

GaN次接触层对SiC光导开关欧姆接触的改进研究^①杨汇鑫 宋业生 陈士英
(东莞市五峰科技有限公司 广东东莞 511700)

摘要:大功率SiC光导开关存在接触电阻过高、接触退化的问题。为此,在接触金属与SiC基片之间增加一层 n^+ -GaN次接触层,光导开关的导通电阻随之下降两个数量级,而光电流效率增加两个数量级。

关键词:SiC光导开关 GaN 欧姆接触

中图分类号:TM836

文献标识码:A

文章编号:1674-098X(2013)01(a)-0029-02

光导半导体开关(PCSS)是利用超快脉冲激光器照射光电半导体材料(Si, GaAs, InP等),形成导通的一种开关器件^[1],其工作原理是,激光能量激励半导体材料,产生电子-空穴对,使其电导率发生变化,改变开关的通断状态,产生电脉冲。光导开关因为上升时间短、寄生电感小、传输功率高、重量轻、体积小等优点,广泛应用于超快瞬态电子学、超宽带通讯、超宽带雷达等领域。光导开关的半导体材料有三种:1、Si^[2]的暗电流较大,载流子寿命长,所以电脉冲宽度在ns级以上,且容易热击穿;2、GaAs、InP为代表的III-V族化合物半导体^[3],载流子寿命短,电脉冲宽度缩短至ps级, GaAs击穿电压高、电压转换效率高,而InP的触发抖动更小,输出电脉冲波形更平稳;3、SiC为代表的宽禁带半导体材料^[4],是非常理想的材料,近年来成为研究热点。光导开关金属电极与半导体之间的接触电阻关系输出功率和开关寿命,而高温大功率工作环境会造成接触退化。该文使用有机金属气相外延(OMVPE)在SiC基片表面制备一层重掺杂的 n^+ -GaN次接触层,以改善欧姆接触。

1 实验

制备的器件为横向结构,电极宽度为4 mm,设置不同电极间隙0.5、0.75、1.25和1.75 mm。基片为掺钋的半绝缘6H-SiC晶片,晶面方向(0001),厚度0.5 mm。基片先经过1600 °C的表面氢退火处理16 h,再浸入200 °C熔融态KOH中刻蚀3 min,然后浸入稀氢氟酸中浸泡12 h,最后使用丙酮、甲醇、去离子水清洗。

n^+ -GaN外延层采用OMVPE工艺沉积在基片表面,厚度100 nm,掺杂率 6×10^{19} 。采用湿法腐蚀工艺除去多余的 n^+ -GaN薄膜,得到次接触层的图案,工艺参数为浸没在90 °C的80%KOH溶液中15 min。

制备不含 n^+ -GaN次接触层的SiC光导开关以供比较。金属电极Ni/Ti/Au(50/30/75 nm)和Ti/Al/Ti/Au(30/200/30/30 nm)分别采用磁控溅射工艺沉积在SiC和GaN表面,再经过快速退火后得到欧姆接触,前者950 °C,1.5 min;后者900 °C,1 min。

6H-SiC的禁带宽度 E_g 为3e V,对应的光波长为380 nm。采用波长248 nm,脉冲宽度20 ns的氟化氬激光器作为触发源。测试电路如图1所示。

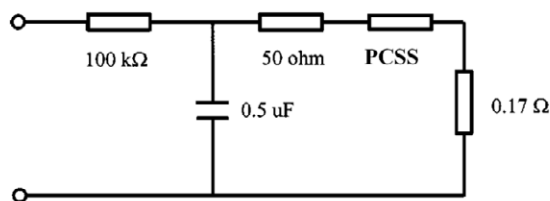


图1 测试电路图

2 结果讨论

不同的电极间隙下的暗电阻如图2所示。有GaN的暗电阻

明显小于没有GaN的暗电阻。当间隙为0.5 mm时,没有GaN的暗电阻为1201 MΩ,而有GaN的则降为101 MΩ。间隙为1.75 mm时,没有GaN的暗电阻为20137 MΩ,而有GaN的则降为3023 MΩ。这是因为GaN的引入减小了接触电阻。有GaN的暗电阻随间隙的扩大呈增加的趋势,而没有GaN的暗电阻则没有一个明显的规律。

