**南方科技大学**

**硕士学位论文开题报告**

**题 目：基于BiCMOS工艺10-31GHz宽带6位MMIC有源移相器研究**

**院 （系） 深港微电子学院**

**学 科 集成电路工程**

**导 师 方小虎**

**研 究 生 庾小齐**

**学 号 12333346**

**开题报告日期 2024/12/20**

**研究生院制**

目　录

[第1章 课题来源及研究的目的和意义 1](#_Toc96502101)

[第2章 国内外在该方向的研究现状及分析 7](#_Toc96502105)

[2.1 国外研究现状 7](#_Toc96502106)

[2.2 国内研究现状 7](#_Toc96502106)

[第3章 主要研究内容及研究方案 8](#_Toc96502108)

[3.1 节标题 8](#_Toc96502109)

[3.1.1 条标题 8](#_Toc96502110)

[第4章 预期达到的目标 9](#_Toc96502111)

[4.1 节标题 9](#_Toc96502112)

[4.1.1 条标题 9](#_Toc96502113)

[第5章 已完成的研究工作与进度安排 10](#_Toc96502114)

[5.1 节标题 10](#_Toc96502115)

[5.1.1 条标题 10](#_Toc96502116)

[第6章 为完成课题已具备和所需的条件与经费 11](#_Toc96502117)

[6.1 节标题 11](#_Toc96502118)

[6.1.1 条标题 11](#_Toc96502119)

[第7章 预计研究过程中可能遇到的困难和问题及其解决措施 12](#_Toc96502120)

[7.1 节标题 12](#_Toc96502121)

[7.1.1 条标题 12](#_Toc96502122)

[参考文献 16](#_Toc96502132)

# 课题来源及研究的目的和意义

随着现代无线通信技术和雷达系统的迅猛发展，对高性能、宽带和高集成度的微波及毫米波电路的需求日益增长。其中，相控阵雷达以其优异的反应速率、抗干扰能力以及多目标追踪能力等优势，在军用、民用雷达领域得到了广泛的应用。而移相器作为相控阵系统中核心模块，决定了系统的波束指向和信号处理能力，其性能对整个相控阵系统起着至关重要的作用。宽带

传统移相器多采用分立元件或低集成度设计，存在体积大、功耗高和一致性差等问题，难以满足现代系统对高性能和小型化的要求。

### 条标题

正文段落……

（1）条目标题

（2）条目标题

……

**论文中各级标题字体、字号说明**：

（1）章标题：中文使用黑体、英文使用Arial，字号16磅，居中、单倍行距，段前24磅、段后18磅

（2）节标题：中文使用黑体、英文使用Arial，字号14磅，居左、固定值20磅，段前24磅、段后6磅

（3）条标题：中文使用黑体、英文使用Arial，字号13磅，居左、固定值20磅，段前12磅、段后6磅

（4）条目标题：中文使用宋体、英文使用Times New Roman，字号12磅，居左、固定值20磅，段前0磅、段后0磅

**阅后删除此框**

**参考文献标引说明**：

正文中引用文献的标示应置于所引内容最后一个字的右上角，所引文献编号用阿拉伯数字置于方括号“[ ]”中，用**小四号字体的上角标**。标引要求见写作指南.

**阅后删除此框**

### 图、表、表达式示例

**论文中图的说明：**

图要精选，要具有自明性（即只看图、图题和图例，不阅读正文，就可理解图意），切忌与表及文字表述重复。图中的术语、符号、单位等应与正文表述中所用一致。

（1）**图应有图序和图题**，图序用两位阿拉伯数字编号，前一位数字为章的序号，后一数字为本章内图的顺序号，**例如“图2-1”**。

**图序与图题置于图的下方**，图序与图题文字之间空一个汉字符或两个半角空格宽度，图序和图题中的中文采用宋体 11磅， 英文采用Times New Roman 11磅，居中书写，段前空 6 磅，段后空 12 磅，行距为单倍行距。

（2）**图中标注的**中文采用宋体、英文采用Times New Roman 9～10.5磅，**以能够清晰阅读为标准，但在一个插图内字号要统一**。

（3）图中不同序列的点、线、条块等宜使用不同形状、线型、填充图案、颜色等加以区分。

（4）如果一个图由两个或两个以上分图组成时，各分图分别以（a）、（b）、（c）…… 作为图序，并须有分图题，分图题置于分图之下或总图题之下。**有分图时，分图过多在一页内安排不下时，可转到下页，总图题只出现在下页**。

