

陕西省科学技术奖提名公示内容（省自然科学奖）

1、项目名称

表界面太赫兹波辐射、传输与调控的物理机理与方法研究

2、主要完成人

徐新龙，周译玄，黄媛媛，靳延平

3、提名单位

陕西省教育厅

4、提名意见

凝聚态物质表界面处太赫兹（THz）电磁波的辐射、传输与调控，不仅反映了物质表界面的线性与非线性光物理响应过程，也为发展高性能 THz 光电功能器件提供了物理基础，是当前 THz 科学与技术领域的前沿研究方向。该项目聚焦先进光电材料的表界面 THz 物理开展了系统深入的研究，在辐射新机理、传输新方法和调控新方案三个层面取得了以下创新性成果：（1）率先揭示了新型范德华半导体表界面 THz 波辐射的新物理，阐明了从超快线性光电流到非线性极化与非线性光电流的产生机理，实现了半导体物理与 THz 技术的深度融合；（2）开创性地提出了基于范德华半金属材料的 THz 波表界面传输阻抗匹配普适模型，实验上验证了该模型在不同角度入射下的阻抗匹配特性，以及实验上规模化应用的可行性；（3）深入阐明了先进材料表界面处载流子超快动力学响应在 THz 波段的演化和调控机制，构建手性结构成功实现了 THz 波的非对称透射与偏振转换的有效调控。该项目将 THz 技术发展成为研究凝聚态物质表界面特性的有力工具，并为未来可重构、主动式 THz 波辐射与调控器件奠定了坚实的科学基础。5 篇代表性论文总他引频次达 276 次，相关工作获得了中国科学院院士、中国工程院院士、美国科学院院士等国内外众多知名学者的正面评价和大篇幅引用。

项目成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖提名条件。

提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。

5、项目简介

本项目属于光物理方向的前沿基础研究领域。

表界面科学是半导体、信息、光学等领域的共性基础科学。凝聚态物质中的电荷转移、电子输运、光电转化、对称性破缺等关键物理过程均源自其表界面处的微观相互作用，对物质的宏观理化性质具有显著影响，直接决定了现代光电子器件的性能。本项目聚焦凝聚态物质表界面处 THz 波辐射机理不明、界面反射损耗抑制电磁波传输效率、以及表界面载流子动力学与偏振调控难等关键科学问

题，构建了 THz 波表界面辐射-传输-调控的全链条研究体系，取得以下创新性成果：（1）率先揭示了基于新型范德华半导体材料线性与非线性光物理的 THz 波表界面辐射新机理[代表性论文第 2、5]；（2）构建了 THz 波在表界面传输的阻抗匹配普适模型，并开拓了多物理场作用下表界面 THz 波高效传输的新方法[代表性论文第 4]；（3）阐明了新型范德华半导体在 THz 波段载流子超快动力学响应及其调控机制，并实现了 THz 波非对称透射与偏振转换的有效调控[代表性论文第 1、3]。

项目聚焦于表界面科学和 THz 领域的交叉科学问题，项目成果获 3 项国家自然科学基金、1 项陕西省科技创新团队项目与 1 项陕西省杰青项目的资助，获 2024 年陕西高等学校科学技术研究优秀成果一等奖。5 篇代表性论文总他引频次达 276 次，被国内外学者在 Nature Physics、Science Advances、Light: Science & Applications 等顶级期刊积极评价和大篇幅引用。

6、客观评价

本项目 5 篇代表性论文均发表于本领域权威期刊，按照发表当年期刊数据统计，均属 JCR Q1 区，其中 4 篇为中科院一区 TOP，1 篇为二区 TOP，总他引 276 次，受到国内外同行广泛认可。

在辐射机理方面（发现点 1），团队率先揭示了基于线性与非线性光物理的 THz 波表界面辐射新机制，获清华大学周济院士、斯坦福大学 Tony Heinz 院士等知名学者高度认可，获评“成功将 THz 技术应用于凝聚态体系”、“为二维材料物理研究提供新兴视角”。申请人受邀在物理类重要期刊 Applied Physics Reviews 和 Journal of Physics: Condensed Matter 发表相关主题综述 2 篇，其中一篇入选 Featured Article 和高被引论文。

在传输方法方面（发现点 2），团队创新性构建了 THz 波表界面阻抗匹配普适模型和多物理场作用下高效传输新方法，被美国布法罗大学 Einarsson Erik 教授、中国工程物理研究院朱礼国教授、都柏林圣三一学院院长 Valeria Nicolosi 教授等多个团队的高度认可和持续引用。相关成果参与发表 Wiley 出版社专著《Graphene Optoelectronics》。

在调控机制方面（发现点 3），团队阐明了 THz 波段载流子超快动力学过程，实现了非对称透射与偏振转换的有效调控，成果受到中国科学院崔建斌院士、南洋理工大学 Ranjan Singh 教授、国家级人才范同祥教授等学者的广泛引用与推荐，相关器件技术被评价为“对 THz 技术成功应用非常关键”。申请人提出“THz 界面物理”新概念，受邀在 Journal of Physics D: Applied Physics 发表主题综述，并撰写面向 21 世纪纳米科学的 THz 光谱研究新体系书目章节（Taylor & Francis 出版社）。

