

制备高亮度 LED 的等离子刻蚀技术

1、简介

每个 HBLED 制造商的目标都是花更少的钱获得更多的光输出。面对强大的竞争和众多技术障碍，至关重要的是所有的生产步骤的推进都要产生最佳的效果。优化的等离子刻蚀提供了几种方法以改善器件的输出并降低制造成本，从而实现双重赢利。

2、图形化蓝宝石衬底

现在蓝宝石仍是生长 HBLED 结构的衬底选择。不过，采用蓝宝石生长也存在两个问题：蓝宝石没有完美的晶格匹配，光提取会因为有两个平行的反射面而减少。未来解决这两个问题，从 2005 年起一些公司就在生长之前就在蓝宝石上刻蚀了图形。这可以使一个成品器件的光提取性能改善 98% 以上。蓝宝石是一种非常稳定的物质，熔点在 2054 度，因此难以进行等离子刻蚀。不过，在降低到通常的 150 度之前，用来实现非常具体的图案形成的光阻仍有一个温度上限。PR 是这个过程选择的掩膜，最终的“圆顶”状依赖于所有掩膜去除的完成，其形状与蓝宝石和掩膜的相对刻蚀速率密切相关。由于简化了生产流程，降低每流明的整体成本，PR 也成为了首选。

为了对材料进行刻蚀，Cl₂、BCl₃、Ar 的组合常用于以较高等离子源实现的较高刻蚀速率。不过，这增加了试样的热负荷，因此，使用 PR 作为掩膜可以保持较高的刻蚀速率，为此有必要对晶圆试样进行有效的冷却。

硅产业习惯于将单晶圆紧固在温度控制工作台上，并在工作台和晶圆之间引入了传热介质，通常是氦。“氦背面冷却”已经成为单晶圆温度控制的标准方法。HBLED 制造目前市区批次较小的衬底，传送到输送板上的刻蚀工具。对于图形化蓝宝石衬底刻蚀，HBLED 器件仍然主要制造 2 英寸或者 4 英寸晶圆，因此可以显著降低成本，它对以一次运行处理尽可能多的晶圆是可行的方法。大量光阻延膜晶圆的刻蚀要求控制好每个晶圆的温度，这需要了解怎样将来自等离子的热量从试样到冷却电极转移出来。氦气背面冷却是关键，同时要了解怎样使每片晶圆德奥有效冷却，以确保成功。这种技术的批量规模从 20*2 英寸到高达 43*2 英寸，刻蚀速率在 50nm/分和 100nm/分之间，速率取决于 PR 掩膜和 PSS 形状要求。

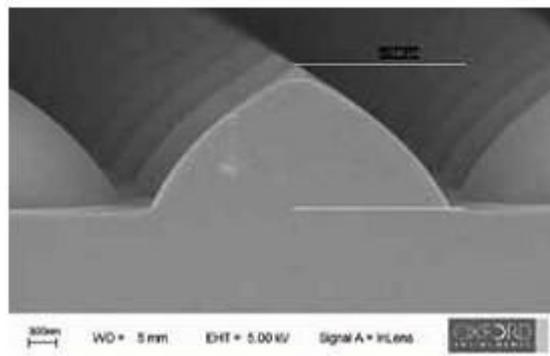


图 1 典型的圆顶 PSS 特性

3、GaN 刻蚀

GaN 的化学稳定性和高键合强度、其熔点 2500 度和键能也是它具有很高的耐酸或碱刻蚀剂湿刻蚀能力。到目前为止，由于缺乏合适的湿刻蚀工艺，使人们对开发合适 HBLED 生产的干刻蚀工艺产生了极大的兴趣。这必须是单批次进行大量晶圆刻蚀。20 世纪 90 年代后期，等离子刻蚀批次规模从 4*2 英寸晶圆增加至今天的 55*2 英寸或 3*8 英寸，现在的问题是在其吸引力消失之前它可以处理多大批次。随着晶圆尺寸从 2 英寸到 4 英寸然后是 6 英寸的向上迁移，这个问题也得到了解决。GaN 刻蚀的主要应用领域是浅接点刻蚀和高深宽比结构刻蚀。

