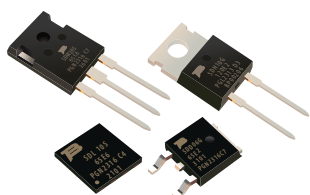


碳化硅功率肖特基二极管的特性 如何提供更强大的应用功能

白皮书



Bourns® 碳化硅功率肖特基二极管

介绍

对二极管应用来说，理想的组件应该是在正向传导期间时没有发生压降且在反向偏置时没有发生漏电流。它应可以立即从传导正向电流变成阻断反向电压。相较于硅接面二极管，肖特基二极管可提供较低的压降及较小的反向偏置恢复电流。

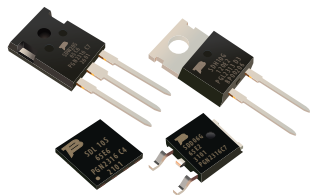
本文讨论以碳化硅 (SiC) n 外延半导体材料层建构而成的肖特基二极管的特性，这些 n 外延半导体材料层附着在一个金属接触区；这样的构造不同于在构造上使用两个不同的掺杂硅半导体材料的二极管。下面将进一步说明这个构造。

为什么碳化硅是种改善

碳化硅是一种半导体材料，相较于平常使用的掺杂硅，它能在高很多的温度下维持它的有用特性。使用碳化硅来建构肖特基二极管能够使它们在更高的温度下工作，高达 175°C 的接面温度，且允许使用更小的散热器设计，因此可以简化热管理。同样地，采用碳化硅电能半导体所设计出来的电源系统可以在高出 50°C 的环境温度下运作，这比使用结点最高额定温度为 125°C 的硅半导体所能达到的环境温度要来得高。这是一项非常有吸引力的特色，能够使电源系统满足汽车和其他恶劣环境应用的热性能要求。

因为碳化硅是一种宽能隙的材料，因此与硅类的组件相比，它可以承受更高的电压后才崩溃，以及在高温下承受更高的电压。碳化硅与生俱来的更高能力使碳化硅肖特基二极管的反向击穿电压远高于 1200 伏特，且同时能够在小型封装中提供数十安培的正向电流。此外，更小的封装提高了电源开关设计所实现的功率密度，这是电源供应要求中最想要具备的特色。此外，碳化硅电能肖特基二极管能够在更高的开关频率下工作，这允许使用更小的电感器和电容器，因而再次有助于提高功率密度。碳化硅所提供的功率密度增高的最终好处是它可以减低解决方案的成本。

碳化硅功率肖特基二极管的特性如何提供更强大的应用功能



Bourns® 碳化硅功率肖特基二极管

为什么碳化硅是种改善 (续)

碳化硅功率肖特基二极管的许多开发商都将它们设计为具有卓越的雪崩性能，这有助减小缓冲电路的尺寸和成本。同样地，这亦可能提高电力系统的功率密度，且在同时减低整个系统成本。