（5）插图之前，文中必须有关于本插图的提示，如“见图1-1”、“如图1-1所示”等。

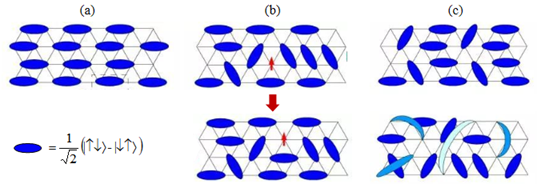
（6）插图位置应在正文中出现相应图示之后，不要求紧跟相应段落，但不应相隔太远。

（7）一篇论文中，**同类图片的大小应该一致**，编排美观、整齐，图应尽可能显示在同一页（屏）。

**阅后请删除此提示框。**

Anderson在预言QSL态的时候，在三角格子中使用了共价键态（Valance bond state, VBS）的概念，他将两个自旋相反的自旋捆绑，形成一个自旋为0的自旋单态（Singlet），如图1-1（a）所示[18]，由于量子涨落的影响，singlet不能稳定存在，随时存在着共价键的断裂与重组，形成如图1-1（b）的状态，从（b）上图到下图的变化中，电荷没有发生变化，但自旋半整数的准粒子发生了运动。另外，他假定自旋间可以形成长程纠缠，如图1-1（c）所示。

**↓图-参考示例**



（a）自旋为0的自旋单态

（b）共价键的断裂与重组

（c）自旋间形成长程纠缠

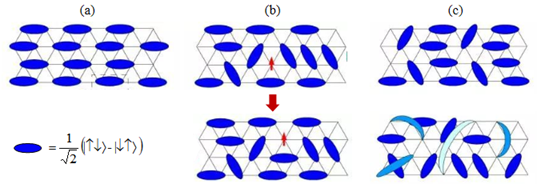
（a）

（b）

（c）

图1-1　量子自旋液体的基本物理图像[18]

（也可以按照下图范例书写）



（a）自旋为0的自旋单态

（b）共价键的断裂与重组

（c）自旋间形成长程纠缠

图1-1　量子自旋液体的基本物理图像[18]

**论文中表的说明：**

表应具有自明性。表中参数应标明量和单位的符号。

（1）**表应有表序与表题**，例如：“表1-1　Kitaev型QSL候选材料的基本性质汇总”。

（2）**表序与表题置于表的上方**，表序与表题中的文字，中文采用**宋体11磅** ，英文采用**Times New Roman 11磅，**居中书写，段前空 12 磅，段后空 6 磅，行距为单倍行距，表序与表题文字之间**空一个汉字符宽度**。

（3）**尽量采用三线表**（**即表的上、下边线为单直线，线粗为 1.5 磅；第三条线为单直线，线粗为 1 磅**），必要时可加辅助线，三线表无法清晰表达时可采用其他格式。

（4）表单元格中的文字一般应**居中书写**（上下居中，左右居中），不宜左右居中书写的，可采取两端对齐的方式书写。表单元格中的文字采用**宋体11磅** 字书写，单倍行距，段前空 3 磅，段后空 3 磅。

（5）当表格较大，不能在一页内打印时，可以“续表”的形式另页打印（说明见下页）。

（6）若在**表下方注明资料来源**，则此部分用**宋体五号字**，单倍行距，段前空 6磅，段后空 12 磅。需要续表时，资料来源注明在续表之下。

**↓表 - 参考示例**

目前对Kitaev型QSL材料研究还在进行，具体情况如表1-1所示[35]。

表1‑1　Kitaev型QSL候选材料的基本性质汇总[35]

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Materials | Space groups | Tmag（K） | θCW（K） | Magnetic ground state | References |
| Na2IrO3 | *C*2/m | 15 | -176（*θ*ab）  -40（*θ*c） | Zigzag | [190] |
| *α*-Li2IrO3 | *C*2/m | 15 | 5（*θ*ab）  -250（*θ*c） | Spiral | [42,194] |
| *β*-Li2IrO3 | *F*ddd | 38 | -90.2（*θ*a）  12.9（*θ*b）  21.6（*θ*c） | Spiral | [57,191] |
|  |  |  |  |  | 续下页 |

续表1‑1　Kitaev型QSL候选材料的基本性质汇总[35]

