

# 碳化硅二极管助力于提高太阳能系统的效率

## *SiC Diodes Help to Improve the Efficiency of Solar System*

■ Cree公司 Michael O'Neill

碳化硅(SiC)二极管已经进入迅速扩张的太阳能逆变器市场,尤其是在欧洲。Cree的1200V SiC肖特基二极管已开始用来取代DC链升压电路所使用的硅(Si)PiN类设计,而且将很快出现在商用系统的逆变器领域。

最近几年,材料质量、尺寸和成本方面的进展,使SiC成为功率器件中Si的一种真正可行的替代者。随着晶圆尺寸的增加(目前Cree采用4英寸晶圆),缺陷密度在不断下降,材料成本也随之下降,目前较大的功率器件已经采用了SiC。该技术有许多独一无二的特性,使之成为了高压或高温操作的一种近乎理想的材料。

首先, SiC的导热率是砷化镓的几倍,也超过了Si的三倍。这将可以制造出更高电流密度的器件。另外, SiC的击穿电场(breakdown field)几乎是Si击穿电场的十倍,所以采用SiC的相同设计将获得硅元件十倍的额定击穿电压。由于这个原因,才有可能开发出非常高电压的肖特基二极管。最后, SiC是一种宽能带材料,因此,相对

于任何硅器件而言, SiC可在高得多的温度下工作。图1所示为SiC、GaAs和Si在导热率、电场击穿和能带隙方面的差异。

由于上述原因,肖特基二极管成为了没有少数载流子再复合,进而导致零反向恢复电流的单极性器件(参考图2),不过,其结电容电荷(junction capacitance charge)非常少。其重要性在于,这种电荷与Si PiN器件同相反向恢复电荷相比可以忽略不计,而且它还与温度、正向电流和开关 $di/dt$ (电流随时间的变化量)无关。这些肖特基二极管还具有零正向恢复电压,可以即时导通。这些开关特性还具有通常被忽略的大幅度降低电磁干扰(EMI)的好处。由于开关必须对伴随Si PiN器件的反向恢复电流进行转换,这些器件可以消除功率转换系统中的二极管开关损耗,进而大幅度降低与开关有关的导通损耗。由于这种效率和性能上的提高, SiC肖特基二极管成为了太阳能系统的理想解决方案。

Semiconductor Properties

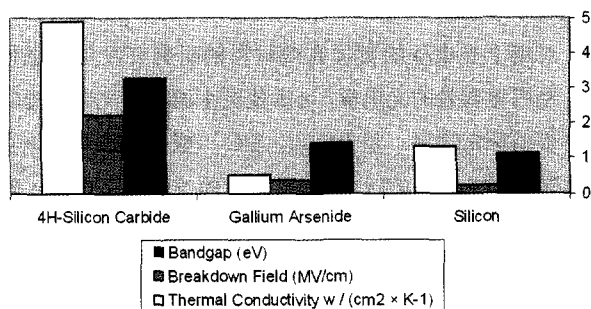


图1 几种材料的比较

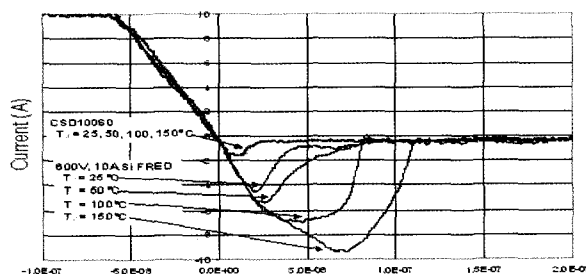


图2 肖特基二极管与硅等效元件恢复的对比

图2中红线表示在外壳温度为25°C、50°C、100°C和

150°C时,Cree 的 10A 600V 肖特基与 10A Si 等效元件的  $V_f$  与  $I_f$  器件特性的对比。SiC 器件的温度是独立的,而且没有反向恢复电流。

据可靠信息估计,全球能源消费的 39%为用电。在美国,预计未来十年能源需求将增加 19%,而发展中国家的需求增加将更加迅速。欧洲已经意识到了太阳能的优点,而一些国家正在推动商业和个人使用太阳能。由于采用 SiC 肖特基二极管使整个系统效率得以提高,许多太阳能设备制造商纷纷开始转向这一技术。

