**项目名称：多功能融合微波器件的基础理论与电路构建**

**推荐单位：**北京邮电大学；中山大学。

**项目简介：**

射频/微波模拟前端作为无线通信网络接入的硬件核心，是国家战略型新兴产业发展的底层基础。其中，微波器件与电路多频化、小型化、低功耗是微波领域基础研究的重点方向，是当前及下一代共时多频多模、非共时认知模式等无线通信系统的国家重大需求，也是国际学术界和工业界所面临的科学难题。

本项目团队是国际上率先采用功能融合手段实现微波器件与电路多频化、小型化和低功耗研究的团队之一，在国家863计划、国家自然科学基金等资助下，从基础理论、元件模型、器件以及电路构建等多层面探索微波理论及器件多功能融合。团队分别从频率、幅度、相位和功率四个角度探索多功能融合新理论以及新型微波器件与电路构建方法，取得若干重要科学发现，为多频多模射频前端发展奠定基础，做出了开拓性贡献，获得国际同行广泛认可。

在多功能融合微波器件基础理论、无源和有源电路构建三方面取得主要科学发现如下：

**科学发现点一**：**频率依赖性复数阻抗双频匹配广义解析基础理论**

国际上率先建立双频复数阻抗匹配的广义解析基础理论体系，解决双频微波无源与有源器件设计的理论瓶颈，揭示融合双频匹配、窄带滤波和直流隔离的耦合线阻抗匹配机理，提出频率依赖性复数阻抗双频匹配电路系列的小型化方法。

**科学发现点二：融合双频匹配与滤波、谐波抑制、功分比可控、多路输出等功能的微波无源器件**

突破传统微波器件功能单一化的设计思路，建立双频带通且谐波抑制的多功能融合滤波器和双频带的紧凑型带阻滤波器，提出双频不等功分比的三端口功分器，实现功分比与相位差独立可控的四端口耦合器，扩展不等分Gysel功分器的端接阻抗范围，构建多路双频不等分平面功分器件。

**科学发现点三**：**融合效率提升、频带扩展、功率增强等功能的微波有源器件**

国际上率先构建双频相位调控电路，提出面向微波有源器件双频匹配与复阻抗匹配的多端口电路，突破功率放大器性能提升的关键技术难题，实现融合效率提升、频带扩展、功率增强等多功能新型混频器与功放等微波有源器件。

本项目共发表SCI论文87篇，包含IEEE Trans系列期刊论文22篇，Google他引1500余次，单篇最高他引126次，SCI他引840余次，十篇代表作论文SCI他引280余次，其中，入选“中国百篇最具影响国际学术论文”1篇，全国优博提名论文1篇，北京市优博论文1篇，IEEE Trans-CPMT封面论文1篇，授权国家发明专利21项，成果转让13项。项目完成人中有国家973项目首席科学家1人、IEE/IET Fellow 2人、国家优青1人、青年人才托举工程1人和国际电联青年科学家1人。

**主要完成人情况表：**（公示姓名、排名、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目技术创造性贡献、曾获科技奖励情况）

**姓名：吴永乐**

排名：第一

技术职称：教授

工作单位：北京邮电大学

完成单位：北京邮电大学

**对本项目技术创造性贡献**：

负责多功能融合微波器件基础理论与电路构建方面的各项研究工作，对三个科学发现点均做出了创造性贡献。率先建立双频复数阻抗匹配的广义解析基础理论体系，揭示融合双频匹配、窄带滤波和直流隔离的耦合线阻抗匹配机理，提出新型广义双频匹配电路系列的小型化方法；实现多款多功能融合滤波器，提出双频不等功分比的三端口功分器，扩展不等分Gysel功分器的端接阻抗范围，构建多路双频不等分平面功分器件等无源器件；提出融合双频带扩展等功能的新型混频器，研制了新型双频高效率功率放大器等有源器件。是代表性论文[1], [2],[4], [5], [6], [7]和[10]的第一作者，是代表性论文[3]和[9]的合作作者。

**曾获科技奖励情况**：

2009年度中国百篇最具影响国际学术论文(第一完成人)；2011年度中国电子学会电子信息科学技术奖自然科学类一等奖(第一完成人)；2012年度北京市优秀博士学位论文；2013年度全国优秀博士学位论文提名论文；2014年度国际无线电科学联盟（URSI）“青年科学家奖”。

**姓名：刘元安**

排名：第二

技术职称：教授

工作单位：北京邮电大学

完成单位：北京邮电大学

**对本项目技术创造性贡献**：

主要负责多功能融合微波器件基础理论与电路构建方面的研究，主要对科学发现点1和3做出了创造性贡献，在科学发现点2的电路构建方面做出了部分贡献。构建了频率依赖性复数阻抗双频匹配电路模型，建立双频复数阻抗匹配的广义解析基础理论方法，揭示融合双频匹配、窄带滤波和直流隔离的耦合线阻抗匹配机理；构建双频相位调控电路，提出面向微波有源器件双频匹配与复阻抗匹配的多端口电路，突破功率放大器性能提升的关键技术难题。是代表性论文[1-7], [9]和[10]的合作作者。

