

文章编号: 1672-2892(2010)04-0444-03

一种新颖双馈电型 PIN 开关

杨秀强, 杨先国

(西科微波通讯有限公司, 四川 成都 610036)

摘要: 微波光电二极管(PIN)开关速度和功率容量是相互矛盾的 2 个指标, 为同时兼顾改善 2 个指标, 结合半导体器件特性, 采取 PIN 管芯两极同时馈电的设计形式(即双馈电型开关), 经过优化设计, 研制出 2 GHz~6 GHz 单刀双掷 PIN 开关。与传统型开关电路相比, 开关速度和功率容量都得到较好提升, 为后续的工程应用奠定了基础。

关键词: 光电二极管; 开关; 双馈电; 单刀双掷开关

中图分类号: TN111

文献标识码: A

A novel double-fed PIN diode switch

YANG Xiu-qiang, YANG Xian-guo

(Seekon Microwave Communications CO., LTD, Chengdu Sichuan 610036, China)

Abstract: Microwave Positive Intrinsic Negative(PIN) switch speed and power capacity are two contradictory parameters. In order to improve the two parameters at the same time, combining the characteristics of semiconductor, this study adopted the design of PIN diode feeding simultaneously (namely double-fed switch). By optimized design, Single Pole Double Throw(SPDT) PIN diode switch from 2 GHz~6 GHz was obtained. Its switch speed and power capacity were improved greatly in comparison with traditional switch circuit. This study has laid a good foundation for successive engineering application.

Key words: Positive Intrinsic Negative diode; switch; double-fed; Single Pole Double Throw

微波开关是用于控制微波信号传输路径及信号大小的控制器件之一, 在微波技术的许多领域中有着广泛应用。传统微波开关电路主要是对微波通路上的光电二极管(PIN)^[1]施加单正压(电流驱动)或是单负压来实现其不同的阻抗特性, 以构成开关电路。本文介绍的双馈电开关是对 PIN 二极管同时施加正电压和负电压来实现。

1 设计依据

微波控制电路的各种控制功能是通过控制相关的半导体元器件来实现的, 目前多数采用 PIN 二极管来实现。PIN 二极管是一种 PIN 结器件, 在 P 型和 N 型这 2 个重掺杂接触区之间有 1 个极小的轻掺杂或非掺杂 I 区, 就得到了对某些器件应用来说十分需要的特性, 在反偏时 I 区将导致极高的二极管击穿电压, 而器件电容是通过增大 P 区和 N 区的距离来减小的, 此时 PIN 管对微波信号有极高的阻抗。在正向偏置时, I 区的电导率由末端区注入电荷来控制, 在 PIN 管通以适当的正向电流时, 显示很低的阻抗。PIN 管是一种低失真的偏流控制电阻器, 且具有良好的线性性能, 正是利用其以上 2 个特性, 可以完成电路的通断、调幅、衰减等功能^[2-3]。双馈电型 PIN 开关的设计也正是利用了 PIN 管的上述特性。

2 双馈电开关的设计

2.1 电路形式确立

这里都选用并联型单刀双掷开关(SPDT), 传统开关的电路原理见图 1。当偏置端 B1 加负偏, 同时给偏置端 B2 加正偏时, 并联二极管 D1 截止呈结电容状态, 并联二极管 D2 导通呈小电阻状态, 由于从公共端的 T 形结中

点到各支路的并联二极管处的距离均为四分之一波长，这时从公共端到 J_2 支路的输入阻抗非常大，相当于开路，使支路 J_2 处于信号隔离状态，而支路 J_1 此时处于信号导通状态，反之亦然^[4]。

双馈电型开关是对 PIN 二极管同时施加正电压和负电压来实现，电路原理见图 2。当偏置端 B_1 加负偏， B_1' 为正偏，同时给偏置端 B_2 加正偏， B_2' 加负偏压时，并联二极管 D_1 截止呈结电容状态，并联二极管 D_2 导通呈小电阻状态，其开关电路原理分析等同上面传统的开关电路。

