究, 51761165021”。面向偏振发光 LED 行业应用, 通过制备各向异性量子点关键问题研究, 揭示各向异性量子点的形成机理, 解决薄膜偏振发光性能低问题, 发展能够提高光能利用率的 LED 器件结构, 获得满足液晶显示背光

源应用的新技术,推进“液晶显示背光源技术”的发展,同时为开展各向异性量子点在其他领域中的应用提供理论基础和实验技术支撑。经过双方通过合作,在 *Advanced Materials*, *Angew Chem*, *Chem. Mater.*, *Nanoscale*, *Adv. Sci.*, *Chem. Sci.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 等期刊上发表学术论文 7 篇。

(7) 实验室与白俄罗斯科学院物理研究所建立了学术联系,联合申请的双边交流项目“基于不含重金属的半导体纳米晶和等离子体纳米金属复合结构的光物理性质研究,2171101421”获得国家自然科学基金的批准。

4. 运行管理与机制创新

综述实验室的管理机制、激励创新的政策措施及实施情况。

实验室实行主任负责制,和学术委员会评审制,副主任协助主任参与实验室管理。实验室主任和学术委员会主任的人选和任期由依托单位提名,主管部门决定。实验室主任全权负责实验室的业务,行政管理工作,加强人才工作的领导和统筹协调,完善人才工作的管理机制。尽力为各方面优秀人才营造尊重人才、尊重知识的政策环境,公开透明、竞争择优的制度环境,学术民主、潜心致研的科研条件和工作环境。实验室设主任助理一人,负责实验室学术活动和国际合作事务。

实验室学术委员会是实验室的学术评审机构,主要职能是负责审议确定实验室及所属学科的研究方向和近、中、长期发展规划,确定实验室的研究方向和专业项目设置与调整,组织实验室所承担项目的阶段性检查。

实验室设定六个方向,每个方向下设数个科研小组(项目组),在实验室管理中借鉴使用研究团队及研究团队负责人负责制,运用新兴有效的复合型的科研组织形式——“点-群-阵”结构,由实验室学术委员会设立带头人岗位,每个组下设的岗位职数根据该组的科研性质作浮动设置。研究组为相应的研究实体,作为一个基本单元进行管理。通过合理的队伍构建和资源配置,既能以研究组为基本单元进行自由探索,又可组成团队发挥群体优势、联合攻关。

5. 依托单位支持

综述依托单位对实验室在人、财、物等方面的政策及支

持情况。

学校给实验室提供了 7461 平方米的科研用房，每年给予实验室运行专款 10 万元，用于材料采购、调研差旅费和召开学术委员会年会，对实验室正常运转发挥了重要作用。另外还通过给予实验室专职人员项目经费方式进行支持，用于实验室平台建设。

三、重点实验室自评表

评价内容		自评分
发展规划与目标完成（10分）	认定时/上一期考评规划目标完成情况	10
	未来三年发展规划	
研究水平与贡献（45分）	定位与研究方向情况	42
	研究成果水平	
	技术创新的贡献度	
队伍建设与人才培养（25分）	实验室主任与学术带头人作用	23
	队伍结构与创新团队建设	
	青年骨干人才培养	
开放交流与运行管理（20分）	学术委员会作用	17
	开放交流	
	协同创新	
	运行管理与机制创新	
	依托单位支持	
总分		92

四、依托单位内部公示情况

（说明相关材料在依托单位公示的时间、地点，依托单位内部对于公示的反馈情况。）

依托单位（盖章）：
年 月 日

五、学术委员会意见

学术委员会主任（签字）：
年 月 日

六、依托单位意见

依托单位（盖章）：
年 月 日

七、附件目录

序号	附件名称
1	研究成果情况明细表
2	队伍建设情况明细表
3	学术委员会召开情况表
4	开放交流情况明细表
5	绩效报告公示照片

附件 1 研究成果情况明细表

1、科技计划项目

①承担国家科技计划项目（仅限科技部项目）、国家自然科学基金委员会项目（课题）

序号	项目（课题）名称	主持人	年度	财政经费 (万元)	项目类型	项目类别
1	单细颗粒物的捕获、悬浮、控制老化过程及其理化性质的精确测量	张韫宏	2015	280.0000	国家自然科学基金	A
2	基于 Cds 梳状阵列结构的光子特性及新型光电阵列器件研究	刘瑞斌	2015	68.0000	国家自然科学基金	A
3	大光程差光谱域光纤白光干涉测量技术	江毅	2015	66.0000	国家自然科学基金	A
4	CuInS ₂ 量子点在远程白光 LED 中应用的关键表面和界面问题研究	钟海政	2015	66.0000	国家自然科学基金	A
5	基于硅-电光聚合物非线性光子晶体量子态产生和操纵研究	张向东	2015	65.0000	国家自然科学基金	A
6	新型衍射光学波导三维显示关键技术研究	刘娟	2015	64.0000	国家自然科学基金	A
7	新型二维自旋轨道耦合材料的设计和物性研究	姚裕贵	2015	64.0000	国家自然科学基金	A
8	高效多能仿生人工抗原提呈细胞的构建及应用	谢海燕	2015	57.0000	国家自然科学基金	A
9	分数域宽带光信号分析仪	杨爱英	2015	810.0000	国家自然科学基金	A
10	新型衍射光学波导三维显示关键技术研究	刘娟	2016	64.0000	国家自然科学基金	B

11	基于金属纳米结构（等离激元）相干能量传递研究()	陈天	2016	28.0000	国家自然科学基金	A
12	新型二维自旋轨道耦合材料的设计和物性研究	姚裕贵	2016	64.0000	国家自然科学基金	A
13	基于 CdS 梳状阵列结构的光子特性及新型光电阵列器件研究	刘瑞斌	2016	81.0000	国家自然科学基金	A
14	PbSe 量子点的新型红外探测器探测率提高的研究	杨盛谊	2016	10.0000	国家自然科学基金	A
15	深紫外激发条件下基于双共振峰有序纳米结构的SERRS 效应研究	康果果	2016	60.0000	国家自然科学基金	A
16	可见光通信与 MEMS 惯性导航融合的新型应急定位系统研究	冯立辉	2016	62.0000	国家自然科学基金	A
17	柔性铟镓锌氧化物薄膜晶体管应力匹配性及机械稳定性研究	喻志农	2016	60.0000	国家自然科学基金	A
18	基于曲面液体透镜阵列的复合仿生光电成像研究	曹杰	2016	19.0000	国家自然科学基金 青年项目	A
19	拓扑材料理论计算研究	姚裕贵	2016	160.0000	国家重点研发计划 项目	B
20	二维拓扑绝体材料体系的生长和表征	韩俊峰	2016	250.0000	国家重点研发计划 项目	B
21	介观体系非平衡交流输运中的量子纠缠熵	邢艳霞	2016	60.0000	国家自然科学基金	A
22	柔性多体系统动力学后验误差估计及模型降阶策略研究	刘铖铖	2016	58.0000	国家自然科学基金	A
23	面向电致发光应用的钙钛矿量子点薄膜光电性质研究	常帅	2016	20.0000	国家自然科学基金	A
24	内秉拓扑超导的材料实现的理论研究	杨帆	2016	60.0000	国家自然科学基金	A
25	植入式医学装置的电容耦合型人体	宋勇	2016	57.0000	国家自然科学基金	A

