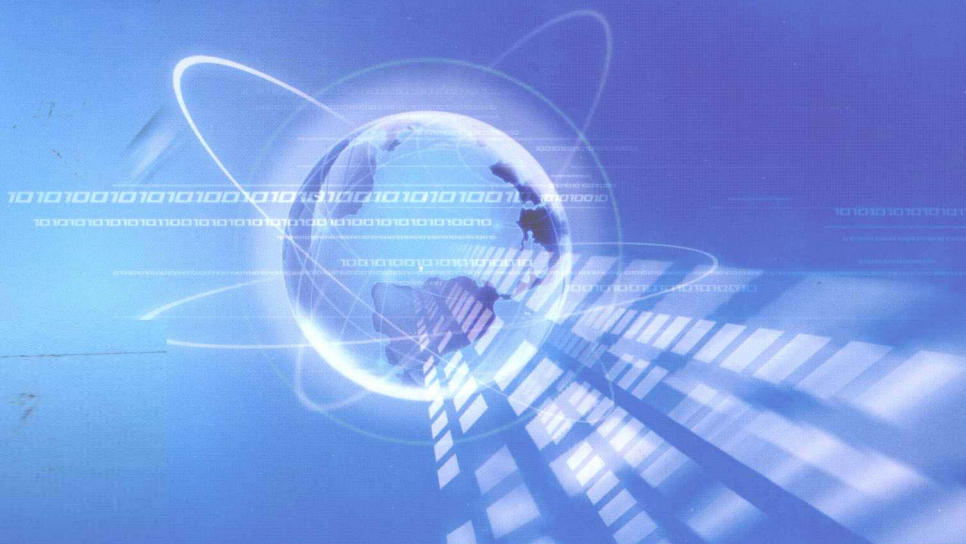




苏东林 肖永轩 著

有源集成天线技术

THE TECHNOLOGY
OF ACTIVE INTEGRATED
ANTENNAS



国防工业出版社
National Defense Industry Press

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

有源集成天线技术

The Technology of Active Integrated Antennas

苏东林 肖永轩 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

有源集成天线技术 / 苏东林, 肖永轩著. —北京:
国防工业出版社, 2011. 8
ISBN 978 - 7 - 118 - 07117 - 7

I. ①有... II. ①苏... ②肖... III. ①有源天线 -
研究 IV. ①TN82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 107801 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 850 × 1168 1/32 印张 5 $\frac{1}{2}$ 字数 140 千字

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

此书同时获得

总装备部国防科技图书出版基金资助

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革

开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

**国防科技图书出版基金
评审委员会**

国防科技图书出版基金 第六届评审委员会组成人员

主任委员	刘成海			
副主任委员	宋家树	蔡 镭	程洪彬	
秘书长	程洪彬			
副秘书长	邢海鹰		贺 明	
委 员	于景元	才鸿年	马伟明	王小谟
(按姓氏笔画排序)	甘茂治	甘晓华	卢秉恒	邬江兴
	刘世参	芮筱亭	李言荣	李德仁
	李德毅	杨 伟	肖志力	吴有生
	吴宏鑫	何新贵	张信威	陈良惠
	陈冀胜	周一宇	赵万生	赵凤起
	崔尔杰	韩祖南	傅惠民	魏炳波

前 言

有源集成天线将辐射单元和有源器件集成在一起,它的最大特点是天线和有源器件被看作一个整体来进行设计,从整体的功能出发,而不是将电路和天线分别单独考虑,这有别于传统的无线电系统设计方法。在传统的设计中,天线和有源电路部分是相互分离的,它们之间通过一个接口电路,通常是 50Ω 的传输线或标准波导相连接。典型有源集成天线的有源电路部分一般由耿氏效应(Gunn)二极管或三端口器件(如场效应晶体管)组成,辐射单元部分一般为平面微带天线,平面微带天线通常为印刷对称振子、微带天线、蝶型天线以及缝隙天线。有源集成天线结构上的特点,使它具有重量轻、体积小、剖面薄、成本低、功耗小等显著优点。正是由于这些特点和优点,有源集成天线被广泛应用于军事和商业领域,如相控阵、毫米波功率合成、无线传感器等方面。目前人们正致力于对它进行改进,提高其性能,并且不断开拓它的新的应用领域。本书立足于作者近年来的研究成果,同时也综合了国内外的研究进展,介绍有源集成天线的基本原理和技术,供同行参考。