通过上面的原理图，可以看出双馈电微波开关与传统微波开关的主要区别在于其馈电方式的不同。

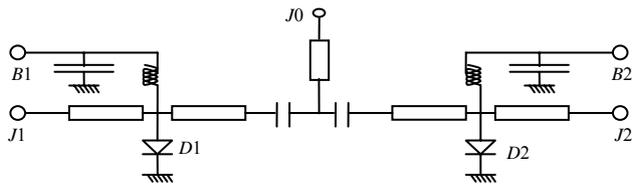


Fig.1 Schematic circuit diagram of traditional switch
图 1 传统型开关原理电路

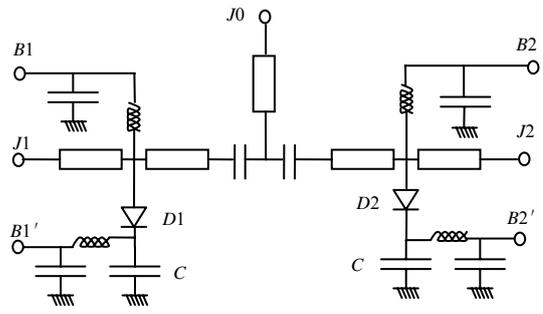


Fig.2 Schematic circuit diagram of double-fed switch
图 2 双馈电开关原理电路

2.2 具体设计及其注意事项

采用 MMP7033 管芯设计 1 个 2 GHz~6 GHz 的 SPDT 开关，MMP7033 的反向击穿电压 $V_{br}=200\text{ V}$ ，结电容 $C_j=0.1\text{ pF}$ ，在 20 mA 电流条件下导通电阻 $R_s=1.6\ \Omega$ 。开关采用纯并联形式，基片采用 0.19 mm 厚的 Duroid5880，其拓扑见图 3，与 PIN 管芯 N 极连接的电容选择为 100 pF，在驱动电路输出端加合适的限流电路，来对管芯和驱动加以保护，驱动电路采用的是北方华虹的 BHD-2P4，为增强其驱动能力，采用并行驱动模式，同时整体布局要充分考虑其组装的可实现性，双馈电开关的结构见图 4。由于是对 PIN 管芯同时馈入正负电压，设计时要重点考虑管芯导通时的限流电路，否则管芯和驱动电路都易烧毁，同时还要根据 PIN 管芯导通电流和电阻考虑分压网络。

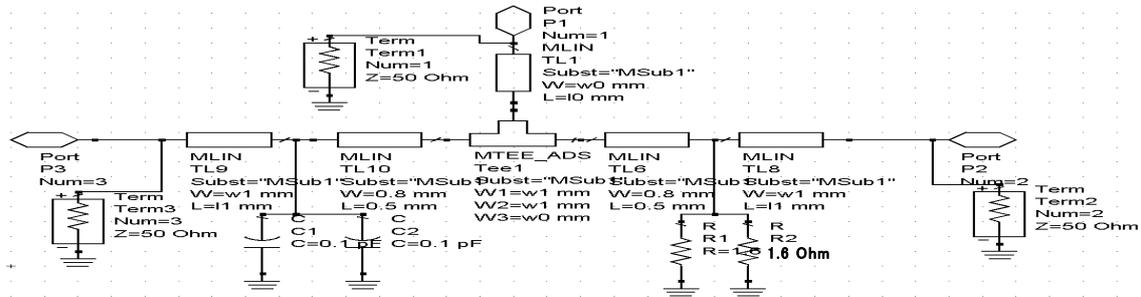


Fig.3 Double-fed switch topology
图 3 双馈电开关拓扑图

3 实验结果

为突出本设计的优势，将双馈电开关与采用相同管芯的常规开关进行比对测试，开关性能比较见表 1。

表 1 普通开关和双馈电开关的性能比较

Table1 Function comparison between traditional switch and double-fed switch

comparison items	maximum of switch speed/ns		maximum of insert loss /dB	minimum of isolation /dB
	turn on	turn off		
traditional switch	74	45	1.8	55
double-fed switch	49	36	1.5	55

