

## Application Note

## 解决芯片级功率 MOSFET 的组装问题



## 摘要

德州仪器 (TI) 已交付数十亿个芯片级功率 MOSFET，这些 MOSFET 应用于各种应用和终端设备中。由于这些器件具有小尺寸、高性能和经验证的可靠性，因此与传统的塑料封装器件相比，客户通常更喜欢这些器件。一般来说，通过遵循本文所引用文档中的建议可以避免下面讨论的一小部分组装问题。

## 内容

1 解决芯片级功率 MOSFET 的组装问题.....	2
2 Land Grid Array (LGA) MOSFET 封装技术.....	3
3 晶圆级芯片级封装技术.....	3
4 常见问题.....	3
5 优秀实践.....	5
6 出现问题时的注意事项.....	5
6.1 倾斜或错位的封装.....	5
6.2 出现焊球、焊接不佳或者无焊接.....	5
6.3 设备有缺口或破裂.....	5
7 总结.....	6
8 参考资料.....	7

## 插图清单

图 1-1. TI LGA MOSFET.....	2
图 1-2. TI LGA MOSFET.....	2
图 1-3. TI WLCSP MOSFET.....	2
图 2-1. F4 FemtoFET™ 封装.....	3
图 2-2. F5 FemtoFET™ 封装.....	3
图 4-1. 回流焊后倾斜的封装示例.....	3
图 4-2. 有缺口的封装示例.....	4
图 4-3. 焊球的 X 射线图像.....	4

## 商标

FemtoFET™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 解决芯片级功率 MOSFET 的组装问题

德州仪器 (TI) 生产高性能功率 MOSFET，这些 MOSFET 采用带有金属焊盘的器件芯片级基板栅格阵列 (LGA) 封装和具有裸片尺寸球栅阵列 (DSBGA) 互连的晶圆级芯片级封装 (WLCSP)，允许使用标准表面贴装技术 (SMT) 组装工艺连接到印刷电路板 (PCB)。制造商有时报告在处理这些器件并获得可接受的结果时遇到了问题。本文讨论了一些常见问题及其建议的解决方案。图 1-1、图 1-2 和图 1-3 展示了 TI LGA 和 WLCSP MOSFET。

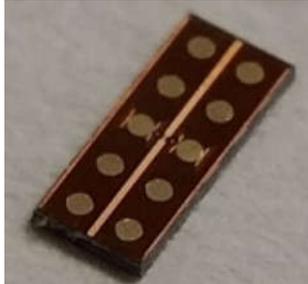


图 1-1. TI LGA MOSFET



图 1-2. TI LGA MOSFET

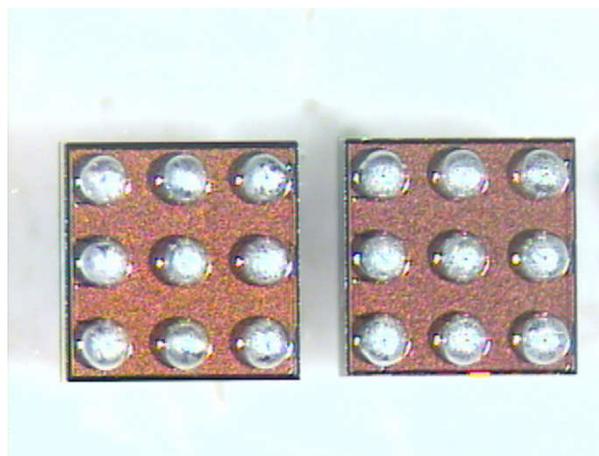


图 1-3. TI WLCSP MOSFET

## 2 Land Grid Array (LGA) MOSFET 封装技术

2013 年，TI 推出了采用 F4 FemtoFET™ LGA 封装的 P 和 N 沟道 MOSFET。此后，FemtoFET™ 产品组合又迎来了 F3 和 F5 两种封装，以及大量的新器件。此外，LGA 技术已扩展到包括单 FET 和双 FET，适用于多种需要小尺寸和高性能的应用。图 2-1 和图 2-2 展示了 F4 和 F5 FemtoFET™ 器件的图示。