如果功率密度不是最重要的特色，设计人员可以选择使用数量比硅类组件更少的碳化硅功率肖特基二极管，以更低的成本来实现相同的功率输出。

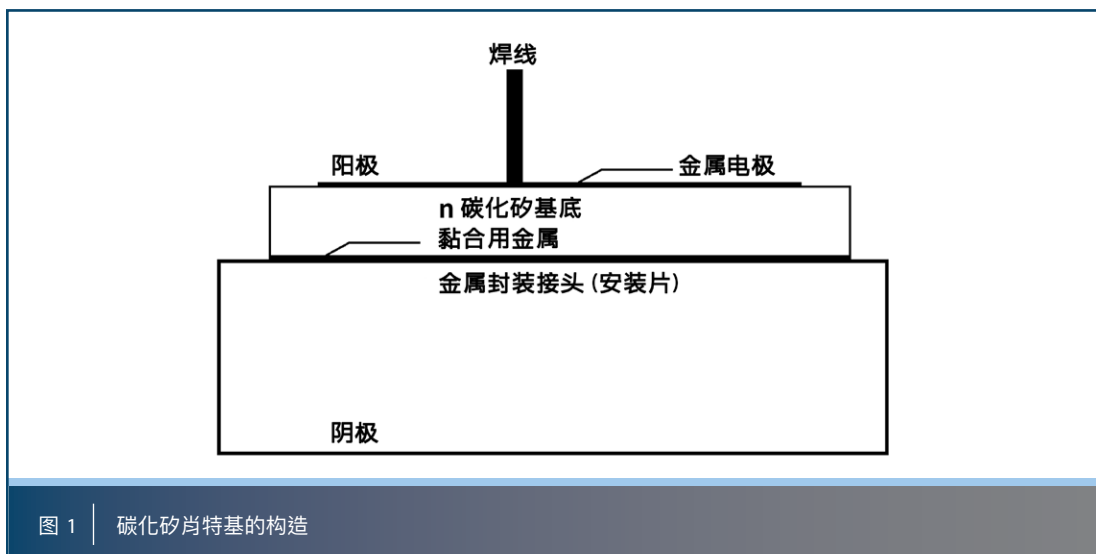


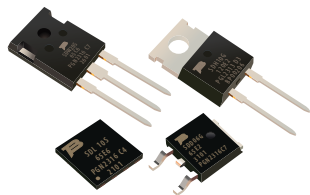
图 1 | 碳化硅肖特基的构造

碳化硅肖特基二极管的结构是由一个轻度掺杂 n 型碳化硅层和一个金属电极（通常由铝或铂制成）组成。金属电极作为阳极，n 型碳化硅基底作为阴极。当正向偏压时，阴极会将电子注入 n 型碳化硅层，电子从阳极流出，导致传统的正电流流入阳极。正向偏压暗示阳极的电位高于阴极。

碳化硅肖特基二极管的正向压降之所以是低的，是因为金属电极-半导体基底接口处的低位能障，这使得电子可以有效率地从阴极移动到阳极。所产生的功耗较低，有助于提高应用的整体效率。

当反向偏压时，金属电极-半导体基底接口会在接口处建立一个耗尽区。这个耗尽区是电流流动的障碍，且它的宽度由施加在二极管的反向偏压电压决定。使用碳化硅这个宽能隙电压材料来减少反向漏电流。

碳化硅功率肖特基二极管的特性如何提供更强大的应用功能



Bourns® 碳化硅功率肖特基二极管

峰值电流处理

碳化硅功率肖特基二极管的峰值正向电流和平均功耗规格限制了正向传导脉冲电流。当过大的正向电流被施加时，二极管封装中的焊线将扮演保险丝的角色。最大正弦波脉冲电流的指定方式同于保险丝，亦即 I^2t 额定值 (以 A^2s 为单位)。这个额定值说明了焊线和半导体结金属中的高电流脉冲的热效应。通常，在肖特基二极管的规格书上会显示其他脉冲宽度和测量条件的峰值电流额定值。

碳化硅的高导热性可以承载高电流，且在同时有效散热。碳化硅半导体材料与生俱来的高电流能力提供了非常高的电流运作，且在同时将界面温度维持在最低。仅使用一个半导体层，且碳化硅可以比硅层更薄，使得结合点到散热器的距离非常短。结果是所产生的热量很快地从半导体层散发出来，因而实现了非常高的峰值电流处理能力。

反向恢复运作

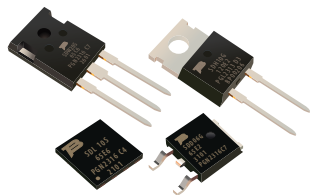
任何二极管要从导通状态切换到截止状态，必须去除金属电极和半导体区域所形成的电容器中的电荷。要被去除的电荷数量以 奈米库伦 (nanocoulomb) 为单位予以指定。典型来说，碳化硅肖特基二极管所需要去除的电荷不到硅结二极管所需电荷的 $1/10$ 。当在相同电压下工作时，这显示碳化硅肖特基二极管的电容不到硅结二极管的 $1/10$ 。最重要的是，碳化硅肖特基二极管中的电荷会随温度而维持恒定，而当从环境温度增加到最高工作温度时，硅结二极管中的电荷会增加约 50%。

