

宽禁带材料用于电力电子：现在和未来

安森美 (onsemi)

电力电子器件是半导体领域中一个未被重视的部分。电力电子器件和系统对几乎所有依靠电力运行的设备的运行都至关重要。

电力电子器件是用于控制和调整提供给终端电路的电力功率的半导体器件。这些器件一般与电阻、电感和电容等无源元件相连，以完成电源转换。例如，这些系统将来自电网的交流电转换为直流电压，在直流电压之间进行转换，并运行电动机（直流到交流转换）。

近几十年来，电力电子技术的持续改进提高了每个电力终端设备的能效。此外，电力电子技术对实现节能和减碳技术至关重要，如 LED 照明、太阳能发电和电动车。

多年来，使能效惊人增长的是新的硅半导体器件、转换器拓扑结构和控制技术的创新。电力电子的下一场革命现在正在进行中：新材料。

这些半导体，碳化硅 (SiC) 和氮化镓 (GaN)，被称为宽禁带 (WBG) 材料。顾名思义，它们的电子带隙比传统的硅要宽。因此，用 WBG 材料设计的电力电子开关比当前的主力器件 IGBT 和 MOSFET 具有更低的电阻和更高的开关频率。

虽然经常将它们相提并论，但实际上，SiC 和 GaN 之间有一些重要的区别。这些差异导致它们各自有一个单独的“甜蜜点”，即材料最适合的应用。

这些材料的实际晶圆是第一大区别。硅锭是通过化学气相沉积 (CVD) 或物理气相传输 (PVT) 从单晶种子晶圆生长出来的。与硅锭的生成相比，这两种方法都是高温和缓慢的。创造 SiC 晶圆的下一个挑战是将硅锭切

成盘状。SiC 是一种非常坚硬的材料，即使用金刚石锯也难以切割。还有其他几种将硅锭分离成硅晶圆的方法，但 these 方法会引入缺陷到单晶中。

相比之下，GaN 衬底不是从 GaN 锭上切割下来的。GaN 是通过 CVD 在硅晶圆上生长的。在这种情况下，挑战在于硅和 GaN 之间的晶格常数不匹配。各种方法被用来设计应力，但有可能出现影响可靠性的缺陷。由于 GaN 是硅上面的一层，因此 GaN 功率器件是横向器件，这意味着源极和漏极在晶圆的同一侧。这与硅和 SiC 功率开关相反，其主要电流路径是垂直通过芯片的。

这两种材料也有不同的最佳电压等级。额定击穿电压为 100 V 左右的 GaN 器件将用于 48 V 以下的中压电源转换。这个电压范围涵盖云计算和电信基础设施应用。此外，电源和墙上插座将包含 650 V 的 GaN 功率开关，这是适合 AC-DC 的额定电压，输入电压范围宽达 90 - 240 V AC。GaN 的高频率使电源的无源元件更小，从而使整体解决方案更紧凑。

相比之下，SiC 器件设计用于 650 V 和更高电压。正是在 1200 V 和更高电压下，SiC 成为各种应用的最佳解决方案。像太阳能逆变器、电动车充电器和工业 AC-DC 等应用，从长远来看都将迁移到 SiC。另一个长期应用是固态变压器，当前的铜和磁铁变压器将被半导体取代。

电力电子的下一场革命已经来临。新兴的碳化硅和氮化镓宽禁带材料将有助于使未来的电力电子器件更高能效、外形更小，用于各种应用。