全书共分7章:第1章介绍有源集成天线的概念、发展、特性、应用及相关的分析技术;第2章介绍振荡型有源集成天线技术以及应用;第3章介绍放大型有源集成天线技术以及应用;第4章介绍频率转换型有源集成天线技术以及应用;第5章和第6章主要介绍有源集成天线的拓展技术,包括宽带有源集成天线技术以及有源集成天线谐波抑制技术;第7章对有源集成天线的测量方法进行简单阐述。

目前,有源集成天线主要朝着提高功率和频谱利用率、改善

噪声、减少损耗、缩小体积和增强功能等方向发展。随着对有源集成天线研究的不断深入,相关知识也将进一步发展,本书不可能覆盖所有内容,但愿可以起到抛砖引玉的作用。另外,由于作者水平所限,不足之处在所难免,请读者和相关专家多多指正,不胜感谢。

作者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 有源集成天线技术的发展.....	1
1.2 有源集成天线技术的应用.....	6
1.3 有源集成天线的种类	10
1.4 有源集成天线的分析方法	14
1.4.1 全集成有源集成天线的分析方法.....	15
1.4.2 部分集成有源集成天线的分析方法.....	21
1.4.3 小结.....	24
1.5 全书内容和章节安排	24
第 2 章 振荡型有源集成天线的原理和设计	25
2.1 振荡器的基本原理	26
2.1.1 振荡条件的推导.....	26
2.1.2 平衡振荡条件.....	30
2.1.3 振荡稳定条件.....	31
2.2 与单端口器件集成的有源集成天线	
振荡器	32
2.2.1 原理.....	32
2.2.2 与二极管集成的有源微带天线.....	33

2.3	与双端口器件集成的有源集成天线	
	振荡器	43
2.3.1	双端口负阻抗振荡型有源集成天线	44
2.3.2	反馈振荡型有源集成天线	53
2.4	其他类型的振荡型有源集成天线	58
第3章	放大型有源集成天线的原理和设计	60
3.1	放大器的基本原理	61
3.1.1	稳定性分析	61
3.1.2	功率增益	67
3.1.3	噪声系数	74
3.2	放大型有源集成天线的分析	75
3.2.1	匹配定义	75
3.2.2	匹配方法分析	76
3.2.3	放大型有源集成天线等效电路模型	86
3.3	放大型有源集成天线设计	88
3.3.1	低噪声放大器设计	88
3.3.2	矩形微带天线设计	89
3.3.3	放大型有源集成天线的实物与结果	90
第4章	频率转换型有源集成天线的原理和设计	93
4.1	混频器的工作原理	93
4.2	自振荡混频器有源集成天线	98
第5章	宽带有源集成接收天线技术	101
5.1	微带天线频带展宽技术研究	102

5.1.1	微带天线的带宽特性	102
5.1.2	微带天线频带展宽数值分析	103
5.1.3	多层低介电常数的宽带微带天线 设计验证	108
5.2	宽带低噪声放大器研究	111
5.2.1	低噪声放大器带宽特性	112
5.2.2	低噪声放大器宽频带方法分析	113
5.2.3	并联负反馈结构宽带低噪声 放大器设计验证	119
5.3	宽带微带有源集成接收天线等效电路模型	121
5.4	宽带微带有源集成接收天线设计验证	123
5.4.1	宽带低噪声放大器设计	124
5.4.2	宽带微带有源集成接收天线 设计	126
5.4.3	宽带微带有源集成接收天线的 实物与结果	127
第6章	有源集成天线谐波抑制技术	131
6.1	微带天线工作带外谐波特性	132
6.1.1	微带天线谐波产生的理论分析	132
6.1.2	微带天线的谐波辐射特性	134
6.2	分环谐振器可调谐带阻滤波器研究	136
6.2.1	左手系材料	137
6.2.2	分环谐振器	140
6.2.3	分环谐振器多层结构可调型 带阻滤波器	142

6.3	新型缺陷地结构研究	145
6.3.1	缺陷地结构及其等效电路	146
6.3.2	新型交指缝隙缺陷地结构	148
6.4	H型微带天线	150
6.4.1	阶梯阻抗谐振器原理	150
6.4.2	无源H型微带天线设计	152
第7章	有源集成接收天线的测量方法	155
	参考文献	159
	致谢	166