7、代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI 他引次数	他引总次数	知识产权是否归国内所有
1	Tunable circular polarization conversion and asymmetric transmission of planar chiral graphene-metamaterial in terahertz region	Carbon	Huang Yuanyuan, Yao Zehan, Hu Fangrong, Liu Changji, Yu Leilei, Jin Yanping, Xu Xinlong	2017 年 119 卷 305-313 页	2017-06-16	Jin Yanping, Xu Xinlong	Huang Yuanyuan	黄媛媛, 姚泽瀚, 胡放荣, 刘昌吉, 宇磊磊, 靳延平, 徐新龙	101	108	是
2	Surface Optical Rectification from Layered MoS ₂ Crystal by THz Time Domain Surface Emission Spectroscopy	ACS Applied Materials & Interfaces	Huang Yuanyuan, Zhu Lipeng, Zhao Qiyi, Guo Yaohui, Ren Zhaoyu, Bai Jintao, Xu Xinlong	2017 年 9 卷 4956-4965 页	2017-02-08	Xu Xinlong	Huang Yuanyuan	黄媛媛, 朱礼鹏, 赵奇一, 郭耀徽, 任兆玉, 白晋涛, 徐新龙	45	54	是

3	Competition between Free Carriers and Excitons Mediated by Defects Observed in Layered WSe ₂ Crystal with Time-Resolved Terahertz Spectroscopy	Advanced Optical Materials	He Chuan, Zhu Lipeng, Zhao Qiyi, Huang Yuanyuan, Yao Zehan, Du Wanyi, He Yuhang, Zhang Sujuan, Xu Xinlong	2018 年 6 卷 1800290 页	2018-10-04	Zhang Sujuan, Xu Xinlong	He Chuan	何川, 朱礼鹏, 赵奇一, 黄媛媛, 姚泽瀚, 杜婉怡, 何宇航, 张苏娟, 徐新龙	41	44	是
4	Terahertz wave reflection impedance matching properties of graphene layers at oblique incidence	Carbon	Zhou Yixuan, E Yiwen, Zhu Lipeng, Qi Mei, Xu Xinlong, Bai Jintao, Ren Zhaoyu, Wang Li	2016 年 96 卷 1129-1137 页	2015-12-30	Xu Xinlong, Ren Zhaoyu	Zhou Yixuan	周译玄, 鄂轶文, 朱礼鹏, 祁媚, 徐新龙, 白晋涛, 任兆玉, 汪力	37	45	是
5	Terahertz surface emission of d-band electrons from a layered tungsten disulfide crystal by the surface field	Physical Review B	Zhang Longhui, Huang Yuanyuan, Zhao Qiyi, Zhu Lipeng, Yao Zehan, Zhou Yixuan, Du Wanyi, Xu Xinlong	2017 年 96 卷 155202 页	2017-10-06	Xu Xinlong	Zhang Longhui	张隆辉, 黄媛媛, 赵奇一, 朱礼鹏, 姚泽瀚, 周译玄, 杜婉怡, 徐新龙	22	25	是
合 计									246	276	

8、主要完成人情况

排序号	完成人	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	徐新龙	物理学院副院长	教授	西北大学	西北大学	负责项目的总体设计、规划及具体组织实施, 科研团

		/光子所副所长				队带头人，创建了西北大学太赫兹光电子学与超快光学实验室。对本成果的发明、发现及创新点做出了核心贡献，是 5 篇代表性论文的通讯作者。
2	周译玄	物理学院光电工程系主任	教授	西北大学	西北大学	负责项目中新材料的可控制备与太赫兹波阻抗匹配的科研工作。代表性论文 4 的第一作者，代表性论文 5 的参与者。
3	黄媛媛	无	副教授	西北大学	西北大学	负责项目中太赫兹发射光谱系统的设计与实验搭建、表界面太赫兹波辐射与调控的科研工作。代表性论文 1、2 的第一作者，代表性论文 3、5 的参与者。
4	靳延平	无	高级工程师	西北大学	西北大学	负责项目中新型半导体材料的可控制备及其在太赫兹波段的偏振调控研究。代表性论文 1 的通讯作者。

9、主要完成单位情况

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	西北大学	西北大学是本项目的唯一完成单位。西北大学对本项目所需的超净光学实验室建设、实验室气路规划、设备采购、研究生招生等方面提供了有力的支持，校内其他院系研究人员为项目中新材料的物理化学特性表征提供了指导与帮助，在开展本项目研究的整个过程中完成单位起到了监督、检查、宣传等作用，为本项目的顺利完成奠定了坚实的基础。

10、完成人合作关系说明

所有完成人均属西北大学物理学院/光子所教工，完成人之间有十余年科研合作经历，共同承担多项国家与省部级科研项目，合作发表 90 余篇 SCI 论文。本项目的所有工作均在徐新龙教授的带领下与组织下开展完成，本项目代表性论文 1 由第一、第三、第四完成人合作发表；代表性论文 2、3 由第一、第三完成人合作发表；代表性论文 4 由第一、第二完成人合作发表；代表性论文 5 由第一、第二、第三完成人合作发表。