	通信建模与仿真研究					
26	量子点背光关键技术开发及应用示范”课题任务三“低成本钙钛矿量子点背光技术及应用示范 (SQ2017YFGX020057-03)	钟海政	2017	167.5	国家科技重大专项	A
27	具有拓扑保护的光量子态和量子效应	张向东	2017	467.0	国家重点研发计划	A
28	新型低维体系量子输运和拓扑态的研究(No.2014CB920900)	姚裕贵	2017	522.0	国家重点研发计划	A
29	具有锯齿形边缘的石墨烯纳米结构的自旋特性研究(No.51661135026)	肖文德	2017	188.0	国家自然科学基金	A
30	紧凑型大视场激光相控阵成像方法研究	曹杰	2017	50.0	技术创新引导计划	A
31	激光相控阵 XXX 技术	郝群	2017	400.0	技术创新引导计划	A
32	基于曲面液体透镜阵列的复合仿生光电成像研究	曹杰	2017	19.0	国家自然科学基金	A
33	CuInS ₂ 量子点在远程白光 LED 中的应用的关键表面和界面问题研究 (21573018)	钟海政	2017	66.0	国家自然科学基金	A
34	无镉低毒性半导体量子点材料及 LED 器件 (61735004)	钟海政	2017	90.0	国家自然科学基金	A
35	基于硅-电光聚合物非线性光子晶体量子态产生和操控研究 (No. 11274042)	张向东	2017	76.8	国家自然科学基金	A
36	干涉仪在二阶关联中的应用	宋新兵	2017	30.0	国家自然科学基金	A
37	大能隙拓扑绝缘体的制备、表征和物性调控研究(No.11734003)	姚裕贵	2017	330.0	国家自然科学基金	A
38	光伏材料铜铟硫薄膜的电学输运机制研究(No.51502015)	韩俊峰	2017	20.0	国家自然科学基金	A

39	新型卤族化合物拓扑材料的探索 (No.1716313X206A)	韩俊峰	2017	75.0	技术创新引导计划	B
40	巴基碗分子在惰性表面的自组装结构和物性研究(No.21773008)	肖文德	2017	62.0	国家自然科学基金	A
41	全量子化效应材料和器件 (No.2016YFA0300904)	肖文德	2017	200.0	国家科技重大专项	A
42	新型二维层状材料的拓扑量子态研究(No.11774028)	刘钺钺	2017	64.0	国家自然科学基金	A
43	若干铋基材料的拓博物性研究 (No.11404022)	刘钺钺	2017	20.0	国家自然科学基金	A
44	拓扑绝缘体新材料以及表面物性的第一性原理研究(No.11374033)	冯万祥	2017	60.0	国家自然科学基金	A
45	量子点照明与显示材料、器件与技术	钟海政	2017	130.0	国家自然科学基金	A
46	具有偏振选择特性的量子点光谱转换技术	钟海政	2017	236.5	技术创新引导计划	A
47	各向异性钙钛矿纳米晶的可控制备与偏振发光应用研究	钟海政	2017	80.0	国家自然科学基金	A
48	紫外激发白光 LED 用水铝石矿蓝光纳米材料的可控制备和发光机制研究	陈冰昆	2017	20.0	国家自然科学基金	A
49	面向显示应用的钙钛矿量子点随机激光研究	王雷	2017	25.0	国家自然科学基金	A
50	中组部青年千人计划	陈棋	2017	300.0	技术创新引导计划	A
51	有机无机杂化钙钛矿晶体中组分间相互作用及其光电特性的可控研究	陈棋	2017	61.0	国家自然科学基金	A
52	环境友好型高稳定性太阳能电池的材料设计与器件研究	陈棋	2017	72.0	国家重点研发计划	A
53	含铂三元合金催化剂的制备及元素协同效应对电催化性能的影响机制	李煜璟	2017	25.0	国家自然科学基金	A

备注：(1) 项目类型指：国家科技重大专项、国家重点研发计划、技术创新引导计划、国家自然科学基金。

(2) 项目类别有 A、B 两类，A 是指重点实验室牵头主持的课题，B 是指重点实验室参与的课题。

(3) 如承担国家科技计划项目子课题，可填写子课题名称，任务书约定的财政经费，类别为 A。

(4) 跨年度项目以立项年度为统计依据，财政经费以任务书中约定的经费为统计依据，不包括依托单位配套经费。例：某项目 2015 年立项，财政经费 300 万，但在 2016 年下拨。该项目统计时纳入 2015 年，财政经费 300 万元。

②承担省部级科技计划项目（课题）

(1) 北京市科委科技计划项目

序号	项目（课题）名称	主持人	年度	财政经费（万元）	项目类型	项目类别

(2) 其它省部级科技计划项目

序号	项目（课题）名称	主持人	年度	财政经费（万元）	项目类型	项目类别
1	基于并行多维特征参量检测的 XXX 技术研究	宋勇	2015	100.0000	总装预研重点基金	A
2	铁电发光型钙钛矿电子点的可控合成与磁光特性研究	钟海政	2015	15.0000	教育部战略研究课题	A
3	脉冲强磁下稀磁半导体微纳结构中的激子凝聚与调控探测	邹炳锁	2015	25.0000	教育部战略研究课题	A
4	基于压印技术的 SiO ₂ 二维光子晶体的制作及光学性质研究	刘瑞斌	2016	10.0	校基金	A

5	基于无机-有机钙钛矿 XXX 技术	王岭雪	2016	557.0000	国防重点预研项目	A
6	1000h 级太阳能电池器件性能研发	陈棋	2017	34.5000	华能集团	A
7	教育部海外名师计划 Andrey Rogach 教授	钟海政	2017	100.0000	教育部	A
8	钙钛矿电致发光器件	常帅	2017	50.0000	京东方科技集团项目	A

备注：(1) 项目类型指：教育部创新团队发展计划、北京市科技计划项目等。

(2) 项目类别有 A、B 两类，A 是指重点实验室牵头主持的课题，B 是指重点实验室参与的课题。

(3) 如承担省部级项目子课题，可填写子课题名称，任务书约定的财政经费，类别为 A。

(4) 跨年度项目以立项年度为统计依据，财政经费以任务书中约定的经费为统计依据，不包括依托单位配套经费。例：某项目 2015 年立项，财政经费 300 万，但在 2016 年下拨。该项目统计时纳入 2015 年，财政经费 300 万元。

2、 研究论文（无重点实验室署名的不予填写）、专著

①研究论文（无重点实验室署名的不予填写）

序号	论文题目	作者	发表年度	刊物名称	国际/国内	影响因子
1	Electronic structures and theoretical modelling of two-dimensional group-VIB transition metal dichalcogenides	Liu, GB (Liu, Gui-Bin); Xiao, D (Xiao, Di); Yao, YG (Yao, Yugui); Xu, XD (Xu, Xiaodong); Yao, W (Yao, Wang)	'2015/7/1	CHEMICAL SOCIETY REVIEWS	国际	36

2	Rise of silicene: A competitive 2D material	Jijun Zhao, Hongsheng Liu, Zhiming Yu, Ruge Quhe, Si Zhou, Yangyang Wang, Cheng Cheng Liu, Hongxia Zhong, Nannan Han, Jing Lu, Yugui Yao, Kehui Wu	2016.4	Progress in Materials Science	国际	31.1
3	Effects of correlated parameters and uncertainty in electronic-structure-based chemical kinetic modelling	Sutton, Jonathan E. ; Guo, Wei; Katsoulakis, Markos A. ; Vlachos, Dionisios G.	2016.4	NATURE CHEMISTRY	国际	27.893
4	Topological, Valleytronic, and Optical Properties of Monolayer PbS	Wenhui Wan, Yugui Yao*, Liangfeng Sun, Cheng-Cheng Liu, and Fan Zhang*	Jan-17	Adv. Mater.	国际	19.791
5	Implementing Quantum Search Algorithm with Metamaterials	Weixuan Zhang, Kaiyang Cheng, Chao Wu, Yi Wang, Hongqiang Li and Xiangdong Zhang	Jun-17	Advanced Materials	国际	19.791
6	Mesoporous Aluminum Hydroxide Synthesized by a Single-Source Precursor Decomposition Approach as a High Quantum Yield Blue Phosphor for UV Pumped White	Bingkun Chen*, Andrei S. Susha, Claas J. Reckmeier, Stephen V. Kershaw, Yongtian Wang, Bingsuo Zou, Haizheng Zhong, and Andrey L.	Oct-17	Advanced Materials	国际	19.791

