

MOSFET 雪崩测试及失效模式分析

摘要： 本文介绍了功率 MOSFET 及雪崩测试的基本概念，并对雪崩测试后产生的失效样品进行了研究分析，从而得出封装过程及晶圆设计缺陷均能引起器件雪崩失效。

关键词： MOSFET 雪崩测试 失效分析

1. 功率 MOSFE 简介

金属-氧化物半导体场效应晶体管，简称金氧半场效晶体管（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET）是一种可以广泛使用在模拟电路与数字电路的场效应晶体管（field-effect transistor）。依照其“通道”（工作载流子）的极性不同，可分为“N型”与“P型”的两种类型，通常又称为 NMOSFET 与 PMOSFET，其他简称尚包括 NMOS、PMOS 等。功率场效应晶体管也分为结型和绝缘栅型，但通常主要指绝缘栅型中的 MOS 型（Metal Oxide Semiconductor FET），简称功率 MOSFET。

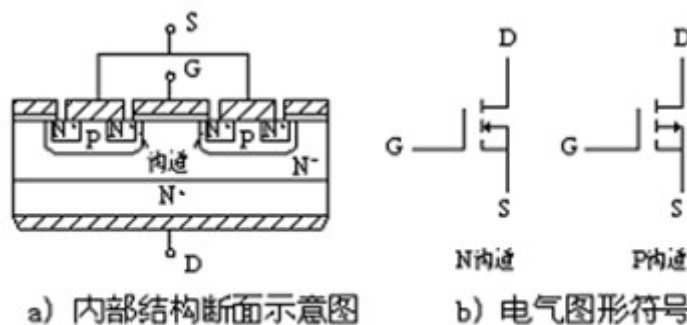


图 1 功率 MOSFET 的结构和电气图形符号

2. 雪崩测试原理

雪崩能量通常在非钳位感性开关 UIS 条件下测量。其中，有两个

值 EAS 和 EAR, EAS 为单脉冲雪崩能量, 定义了单次雪崩状态下器件能够消耗的最大能量; EAR 为重复脉冲雪崩能量。雪崩能量依赖于电感值和起始的电流值。实际封装测试时只测试 EAS。EAS 特性通常用来描述功率 MOSFET 在非钳制电感电路中能够承受电流大小的能力, 或通常用来描述功率 MOSFET 在雪崩击穿下负载能量的能力。EAS 特性好坏会直接影响到器件的安全工作区及寿命, 因此对于功率 MOSFET 而言, EAS 特性被认为是器件安全性的重要指标。

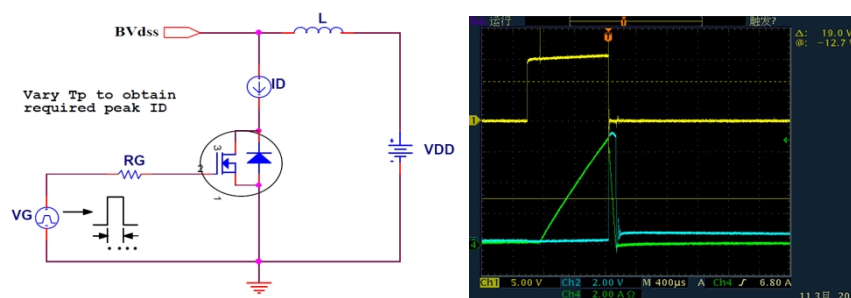


图 2 EAS 测试原理图及波形

3. 失效分析

EAS 测试是通过施加一单脉冲能量来考核 MOSFET 产品的承受能力, 用以剔除芯片本身存在的潜在缺陷或装配过程中造成轻微损伤的不良品, 从而使产品在使用前得到有效的筛选, 能够更可靠的工作。EAS 测试的不良品通常表现为栅极漏电流 ISGS 超标或短路。由于栅氧化层很薄, 因而很容易受到杂质沾污、晶格缺陷或轻微损伤的影响。从解剖结果看, 失效主要包括图以下几种现象。