**曾获科技奖励情况**：2013年度中国电子学会科学技术奖技术发明类一等奖(第一完成人)，2015年度国家技术发明奖二等奖（第一完成人）。

**姓名：郑少勇**

排名：第三

技术职称：副教授

工作单位：中山大学

完成单位：中山大学

**对本项目技术创造性贡献**：

主要负责多功能融合微波无源器件基础理论与电路构建方面的研究，对科学发现点2做出了创造性贡献。在功能融合微波无源器件方面，提出四端口多功能融合耦合器的双频带与功分比独立调控新研究思路，研制功分比与相位差独立可控的多功能融合片状耦合器等多款功能融合微波无源器件。是代表性论文[8]和[9]的第一作者。

**曾获科技奖励情况**：2015年度国际会议 IEEE International Workshop on Electromagnetics最佳论文提名奖（研究生指导教师），2017年度16th International Symposium on Microwave and Optical Technology 最佳论文奖（研究生指导教师）。

**姓名：王卫民**

排名：第四

技术职称：讲师

工作单位：北京邮电大学

完成单位：北京邮电大学

**对本项目技术创造性贡献**：

主要负责多功能融合微波无源器件基础理论与电路构建方面的研究，对科学发现点2做出了创造性贡献。在功能融合微波无源器件方面，构建双频带的紧凑型带阻滤波器电路，提出小型化双频带功能融合带阻滤波器的基础设计理论与创新思路。是代表性论文[3]的第一作者。

**曾获科技奖励情况**：2015年度中国电子学会科学技术奖科技进步类一等奖(第二完成人)。

**姓名：黎淑兰**

排名：第五

技术职称：副教授

工作单位：北京邮电大学

完成单位：北京邮电大学

**对本项目技术创造性贡献**：

主要负责多功能融合微波器件基础理论方面的研究，主要对科学发现点3做出了创造性贡献，在科学发现点1和2的基础设计理论方面做出了部分贡献。推导复数阻抗双频匹配结构的解析设计理论；完善多路双频多端口电路的解析综合方法；面向微波有源器件双频匹配与复阻抗匹配的多端口电路，在基础设计理论上突破了功率放大器性能提升的关键难题。是代表性论文[1], [2],[7]和[10]的合作作者。

**曾获科技奖励情况**：2013年度中国电子学会科学技术奖技术发明类一等奖(第八完成人)。

**代表性论文专著目录：**

1. Y. Wu, Y. Liu, and S. Li, A dual-frequency transformer for complex impedances with two unequal sections, ***IEEE Microwave and Wireless Components Letters***, vol. 19, no. 2, pp. 77-79, Feb. 2009.
2. Y. Wu, Y. Liu, S. Li, C. Yu, and X. Liu, A generalized dual-frequency transformer for two arbitrary complex frequency-dependent impedances, ***IEEE Microwave and Wireless Components Letters***, vol. 19, no. 12, pp. 792-794, Dec. 2009.
3. W. Wang, M. Liao, Y. Wu, and Y. Liu, Small-size high-selectivity bandstop filter with coupled-line stubs for dual-band applications, ***Electronics Letters***, vol. 50, no. 4, pp. 286-287, Feb. 2014.
4. Y. Wu, Y. Liu, and Q. Xue, An analytical approach for a novel coupled-line dual-band Wilkinson power divider, ***IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques***, vol. 59, no. 2, pp. 286-294, Feb. 2011.
5. Y. Wu, H. Zhou, Y. Zhang, and Y. Liu, An unequal Wilkinson power divider for a frequency and its first harmonic, ***IEEE Microwave and Wireless Components Letters***, vol. 18, no. 11, pp. 737-739, Nov. 2008.
6. Y. Wu, Y. Liu, Y. Zhang, J. Gao, and H. Zhou, A dual band unequal Wilkinson power divider without reactive components, ***IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques***, vol. 57, no. 1, pp. 216-222, Jan. 2009.
7. Y. Wu, Y. Liu, Q. Xue, S. Li, and C. Yu, Analytical design method of multi-way dual-band planar power dividers with arbitrary power division, ***IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques***, vol. 58, no. 12, pp. 3832-3841, Dec. 2010.
8. S. Zheng, J. Deng, Y. Pan, and W. Chan, Circular sector patch hybrid coupler with an arbitrary coupling coefficient and phase difference, ***IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques***, vol. 61, no. 5, pp. 1781-1792, May 2013.
9. S. Zheng, Y. Wu, Y. Li, Y. Liu, and Y. Long, Dual-band hybrid coupler with arbitrary power division ratios over the two bands, ***IEEE Transactions on Components Packaging and Manufacturing Technology***, vol. 4, no. 8, pp.1347-1358, Aug. 2014.
10. Y. Wu, Y. Liu, and S. Li, A novel high-power amplifier using a generalized coupled-line transformer with inherent DC-block function, ***Progress In Electromagnetics Research***, vol. 119, pp. 171-190, 2011.