

## 2026 年度湖北省自然科学奖提名公示信息

项目名称	多材料构筑的超结构电磁特性与制备研究
提名单位	湖北省教育厅
提名意见	提名该项目为 2026 年度湖北省自然科学奖一等奖
项目简介	<p>本项目属于超材料科学与纺织工程、生命大健康等交叉领域，面向通信、生物医学、安全检测等多领域的前沿需求，围绕太赫兹（THz）波段的高效操控与应用，开展太赫兹手性超材料研究。太赫兹波段作为电磁波谱中极具潜力的区域，其在通信、生物医学成像、安全检测等领域展现出巨大的应用前景。然而，由于缺乏自然材料能够实现对太赫兹波的强相互作用，相关技术发展受限。超材料作为一种人工设计的复合材料，能够通过其结构单元实现对电磁波的调控，为太赫兹技术的发展提供了新的机遇。本项目以手性超构材料为基础，将其与激光直写石墨烯组装膜技术、传统纺织技术相结合，创新性地开发出具有强手性光学响应的太赫兹超材料，为实现太赫兹波的高效操控，进一步提供了全新的思路和方法。</p> <p>本项目的核心内容包括以下几个方面：</p> <p>(1) 基于纺织制造工艺的太赫兹手性超材料设计与制备：本项目通过两步纺织制造方法，成功制备出具有强手性光学响应的太赫兹超材料。首先，利用纱线缠绕技术，将铜丝缠绕在剥离涂层的光纤上，形成微螺旋结构。通过控制电机轴的旋转方向，可以得到两种对映异构体的微螺旋结构。然后，采用传统的编织工艺，将微螺旋结构与聚酯纱线交织，形成大面积的手性超材料。与传统基于光刻等微纳加工技术制备的超材料相比，这种基于纺织制造的方法具有成本低、大面积制备、柔性可穿戴等显著优势。其制备成本可低至每平方厘米 0.1 美元，且能够实现大面积连续生产，为太赫兹超材料的实用化和产业化奠定了坚实基础（代表作 1）。</p> <p>(2) 相变材料与石墨烯赋能的高性能太赫兹超材料与超表面器件：本项目结合相变材料 <math>\text{VO}_2</math> 和激光直写石墨烯薄膜技术，开发高度可调谐的太赫兹超材料和超表面器件。通过在谐振器中引入 <math>\text{VO}_2</math> 材料，利用其金属-绝缘体相变特性，实现对太赫兹波传输频率的动态调控，从而实现低功耗、高速可调谐的太赫兹滤波和偏振调控。激光直写石墨烯薄膜的应用，使器件在太赫兹波段能够</p>

实现等离子诱导透明（PIT）效应，通过调控石墨烯的导电性和几何结构，可精确调控太赫兹波的相位、振幅及偏振特性。该类器件兼具柔性、可穿戴和低功耗特性，为智能太赫兹光电子器件的发展提供了全新方案。潜在应用包括可穿戴太赫兹扫描与成像设备、动态频率调制器、低功耗太赫兹通信器件以及高度可调谐的偏振和滤波元件，为医疗诊断、安检和高速信息处理提供技术支持（代表作 2、3、5）。

(3)多功能拓扑光子与柔性传感技术的交叉应用：本项目将拓扑光子学设计理念与高电导率石墨烯柔性器件技术相结合，实现太赫兹及光子器件的新型功能。通过设计扭曲 Kekulé 晶格，系统研究了谷自由度与赝自旋拓扑边界态的共存，为实现低损耗、高稳定性的太赫兹传输和偏振调控提供理论支撑；同时，利用高电导率石墨烯薄膜制备低功耗柔性应变传感器，可在可穿戴设备中实现对微小力学应变、人体运动及环境信息的高灵敏检测。该跨学科结合形成从材料设计、器件制备到应用实现的完整技术链，不仅推动了太赫兹超材料、拓扑光子器件和柔性传感技术的协同发展，也为生命健康监测、智能结构健康评估、安防检测和可穿戴电子器件提供新的技术方案。项目成果展示了从基础物理规律到工程应用的全链条创新能力，为太赫兹及柔性电子器件的产业化奠定了坚实基础（代表作 4）。

本项目在国家自然科学基金、湖北省自然科学基金等项目的支持下，取得了一系列创新性研究成果。相关成果在 Nature Communications、Advanced Materials、Laser & Photonics Reviews、Photonics Research、Applied Physics Letters、Optics Express、Optics & Laser Technology 等国际知名学术期刊上发表 SCI 论文 100 余篇，并获得了 10 余项国家发明专利，受到国内外同行的广泛关注。基于上述科学发现，本项目：（1）研制了具有超大手性的人工超构材料，面向具有弱手性药物分子或者物质的探测，广泛用于药物手性筛选以及快速检测等领域；（2）开发了新型织物质手性人工超构材料，将先进纺织工艺引入到太赫兹超材料的制备中，突破传统微纳加工工艺无法大面制备的难题。

主要完成人  
(完成单位)

汪胜祥（武汉纺织大学），张博涵（武汉纺织大学），魏国超（武汉纺织大学），何大平（武汉理工大学），朱维（武汉纺织大学）

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	发表时间 (年 月 日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	论文署名单位是否 包含国外单位
1	Terahertz chiral metamaterials enabled by textile manufacturing. Advanced Materials. P. Wang, R. Hu, X.T. Huang, T. Wang, S. L. Hu, M. Hu, H. H. Xu, X. Y. Li, K. S. Liu, S. X. Wang*, L. Kang*, D. H. Werner*	2022, 34 (16), 2110590	2022-04-15	S. X. Wang L. Kang D. H. Werner	P. Wang	P. Wang, R. Hu, X. T. Huang, T. Wang, S.L. Hu, M. Hu, H. H. Xu, X. Y. Li, K. S. Liu, S.X. Wang	35	Web of science	是

2	Hybrid Resonators and Highly Tunable Terahertz Metamaterials Enabled by Vanadium Dioxide (VO <sub>2</sub> ). Scientific Reports. S. X. Wang*, L. Kang, * D. H. Werner	2017, 7 (1), 4326	2017-06-28	S. X. Wang L. Kang	S. X. Wang	S. X. Wang	454	Web of science	是
3	Laser direct writing graphene assembly film for realizing plasmon-induced transparency at terahertz region. Optics and Laser Technology. B.H. Zhang, X. T. Huang, G. Chen, Z. Wang, W. Qian, Z. X. Zhang, W. Q. Cai, K. Du, C. Zhou, T. T. Wang, W. Zhu*, D. P. He, X. S. Wang*.	2023, 164, 109431	2023-05-12	W. Zhu, S. X. Wang	B. H. Zhang	W. Zhu S. X. Wang	13	Web of science	否
4	Coexisting valley and pseudo-spin topological edge states in photonic topological insulators made of distorted Kekulé lattices. Photonics Research. G. C. Wei, Z. Z. Liu, L. C. Wang, J. Y. Song, J. J. Xiao*	2022,10 (4), 999-1010	2022-03-25	J. J. Xiao	G. C. Wei	G. C. Wei, Z. Z. Liu, L. C. Wang, J. Y. Song, J. J. Xiao	43	Web of science	否
5	基于高电导率石墨新的低功耗柔性应变传感器。科学通报, 王哲, 李鹏, 何大平。	2021, 66 (Z1), 401-402	2021-01-28	何大平	王哲	王哲, 李鹏, 何大平	5	中国知网	否