	Light-Emitting Diodes	Rogach*				
7	53% Efficient Red Emissive Carbon Quantum Dots for High Color Rendering and Stable Warm White-Light-Emitting Diodes	Zifei Wang, Fanglong Yuan, Xiaohong Li, Yunchao Li, Haizheng Zhong, Louzhen Fan, Shihe Yang	Apr-17	Advanced Materials	国际	19.791
8	Chemical Reduction of Intrinsic Defects in Thicker Heterojunction Planar Perovskite Solar Cells	Zonghao Liu, Junnan Hu, Haoyang Jiao, Liang Li, Guan haojie Zheng, Yihua Chen, Yuan Huang Qing, Zhang Chao Shen	Feb-17	Advanced Materials	国际	19.791
9	In Situ Fabrication of Halide Perovskite Nanocrystal-Embedded Polymer Composite Films with Enhanced Photoluminescence for Display Backlights	Zhou, Q., Bai, Z., Lu, W.-G., Wang, Y., Zou, B., Zhong, H.	2016.11	Advanced Materials	国际	19
10	Topological, Valleytronic, and Optical Properties of Monolayer PbS?	Wenhui Wan, Yugui Yao, Liangfeng Sun, Cheng-Cheng Liu, Fan Zhang	2016.1	Advanced Materials	国际	19

备注：只需列举 10 篇水平高、影响力大的学术论文。

②专著

3
、 专
利、

序号	专著名称	作者	出版年度
1	光学中的逆源问题	顾本源, 张岩, 刘娟, 杨国桢	2016-06
2	“Luminescent Materials for 3D Display Technology” Phosphors, Up conversion Nano Particles, Quantum Dots and their Applications	Haizheng Zhong, Ziwei Wang, Wengao Lu, Juan Liu, Yongtian Wang	2016-01
3	The Modeling, Simulation and Implement of Intra-Body Communication (人体通信的建模、仿真与实现)	宋勇, 郝群	2016-01
4	薄膜化合物太阳能电池	韩俊峰	2017-09

动/植物新品种、新药证书、临床批件、数据库等

序号	名称	编号	申请/授权	获得年度	国内/国际	类型	PCT 申请
1	基于分布式布拉格反射镜的多通道电磁波极化滤波器	201510240565.1	申请	2015-05	国内	发明专利	否
2	一种对半导体纳米晶材料表面进行配体交换的方法	201510738656.8	申请	2015-11	国内	发明专利	否
3	一种利用疏水、亲水表面进行 PI 高厚度自组装涂覆的方法	201510018677.2	申请	2015-01	国内	发明专利	否
4	一种 On-cell 消隐结构及其制备方法	201510024672.0	申请	2015-01	国内	发明专利	否

5	带有附加层的 TFT LCD 结构生成方法及不良检测设备	201510455022.1	申请	2015-07	国内	发明专利	否
6	二维散斑数字相关技术的光学镜面变形测量装置和方法	201510810141.4	申请	2015-11	国内	发明专利	否
7	一种基于可变形镜的准万能补偿镜及设计方法	201510809765.4	申请	2015-11	国内	发明专利	否
8	基于电流耦合型 IBC 的信息交互建模方法及其装置	201510894007.7	申请	2015-12	国内	发明专利	否
9	基于 MOEMS 器件的双联动仿人眼激光扫描成像系统	201510453995.1	申请	2015-07	国内	发明专利	否
10	一种随机信号读取的压缩感知实现方法及装置	201510416106.4	申请	2015-07	国内	发明专利	否
11	一种压缩感知光电成像方法及装置	201510415347.7	申请	2015-07	国内	发明专利	否
12	一种光纤微纳法珀干涉型压力传感器及其制作方法	201510282041.9	申请	2015-05	国内	发明专利	否
13	一种高温温度和压力光纤法布里珀罗复合微纳传感器	201510300783.X	申请	2015-06	国内	发明专利	否
14	大视场离轴反射变焦光学系统	201510151888.3	申请	2015-04	国内	发明专利	否
15	基于核酸和蛋白质生物合成的病毒双荧光标记新方法	201510332908.7	申请	2015-06	国内	发明专利	否

16	一种钙钛矿/聚合物复合发光材料及其制备方法	201510245596.6	申请	2015-05	国内	发明专利	否
17	二氧化硅基衍射光栅的一步式制作方法	201510009949.2	申请	2015-01	国内	发明专利	否
18	一种化学气相沉积法生产微米级直径碳线的方法及应用	201510040668.3	申请	2015-01	国内	发明专利	否
19	采用分数阶傅里叶变换监测光纤链路非线性效应的方法	201510415663.4	申请	2015-07	国内	发明专利	否
20	一种包含误差校正的室内可见光强度定位系统	201510182109.6	申请	2015-06	国内	发明专利	否
21	基于可见光信号强度的三维空间室内定位方法	201510063426.6	申请	2015-02	国内	发明专利	否
22	一种基于频移键控的室内可见光定位及信息推送方法	201510379394.0	申请	2015-07	国内	发明专利	否
23	一种使用摄像头的室内可见光异步定位方法	201510599864.4	申请	2015-09	国内	发明专利	否
24	摄像头室内可见光定位系统中一种消除背景光扰动的方法	201510673359.X	申请	2015-10	国内	发明专利	否
25	一种基于频分复用的可见光高精度室内定位方法	201510671573.1	申请	2015-10	国内	发明专利	否
25	一种远场光场全矢量计算的方法	ZL 201410209050.0	授权	2016-01	国内	发明专利	否
27	基于全息衍射光学元件的消色差的波导显示系	ZL 2014 1 0210221.1	授权	2016-07	国内	发明专利	否

	统						
28	一种计算全息三维显示物体间遮挡关系的方法	ZL 201410209038.X	授权	2016-03	国内	发明专利	否
29	一种柱面基底衍射光学元件的制作方法	ZL 201410208856.8	授权	2016-01	国内	发明专利	否
30	一种视网膜光学相干层析探测-显示系统	ZL 2014 1 0331231.0	授权	2016-03	国内	发明专利	否
31	一种变分辨率激光三维成像阵列设计方法	ZL201410230826.7	授权	2016-01	国内	发明专利	否
32	一种基于仿人眼视觉机理的激光三维成像系统	ZL201410055334.9	授权	2016-11	国内	发明专利	否
33	基于双液体透镜的快速变焦距装置	ZL2014101441586	授权	2016-11	国内	发明专利	否
34	一种纳米晶掺杂光学玻璃的制备方法	钟海政、柏泽龙、樊世成、邹炳锁	授权	2016-08	国内	发明专利	否
35	一种将有机-无机杂化钙钛矿材料用于温度探测	钟海政、牛玉玮、柏泽龙、邹炳锁	授权	2016-01	国内	发明专利	否
36	一种量子点增强复合光转换膜及其制备方法	钟海政、朱敏、彭晓青、吕妍妍、邵自强	授权	2016-01	国内	发明专利	否
37	一种带电子倍增的铂硅红外焦平面探测器	CN103698018B	授权	2016-05	国内	发明专利	否
38	一种透明导电薄膜	CN103594498B	授权	2016-03	国内	发明专利	否
39	阿基米德螺旋线推扫滤光差分气体泄漏红外成像方法	CN103353380B	授权	2016-01	国内	发明专利	否
40	阿基米德螺旋线形滤光盘和滤光装置及其设计	CN102981200B	授权	2016-04	国内	发明专利	否