这些反向恢复效应对碳化硅肖特基二极管具有三个重要影响。第一个影响是，在任何特定的作业条件下，去除电荷的时间随着温度的变化而维持恒定。这在开关应用运作中提供了热稳定性。第二个影响是，在开关频率的每个电流导通周期之后的反向恢复期间内，应用的 IGBT (绝缘栅双极晶体管) 或 MOSFET (金属氧化物半导体场效晶体管) 开关中的功耗会最小化。这减少了功率转换应用的开关组件的应力，并减少了热冷却的要求。

EMI (电磁干扰) 减少

当使用碳化硅肖特基二极管所具有的更好的功率转换应用的反向恢复特性时，第三个影响是由于不需要反向恢复电流快速切换，因此可减少 EMI。事实上，当使用碳化硅肖特基二极管时，电源转换应用中的反向电流几乎降至零—通常小于使用硅结二极管时的反向恢复电流的 $1/10$ 。低的反向电流可减少噪声。除了异常低之外，电流水平和恢复时间随着温度的变化而维持恒定。也就是说，所产生的 EMI 的幅度和频率在各种温度和负载条件下都将维持恒定。

碳化硅功率肖特基二极管的特性如何提供更强大的应用功能



Bourns® 碳化硅功率肖特基二极管

更高的效率优点

除了关闭时的优点，当碳化硅肖特基二极管在导通周期开始时以开关频率开启时，亦具有充电电容较小的优点。电流越低暗示电路的电阻所产生的热量越少（电路的电阻与电流的平方成正比）。当使用 MOSFET 时，这包括通道中由于它的电阻而消耗的功率。在功率转换应用中，使用 IGBT 作为开关组件进一步降低了开关所产生的功率，因为所消耗的功率是电流乘以集电极-发射极接口上的电压下降。

典型的应用

使用碳化硅肖特基二极管对工业应用是有好处的，因为它们的效能优异，且具有低的反向恢复电流，可减少产生的 EMI/RFI，因而较容易遵守发射标准。此外，这些二极管形成并联模块，可以轻松实施来实现极高的电流应用。

- 工业高压 AC/DC 电源管理单元
- 功率因子校正 (PFC) 应用
- 单相和多相马达的马达驱动
- 空调 PFC 压缩机和风扇驱动器
- AC/DC 管理单元、高压电源转换和其他拓扑
- 服务器和电信开关模式电源供应 (SMPS)

在整流器阶段应用碳化硅肖特基二极管可以使电动汽车的应用变得更加紧凑、成本更低，因为它们可以提高效能，以及提供高电流密度。它们的正向电压较低，暗示当电流通过这些二极管时，所损失的电压较少。

- 车载充电 (OBC)
- 电动汽车 (EV) 充电站

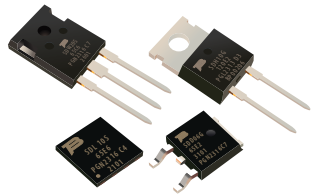
使用碳化硅肖特基二极管对家用、消费型和许多类型的低功率应用是有益处的，因为它可以提高效能，并为这些应用的功率转换阶段提供尺寸更小的解决方案。各种开关转换应用都受益于碳化硅肖特基二极管的增强性能。

- 不断电系统 (UPS)
- 光伏应用 (太阳能升压转换器、逆变器拓扑、微型逆变器等)
- 电视和娱乐用途的交换式电源
- 桌面计算机和 PC 电源供应器
- 白色家电交换式电源供应器和马达驱动器

碳化硅功率肖特基二极管的特性如何提供更强大的应用功能

总结

总结来说，当使用碳化硅肖特基二极管时，发热会减少，因而提高效率、降低功耗温度且可减少开关组件的应力。碳化硅半导体具有高的导热性，可减低运作期间的结温。这些有助于拉长 MTBF (平均故障间隔时间)，且有助节省系统生命周期的运作成本。



Bourns® 碳化硅功率肖特基二极管

www.bourns.com

BOURNS®

Americas: Tel +1-951 781-5500
Email americus@bourns.com

EMEA: Tel +36 88 885 877
Email eurocus@bourns.com

Asia-Pacific: Tel +886-2 2562 4117
Email asiacus@bourns.com

COPYRIGHT © 2023 • BOURNS, INC. • 05/23 • e/ESD2306
「Bourns」是 Bourns, Inc. 在美国和其他国家的注册商标。