

宽禁带 RF 设备的等离子刻蚀制程

Dave Thomas 博士 产品管理副总裁 SPTS Technologies Ltd

与 3G / 4G 技术相比，5G 通信使用更高的无线电频率，因为可用的带宽更多并且数据传输速度更快。当前，5G 技术采用的频率可以分为两组：(a) 小于 6GHz 的频率范围 1(FR1) 和 (b) 大于 6GHz 的频率范围 2(FR2)。术语“毫米波 (mmWave)”是指 FR2 在 24GHz 和 100GHz 之间的特定部分，具有非常短的波长。这部分频谱相对未经使用，因此毫米波技术极大地提高了可用的潜在带宽的数量。

由于毫米波信号的波长很短，因此在空气中它们仅能传播几百米的范围，并且无法穿透建筑物和其他结构。这意味着毫米波基站之间的距离要比 3G / 4G / 小于 6GHz 的 5G 网络更近。人们对毫米波通信的兴趣推动了对于“宏基站”和“小基站”阵列的需求，在这些阵列中，RF 功率放大器和发射器能够以较小的占地面积管理高频之下的高功率密度以协助散热。较小的占地面积还可以在建筑物内外不显眼地提供可靠的覆盖。与传统硅 LDMOS（横向扩散金属氧化物半导体）的 RF 组件相比，这些宽禁带材料（如 GaN 和 SiC 上的 GaN）的工作电压更高并且开关频率更快，因此更适用于这类毫米波基站的应用。

GaN-SiC 射频器件

氮化镓 (GaN) 是一种电性能卓越的宽禁带材料，因此多年来一直被认为是硅 LDMOS 的后继产品。尽管 LDMOS 技术不断发展，但 GaN 终于在高功率 / 高频 RF 应用中找到了自己的利基市场。然

而在 6GHz 以下 5G 领域中，LDMOS 预计将与 GaN 持续竞争。

右表将硅、GaN 和另一种宽禁带材料 SiC 的一些电性能进行了对比。

在这三个材料选项中，GaN 具有最高的电子迁移率，因此从理论上讲，它是能在高频下提供最佳开关频率的材料。然而，由于生产无缺陷的块状 GaN 晶圆非常困难而且成本高昂，通常 GaN 是作为外延层沉积在 SiC（或硅）基板上。虽然 GaN-on-SiC 外延比 Si-GaN 昂贵，但由于 SiC 基板的导热性更好、以及 GaN 和 SiC 之间的晶格匹配更好并且器件良率更高，这些综合优势意味着 GaN-on SiC 对于性能、效率和尺寸都要求很高的射频应用中通常是首选。

用于 GaN-on-SiC RF 器件的 Omega[®]Synapse™ 背面 SiC 通孔蚀刻

为了将 SiC 基板的背面和同源正面 GaN 互连，必须蚀刻穿过 SiC 的深通孔。该制程在贴合于 SiC 或蓝宝石载体上的减薄晶圆上进行。

对于 SiC 背面通孔蚀刻，蚀刻速率对于确保高产量至关重要，通孔侧壁的光滑度和角度也必须适合后续的金属衬垫 / 电镀。用于深 SiC 蚀刻的制程腔体可以提供高能离子以实现高速率蚀刻。但是，高能蚀刻往往会在通孔侧壁附近造成微沟槽，因此对下面的 GaN 层有

	硅	SiC-4H	GaN
带隙 (eV)	1.1	3.2	3.4
临界场 10 ⁶ V/cm	0.3	3	3.5
电子迁移率 (cm ² /V-sec)	1450	900	2000
电子饱和速度 (10 ⁶ cm/sec)	10	22	25
导热系数 (Watts/cm ² K)	1.5	5	1.3

良好的选择性至关重要，这不仅要求足够的过度蚀刻以在通孔的底部清除所有 SiC，同时又不会造成太多的 GaN 层蚀刻。机械辅助静电吸盘 (ESC) 也可用于保持一致的晶圆温度以及与任何承载晶圆的键合完整性。

GaN 蚀刻

随后需要第二个蚀刻制程来蚀刻穿过 GaN 基底。图 2 显示了在 SiC 下方穿过 GaN 的蚀刻，停止在薄金 (Au) 层上。

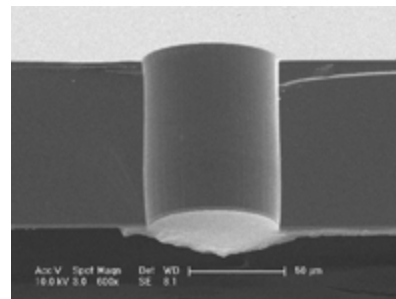


图 1 背面通孔蚀刻，深度为 80μm，速度 1.9μm / min (由 ETRI 提供)



图 2 GaN 蚀刻至其下的金 (Au) 层