**附件1**

**奖种：上海市自然科学奖**

**项目名称：新型微纳结构及其对光、电过程的操控**

**项目简介**

本项目属于光电子学与激光技术学科研究领域。具有新颖电子态和丰富光电性能的固体微纳结构是现代光电子科学技术发展的源泉，是开发新型光电子器件、自旋电子器件的重要基础。基于新型微纳结构中的光、电过程和光电耦合所表现的新奇特性，本项目研究了多种微纳结构的构筑，及其电子态、电学输运特性、光电耦合与操控。项目的重要科学发现、意义和影响表现在以下几方面。

通过研究InAsSb纳米薄膜中电子带间跃迁性质，揭示了III-V族窄带隙半导体材料体系中电子结构的一般特点，确定了电子在布里渊区临界点的能量值以及能量随组分的变化，为光电器件设计和制备提供了重要数据支撑。本工作中能量与组分的关系图被Wiley出版的图书《Properties of Semiconductor Alloys: Group-IV, III-V and II-VI Semiconductors》引用，且被国际权威Landolt-Bornstein科技数据库收录。

如何实现自旋极化电子在空间的有效分离并对电子自旋流进行有效调控是电子的自旋属性被发现以来科技界长期面临的重大科学难题。通过对HgTe/Hg0.3Cd0.7Te量子阱中二维电子气输运性质的研究，发现二维电子气存在奇异的巨Rashba自旋-轨道（SO）分裂效应，零磁场下Rashba分裂能高达30meV，为研制自旋电子器件提供了理想的材料结构。该工作被Nature Physics等国际顶级期刊多次引用。

零带隙的半金属和柔性半导体材料赋予了传统半导体光电器件更多的属性。本项目通过理论建模和分析，发现金属玻璃态和液态具有相似的短程和中程序，二十面体是金属玻璃体系特有的短程有序结构，液态条件下二十面体的数量决定了该材料能否形成金属玻璃；给出了Ti3N4、Zr3N4、Hf3N4三种材料的带隙、弹性模量和静态介电性常数等数据。这些成果为液态合金的研究以及金属玻璃的制备提供了理论方法和现实指导，为材料应用指明了方向。

通过微纳结构操控电子的运动是提高电子输运效率和设计新型器件的有效手段。本项目通过研究WO3和CuS纳米晶的电子迁移，发现表面修饰能有效操控这类半导体材料的电子态；阐明了纳米晶高灵敏的气敏传感特性的作用机理，直接促成了高灵敏气体传感器的实现。

借助微纳结构优化设计增强宽光谱范围光吸收，是大幅提高光电器件性能的重要途径。通过研究Si纳米锥阵列的光吸收性质，发现锥状结构可以增强光子与电子的耦合作用，连续调控米氏共振的频率，实现Si光伏器件的高效光学利用，为提高硅光伏电池的性能提供了新的技术方案。

本项目共授权中国发明专利8项，8篇代表性SCI论文他引近400次。研究成果成功构筑了多种微纳结构，揭示了其新奇光、电、光电耦合现象及其操控，得到了国际同行的高度评价和广泛关注，部分物理公式被Wiley（世界第一大独立的学术图书出版商和第三大学术期刊出版商）出版的图书和国际权威的Landolt-Bornstein科技数据库收录，多个结果被Springer出版的《Springer Series in Light Scattering》和《Advances in Silicon Solar Cells》两部著作引用，1篇代表性论文被《Scientific Reports》学术期刊选为高被引文章。

**知识产权情况**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 国别 | 知识产权类别 | 授权号 | 名称 | 有效状态 |
| 1 | 中国 | 发明专利 | ZL201410121076.X | 一种降低GaAs薄膜杂质含量的制备方法 | 有效 |
| 2 | 中国 | 发明专利 | ZL201310043657.1 | 一种垂直提拉生长碲锌镉单晶的装置和方法 | 有效 |
| 3 | 中国 | 发明专利 | ZL201310039596.1 | 一种用于超薄外延层生长的液相外延石墨舟及其生长方法 | 有效 |
| 4 | 中国 | 发明专利 | ZL201210405483.4 | 不同量子点沿一维纳米线分段组装的方法 | 有效 |
| 5 | 中国 | 发明专利 | ZL201110353530.9 | 一种可连续生长多层膜的防止母液残留的液相外延石墨舟 | 未缴年费，专利权终止 |
| 6 | 中国 | 发明专利 | ZL200910047695.8 | 一种防止母液大面积残留的液相外延石墨舟 | 未缴年费，专利权终止 |
| 7 | 中国 | 发明专利 | ZL20111008823.5 | 一种WO3纳米晶的制备方法 | 未缴年费，专利权终止 |
| 8 | 中国 | 发明专利 | ZL201110354641.3 | 一种制备InAsSb量子点的方法 | 未缴年费，专利权终止 |

