

2. 項目簡介

(項目所屬科學技術領域、主要研究內容、發現點、科學價值、同行引用及評價等內容。)

項目屬於微波技術領域，得到國家自然科學基金、澳門科學技術發展基金、澳門大學基金等項目的支持。隨著物聯網以及中國製造 2025 國家發展戰略的提出，適用於室內精确定位的超寬頻 (UWB) 技術得到迅猛發展，亦對射頻微波器件設計帶來極大的挑戰。項目圍繞射頻系統中的諧振結構單元及電路開展研究，在國際上率先建立了多模諧振器多模寬頻傳輸和相移理論，並基於此建立了包含多模濾波器理論、多模腔體濾波器理論、多模阻抗匹配器理論、多模移相器理論等一系列寬頻/超寬頻電路設計理論與方法。

1. 首次全面揭示多模諧振器的多模寬頻傳輸和多模寬頻相移特性

諧振單元是射頻微波系統中重要的基礎元件。本項目基於傳統單模諧振器高次諧波的特點，通過加擾使得高次模靠近基模實現多模特性。再者，多模諧振器每在諧振頻率處會產生 180° 的相位突變，控制模式的頻率可以實現對相位斜率的控制。該成果累計發表 IEEE T-MTT 30 篇及 IEEE MWCL 21 篇。

2. 系統性地建立了基於槽線多模諧振器的垂直轉換理論並設計多基層射頻/微波前端濾波電路

多層基板微波積體電路對微帶-微帶的垂直轉換有很高的要求。本項目基於槽線多模諧振器來實現預期濾波特性的寬頻/超寬頻轉換，克服以往設計缺乏理論支撐來實現特定通帶傳輸的缺陷。基於此設計了一系列寬頻平衡帶通濾波器、寬頻濾波巴倫等。首次提出的利用寬頻綜合濾波器設計來研究多層基板的寬頻/超寬頻電路的方法得到包括 IEEE Trans. 期刊在內的多個國際 SCI 期刊及會議論文的採用。該成果發表 IEEE T-MTT 9 篇及 IEEE MWCL 9 篇。

3. 深入探索多模諧振器在介質/腔體濾波器、雙工器中的寬頻應用

介質/腔體多模濾波器具有高 Q 值、高功率容量及多模特性，能夠很好滿足 4G/5G 無線通訊系統小型化和寬頻要求。然而多模調諧結構通常為複雜的螺釘與切角，規模化生產存在諸多挑戰。本項目創新性地提出採用偏移微擾實現簡並模分離方法，並應用於 LTE 基站的介質/腔體腔體多模濾波器和雙工器。該成果發表 IEEE T-MTT 8 篇及 IEEE MWCL 2 篇。

4. 系統性建立了基於多模諧振器的寬頻阻抗變換器的綜合理論與設計方法

阻抗變換器是匹配網路中最核心的元器件。本項目提出了基於階梯阻抗多模諧振器的寬頻匹配理論，輸入耦合可以採用磁耦合方式的短路載入枝節或者電耦合方式的耦合線，實現非常靈活的應用，克服了經典方法中的窄帶以及無隔直功能的缺陷。該成果發表 IEEE TCPMT 2 篇及 IEEE MWCL 1 篇。

5. 首次利用多模諧振器相位特性來綜合設計差分/平衡移相器

在現代通信系統中，濾波、移相等功能融合是未來發展趨勢。本研究結合多模諧振器幅度上的寬

頻濾波特性以及相位上的寬頻相移特性，綜合並設計了一系列濾波功能的差分、平衡移相器。該成果發表 IEEE T-MTT 7 篇及 IEEE MWCL 3 篇。

項目共發表 SCI 論文 80 篇，包含 IEEE 論文 64 篇，其中 IEEE T-MTT 彙刊 30 篇，IEEE MWCL Letters 論文 21 篇。10 篇代表作和 80 篇主要論文分別被 SCI 他引 108 次和 338 次。得到了中國科學院院士、澳大利亞技術科學與工程院院士、英國皇家工程院院士、15 位 IEEE Trans. 主編或副主編（包含現任及前任）和 21 位 IEEE Fellow 的正面評價。

(字數不超過 1200 字)