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Materials | Space groups | Tmag（K） | θCW（K） | Magnetic ground state | References |
| *γ*-Li2IrO3 | *C*ccm | 39.5 | 40 | Spiral | [42] |
| *α*-RuCl3 | *C*2/m→ | 7 | 39.6（*θ*ab）-216.4（*θ*c） | Zigzag | [193] |
| Cu3LiIr2O6 | C2/c | 15 | -145 | Antiferromagnetic | [202] |
| Ag3LiIr2O6 |  | - | -142 | Suspected QSL | [207] |
| H3LiIr2O6 | C2/m | - | -105 | Suspected QSL | [48] |

**论文中续表的说明：↑**

当表格较大，不能在一页内打印时，可以用“续表”的形式另页打印，格式同前，需在跨页表格页末右下角标注“续下页”，续页表序前加“续”字即可，例如“续表1-1　Kitaev型QSL候选材料的基本性质汇总”，续表第一行重复表头。

**阅后请删除此提示框。**

1913年英国物理学家布拉格父子W. H. Bragg和W. L. Bragg[215,216]在劳厄发现的基础上，成功地测定了NaCl、KCl等的晶体结构，并提出了式(1-1)作为晶体衍射基础的著名公式──布拉格方程：

(1-1)

式中 *d* ——晶面间距（）；

**↑←表达式与注释参考示例**

*θ* ——入射线与晶面的夹角（）；

*λ* ——X射线波长（）。

**论文中表达式的说明：**

表达式主要是指数字表达式，例如数学表达式，也包括文字表达式和化学反应式等。

（1）**表达式一般应另行起**，采用与正文相同的字号居中书写，或另起一段空两个汉字符书写，全文要使用同一种格式。

（2）**表达式应有序号**，序号应加括号置于表达式右边行末，置于括号中，序号与表达式之间不加任何连线。

（3）较长的表达式必须换行时，应在“=”或者“+”“−”“×”“/”等运算符或者“]”“}”等括号之后换行。若有多行且多个“=”号，上下行尽可能在“=”处对齐。

（4）**表达式字体可以采用Xits Math 或Cambria Math或Times New Roman小四号字或12磅**，行距为单倍行距，段前空 6 磅，段后空 6 磅。

（5）公式中用斜线表示“除”的关系时应采用括号，以免含糊不清，如。

（6）公式中第一次出现的物理量代号应给予注释，注释的转行应与破折号“——”后第一个字对齐，破折号占4个半角字符（例①）。注释也可以不用破折号而是直接表述（例②）。

**注释物理量需用公式表示时，此注释公式后不应出现公式序号**，格式见下例（**“式中”两个字顶格输出**）：

例①：

式中 ——试样断裂时的单位长度上的相对扭转角，；

——无量纲气膜厚度，，为气膜厚度，为平均气膜厚度。

例②：

式中*Rs*、*Rr*分别为定子、转子绕组电阻（Ω），*Ls*为定子等效两相绕组自感（H）

（7）当表达式不是独立成行书写时，应尽量将其高度降低为一行，例如，将分数线书写成“/”，将根号改为负指数，例如。

**阅后请删除此提示框。**

# 国内外在该方向的研究现状及分析

## 节标题

### 条标题

正文段落 … …

（1）条目标题

（2）条目标题

公式按章重新编号：

(2-1)

……

图题：

图2-1　示例XXX

表题：

表2‑1　示例XXX

**论文中段落文字中文使用宋体，英文和数字使用 Times New Roman ，字号 12磅（小四）**，两端对齐，段落首行左缩进 2 个汉字符，行距为固定值 20 磅，段前空 0 磅，段后空 0 磅。

# 主要研究内容及研究方案

## 节标题

### 条标题

正文段落 … …

（1）条目标题

（2）条目标题

公式按章重新编号：

(3-1)

……

图题：

图3-1　示例XXX

表题：

表3‑1　示例XXX

**论文中段落文字中文使用宋体，英文和数字使用 Times New Roman ，字号 12磅（小四）**，两端对齐，段落首行左缩进 2 个汉字符，行距为固定值 20 磅，段前空 0 磅，段后空 0 磅。

# 预期达到的目标

## 节标题

### 条标题

正文段落 … …

（1）条目标题

（2）条目标题

公式按章重新编号：

(4-1)