	方法						
41	一种化学气相沉积法生产微米级直径碳线的方法及应用	CN104555988B	授权	2016-10	国内	发明专利	否
42	采用分数阶傅里叶变换监测光纤链路非线性效应的方法	CN104967480B	授权	2016-01	国内	发明专利	否
43	摄像头室内可见光定位系统中一种消除背景光扰动的方法	CN105388455B	授权	2016-10	国内	发明专利	否
44	一种包含误差校正的室内可见光强度定位系统	CN104777475B	授权	2016-08	国内	发明专利	否
45	基于可见光信号强度的三维空间室内定位方法	CN104991228B	授权	2016-04	国内	发明专利	否
46	Indoor visible light positioning method on the basis of light source imaging	CN105548964B	授权	2016-03	国内	发明专利	否
47	Visible light high-precision indoor positioning method based on frequency division multiplexing	CN105301561B	授权	2016-04	国内	发明专利	否
48	一种基于光源成像的室内可见光定位方法	CN105548964B	授权	2016-04	国内	发明专利	否
49	一种基于频分复用的可见光高精度室内定位方法	CN105301561B	授权	2016-04	国内	发明专利	否

50	一种 VOx 太赫兹非制冷焦平面探测器组件	CN103308181B	授权	2016-05	国内	发明专利	否
51	基于非周期全息微透镜阵列的近眼三维显示系统	2.016103059006E11	申请	2016-05	国内	发明专利	否
52	基于复振幅光栅调制的三维增强现实显示系统	2.016103418102E11	申请	2016-03	国内	发明专利	否
53	增强现实显示系统	2.016105198111E12	申请	2016-03	国内	发明专利	否
54	大视场近眼显示目镜系统	2.016105198126E12	申请	2016-03	国内	发明专利	否
55	曲面基底多层衍射光学元件的制作方法及其装置	2.016108685364E11	申请	2016-04	国内	发明专利	否
56	一种大视场全息波导近眼显示系统	2.016110558992E12	申请	2016-04	国内	发明专利	否
57	大视场大尺寸仿生全息三维动态显示方法	2.01611057226E12	申请	2016-05	国内	发明专利	否
58	仿昆虫复眼的大视场单目 3D 头戴显示系统和显示方法	2.016110734941E12	申请	2016-01	国内	发明专利	否
59	基于非线性倍频及偏振特性的全息图像复用方法与系统	2.01611220799E11	申请	2016-04	国内	发明专利	否
60	一种复振幅调制全息超薄波导增强现实显示系统及方法	2.016112208917E11	申请	2016-04	国内	发明专利	否
61	一种基于线性微纳结构的复振幅调制计算全息技术	2.016112207971E11	申请	2016-07	国内	发明专利	否

62	一种三维显示系统及其显示方法	2.016111853647E12	申请	2016-08	国内	发明专利	否
63	基于 FPM 的立体显微系统和配套三维面形高分重构方法	CN201611252168.7	申请	2016-08	国内	发明专利	否
64	一种大倾角微纳结构表面三维形貌测量的辅助装置和方法	CN201610545687.6	申请	2016-06	国内	发明专利	否
65	一种用于微型摄像头接口的重映射电路及应用方法	CN201610339788.8	申请	2016-04	国内	发明专利	否
66	一种基于液体透镜的自适应激光测距系统	CN201610289381.9	申请	2016-03	国内	发明专利	否
67	一种基于微型电机的液体变焦系统	CN201610108472.8	申请	2016-02	国内	发明专利	否
68	一种增强量子效率的 PtSi 红外探测器及其制备方法	2.01610498541E11	申请	2016-06	国内	发明专利	否
69	一种局域表面等离子增强的 PtSi 红外探测器及其制备方法	2.016104984009E11	申请	2016-04	国内	发明专利	否
70	一种提高量子效率的 PtSi 红外探测器	2.016108324629E11	申请	2016-04	国内	发明专利	否
71	一种量子点发光薄膜增强紫外成像探测器	2.016109624495E11	申请	2016-09	国内	发明专利	否
72	电极片及其制备方法和钠离子电池	CN106058149A	申请	2016-08	国内	发明专利	否
73	一种步进相移光纤白光干涉测量方法	CN106152934A	申请	2016-06	国内	发明专利	否

74	一种基于空芯光纤的微纳光纤振动传感器	CN106124027A	申请	2016-07	国内	发明专利	否
75	一种基于飞秒激光微加工的微纳光纤振动传感器	CN106124028A	申请	2016-03	国内	发明专利	否
76	一种对压强和温度同时测量的干涉式光纤传感器	CN105841724A	申请	2016-01	国内	发明专利	否
77	一种光纤激光干涉型传感器的移相解调法	CN105865500A	申请	2016-04	国内	发明专利	否
78	一种基于粒子滤波的可见光组合定位系统和方法	CN106248077A	申请	2016-04	国内	发明专利	否
79	一种基于蓝牙技术动态配置编码的可见光定位方法及系统	CN106226735A	申请	2016-01	国内	发明专利	否
80	一种基于人工神经网络的高精度室内可见光定位方法	CN106100734A	申请	2016-02	国内	发明专利	否
81	一种基于双探测器的区域外可见光室内定位方法	CN106019226A	申请	2016-07	国内	发明专利	否
82	一种用于室内定位的多光谱可见光定位系统	CN105425209A	申请	2016-03	国内	发明专利	否
83	一种使用摄像头的室内可见光异步定位方法	CN105306141A	申请	2016-05	国内	发明专利	否
84	一种石英微机械陀螺双轴减振装置的设计方法	CN105698779A	申请	2016-02	国内	发明专利	否

85	一种用于提高室内可见光定位系统定位精度的迭代算法	CN105866738A	申请	2016-05	国内	发明专利	否
86	红外可控部分偏振辐射源	CN105890777A	申请	2016-02	国内	发明专利	否
87	通过引入正切相位将涡旋光束光强分布离散化的方法	CN106125353A	申请	2016-04	国内	发明专利	否
88	一种制备铜铋硫薄膜的方法	CN106086788A	申请	2016-05	国内	发明专利	否
89	飞秒激光双脉冲诱导熔融石英等离子体光谱的增强方法	CN105784680A	申请	2016-04	国内	发明专利	否
90	一种增强激光诱导击穿光谱强度的方法	CN105699363A	申请	2016-07	国内	发明专利	否
91	Multistage-atomization feed nozzle	CN:201610476558:A	申请	2017-11	国内	发明专利	否
92	Self-moving adjustable air flow purifying curtain	CN:201710360967:A	申请	2017-11	国内	发明专利	否
93	荧光粉复合物、LED 器件及其制备方法	CN201710545288.4	申请	2017-11	国内	发明专利	否
94	一种蓝色荧光材料及其制备方法	CN201610992718.2	申请	2017-04	国内	发明专利	否
95	用于保证路口主要相位时间的信号优化系统	CN201711223663.X	申请	2017-11	国内	发明专利	否
96	Multi-electrode sparking plug	CN:201710789325:A	申请	2017-11	国内	发明专利	否
97	多电极火花塞	CN201710789325.6	申请	2017-11	国内	发明专利	否