太阳能板收集太阳能能量,将其转换为正向 DC 电压。该电压随太阳能板上接受的太阳光的光强而变化。利用高频下的升压式转换器开关,该电压可以提升至一个固定的 DC 电压。SiC 肖特基二极管可以消除升压二极管的开关损耗,大幅度降低 MOSFET 或 IGBT 的导通损耗。这将显著提高升压电路的效率(参见图 3)。然后,一个逆变器将固定 DC 电压变成固定频率的可用的 AC 电压(欧洲的典型值为 220V,50Hz;北美为 110V,60Hz)。SiC 肖特基二极管可以消除这部分电路中的续流二极管的开关损耗,同时可以降低 IGBT 导通损耗(参见图 4)。逆变器效率也就随之显著提高了。

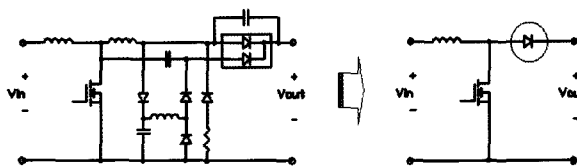


图3 电路的比较

图 3 中,左边的电路显示了采用 Si PiN 二极管、带缓冲电路的升压电路。右边的电路则显示了采用 SiC 二极管的升压电路。没有恢复电流就无需缓冲电路,使电路变得更加有效。

图 4 显示了一个采用 Si PiN 续流二极管的逆变器与 SiC 肖特基续流二极管之间辐射 EMI 的差异。

硅基逆变器典型的平均效率接近 96%。利用一个更加有效的系统,太阳能板提供的能量可以更有效地转换为可用电能。采用 SiC 器件,逆变器的平均效率可能提高到 97.5%。这相当于减少了 25%的逆变器损耗。考虑到太阳能系统至少需要工作 30 年,即意味着在节约能源方面有相当大的改进,通过降低温度,系统也将具备更高的可靠性。现已上市的太阳能系统通常被划分为两类,即并网型(grid-

ted)和离网型(off-grid)。正如其名称,“并网型”系统是与电网连接的。根据负载需求、时间等不同,终端用户的电力要么来自于系统的太阳能板,要么来自于电网。这类系统具备一种计量能力,来自太阳能系统的电力可以在低需求期间输送回电网。“离网型”系统采用独立的电池系统,有时也有一个备用的发电机。太阳能板通过一个充电控制器对电池组进行充电,电池可以向逆变器提供输入功率,从而为终端用户提供电力。

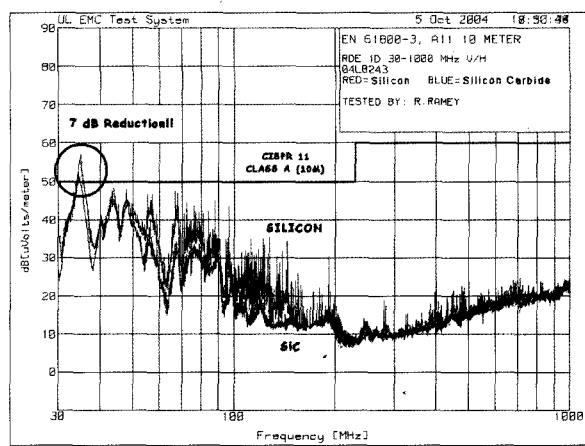


图4 EMI比较

今天,通常一个系统的成本大约为每瓦特 10 美元,所以一个 3kW 的系统大约需要 3 万美元。显然,一个更加有效的系统将意味着消费者较快可以得到回报,此外,全球对能源的关注正在促进可实现更多优势的替代能源和碳化硅的应用。

太阳能板制造商在继续致力于设计一种更加有效的产品,其典型的运行效率为 15%-20%。在这个统计中,正是升压式转换器和逆变器对系统的全面能量效率产生了最大的影响,这就是 SiC 二极管扮演这种重要角色的原因所在。

对用于光电板的更加有效材料的研究开发正在进行中。利用更有效的光电板,可以使更小面积的光电板提供高得多的额定功率。基于这点, SiC 二极管制造商应该看到其客户需求方面的改变,即从目前的 10Amp-20Amp 额定值走向 50Amp、100Amp 及更高额定电流的器件。事实上,Cree 目前就有一种 1200V 50Amp 的商用器件。不久的将来, SiC 材料技术及更大直径的晶圆将获得进一步的发展。**GEC**