# 安徽省科学技术奖提名项目公示内容

**（2021年度）**

**自然科学奖**

**项目名称：**局域增强微波放电机制及调控方法

**提名者及提名意见：**

提名者：安徽工业大学

提名意见：

“局域增强微波放电机制及调控方法”是我校陈兆权课题组的学术研究成果。安徽工业大学与安徽理工大学合作研究，在3项国家自然科学基金项目的资助下，他们针对大气压低功率微波放电及其形貌配置亟需探究的核心科技难题，采用等离子体与微波相互作用的共振耦合放电方法，结合表面等离激元局域增强电场易触发气体放电的优势，探究了微波激励大气压低功率等离子体射流的电离发展机理及其放电形貌的调控。

他们提出了微波表面等离激元局域增强波场激励气体放电形成大气压微波等离子体射流的新理论，设计了3种大气压微波等离子体射流的谐振放电器，发现了微波等离子体射流的电离波（子弹）推进模式并明晰了其电离机制，理解了大气压脉冲微波等离子体射流子弹的空心环结构的物理机制，揭示了大气压脉冲微波等离子体射流极性转换和首尾两次增强电离的新机制，搭建了自洽流体模拟模型仿真了脉冲微波等离子体射流的发展过程和粒子模拟模型明晰了微波等离子体射流的电离发展过程，开展了大气压脉冲微波等离子体射流的放电形貌的调控研究，并给出了2种大气压脉冲微波等离子体射流放电形貌的调控方法和控制途径。

本项目5篇代表性SCI论文，被国内外同行关注并引用，如英国利物浦大学著名学者J L Walsh教授、韩国浦项科技大学著名学者J K Lee教授等引用并高度评价，他引总频次76次，SCI他引总频次37次，申请国家专利20多项。本项目取得的成果获得了国内外同行的广泛好评，项目第一完成人陈兆权受中国电工技术学会等离子体及应用专委会邀请做‘大气压微波等离子体’特邀报告1次。该项目的研究成果有力推动了微波等离子体射流电离机制及其调控方法的发展，为我国在局域增强微波放电研究领域的产业应用奠定基础。

申报材料真实有效，经公示无异议，我校同意提名该成果申报2021年度安徽省自然科奖。

**项目简介：**

本项目属于电气工程学科（电工理论与新技术方向）。近年来，微波放电产生等离子体的研究获得了足够重视，原因在于微波放电等离子体具有空间大、密度高及活性粒子成分丰富等比较优势。可是，大气压微波等离子体源设计相对复杂、控制困难且代价较高，致使实用化较难。课题组针对大气压低功率微波放电难于实现及其放电模式调控亟需探究的核心科技难题，采用等离子体与微波相互作用的共振耦合放电方法，结合表面等离激元局域增强电场易触发气体放电的优势，探究了局域增强微波激励大气压低功率等离子体射流的电离机理。并在此基础上，给出了微波等离子体射流生物医学和点火助燃应用所必需的放电模式的调控方法。主要科学发现点如下：

1.实现了大气压低功率局域增强高效微波放电，明晰了微波等离子体射流的电离波传播特性机制。设计了3种产生大气压微波等离子体射流的谐振放电器，发现了微波等离子体射流的电离波（子弹）推进模式并明晰了其电离机制，理解了大气压脉冲微波等离子体射流子弹的空心环结构的物理机制，揭示了大气压脉冲微波等离子体射流极性转换和首尾两次电离增强的新机制，为微波等离子体射流的理论解析提供物理模型。

2.明确并证实了微波放电的电磁耦合过程，提出了微波等离子体射流的电离波调控机制。提出了微波表面等离激元局域增强波场激励气体放电形成大气压微波等离子体射流的新理论，解析了入射微波、表面等离激元的局域增强表面波和等离子体静电波之间的电磁耦合机制；搭建了自洽流体模拟模型，仿真了微波等离子体射流的发展过程；建立了粒子模拟（PIC/MCC）模型，数值明晰了脉冲微波等离子体射流的电离发展过程；提出了微波等离子体射流的放电模式及其参数的调控途径，为微波等离子体射流的参数调控提供理论支持。

3.系统掌握了微波等离子体射流的放电模式及其等离子体参数的调控方法。在应用基础研究方面，搭建了脉冲微波冷等离子体射流装置和大体积体模微波等离子体射流装置,开展了局域增强微波等离子体射流的放电形貌调控研究，给出了该2种大气压微波等离子体射流的调控方法和控制途径，已为微波冷等离子体射流的生物医学应用和大体积微波等离子体射流点火助燃应用提供了实验样机和调控方法。

5篇代表性论文均发表在SCI期刊上，获得了国内外同行的关注和引用，如英国利物浦大学著名学者J L Walsh教授、韩国浦项科技大学著名学者J K Lee教授等引用并高度评价，他引总频次76次，SCI他引总频次37次，申请国家专利20多项。本项目取得的成果受到了国内外同行的广泛好评，项目第一完成人陈兆权受中国电工技术学会等离子体及应用专委会邀请做‘大气压微波放电’特邀报告1次。项目成果，明晰了微波等离子体射流的电离波传播特性机制，提出了微波等离子体射流的放电模式及其等离子体参数的调控方法，为局域增强微波放电等离子体射流的产业应用奠定了坚实的理论基础和新的技术支撑。

**代表性论文专著目录：**

1. Zhaoquan Chen, Minghai Liu, Guangqing Xia, and Yourui Huang. PIC/MCC simulation of the ionization process for filamentary streamer plasma jet at atmosphere pressure in argon[J]. IEEE Transactions on Plasma Science, 2012, 40(11): 2861-2865.
2. Chen Zhaoquan, Yin Zhixiang, Xia Guangqing, Hong Lingli, Hu Yelin, Liu Minghai, Hu Xiwei, and A. A. Kudryavtsevb. Pulsed microwave-driven argon plasma jet with distinctive plume patterns resonantly excited by surface plasmon polaritons[J]. Chinese Physics B, 2015, 24(2): 025203.
3. Zhaoquan Chen, Xiaodong Liu, Changlin Zou, Xiao Song, Ping Li, Yelin Hu, Hanbiao Qiu, A. A. Kudryavtsev, and Mengzhou Zhu. Donut shape plasma jet plumes generated by microwave pulses even without air mole fractions[J]. Journal of Applied Physics, 2017, 121(2): 023302.
4. Zhaoquan Chen, Guangqing Xia, Changlin Zou, Xiaodong Liu, Deren Feng, Ping Li, Yelin Hu, Olga Stepanova, and A. A. Kudryavtsev. Bullet-shaped ionization front of plasma jet plumes driven by microwave pulses at atmospheric gas pressure[J]. Journal of Applied Physics, 2017, 122(9): 093301.
5. Zhaoquan Chen, Huang Zhang, Jinfang Wu, Yilang Tu, Ming Zhang, Chengye Wu, Sucheng Liu, and Yuming Zhou. Polarity transition and ionization enhancement of atmospheric argon plasma jet plumes generated by repetitive microwave pulses[J]. IEEE Transactions on Plasma Science, 2019: 47(11): 4787-4794.

**主要完成人：**陈兆权、李平、胡业林、洪伶俐、邹长林

**主要完成单位：**安徽工业大学、安徽理工大学