98	一种木构件用连接装置	CN201720397647.1	申请	2017-12	国内	发明专利	否
99	一种钙钛矿微晶发光材料、制备方法及其应用	2.017102290407E11	申请	2017-04	国内	发明专利	否
100	一种叠合板式剪力墙结构	CN106368353A	申请	2017-02	国内	发明专利	否
101	一种环形光束共聚焦纵向高分辨成像装置	CN201710655752.5	申请	2017-12	国内	发明专利	否
102	一种基于量子点的高精度掩膜	CN201710376126.2	申请	2017-08	国内	发明专利	否
103	金属自容触控基板的过孔刻蚀方法	CN201710322780.5	申请	2017-09	国内	发明专利	否
104	一种源漏电极过孔刻蚀工艺及应用	CN201710179475.5	申请	2017-09	国内	发明专利	否
105	一种避免像素电极 open 的结构设计及其制备工艺	CN201710017219.6	申请	2017-04	国内	发明专利	否
106	准分子激光退火制备桥式沟道多晶硅薄膜的方法	CN201611226821.2	申请	2017-06	国内	发明专利	否
107	一种基于无迹卡尔曼滤波的组合定位方法	CN201710365995.5	申请	2017-09	国内	发明专利	否
108	一种分数域中低运算复杂度的最优阶数搜索的装置和方法	CN201710216867.4	申请	2017-08	国内	发明专利	否
109	一种加权优化的 FIR 时域色散均衡的方法	CN201710133105.8	申请	2017-06	国内	发明专利	否
110	一种测量 WDM 光纤通信系统信道间非线性效	CN201710094483.X	申请	2017-09	国内	发明专利	否

	应的装置和方法						
111	一种宽波段制冷红外折反射全景镜头	CN201710535924.5	申请	2017-09	国内	发明专利	否
112	一种非制冷红外折反射全景镜头	CN201710535740.9	申请	2017-09	国内	发明专利	否
113	一种凝视型周视等作用距离红外成像系统设计方法	CN201710117031.9	申请	2017-07	国内	发明专利	否
114	一种量子点发光薄膜增强紫外成像探测器	CN201610962449.5	申请	2017-03	国内	发明专利	否
115	一种提高量子效率的PtSi红外探测器	CN201610832462.9	申请	2017-01	国内	发明专利	否
116	三维全息显示装置及方法	CN201710646977.4	申请	2017-12	国内	发明专利	否
117	一种消色差光栅、消色差方法及近眼显示系统	CN201710377700.6	申请	2017-09	国内	发明专利	否
118	一种基于微纳全息光波导的光学处理方法及系统	CN201710378077.6	申请	2017-09	国内	发明专利	否
119	基于贝里相位超颖表面的多平面全息复用方法	CN201710365993.6	申请	2017-08	国内	发明专利	否
120	多区视场角扩大及波导分层彩色显示方法及系统	CN201710267221.9	申请	2017-07	国内	发明专利	否
121	多层计算全息色像差消除及视度纠正波导显示方法和系统	CN201710260257.4	申请	2017-06	国内	发明专利	否

122	基于超颖表面-相变材料的任意偏振动态调控器件及方法	CN201710072725.5	申请	2017-05	国内	发明专利	否
123	基于非线性倍频及偏振特性的全息图像复用方法与系统	CN201611220799.0	申请	2017-03	国内	发明专利	否
124	Three-dimensional holographic display apparatus and method	CN:201710431114:A	申请	2017-12	国内	发明专利	否
125	一种复振幅调制全息超薄波导增强现实显示系统及方法	CN201611220891.7	申请	2017-05	国内	发明专利	否
126	基于线性微纳结构的复振幅全息调制方法与系统	CN201611220797.1	申请	2017-06	国内	发明专利	否
127	一种三维显示系统及其显示方法	CN201611185364.7	申请	2017-06	国内	发明专利	否
128	仿昆虫复眼的大视场单目3D头戴显示系统和显示方法	CN201611073494.1	申请	2017-02	国内	发明专利	否
129	一种大视场全息波导近眼显示系统	CN201611055899.2	申请	2017-03	国内	发明专利	否
130	大视场大尺寸仿生全息三维动态显示方法	CN201611057226.0	申请	2017-03	国内	发明专利	否
131	一种基于方形小孔阵列与微透镜阵列的光学图像耦合方法	CN201710231819.2	申请	2017-06	国内	发明专利	否
132	一种倒内锥孔加工装置以及加工检测方法	CN201610916285.2	申请	2017-01	国内	发明专利	否

133	检测颗粒质量的质谱装置、用途及测量方法	CN201610035260.1	申请	2017-07	国内	发明专利	否
134	一种加压冰囊带	CN201610831320.0	申请	2017-01	国内	发明专利	否
135	一种双干涉仪匹配解调的光纤传感测量方法及装置	CN201710248395.0	申请	2017-08	国内	发明专利	否
136	一种甲基碘化铵的制备方法	CN201710572536.4	申请	2017-11	国内	发明专利	否
137	Preparation method for methylammonium iodide	CN:201710572536:A	申请	2017-11	国内	发明专利	否
138	一种基于液晶材料的计算全息图及其制作方法	2.017100063165E12	申请	2017-01	国内	发明专利	否
139	基于最佳补偿位置的非球面顶点曲率半径误差测量方法	2.017100222424E12	申请	2017-01	国内	发明专利	否
140	一种基于液体透镜的自适应调焦方法及系统	2.017101558216E11	申请	2017-03	国内	发明专利	否
141	一种用于提高鬼成像效率的自适应成像方法	2.017101684505E11	申请	2017-03	国内	发明专利	否
142	一种基于非线性优化的数字莫尔条纹相位提取方法	2.01710136277E11	申请	2017-03	国内	发明专利	否
143	基于液晶计算全息图的同步移相干涉测量系统及方法	2.017102350959E11	申请	2017-04	国内	发明专利	否
144	一种超高速运动目标外形尺寸光电在线测试系统及方法	2.017104129689E11	申请	2017-06	国内	发明专利	否

145	一种变分辨率探测与识别一体化的方法与系统	2.0171014795E11	申请	2017-03	国内	发明专利	否
146	一种仿生超分辨传感器设计方法	201710413455.X	申请	2017-06	国内	发明专利	否
147	一种光学相控阵变分辨率成像系统及方法	201710694191.X	申请	2017-08	国内	发明专利	否
148	一种预置波形匹配的高精度测距系统及方法	2.017106943883E11	申请	2017-08	国内	发明专利	否
149	一种大视场快速扫描的双光源同轴标定系统及调整方法	2.017104138584E11	申请	2017-06	国内	发明专利	否
150	将小波分析和低通滤波结合的数字莫尔条纹相位提取方法	2.017105692159E11	申请	2017-07	国内	发明专利	否
151	基于空间光调制器参考面的非球面干涉测量系统及方法	2.01710340721E11	申请	2017-05	国内	发明专利	否
152	一种有效训练深度卷积神经网络的方法	CN201710732378.4	申请	2017-08	国内	发明专利	否
153	基于部分补偿法的双波长相移干涉非球面测量方法及装置,,	CN201711019962.1	申请	2017-10	国内	发明专利	否
154	基于 MOEMS 器件的双联动仿人眼激光扫描成像系统	ZL201510453995.1	申请	2017-10	国内	发明专利	否
155	一种基于 CMOS 图像传感器的自适应分辨率实现方法	ZL201410286092.4	申请	2017-06	国内	发明专利	否

156	一种视频图像稳定方法及装置	ZL2014103261037	申请	2017-05	国内	发明专利	否
-----	---------------	-----------------	----	---------	----	------	---