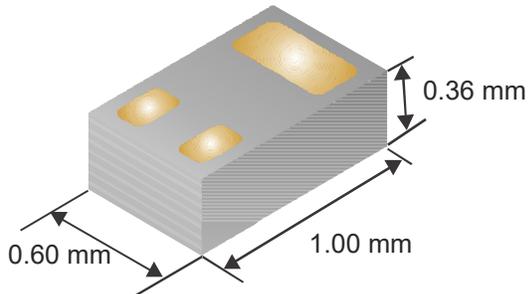


图 2-1. F4 FemtoFET™ 封装

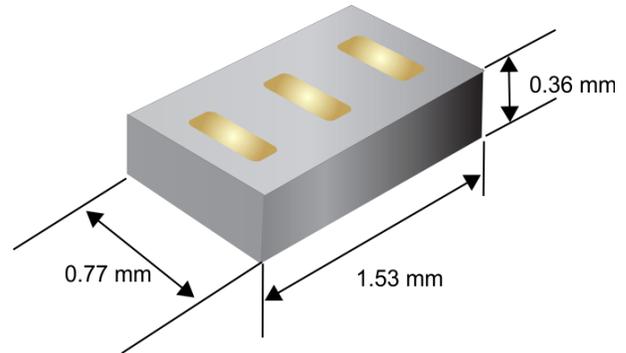


图 2-2. F5 FemtoFET™ 封装

## 3 晶圆级芯片级封装技术

WLCSP 是另一个芯片级 MOSFET 系列，类似于采用 DSBGA 互连而不是芯片上金属焊盘的 LGA 器件，如图 1-3 所示。

## 4 常见问题

客户报告的常见问题包括错位、倾斜、焊点不良/无焊点、焊球和器件的损坏/破裂。图 4-1 图 4-2 和图 4-3 展示了常见组装问题示例。

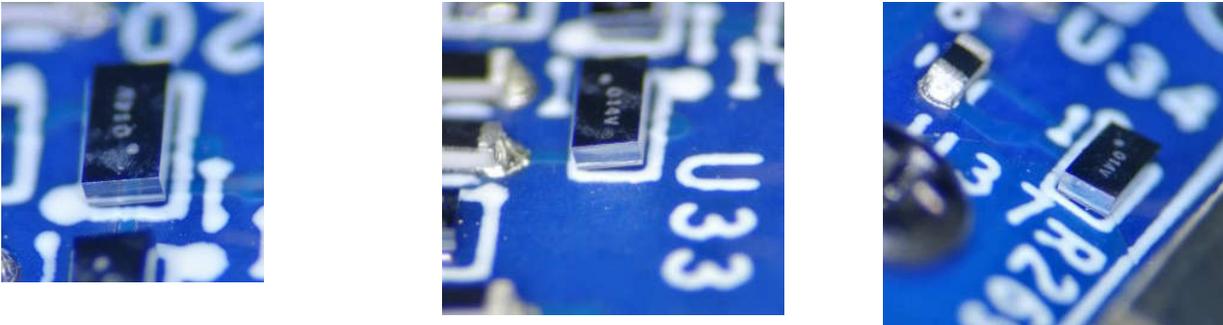


图 4-1. 回流焊后倾斜的封装示例

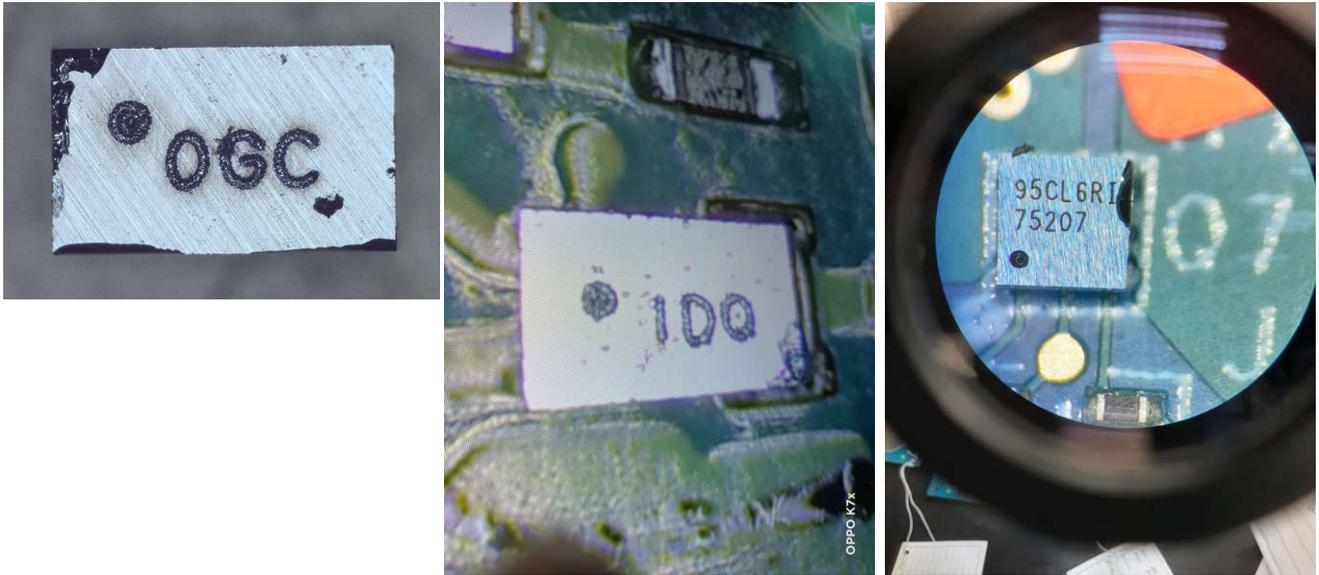


图 4-2. 有缺口的封装示例

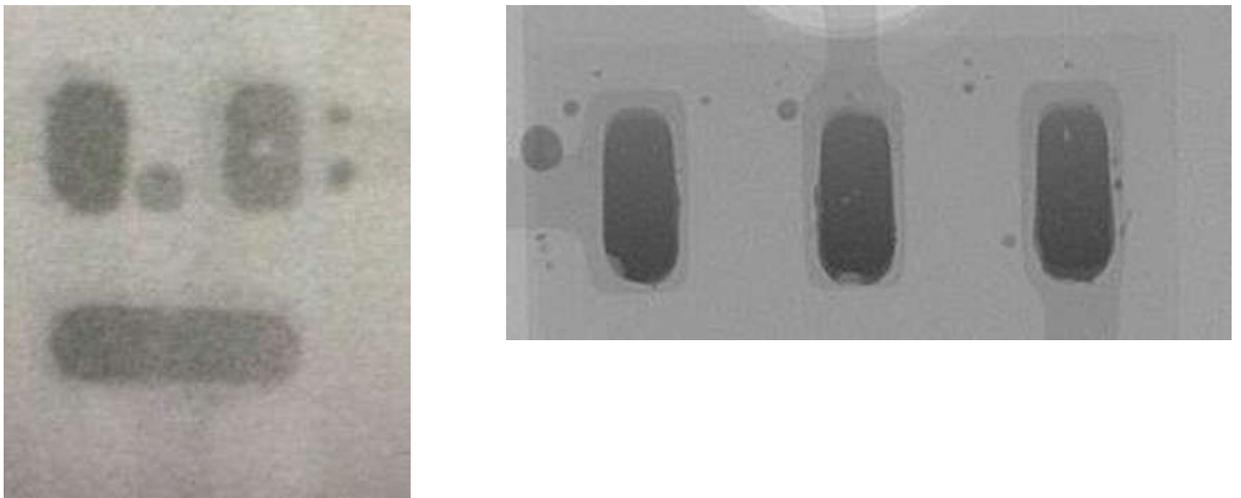


图 4-3. 焊球的 X 射线图像

## 5 优秀实践

在开始新设计之前，以下文档提供了 TI LGA 和 WLCSP FET PCB 组装所需的详细信息，从 PCB 焊盘设计到 IR 回流焊曲线：[FemtoFET™ 表面贴装指南](#) 和 [AN-1112 DSBGA 晶圆级芯片级封装](#)。由于其结构是带有金属焊盘或焊接凸点焊盘的硅片（无塑料模塑、引线键合或引线框），因此在组装过程中必须小心。当客户报告组装问题时，要问的第一个问题是他们是否遵循了 MOSFET 数据表中包含的 TI 建议的 PCB 布局和模板图案？TI 通过实验设计 (DOE) 研究对这些器件进行了优化，用于对封装进行认证，这些是成功进行 PCB 组装的关键。

