

# 功率器件的演变

The evolution of power components

Ali Husain (安森美半导体公司 战略及营销高级经理)

随着世界中产阶级的增加以及汽车、暖通空调 (HVAC) 和工业驱动更加电气化, 电力需求只会增加。在每个功率级 (发电、配电、转换和消耗) 所能达到的能效将决定整个电力基础设施的负担增加程度。在每个功率级, 能效低会导致产生热量, 这是主要的副产物。通常, 消除热量或以其他方式处理热量需要消耗更多的能量。因此, 减少每一功率级产生的废热具有相当大的影响。

在转换级, 电力电子器件产生的热量主要归咎于导通损耗和开关损耗。更高能效的半导体意味着更少的热量, 因此也减少了能源浪费。低能效的半导体产生的热量是不可利用的, 且大多是不需要的, 但得益于半导体技术和材料的不断改进和能效提高, 越来越可避免产生大量的热量。

功率半导体的不断发展在很大程度上是由终端市场的需求驱动的。如今, 所有垂直行业、市场或应用都有其特定的功率需求。即使在近期, 这些不同的需求不得以基本相同的半导体技术来满足: 硅 FET。对所有应用都使用相同的技术, 不可避免地会导致一

些应用表现出比其他应用更大的损耗, 这完全是由于器件的局限性; 没有哪一种技术 / 方案是万能的, 我们需要根据需求去定制。

目前, 功率开关有几种不同的选择。功率 MOSFET 是最基本的器件, 多用于击穿电压低于 200 V 的应用。超级结 MOSFET 是它的延伸, 旨在实现更高的电压, 具有相对快速的开关特性。IGBT 可看作是双极结晶体管和 MOSFET 的混合体, 它的开关波形较慢, 但很适合硬开关拓扑结构, 用于大功率应用。

如今, 在应用于特定电源应用时, 包括碳化硅 (SiC) 和氮化镓 (GaN) 在内的广义上的宽禁带 (WBG) 技术已发展到每项指标都可挑战硅 FET 和 IGBT。WBG 带来的主要优势之一是其高频下高效开关的能力, 这可直接转化为电源中更小的无源、磁性元件。另一个优势是其相对没有反向恢复电流, 能在各种电源拓扑结构中代替二极管, 这不仅提高了整体能效, 而且有可能实现全新的架构。

WBG 功率晶体管的开发为 OEM 厂商提供了更广泛的开关方案选择, 从而可以替代拓扑提供更高的能效和功率密度。这种选择水平不仅在现有应用中具有优势, 实际上还实现了全新的用电方式。图腾柱 PFC 拓扑结构是个很好的例子, 若选用 WBG 器件则会更有利和可行。

从目前的许多应用来看, 几乎所有领域都表现出对电力电子的强烈需求。在汽车行业, 动力总成的功能电子化趋势仍在继续。随着混合动力汽车和纯电动汽车的发展, 需要 AC-DC 和 DC-DC 转换用于车载电池充电和电动机驱动。现在, 可再生能源在整个电力基础设施中占有较大的

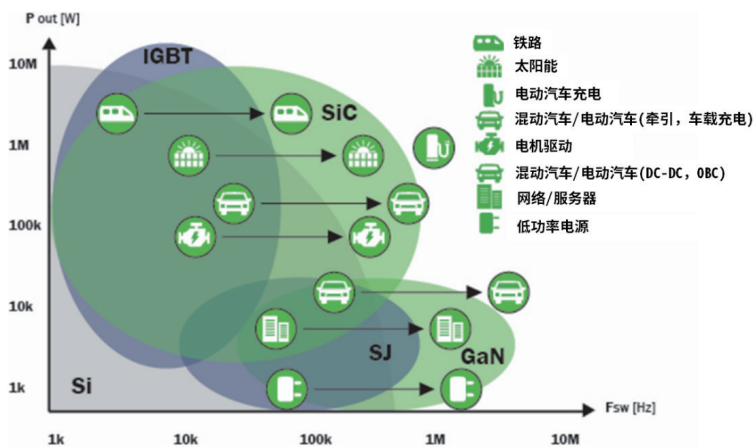


图1 功率半导体技术满足所有现有的和新兴的应用

比重，且这一比重还将不断增长。在光伏发电中，要求逆变器能够把电压相对低、但电流高的直流电转换为交流电供更广泛的电网使用。一个补充的应用领域是利用电池储能来稳定对电网的需求。该技术正在取代能效较低的燃煤和天然气发电机，因为这些发电机每次上线时都需要进行物理旋转来提速，通常用于相对短时间运行的应用。

电力的生产方式正在从化石燃料转向可再生的“绿色”能源，如太阳能、风能和波浪能。这些自然能源比能源行业所使用的资源如天然气和燃煤的合规性要低。这在过去意味着每瓦特的成本更高，不过现在这种情况正在改变。更高效的电力电子技术是太阳能和风能成本低于化石燃料的原因之一。WBG的出现和传统半导体技术的不断进步意味着可再生能源现在更加可行，并将在未来的电气化系统中发挥更大的作用。

## 1 高能效是推动力

电力负载所需的电压和电流水平相差很大，可从其由微到兆的量级明显看出。当电能到达其终端应用时，其功率将处于最低水平。这种受控的减少需要转换，如前所述，它是功率级的倒数第二级，可以说最重要的也在于能效。

运行中的电源（发电机）与使用中的能源消耗设备（电子设备）数量的比值太大就没有意义。业界预计，将有数百亿台新设备上线作为物联网（IoT）的一部分，而我们却没有看到发电机数量的相应增长。为了维持这一趋势，提高电力生命周期的每一级能效变得至关重要。

IoT无疑将带来大量的新设备，但实际上，有更多的设备已经投入使用并消耗电力，还有相当数量的设备正在开发或生产。虽然不是所有这些设备都将连接到全球数据网络，但它们将以某种方式成为国家电力网络的负荷。这些设备中的每一个所表现出的低能

效都会导致总的电力损耗，或者说，每天每分钟都会有能量以热量的形式散失。为应用选择最佳的开关技术，这些损耗可降到最低。

WBG技术的主要特点，包括其相对较高的电子迁移率、高击穿电压、对高温的耐受性和高带隙能量使其适合于电源应用。这些特点有利于其以比传统硅基功率晶体管更高的频率开关。它们还表现出较低的导通电阻，这在电源电路中至关重要，因为大部分的损耗在这里以热量的形式发生。

例如，GaN晶体管能以MHz的频率开关几十kW。其高开关频率使GaN晶体管对RF发射器和放大器等其他应用具有吸引力，但真正使GaN适用于电源电路的是快速开关高压的能力。同样，SiC在开关速度和电压方面也优于硅FET和IGBT。SiC和GaN技术在品质因数的交越有限，因此两者是互补而非互相竞争，在高功率开关应用中各有设计优势。

WBG的优势并非完全“免费”。除了相对较高的成本外，SiC和GaN都需要不同于硅FET和IGBT的门极驱动方案。有利的是，这些技术的供应链正在迅速发展。安森美半导体现在为所有这些技术制定了战略，包括硅FET、IGBT、SiC和GaN，以及专门为支持SiC和GaN而设计的相应门极驱动器。

## 2 结束语

电子行业很清楚，能量转换始终会以热的形式产生一定程度的损耗。然而，更高效的功率半导体的不断发展正使逆变器和转换器的开关损耗接近绝对最小。现在，在所有应用中都需要更多含量的功率半导体及持续的更高能效。有利的是，安森美半导体在赋能技术的持续投资使之处于有利地位，可很好地满足这一需求。