**代表性论文专著目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称/刊名/作者 | 影响因子 | 年卷页码 | 发表时间/年 月 日 | 通讯作者 | 第一作者 | SCI他引次数 | 他引总次数 | 是否国内完成 |
| 1 | High-lying interband transitions and optical properties of InAs1-xSbx films/ Physical Review B/ H.Y. Deng and N. Dai | 3.836 | 2006,73:113102  | 2006年3月8日 | 戴宁 | 邓惠勇 | 3 | 7 | 是 |
| 2 | Giant spin-orbit splitting in a HgTe quantum well/ Physical Review B/ Y.S. Gui, C.R. Becker, N. Dai, J. Liu, Z.J. Qiu, E.G. Novik, M. Schäfer, X.Z. Shu, J.H. Chu, H. Buhmann, and L.W. Molenkamp | 3.836 | 2004,70:115328 | 2004年09月27日 | C. R.Becker | 桂永胜 | 81 | 108 | 是 |
| 3 | Optical properties of cubic Ti3N4, Zr3N4, and Hf3N4/ Applied Physics Letters/ M. Xu, S.Y. Wang, G. Yin, J. Li, Y.X. Zheng, and L.Y. Chen | 3.411 | 2006, 89: 151908 | 2006年10月11日 | 王松有 | 俆明 | 56 | 73 | 是 |
| 4 | Experimental and ab initio molecular dynamics simulation studies of liquid Al60Cu40 alloy/ Physical Review B/ S.Y. Wang, M.J. Kramer, M. Xu, S. Wu, S.G. Hao, D.J. Sordelet, K.M. Ho, and C.Z. Wang | 3.836 | 2009, 79: 144205 | 2009年4月17日 | 王松有 | 王松有 | 58 | 69 | 是 |
| 5 | Controllable synthesis of WO3·*n*H2O microcrystals with various morphologies by a facile inorganic route and their photocatalytic activities/ New Journal of Chemistry/ [J.C. Shi](http://pubs.rsc.org/-/results?searchtext=Author%3AJichao%20Shi), G.J. Hu, R. Cong, H.J. Bu, and  N. Dai | 3.269 | 2013,37:1538 | 2013年3月4日 | 戴宁 | 史继超 | 30 | 37 | 是 |
| 6 | WO3 nanocrystals: Synthesis and application in highly sensitive detection of acetone/ Sensors and Actuators B-Chemical/ J.C. Shi, G.J. Hu, Y. Sun, M. Geng, J. Wu, Y.F. Liu, M.Y. Ge, J.C. Tao, M. Cao, and N. Dai | 5.401 | 2011,156: 820 | 2011年3月3日 | 戴宁 | 史继超 | 40 | 60 | 是 |
| 7 | Surface-dependent localized surface plasmon resonances in CuS nanodisks/ ACS Applied Materials & Interfaces/ T.X. Wei, Y.F. Liu, W.J. Dong, Y. Zhang, C.Y. Huang, Y. Sun, X. Chen, and N. Dai | 7.504 | 2013,5:10473 | 2013年10月18日 | 戴宁 | 魏调兴 | 49 | 50 | 是 |
| 8 | Broadband optical absorption by tunable Mie resonances in silicon nanocone arrays/ Scientific Reports/ Z.Y. Wang, R.J. Zhang, S.Y. Wang, M. Lu, X. Chen, Y.X. Zheng, [L.Y. Chen](https://www.nature.com/articles/srep07810#auth-7), Z. Ye, C.Z. Wang, and K.M. Ho | 4.847 | 2015,5:7810 | 2015年1月15日 | 王松有 | 王子仪 | 50 | 66 | 是 |

**主要完成单位**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **排名** | **单位名称** | **单位性质** |
| 1 | 中国科学院上海技术物理研究所 | 科研院所 |
| 2 | 复旦大学 | 科研院所 |

**主要完成人**

戴宁，王松有，邓惠勇，禇君浩，桂永胜