开关速度测试时驱动脉冲周期为 500 ns，脉宽为 200 ns，射频频率为 3 GHz；插入损耗和隔离度测试时输入功率为 5 W。

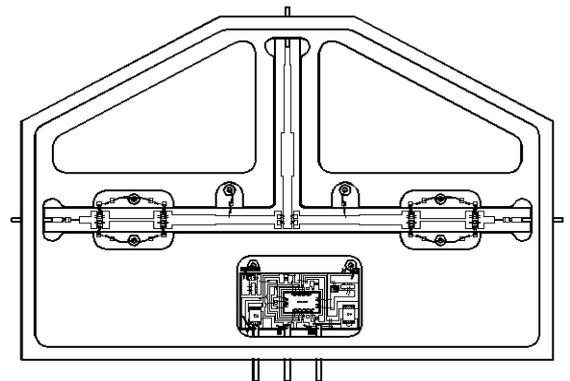


Fig.4 Structure chart of double-fed switch
图 4 双馈电开关结构图

衡量开关电路性能的指标主要有插入损耗、隔离、开关速度和功率容量这4项。具体开关电路设计中,这4项指标要根据具体需要来权衡考虑,因为它们之间有些是相互制约的,要获得低的插入损耗,开关的隔离度就不能做得太高;要想增大开关功率容量就必须牺牲其开关速度^[5]。

从表1可以看出,双馈电开关的主要优势在于其能在一定程度上缓解上面的矛盾:

a) PIN二极管上同时加正压和负压,正向导通的管芯能呈现比传统加电时更小的电阻值,反向截止的管芯,在射频电压条件下比传统加电时更易保持其容值,这样就可以获得在增大开关关断支路隔离度的同时进一步地降低开关导通支路的插入损耗。

b) 开关的开关速度和功率容量与PIN管芯的载流子寿命及其I层的宽度有关,当固定I层宽度的管芯处于正向偏置时,双馈电方式可以加速载流子漂移的速度,从而提高开关的开关速度;当处于反向偏置时,双馈电方式可以使管芯在射频电压条件下比传统加电时更易保持其容值,这样就降低了射频功率在管芯处的损耗及其产生的热量,从而起到增大管芯承受功率的能力^[6]。

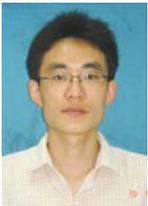
4 结论

通过比较测试,充分验证了新颖的微波PIN开关电路设计形式——双馈电型开关(目前国内尚未见相关报道)的优势,特别是在一些对开关速度和功率容量都有较高要求的场合,采用双馈电设计成为一种较优选择。

参考文献:

- [1] White J F. Microwave Semiconductor Engineering[M]. New York:Van Nostrand Princeton, 1982.
- [2] White J F. 微波半导体控制电路[M]. 王晦光,黎安尧,译. 北京:科学出版社, 1983.
- [3] McKelvey J P. Solid state and Semiconductor physics[M]. New York:Harper & Row, 1966.
- [4] Chorney P. Multi-Octave,Multi-Throw,p-i-n Diode Switches[J]. Microwave J., 1974,17(9):39-42.
- [5] Garver R V. PIN Diode Swiches:Speed vs.Power[J]. Microwave J., 1978,21(2):53-58.
- [6] Robert H Caverly,Gerald Hiller. Establishing the minimum reverse bias for a p-i-n diode in a high power switch[J]. IEEE MTT, 1990,38(12):1938-1943.

作者简介:



杨秀强(1979-),男,成都市人,硕士,工程师,主要从事射频微波电路的研究和设计工作.
email:fadyang@163.com.

杨先国(1978-),男,成都市人,本科,工程师,射频微波电路主持设计.

(上接第443页)

作者简介:



马良柱(1983-),男,山东省昌乐县人,助理工程师,主要研究方向为光纤超声/振动传感器工程化.email:xiaoma1357@163.com.

宋志强(1982-),男,山东省蒙阴县人,助理研究员,主要研究方向为光纤激光器.

刘统玉(1963-),男,山东省济宁市人,研究员,主要研究方向为光纤传感器.

王 昌(1977-),男,陕西省咸阳市人,副研究员,主要研究方向为光纤传感器.

陈汝波(1982-),男,山东省桓台县人,助理工程师,主要研究方向为多种气体检测.