备注：（1）国内外内容相同的不得重复统计。

（2）类型：分为专利（仅包括发明专利）、新药证书、数据库、动/植物新品种、临床批件等。

（3）PCT 为 Patent Cooperation Treaty（专利合作协定）的简写，是专利领域的一项国际合作条约，即在一个专利局（受理局）提出的一件专利申请（国际申请），申请人在其申请中（指定）的每一个 PCT 成员国都有效，从而避免了在几个国家申请专利，在每一个国家都要重复申请和审查。

（4）PCT 申请填写是、否即可。

4、制（修）订技术标准

序号	名称	编号	类型	类别

备注：（1）类型分别为国际标准、国家标准、行业标准、地方标准四类。

（2）类别有 A、B 两类，A 是指重点实验室牵头制（修）订的技术标准，B 是指重点实验室参与制（修）订的技术标准。

5、获奖成果

序号	项目名称	奖项名称	奖项等级	奖项类别	评奖单位	主要完成人	主要完成人排名	获奖年度

备注：（1）奖项名称指国家自然科学奖、北京市科学技术奖等。

（2）奖项等级指特等、一等、二等、三等四类。

（3）奖项类别指国家级、省部级、行业协会三类。其中国家级仅限“国家最高科学技术奖、国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖和国际科学技术合作奖”5 类。

（4）评奖单位指科技部、教育部、北京市科委等单位。

6、技术合同

序号	技术合同名称	主持人	委托单位	委托省份	年度	技术合同类型	合同额（万元）
1	钙钛矿量子点电致发光器件	钟海政	京东方科技集团	北京	2016-01	技术转让	20.0

1. 备注：技术合同类型指技术开发、技术转让、技术服务和技术咨询四类。

附件 2 队伍建设情况明细表

1、专职人员

序号	姓名	性别	出生年月	职称	实验室职务	所学专业	最后学位	学术兼职	高端人才情况	
									人才类型	获得时间
1	邹炳锁	男	1965-01-10	正高	实验室主任	纳米光子学材料与技术	博士		长江学者 博士生导师	- -
2	张向东	男	1967-11-30	正高	实验室副主任	凝聚态物理	博士		国家杰出青年科学基金获得者 博士生导师	- -
3	姚裕贵	男	1971-03-01	正高	学科带头人	理论物理	博士		万人计划 长江学者 国家杰出青年科学基金获得者 博士生导师	- - - -
4	邵彬	男	1961-10-18	正高	其他	凝聚态物理	博士		博士生导师	
5	邹健	男	1960-05-09	正高	其他	凝聚态物理	博士		博士生导师	-

6	郝群	女	1968-01-22	正高	实验室副主任	光学工程	博士		博士生导师	-
7	江毅	男	1967-09-07	正高	其他	工学工程	博士		博士生导师	
8	杨盛谊	男	1971-10-11	正高	其他	物理学	博士		博士生导师 市科技新星 其他	- -
9	刘娟	女	1970-11-14	正高	其他	光学工程	博士		博士生导师	
10	邓罗根	男	1961-02-25	正高	其他	凝聚态物理	博士		博士生导师	
11	谢海燕	女	1975-05-09	正高	其他	生物工程	博士		国家优秀青年科学基金获得者 博士生导师 其他	- -
12	钟海政	男	1981-10-07	正高	学科带头人	材料科学与工程	博士		国家优秀青年科学基金获得者 博士生导师 市科技新星 其他	- 2014-7 -
13	刘瑞斌	男	1977-06-19	副高	其他	物理学	博士			
14	蒋剑良	男	1967-09-13	副高	其他	光学工程	博士			
15	江兆潭	男	1975-07-26	正高	其他	凝聚态物理	博士		博士生导师 其他	-
16	张用友	男	1982-07-14	副高	其他	理论物理	博士			
17	石丽洁	女	1978-06-15	副高	实验室联系人	物理学	博士			
18	蒋玉蓉	女	1971-03-17	副高	其他	光电子	博士			
19	杨爱英	女	1975-06-11	正高	其他	光通信	博士		博士生导师	2013-9
20	冯立辉	男	1976-11-17	其他	其他	光电子	博士			
21	吴汉春	男	1978-10-02	正高	其他	凝聚态物理	博士		博士生导师	-

22	王荣瑶	女	1967-04-20	正高	其他	纳米光子学	博士		博士生导师	-1
23	章婷	女	1978-03-12	副高	其他	光学工程	博士			
24	徐超	男	1979-05-07	其他	其他	光学工程	博士			
25	康果果	男	1980-10-10	其他	其他	光学工程	博士			
26	常帅	男	1989-01-25	其他	其他	材料科学与工程	博士			
27	王岭雪	女	1973-08-23	副高	其他	光学工程	博士		博士生导师	-1
28	喻志农	男	1968-08-09	副高	其他	光电工程	博士			
29	韩俊峰	男	1981-06-22	副高	其他	凝聚态物理	博士			
30	郭伟	男	1980-06-01	副高	其他	凝聚态物理	博士			
31	刘铖铖	男	1985-07-22	副高	其他	凝聚态物理	博士			
32	苏文勇	男	1974-01-07	副高	其他	凝聚态物理	博士			
33	冯万祥	男	1983-07-07	副高	其他	凝聚态物理	博士			
34	杨帆	男	1975-02-11	正高	其他	凝聚态物理	博士		博士生导师	2012-1
35	吕勇军	男	1977-12-08	副高	其他	凝聚态物理	博士			
36	赵宏康	男	1959-09-23	正高	其他	凝聚态物理	博士		博士生导师	2005-1
37	何建锋	男		副高		凝聚态物理	博士			
38	李军刚	男	1982-08-21	副高	其他	凝聚态物理	博士			
39	刘贵斌	男	1982-02-23	副高	其他	凝聚态物理	博士			
40	王志	男	1977-08-01	副高	其他	凝聚态物理	博士			
41	邢艳霞	男	1979-07-02	副高	其他	凝聚态物理	博士		博士生导师 其他	2016-1

42	宋新兵	男		中级		凝聚态物理	博士			
43	张力达	男		中级		凝聚态物理	博士			
44	陈天	男	1987-03-05	中级	其他	凝聚态物理	博士			
45	陈棋	男	1982-08-01	正高	学科带头人	材料科学与工程	博士		千人计划 博士生导师	- 2016-1
46	马杰	男	1982-02-09	正高	其他	凝聚态物理	博士		千人计划 博士生导师	- 2016-1
47	李煜璟	男	1985-07-10	正高	其他	材料科学与工程	博士		博士生导师	-
48	曹杰	男		副高	其他	仪器科学与技术	博士			

备注：（1）专职人员：指经过核定的属于实验室编制的人员。

（2）职称只限填写正高、副高、中级、其它四类。

（3）实验室职务：实验室主任、实验室副主任、学术带头人、实验室联系人、其他。

（4）学术兼职：标明兼职机构团体名称、任职情况、任职时间等。

（5）高端人才情况：是否院士、享受国务院特殊津贴专家、博士生导师、万人计划、千人计划、国家杰出青年科学基金获得者、国家优秀青年科学基金获得者、长江学者、百人计划、科技北京领军人才、海聚工程人才、高聚工程人才、市科技新星等。

2、人才引进

年度	2015	2016	2017
千人计划 (填写姓名)		陈棋	马杰
海聚工程 (填写姓名)			

海外青年千人 (填写姓名)		孙静雅	
总数		2	1

3、人才培养

年度 类型	2015	2016	2017
科技北京领军人才 (填写姓名)			
科技新星 (填写姓名)			
职称晋升	填写数量即可	2	1
毕业博士	19	18	20
毕业硕士	49	43	45
万人计划 (填写姓名)		姚裕贵	
总数	68	63	66