……

图题：

图4-1　示例XXX

表题：

表4‑1　示例XXX

**论文中段落文字中文使用宋体，英文和数字使用 Times New Roman ，字号 12磅（小四）**，两端对齐，段落首行左缩进 2 个汉字符，行距为固定值 20 磅，段前空 0 磅，段后空 0 磅。

# 已完成的研究工作与进度安排

## 节标题

### 条标题

正文段落 … …

（1）条目标题

（2）条目标题

公式按章重新编号：

(5-1)

……

图题：

图5-1　示例XXX

表题：

表5‑1　示例XXX

**论文中段落文字中文使用宋体，英文和数字使用 Times New Roman ，字号 12磅（小四）**，两端对齐，段落首行左缩进 2 个汉字符，行距为固定值 20 磅，段前空 0 磅，段后空 0 磅。

# 为完成课题已具备和所需的条件与经费

## 节标题

### 条标题

正文段落 … …

（1）条目标题

（2）条目标题

公式按章重新编号：

(6-1)

……

图题：

图6-1　示例XXX

表题：

表6‑1　示例XXX

**论文中段落文字中文使用宋体，英文和数字使用 Times New Roman ，字号 12磅（小四）**，两端对齐，段落首行左缩进 2 个汉字符，行距为固定值 20 磅，段前空 0 磅，段后空 0 磅。

# 预计研究过程中可能遇到的困难和问题及其解决措施

## 节标题

### 条标题

正文段落 … …

（1）条目标题

（2）条目标题

公式按章重新编号：

(7-1)

……

图题：

图7-1　示例XXX

表题：

表7‑1　示例XXX

**论文中段落文字中文使用宋体，英文和数字使用 Times New Roman ，字号 12磅（小四）**，两端对齐，段落首行左缩进 2 个汉字符，行距为固定值 20 磅，段前空 0 磅，段后空 0 磅。

# 章标题

## 节标题

### 条标题

正文段落 … …

（1）条目标题

（2）条目标题

公式按章重新编号：

(8-1)

……

图题：

图8-1　示例XXX

表题：

表8‑1　示例XXX

**论文中段落文字中文使用宋体，英文和数字使用 Times New Roman ，字号 12磅（小四）**，两端对齐，段落首行左缩进 2 个汉字符，行距为固定值 20 磅，段前空 0 磅，段后空 0 磅。

# 章标题

## 节标题

### 条标题

正文段落 … …

（1）条目标题

（2）条目标题

公式按章重新编号：

(9-1)

……

图题：

图9-1　示例XXX

表题：

表9‑1　示例XXX

**论文中段落文字中文使用宋体，英文和数字使用 Times New Roman ，字号 12磅（小四）**，两端对齐，段落首行左缩进 2 个汉字符，行距为固定值 20 磅，段前空 0 磅，段后空 0 磅。

# 章标题

## 节标题

### 条标题

正文段落 … …

（1）条目标题

（2）条目标题

公式按章重新编号：

(10-1)