Contents

Chapter 1 Summarization	1
1.1 The Development of the Active Integrated Antenna Technology	1
1.2 The Application of Active Integrated Antenna Technology	6
1.3 The Series of Active Integrated Antennas	10
1.4 The Analyzing Methods of Active Integrated Antenna	14
1.4.1 The Analyzing Method of Full-integrated Active Integrated Antenna	15
1.4.2 The Analyzing Method of Partially- integrated Active Integrated Antenna	21
1.4.3 Summary	24
1.5 The Contents and the Organization of the Book	24
Chapter 2 The Principles and Design of Oscillated Active Integrated Antenna	25
2.1 The Fundamental Principles and Oscillator	26
2.1.1 The Derivation of Oscillate Condition	26
2.1.2 The Condition of Equivalent Oscillation	30
2.1.3 The Condition of Steadable Oscillation	31

2.2	Oscillated Active Integrated Antenna Connected with Single-port Device	32
2.2.1	Principles	32
2.2.2	Active Microstrip Integrated Antenna Connected with Diode	33
2.3	Oscillated Active Integrated Antenna Connected with Two-port Device	43
2.3.1	Oscillated Active Integrated Antenna of Negative Impedance with Two-port	44
2.3.2	Feed-back Active Integrated Antenna	53
2.4	Other Oscillated Active Integrated Antennas	58

Chapter 3 The Principles and Design of Amplified

	Active Integrated Antenna	60
3.1	The Principles of Amplifier	61
3.1.1	The Stable Analysis	61
3.1.2	Power Gain	67
3.1.3	Noise Factor	74
3.2	The Analysis of Amplified Active Integrated Antenna	75
3.2.1	Matching	75
3.2.2	The Analysis Method of Matching	76
3.2.3	The Equivalent Circuit Model of Amplified Active Integrated Antenna	86
3.3	The Design of Amplified Active Integrated Antenna	88
3.3.1	The Design of Low Noise Amplifier	88
3.3.2	The Design of Rectangle Microstrip	

Antenna	89
3. 3. 3 The Fabrication and Results of Amplified Active Integrated Antenna	90
Chapter 4 The Principles and Design of Frequency Conversion Active Integrated Antenna	93
4. 1 The Principles of Mixer	93
4. 2 The Active Integrated Antenna with Oscillated-self Mixer	98
Chapter 5 The Technology of Wide-band Active Integrated Receiving Antenna	101
5. 1 The Study of Bandwidth Extended on Microstrip Antenna	102
5. 1. 1 The Bandwidth Features of Microstrip Antenna	102
5. 1. 2 The Numerical Analysis of Bandwidth Extended on Microstrip Antenna	103
5. 1. 3 The Design and Verification of Wide-band Multi-layers Microstrip Antenna with Low Dielectric Constant	108
5. 2 The Study of Wide-band Low Noise Amplifier	111
5. 2. 1 The Bandwidth Features of Low Noise Amplifier	112
5. 2. 2 The Wide-band Analysis of Low Noise Amplifier	113
5. 2. 3 The Design and Verification of Wide-band Low Noise Amplifier with Parallel Negative	

Feedback	119
5.3 The Equivalent Circuit Model of Wide-band Active Integrated Receiving Antenna	121
5.4 The Design and Verification of Wide-band Microstrip Active Integrated Receiving Antenna	123
5.4.1 The Design of Wide-band Low Noise Amplifier	124
5.4.2 The Design of Wide-band Microstrip Active Integrated Receiving Antenna	126
5.4.3 The Design and Verification of Wide-band Microstrip Active Integrated Receiving Antenna	127
Chapter 6 The Harmonics Suppress of Active Integrated Antenna	131
6.1 The Off-working Band Harmonics Characteristics of Microstrip Antenna	132
6.1.1 The Theoretical Analysis of Microstrip Antenna Harmonics	132
6.1.2 The Radiation Features of Microstrip Antenna	134
6.2 The Study of Tunable Band-stop Filter on Multi-cycle Resonator	136
6.2.1 The Left-handed Material	137
6.2.2 The Multi-cycle Resonator	140
6.2.3 The Tunable Band-stop Filter with Multi-layers on Multi-cycle Resonator	142
6.3 The Study of Novel Defected Ground	145