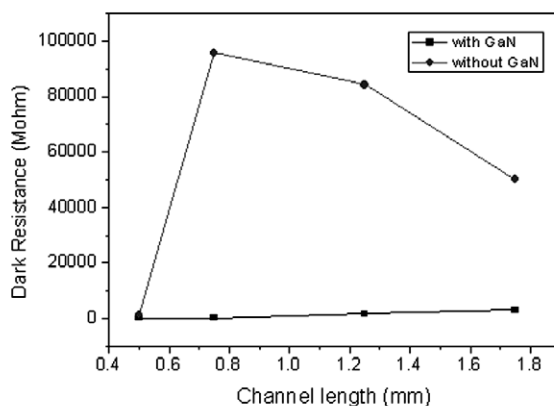


图2 SiC光导开关暗电阻与电极间隙之间的关系

两种SiC光导开关的击穿电压均可承受3 kV的电压和220 A的电流。没有GaN的开关若电流过高会产生焦耳热,造成负电极的接触退化。接触退化后,相同偏置电压下通过的电流明显下降。接触退化的原因是:正电极吸引电子,而负电极吸引空穴。由于空穴的迁移率比电子小得多,相比正极,负极产生更多的焦耳热,造成接触退化。有GaN的开关则未发现接触退化的问题。这是因为GaN能够富集大量空穴,降低了接触电阻,焦耳热也随之下降。

表1和表2给出了两种光导开关在不同偏置电压下的导通电流峰值,触发激光的能量6 J。由表1可知,有GaN的开关的光电流效率为 $1.38 \times 10^{-1} \text{ A/J V}$ (偏置电压90 V),导通电阻为1.21 Ω;而没有GaN的开关在接触退化后,光电流效率仅为 $1.66 \times 10^{-3} \text{ A/J V}$ (偏置电压2500 V),比前者小两个数量级,相应的导通电阻为 $1.00 \times 10^2 \Omega$,比前者大两个数量级。

(下转32页)