……

图题：

图10-1　示例XXX

表题：

表10‑1　示例XXX

**论文中段落文字中文使用宋体，英文和数字使用 Times New Roman ，字号 12磅（小四）**，两端对齐，段落首行左缩进 2 个汉字符，行距为固定值 20 磅，段前空 0 磅，段后空 0 磅。

# 参考文献

参考文献中所涉及的标点符号均采用半角，阅后删除方框

1. 张昆, 冯立群, 余昌钰, 等. 机器人柔性手腕的球面齿轮设计研究[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 1994, 34(2): 1-7.
2. 竺可桢. 物理学[M]. 北京: 科学出版社, 1973: 56-60.
3. DUPONT B. Bone marrow transplantation in severe combined immunodeficiency with an unrelated MLC compatible donor[M]// WHITE H J, SMITH R, eds. Proceedings of the Third Annual Meeting of the International Society for Experimental Hematology. Houston: International Society for Experimental Hematology, 1974: 44-46.
4. 郑开青. 通讯系统模拟及软件[D]. 北京: 清华大学无线电系, 1987.
5. 姜锡洲. 一种温热外敷药制备方案: 中国, 88105607.3[P]. 1980-07-26.
6. 中华人民共和国国家技术监督局. GB3100-3102. 中华人民共和国国家标准-量与单位[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
7. MERKT F, MACKENZIE S R, SOFTLEY T P. Rotational autoionization dynamics in high Rydberg states of nitrogen[J]. Journal of Chemical Physics, 1995, 103: 4509-4518.
8. MELLINGER A,VIDAL C R, JUNGEN C. Laser reduced fluorescence study of the carbon-monoxide nd triplet Rydberg series - experimental results and Multichannel Quantum-Defect Analysis[J]. Journal of Chemical Physics, 1996, 104: 8913-8921.
9. BIXON M, JORTNER J. The dynamics of predissociating high Rydberg states of NO[J]. Journal of Chemical Physics, 1996, 105: 1363-1382.
10. 马辉, 李俭, 刘耀明, 等. 利用REMPI方法测量BaF高里德堡系列光谱[J]. 化学物理学报, 1995, 8: 308-311.
11. CARLSON N W, TAYLOR A J, JONES K M, et al. Two-step polarization-labeling spectroscopy of excited states of Na2[J]. Physical Review A, 1981, 24: 822-834.
12. 广西壮族自治区林业厅. 广西自然保护区[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
13. 霍斯尼. 谷物科学与工艺学原理[M]. 李庆龙, 译. 2版. 北京: 中国食品出版社, 1989: 15-20.
14. 赵耀东. 新时代的工业工程师[M/OL]. 台北: 天下文化出版社. 1998 [1998- 09-26]. http://www.ie.nthu.edu.tw/info/ie.newie.htm.
15. 全国信息与文献工作标准化技术委员会出版物格式分委员会. 图书书名页: GB/T 12450-2001[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 1.
16. 全国出版专业职业资格考试办公室. 全国出版专业职业资格考试辅导教材: 出版专业理论与实务•中级[M]. 上海: 上海辞书出版社, 2004: 299-307.

文后著录的参考文献务必实事求是。论文中引用过的文献必须著录，未引用的文献不得出现。应遵循学术道德规范，避免涉嫌抄袭、剽窃等学术不端行为。

参考文献一般应是作者亲自考察过的对学位论文有参考价值的文献。除特殊情况外，一般不应间接引用。参考文献应有权威性，要注意引用最新的文献。所有被引用文献均要列入参考文献中，必须按顺序标注，但同一篇文章只用一个序号。尽量引用原始文献。当不能引用原始文献时，要将二次引用文献、原始文献同时标注。

博士学位论文的参考文献一般不少于100篇，**硕士学位论文的参考文献一般不少于40篇，其中外文文献一般不少于总数的1/2。参考文献中近五年的文献数一般应不少于总数的1/3，并应有近两年的参考文献**。

教材、产品说明书、国家标准、未公开发表的研究报告（著名的内部报告如PB、AD报告及著名大公司的企业技术报告等除外）等通常不宜作为参考文献引用。

引用网上参考文献时，应注明该文献的准确网页地址，网上参考文献和各类标准不包含在上述规定的文献数量之内。本人在攻读学位期间发表的学术论文不应列入参考文献中。

每一条文献的内容要尽量写在同一页内。遇有被迫分页的情况，可通过“留白”或微调本页行距的方式尽量将同一条文献内容放在一页。

**阅后请删除此提示框。**

**顺序编码制要求如下：**

参考文献标注采用顺序编码制，著录格式应遵照《文后参考文献著录规则》（GB/T7714-2015）的要求。

文献中的作者不超过三位时全部列出，超过三位时，一般**只列前三位**，中文的后面加 “**，等**”字，英文的后面加 “**, et al**”，作者姓名之间用**逗号**分开。

外国人名一般采用**姓在前，名在后**的著录法，**姓全部著录，字母全大写**，**名简写成单个大写字母且不加标点**，姓和名之间空1格，如：“METCALF S W”。

中文人名的英文表达方式，也采用**姓在前，名在后**的著录法，**姓全部著录，字母全大写，名简写成单个大写字母且不加标点**，如：“钱学森”，简写为“QIAN X S”。

**参考文献**表的正文部分用**五号字**，中文使用**宋体**，英文使用 **Times New Roman** ，行距采用固定值 16 磅， 段前空 3 磅，段后空 0 磅。**参考文献中涉及的标点符号均采用半角。**

具体要求和标志代码详见《南方科技大学研究生学位论文写作指南》。

**阅后请删除此提示框。**

具体要求和标志代码详见《南方科技大学研究生学位论文写作指南》。