备注：人才培养中博士、硕士指研究方向与实验室方向吻合，且在考评期内毕业的学生数量。

附件 3 学术委员会召开情况表

1、学术委员会名单

序号	姓名	单位	职称	研究方向	学术委员会职务
1	解思深	中科院物理所	正高	纳米科学	主任
2	龚旗煌	北京大学	正高	光子学与光子技术	副主任
3	郭林	北京航空航天大学	正高	纳米材料设计合成	委员
4	喻松林	华北光电技术研究所	正高	光电成像与系统	委员
5	夏安东	中科院化学所	正高	飞秒光谱技术	委员
6	蔡毅	兵器集团	正高	探测成像	委员
7	刘国旭	易美芯光（北京）科技有限公司	其他	半导体材料 LED 封装技术	委员
8	滕枫	北京交通大学	正高	光电材料	委员
9	邹炳锁	北京理工大学	正高	半导体纳米光子材料	副主任
10	张向东	北京理工大学	正高	纳米光子理论与调控	委员
11	郝群	北京理工大学	正高	微纳系统与光紧密探测	委员
12	姚裕贵	北京理工大学	正高	计算物理和量子功能材料设计与制备	委员

备注：学术委员会职务指主任、副主任和委员三类。

2、学术委员会召开情况

序号	时间	地点	学术委员会出席名单	学术委员会主要建议
1	2017-12	北理工 研究生楼 111 会议室	解思深、郭林、喻松林、夏安东、蔡毅、邹炳 锁、张向东、郝群	学术委员会指出实验室要以纳米光子学材料与 器件技术为基础，争取与军工应用加强结合，突出 科研特色，突出服务北京经济和社会发展、创新研 究与应用结合的特点。

附件 4 开放交流情况明细表

1、开放课题

序号	开放课题名称	负责人	职称	工作单位	年度	总经费（万元）
1	硫化镉掺杂锰离子纳米结构的光学性质研究	周伟昌	副教授	湖南师范大学	2015-2015	2.0
2	新型合金纳米带的光学性质	代国章	副教授	中南大学	2015-2016	1.0
3	新型二维材料的光电响应	李京波	教授	广东工业大学	2016-2017	1.0
4	过渡金属离子掺杂量子点的光学响应	曾若生	研究员	桂林电子科技大学	2016-2017	1.0

2、访问学者:

序号	姓名	国别	单位	访问时间与成效
1	GREGORY DENTON SCHOLES	美国	美国普林斯顿大学	2015年9月8日-25日;

2	BRIAN ALLAN KORGEL	美国	德州大学奥斯丁分校	2015年11月25日-12月2日
3	KUI YU	加拿大	加拿大科学院工业研究所	2015年7月1日-9日
4	QIBING PE	美国	加州大学洛杉矶分校	2015年6月16-7月10日
5	JOHN MICHAEL COEY	爱尔兰	爱尔兰三一学院	2015年11月4日-7日;
6	张用友	沙特阿拉伯	阿卜杜拉国王科技大学	2015.8-2016.8 加强了两校学术交流, 产生合作论文
7	Fahimeh Hajipour	伊朗	Tarbiat Modares University	6个月, 已经完成了量子点传感器的设计和制备
8	Gregorgy Scholes	美国	普林斯顿大学	2016.11.29, 延续了彼此的合作。
9	高明远	中国	中国科学院化学研究所	2016.4.18
10	王静	中国	中山大学化学学院	2016.7.15
11	陆洲	中国	中国科学院化学研究所	2016.10.25
12	严清峰	中国	清华大学化学系	2016.11.22
13	余志滨	美国	佛罗里达大学	2016.11.28
14	Alexxy Kavokin	英国	University of Southampton, United Kingdom	2016.11.19, 强化了合作关系, 发表了合作论文 (ACS photonics 2016; J.Phys.Communication 2017), 正在开展进一步合作。

3、向社会开放

序号	开放时间	开放方式与成效
1	2016-01	支持湖南师范大学周伟昌副教授的联合课题, 现有数篇合作论文发表或在投 (Zou SY, Zhou WC; Liu RB, Zou BS, Cavity-Enhanced Microphotoluminescence in a Core-Shell n-p CdS/CdO Micrometer Wire and Its Efficient Surface Photovoltage Responses in the Whole Visible)

		Range, JPCC 121 (26), 14349-14358(2017)
2	2016-01	与中南大学物理学院代国章副教授合作研究，开展合金纳米带制备和光学性质研究，工作在进行中。
3	2016-01	与广州工业大学李京波教授开展合作研究，合作研究光电材料与器件性质，发表合作论文（ Hou LP, Zhou WC, Zou BS, Zhang Y, Han JB, Yang XX, Gong ZH, Li JB, Xie SS and Shi LJ, Spin-exciton interaction and related microphotoluminescence spectra of ZnSe:Mn DMS nanoribbon, Nanotechnology 28, 105202 (2017) ）工作在进行中。
4	2017-01	与桂林电子科技大学曾若生研究员开展合作研究，培养研究生，发表合作论文（1） Bao Ke, Xianwei Bai, Rongkai Wang, Yayun Shen, Chunxiao Cai, Kun Bai, Ruosheng Zeng, Bingsuo Zou, Zhencheng Chen, Alkylthiol-enabled Se powder dissolving for phosphine-free synthesis of highly emissive, large-sized and spherical Mn-doped ZnSeS nanocrystals [J]. Rsc Advances, 2017, 7(71):44867-44873; (2) Bai Xianwei; Zhong Haizheng, ; Chen Bingkun, Chen Cheng, Han Junbo, Zeng Ruosheng, Zou Bingsuo, Pyridine-Modulated Mn Ion Emission Properties of C10H12N2MnBr4 and C5H6NMnBr3 Single Crystals , J. PHYS. CHEM. C, 122 (5), 3130-3137 (2018)。

4、学术会议交流：（仅限主/承办会议，参与性会议不予填写）

序号	学术会议名称	会议类别	时间	地点	会议主题
1	PWmat 软件在材料基因组快速搜索和含时密度泛函（TDDFT）领域的典型应用交流会	国内	2016-06	北京理工大学研究生楼 112	基因组快速搜索和含时密度泛函理论
2	International Seminar on Advanced Materials Research (2016 ISAMR) 纳	国际	2016-10	云南昆明	纳米光子学材料

米光子学材料分会				
----------	--	--	--	--

备注：会议类别指国际会议和国内会议。

5、在国际会议做特邀报告

序号	学术会议名称	时间	地点	特邀报告主讲人	报告主题
1	Conference on Education and Training in Optics and Photonics (ETOP)	2015-06	Bordeaux, FRANCE	Hao, Q (Hao, Qun)	Implementing project-based pedagogy in Optical System Design courses development
2	International Conference on Optical Instruments and Technology - Optical Sensors and Applications	2015-05	Beijing, PEOPLES R CHINA	Jiang, JL (Jiang, Jianliang)	Infrared absorption modeling of VOx microbolometer
3	International Conference on Optical Instruments and Technology - Optoelectronic Devices and Optical Signal Processing	2015-05	Beijing, PEOPLES R CHINA	Feng, LH (Feng Lihui)	VLC indoor positioning system based on iterative algorithm
4	Conference on Practical Holography XXIX - Materials and Applications	2015-02	San Francisco, CA	Kang, GG (Kang, Guoguo)	Compensation of laser wavelength drift in collinear holographic storage system
5	The 5th Conference on Advances in Optoelectronics and Micro/Nano-optics (AOM 2015)	2015-10	Hangzhou, PEOPLES R CHINA	Zhang XD(Zhang Xiangdong)	Novel physical phenomena based on plasmon hot spots
6	Applied Optics and Photonics China, 2015	2015-05	Beijing, PEOPLES R CHINA	Song Y(Song Yong)	Research on the space-variant image sensor based on optical method
7	the Energy , material , nanotechnology	2015-06	土耳其, 伊斯坦布尔	Zou BS(Zou Bingsuo)	II-VI 族半导体稀磁半导体纳米结构的纳米光子学表征与物性