表1 有GaN的光导开关的导通电流峰值

偏置电压(V)	10	30	50	70	90
导通电流(A)	10.13	23.13	44.73	57.10	74.53

表2 没有GaN的光导开关的导通电流峰值

偏置电压(V)	1700	1900	2100	2300	2500
导通电流(A)	11.24	13.57	16.26	19.13	24.89

3 结语

在电极与SiC基片之间增加一层 n^+ -GaN次接触层以降低接

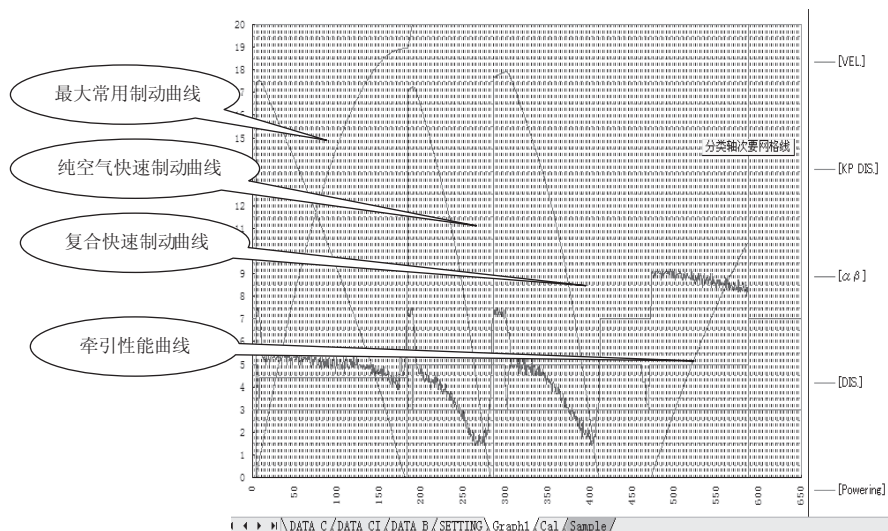


图2 郑西高铁牵引、制动试验数据曲线

满足铁道部要求的标准范围内，在动车组加速和制动情况下，乘客的舒适性并没有太大影响。

5 结语

在高速动车组去除牵引电机以及动车组的制动控制装置对动车组的牵引制

动性能造成的影响外，还有一个重要的技术关键是高速轮轨设计，其中一个很关键的技术难题就是保证轮轨界面之间具有较强的黏着效果，这样才可以保证高速动车组可以按照既有设计保证列车的牵引性能（加速运动）和制动性能（减速运动），影响轮轨关系的因素很多，在兼顾最佳轮

轨黏着系数变化规律的同时，考虑如何降低轮轨接触振动、保持轮轨的表面清洁以及轮对自身轴重等诸多因素，对今后的动车组研究至关重要。

针对这些影响动车组牵引制动性能的因素，加强对轮轨滚动接触疲劳和磨损度等轮轨材料性能方面的改进、轮轨的几何参数和型面的最佳匹配优化以及伤损机理的研究等方面的研究，可以让我国的高速动车组技术日趋的成熟，不断的进步。

参考文献

- [1] 胡毓达, 翁史烈, 秦士元. 一个求解非线性规划的方法及其应用[J]. 高等学校计算数学学报, 1979 (2) .
- [2] 贾炳义, 段后楠, 周双强, 等. CPG500型长轨条铺轨机组牵引驱动系统设计研究[J]. 安徽建筑, 2006 (2) .
- [3] 杨立勤, 李一平. 某铁路跨线栈桥门型支架的检测鉴定[C]//第20届全国结构工程学术会议论文集(第II册), 2011.
- [4] 钱仲侯. 高速铁路高论[M]. 3版. 中国铁路出版社, 2009.

(上接29页)

触电阻，消除负极的接触退化。

空穴的迁移率小是造成接触退化的原因， n^+ -GaN可有效富集空穴，从而解决该问题。

导通电阻下降两个数量级而导通电流增加两个数量级。

参考文献

- [1] 袁建强, 刘宏伟, 刘金锋, 等. 50 kV半绝缘GaAs光导开关[J]. 强激光与粒子束, 2009 (21) :783-786.
- [2] 常少辉, 刘学超, 黄维, 等. 正对电极结构型碳化硅光导开关的制备与性能研究[J]. 无机材料学报, 2012 (27) :

1058-1062.

- [3] 阮驰, 赵卫, 陈国夫, 等. GaAs与InP半导体光导开关特性实验研究[J]. 光子学报, 2007 (36) :405-411.
- [4] 严成峰, 施尔畏, 陈之战, 等. 超快大功率SiC光导开关的研究[J]. 无机材料学报, 2008 (23) :425-428.

(上接30页)

系数 CL_{MAX} 并没有随着重量 W 的增加而增大，反而呈现下降的趋势。这说明 CL_{MAX} 与重量并没有绝对关系，主要取决于翼形在不同燃油载荷下的形变情况。

3 结语

民机的失速速度是保证飞机安全运行的重要基准速度，必须通过飞行试验来演示和验证。失速试飞属于I类风险试飞科目，咨询通告对于失速速度试飞提出非常详细具体的试飞动作和数据处理要求，同时这些要求也随着飞机的设计特点不尽相同。必

须在飞行试验前期就予以缜密准备。

参考文献

- [1] 中国民用航空规章第25部. 运输类飞机适航标准, CCAR-25-R4, 2011.
- [2] Federal Aviation Regulation, Part 25 - Airworthiness Standards:Transport Category Airplanes.
- [3] Flight Test Guide for Certification of Transport

Category Airplanes, AC25-7B, March 29th, 2011.

- [4] Reynolds Pete, Ten Years of Stall Testing, AIAA, 1990, AIAA1990-1268.
- [5] Magill John, Dynamic Stall Control Using a Model Based observer, AIAA, 2001, AIAA2001-0251.
- [6] Fixed-Wing Performance Flight Testing, National Test Pilot School.