

一、项目名称

分形超材料电磁波调控机制与方法

二、提名者及提名意见

提名者：省融办

提名意见：项目针对微波/射频超材料的非均一性等科学问题以及国防武器装备重大需求，将分形几何与超材料相结合提出了分形超材料思想，区别于国内外其他超材料研究，围绕它的理论方法、设计原理、奇异特性与工程应用等核心问题展开系统研究。项目在国家自然科学基金面上项目等 7 项课题资助下，发现了分形、螺旋超材料的小型化机制、强手征性与高解耦效率以及双零阶谐振、双传输零点、全向频扫奇异辐射等新物理现象，突破了传统器件、天线的带宽和功能限制，开发了系列宽频馈线、天线、新功能器件、透镜与幻觉隐身套。

项目在天线领域顶级刊物 IEEE Trans. Antennas Propag (26 篇)、Adv. Opt. Mater. 等领域核心刊物发表 SCI 论文 76 篇，受到美国超材料/超表面发起人、院士和 60 位行业 Fellow 的正面评价。军队成果鉴定专家和空军装备部认为项目有‘重大创新、重大意义和重大军事效益，总体技术达国内同领域领先水平’。获陕西省高等学校科学技术特等奖，全国发明展览会技术发明金奖，中国青少年科技创新奖，全国百篇、行业学会、军队、陕西省优秀博士、硕士学位论文奖 12 篇。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件，特提名为陕西省自然科学奖一等奖。提名该项目为陕西省自然科学奖一等奖。

三、项目简介

属电子科学与技术前沿领域。针对微波/射频超材料的非均一性科学问题以及新武器装备发展对射频器件的宽频带、小型化、宽波束扫描、电磁隐身重大国防需求，课题组将分形几何与超材料相结合，提出了紧凑型超材料的解决方案，区别于国内外其他超材料研究，将均一性整体提升 3 倍，围绕它的理论方法、设计原理、奇异特性与工程应用等核心问题展开系统研究，研究由无源一维、二维、三维到有源可调，层层递进。提出了双并联支路复合左右手传输线理论与超散射幻觉隐身新思路，发现了分形、螺旋超表面的小型化机制、强手征性与高解耦效率，创建了紧凑型三维复合各向异性零折射率超材料透镜天线和自由空间激励下宽带渐变折射率超材料透镜天线的一体化设计方法，开发了系列宽频馈线、天线、新功能器件、透镜与幻觉隐身套。

在光学权威刊物 Adv. Opt. Mater.、天线领域顶级刊物 IEEE Trans. Antennas Propag (26 篇)、Physical Review Applied、Physical Review B、Appl. Phys. Lett.、Optics Express、IEEE Microw. Magazine、IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.、IEEE

Microw. Wireless Compon. Lett.等领域核心刊物发表 SCI 论文 76 篇。受国防科技图书出版基金资助出版中文专著 2 部，英文专著两章。3 篇论文荣登杂志封面，4 篇文章受 MaterialsViews China 报道，4 篇 ESI 高被引论文，5 篇代表论文被 Physics Reports、Nature LSA、Nature Communication、Science Advance、Adv. Mater.、Adv. Opt. Mater.、ACS Photonics、IEEE TAP/MTT 等期刊 SCI 他引 487 次，包括美国 D. R. Smith (超材料创始人)、F. Capasso (超表面创始人)、J.F.Mao、T.J.Cui、J.Zhou、X.G. Luo (中国院士)、K.M.Luk (英国皇家工程院院士)、Y.S. Kivshar (俄罗斯光首席科学家)、Bozhevolnyi (欧洲科学院院士)、Tretyakov (芬兰院士)、Z.N. Chen/M. H. Hong (新加坡院士) 以及 D.H.Werner、D.Sievenpiper、R.W.Ziolkowski、G.V.Eleftheriades、W.Hong、Q.Xue、Q.H.Liu、Z.X.Shen、H.T.Chen、F.Yang、R.H.Jin 等 42 位行业 Fellow。

课题成果获全国发明展览会技术发明金奖 1 项，中国青少年科技创新奖 1 项，全国“百篇”优秀博士论文提名奖 1 篇，中国电子学会、军队、陕西省优秀博士论文奖 4 篇，全军优秀硕士论文奖 7 篇，承办全国天线年会和 IEEE 电子信息与通信技术国际会议，培养博士生 30 名，入选陕西省三秦特支计划创新团队。第一完成人入选美国光学学会会士，承办 IEEE 电子信息与通信技术国际会议并担任大会主席，在 GMSON 国际会议做大会报告，产生重要学术影响。