a. 如图 3 所示, 由于封装过程引入的芯片表面的蹭伤崩角导致的产品失效, 此类失效只需无损打开产品封装在高倍镜下就可以看

到。

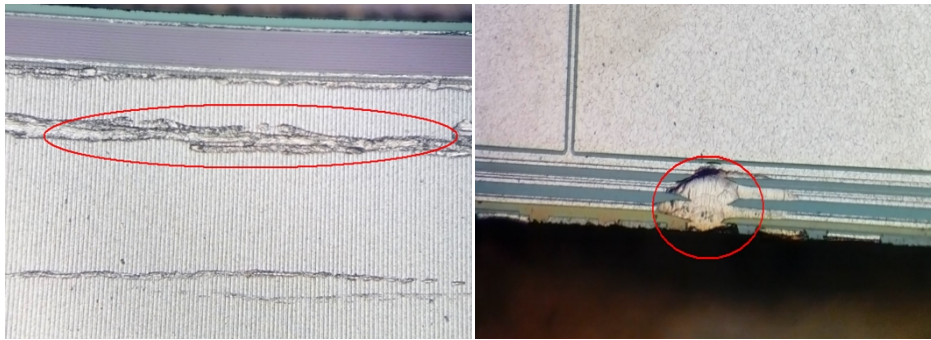


图3 表面蹭伤 崩角

b. 如图4所示，芯片表面存在一明显的烧穿斑点，位于源极区内，焊线装配状况正常，芯片边沿没有其它损伤迹象。由此推断，烧穿斑点来自芯片源极上的相应小单元，因结构上存在某一缺陷而在大电流冲击下被烧坏。

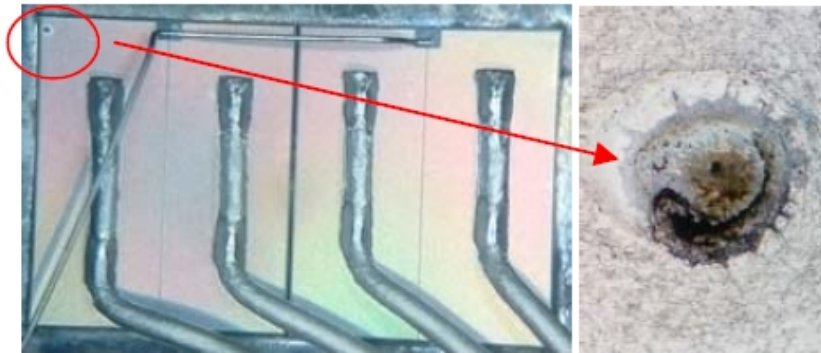


图4 源极区内有明显烧伤点

c. 如图5所示中的芯片源极区内也存在一烧穿斑点，但位于源极焊球附近，芯片表面其它状况正常。通过其它辅助测试，这种烧穿斑点与源极焊球边缘密切相关。因此怀疑，烧穿斑点应与焊接过程对栅极氧化层的损伤有关，它主要来自线材及焊头的毛刺以及固体颗粒粘污等。

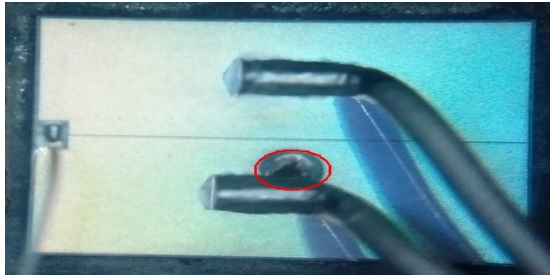


图 5 焊线下面有烧伤点

d. 如图 6 情况是芯片表面及焊线装配状况均正常，在普通显微镜下没有发现可疑点。一般认为，这种不良是由于芯片内部单元的轻微缺陷或静电损伤引起，使测试中漏电偏高，而被判为短路的。



图 6 芯片表面无异常

通过对 EAS 失效样品的分析发现，封装过程及晶圆制造过程中均可能引进某些因素导致产品失效。

4. 结束语

综上所述：功率 MOSFET 通过 EAS 雪崩测试可以剔除由于晶圆缺陷及封装过程引人的损伤导致的产品失效，是测试的一种常规手段并且可以提高产品使用可靠性；对于晶圆缺陷及封装损伤，我们可以在制造过程中通过对治具的改善，流程的优化，调节加工参数等手段加以控制，从而减少产品失效。