8	美国电化学学会第 228th 年会	2015-10	美国, 凤凰城	钟海政	Tuning the Luminescence Properties of Organometal Halide
9	International Photonics and OptoElectronics (POEM)	2015-06	中国, 武汉	钟海政	Brightly-Luminescent and Color-Tunable Colloidal
10	EuroDisplay 2015	2015-09	比利时, 根特	钟海政	Emerging Materials and Processes for Quantum Dots based Display Technology
11	The 12th International Bhurban Conference on Applied Science and technology	2015-01	巴基斯坦, 伊斯兰堡	钟海政	Semiconductor Nanocrystals based Light-emitting and Display
12	IC-LYMS2015	2015-12	中国, 三亚	邹炳锁	preparation and optical prtoperties of IIVI DMS nanostrucutres
13	The 9th International Conference on Computational Nanoscience and New Energy Materials	2016-06	Shanghai	Yugui Yao	Berry Phase & First-Principles Design on Topological Quantum Materials
14	10th International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics - Metamaterials 2016	2016-01	希腊	张向东	Novel physical phenomena based on plasmon hot spots
15	IAS Winter School & Workshop on Advanced Concepts in Wave Physics:Topology and Party_Time Symmetries	2016-01	香港	张向东	The topological flat band in photonic crystal
16	Sixth International Conference on Optofluidics	2016-07	北京	刘娟	Review of holographic display
17	Optics Frontier—The 8th International Conference on Information Optics and Photonics	2016-07	上海	刘娟	DOE and its applications

	(CIOP 2016)				
18	Photonics Asia 2016	2016-01	北京	刘娟	Review on holographic display and future research trade
19	Conference on Three Dimensional Image Acquisition and Display Technology	2016-10	浙江	刘娟	Holographic Display Based on micro- & nano- devices
20	(1) 2016 先进材料研究国际论坛研讨会	2016-01	昆明	谢海燕	仿生磁小体系统构建及其生物学应用
21	9th Singapore International Chemistry Conference (SICC-9)	2016.12.11-14	新加坡	钟海政	Organometal Halide Perovskite Quantum Dots: Synthesis, Optical Properties, and Display Applications
22	The 23rd International Display Workshops in conjunction with Asia Display 2016	2016.12.07-09	日本福冈	钟海政	Halide Perovskite Quantum Dots: New Generation Materials for Display Applications
23	9th International Photonics and OptoElectronics Meetings (POEM 2016)	2016.11.02-05	湖北武汉	钟海政	Halide Perovskite Quantum Dots: New Generation Materials for Display Applications
24	首届兵器工程大会	2017-10	重庆	郝群	适用于快速机动平台的变焦稳像集成成像理论与方法
25	Applied Optics and Photonics 国际会议	2017-06	北京	郝群	Digital Moiré based transient interferometry and its application in optical surface measurement.
26	Optical Instrument and Technology 国际会议	2017-10	北京	郝群	Partial compensation interferometry for measurement of surface parameter error of high-order aspheric surfaces
27	"11th International Congress on Advanced Electromagnetic	2017-08	法国马赛	张向东	Detection of Molecule Chirality Based on Plasmonic Nanostructures

	Materials in Microwaves and Optics - Metamaterials 2017"国际会议				and Metamaterial
28	AOM2017: The 6th advances in optoelectronics and micro/nano-optics"国际会议	2017-04	南京	张向东	Giant chiroptical effect caused by the electric quadrupole
29	中国国际显示会议 (ICDT 2017)	2017-02	福州	钟海政	Halide Perovskite Quantum Dots: New Generation Materials for Display Applications
30	Nordic-Asia workshop on perovskite optoelectronics	2017-05	瑞典林雪平大学	钟海政	Hybrid halide perovskite quantum dots: potential alternative materials for display applications
31	Asian Pacific Conference on Chemistry of Materials 2017	2017-08	开封, 河南大学	邹炳锁	The optical properties of II-VI diluted magnetic semiconductor nanostructures
32	9th World congress on Materials Science and engineering	2017-06	Rome, Italy	邹炳锁	The nanophotonic behaviors of wideband diluted magnetic semiconductor nanostructures
33	MRS (MATERIALS RESEARCH SOCIETY) Fall Meeting	2017-11	Hynes Convention Center, Boston, Massachusetts, USA	姚裕贵	Novel Topological Quantum States in Silicene, Germanene and Stanene
34	27th International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors (ICANS 27)	2017-08	Seoul, Korea	钟海政	Halide Perovskite Quantum Dots: New Generation Materials for Display Applications
35	THE 24TH INTERNATIONAL DISPLAY WORKSHOPS Sendai	2017-12	Sendai, Japan	钟海政	(5) Halide Perovskite Quantum Dots: New Generation Materials for Display Applications
36	Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim (CLEO-PR)	2017-07		钟海政	Halide Perovskite Quantum Dots: New Generation Materials for Display Applications

37	Applications International Conference on Energy, Materials and Photonics 2017 (EMP 17)	2017-05	深圳南方科技大学	钟海政	(8) Hybrid Halide Perovskite Quantum dots: Potential Alternative Materials for Display
38	Nordic-Asia workshop on perovskite optoelectronics	2017-05	瑞典林雪平大学	钟海政	Hybrid halide perovskite quantum dots: potential alternative materials for display applications
39	中国国际显示会议 (ICDT 2017)	2017-02	福州	钟海政	Halide Perovskite Quantum Dots: New Generation Materials for Display Applications
40	MRS (MATERIALS RESEARCH SOCIETY) Fall Meeting	2017-11	Hynes Convention Center, Boston, Massachusetts, USA	陈棋	Congeneric Incorporation of CsPbBr ₃ Nanocrystals in Hybrid Perovskite Heterojunction for Photovoltaic Efficiency Enhancement

6、“一带一路”合作情况

序号	合作单位	国别	合作内容（简述 200-300 字左右）
1	张用友副教授去沙特阿拉伯国王大学访问合作	沙特阿拉伯	利用含时密度泛函理论，研究了有限长碳纳米管中的光激发，在时空域中给出了自旋-电荷分离的证据。证明了电荷密度波是由电子单重态的集体激发引起的，而自旋密度波是由于电子三重态引起的。双方合作发表了合作论文 (Zhang YY, Zhang QY, Schwingenschlogl U, Spin-Charge Separation in Finite Length Metallic Carbon Nanotubes, Nano Letters 17, 6747(2017))
2	与 Majmaah 大学理学院物理系助理教授 M. A. Kamran 合作	沙特阿拉伯	稀磁半导体材料的制备-光学性质及其应用： 双方合作在宽带隙半导体的过渡金属离子掺杂形成的稀磁半导体的制备和光学性质开展系统深入的研究，探讨其未来应用的可能性。合作发表论文多篇 (J.Mater.Chem. C 2017; Physica E-Low-Dimensional Systems & Nanostructures, 2017; Acs Photonics,2016)。

附件 5 绩效报告公示照片（A4 纸彩色打印）