4、浅接点刻蚀

当刻蚀进入到接点层时，至关重要的是对半导体造成的等离子损伤最小，否则可能会增加接点电阻。刻蚀工艺需要仔细优化，以最大限度地提高吞吐量，同时保持器件的性能。光滑的表面通常表面高品质的刻蚀，如图 2 所示。

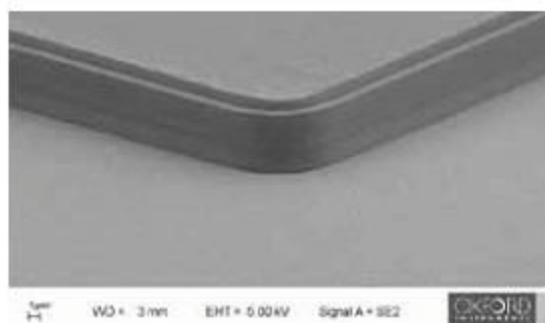


图 2 PR 试样中器件接点的浅 GaN 刻蚀

未经优化的刻蚀处理可能导致 GaN 刻蚀的位错，进而导致麻点表面和接点电阻的增加。同样，PR 是这一步掩膜的选择，因为它是最简单的处理方法。据报

道由于典型批刻蚀速率高达 140nm/分的温度限制，PR 的使用可降低所使用的功率。

5、深隔离刻蚀

当需要高达 7 微米深度时，刻蚀速率是这一工艺的关键。这一步的作用是刻蚀到有源器件之间的底层蓝宝石衬底。由于蓝宝石是不导电的，在物理分离之前就隔离了器件。如果使用 PR 掩膜，这一刻蚀步骤的主要挑战是散热，因为高刻蚀速率是用高等离子密度实现的。这意味着单晶圆的紧固问题，通常的方法是使用静电吸盘。可以使用介质硬掩膜，这将可能实现高刻蚀速率批处理，此时整个批次的一致性决定了产量。

6、光子晶体图形化

利用称为光子晶体的准晶体阵列图形化 HBLED 的发光表面可以提高光提取能力。其极端的表现如图 3 所示，此时 600nm 蚀象已被刻蚀了 4 微米深，实现了大于 6:1 的高深宽比结构。这里的挑战是保持蚀象的垂直剖面，以确保光子晶体的光学性能。

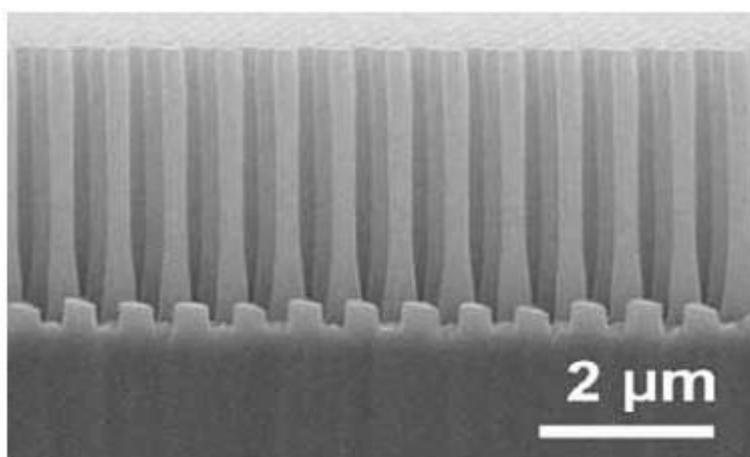


图 3 高深宽比 GaN 深刻蚀

7、设备

为了达到高刻蚀速率和低损伤的要求，行业开发了几种高密度等离子源：电感耦合等离子体 (ICP)、变压器耦合等离子体 (TCP)、高密度等离子体 (HDP)。所有技术都提供了一个固定试样驱动台，独立等离子源可实现高等离子密度，而不会增加试样的 DC 偏差。DC 偏差已被证明可增加敏感表面的等离子体损伤，所以这是一个至关重要的系统特性。