四、客观评价

5 篇代表论文被 Physics Reports、Nature LSA、Nature Communication、Science Advance、Adv. Mater.、Adv. Opt. Mater.、ACS Photonics、IEEE TAP/MTT 等期刊广泛他引，包括美国 D. R. Smith (超材料创始人)、F. Capasso (超表面创始人)、J.F.Mao、T.J.Cui、J.Zhou、X.G. Luo (中国院士)、K.M.Luk (英国皇家工程院院士)、Y.S. Kivshar (俄罗斯光首席科学家)、Bozhevolnyi (欧洲科学院院士)、Tretyakov (芬兰院士)、Z.N. Chen/M. H. Hong (新加坡院士) 以及 D.H.Werner、D.Sievenpiper、R.W.Ziolkowski、G.V.Eleftheriades、W.Hong、Q.Xue、Q.H.Liu、Z.X.Shen、H.T.Chen、F.Yang、R.H.Jin 等 42 位行业 Fellow。

五、代表性论文专著目录

(一) 5 篇代表性论文

He-Xiu Xu, Guang-Ming Wang, Mei Qing Qi, Lianming Li, and Tie Jun Cui, “Three-dimensional super lens composed of fractal left-handed materials,” Adv. Opt. Mater., vol. 1, no. 7, 495-502, 2013.

He-Xiu Xu, Guang-Ming Wang, Mei-Qing Qi, Jian-Gang Liang, Jian-Qiang Gong, and Zhi-Ming Xu, “Triple-band polarization-insensitive wide-angle ultra-miniature

metamaterial transmission line absorber”, Physical Review B, vol. 86, no. 20, 205104, 2012.

He-Xiu Xu, Guang-Ming Wang, Mei Qing Qi, Tong Cai, and Tie Jun Cui, Compact dual-band circular polarizer using twisted Hilbert-shaped chiral metamaterial, Optics Express, Vol. 21, No. 21, 24912-24921, 2013.

He-Xiu Xu, Guang-Ming Wang, Jian-Gang Liang, Mei Qing Qi and Xi Gao, “Compact circularly polarized antennas combining meta-surfaces and strong space-filling meta-resonators,” IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 61, No. 7, 3442-3450, 2013.

Wen-Ling Chen, Guang-Ming Wang, and Chen-Xin Zhang, “Bandwidth enhancement of a microstrip-line-fed printed wide-slot antenna with a fractal-shaped slot,” IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 57, pp. 2176-2179, 2009.

（二）代表性专著

王光明，许河秀，梁建刚，蔡通，《紧凑型异向介质——机理、设计与应用》，北京：国防工业出版社，2015.06.01，ISBN 978-7-118-10034-1，国防科技图书出版基金资助

He-Xiu Xu*, Guang-Ming Wang, Tong Cai, Qing Peng and Ya-Qing Zhang, 《Metamaterials - Devices and Applications》的第 8 章《Compact metamaterials induced circuits and functional devices》，InTech 出版社，ISBN 9789535130994, 167-216, 2017.04

许河秀，超表面电磁调控机理与功能器件应用研究，科学出版社

六、主要完成人情况

排名	姓名	行政职务	技术职称	完成单位	对成果的贡献
1	许河秀	无	教授	空军工程大学	统筹整个项目，代表作 1-8、专著和专利学术思想的提出者和完成人，对发现点 1-4 均有重要贡献。
2	王光明	无	教授	空军工程大学	代表作 1-8、专著和和专利主要学术思想的提出者之一，对发现点 1、3、4 做出重要贡献。
3	梁建刚	无	教授	空军工程大学	代表作 3、5、6、8，专著和发明专利主要工作的完成人之一，对发现点 3、4 做出贡献。
4	张晨	无	教授	空军工程大学	代表作 8 和发明专利主要工作的完成人之

	新				一，对发现点 4 做出 贡献。
5	彭 清	无	讲师	空军工程大学	代表作 6 的完成人之一，对发现点 4 做出贡献。

七、主要完成单位情况

1	空军工程大学	统筹整个项目，代表作 1-8、专著和专利学术思想的提出者和完成人，对发现点 1-4 均有重要贡献。
---	--------	---

八、完成人合作关系说明

许河秀、王光明、梁建刚与张晨新率属于空军工程大学军队重点实验室超材料课题组以及陕西省超表面设计与应用创新团队，其中王光明、梁建刚教授先后为军队重点学科带头人，许河秀教授为陕西省创新团队负责人，一直存在天然合作关系。