## 6 出现问题时的注意事项

以下核对清单详细说明了在组装出现问题时应查看的位置。LGA 和 WLCSP 封装的最常见问题是元件放置不准确、与 PCB 接触不完全或器件处理不当。

### 6.1 倾斜或错位的封装

在组装过程中，有时会发生器件倾斜或错位。以下是在尝试解决这些问题时需要考虑的一些方面。

1. 从顶部和侧面检查印刷的焊锡膏，或读取焊锡膏检测 (SPI) 数据，以确保焊锡量一致。
2. 检查 PCB 焊盘图案设计。焊盘大于数据表中的建议尺寸时，封装可以有更大的空间进行移位和旋转。
3. 应从封装的中心位置拾取封装，这一点至关重要。在运输过程中，封装可能会移入卷带包装袋内，从而可能无法准确拾取。需要使用封装略图来将封装位置调整到 PCB 焊盘的中心。
4. 不要让封装自由落体到 PCB 上。贴装时，封装需要保持水平并与印刷在 PCB 焊盘上的焊锡膏接触。贴装力度不应超过 3N。
5. 有时，倾斜可能是由于搬运、传送带移动或回流炉内风扇产生的气流导致的。
6. 在贴装之后和回流焊之前，请从侧面目视检查封装。在回流焊后再次检查封装。这有助于排查回流焊过程中发生倾斜的位置。
7. 进行 X 射线检查，以查看焊点是否存在任何可能导致封装倾斜的异常空隙。

### 6.2 出现焊球、焊接不佳或者无焊接

在回流焊过程中，可能会出现焊球、焊接不良或无焊点等组装问题。

1. 检查使用的焊锡膏。TI 建议使用 3 类（25 微米至 45 微米颗粒大小范围）或更细的免清洗或水溶性焊锡膏。
2. 焊锡膏中包含的助焊剂可能会导致出现焊球。TI 对这些封装进行认证时使用了助焊剂含量介于 10.5% 至 10.8% 之间的焊锡膏，这时产生的焊球最少。其他焊锡膏配方可能性能有所不同。
3. 根据供应商建议，将焊锡膏预热到室温。
4. 请勿超过供应商指南中规定的焊锡膏车间寿命。
5. 印刷前需要充分搅拌焊锡膏。焊锡膏印刷后必须进行元件贴装和回流焊，以尽量减少助焊剂蒸发和吸湿。
6. PCB 会吸收湿气，从而产生焊球。组装前预烘烤 PCB 可以排除湿气。
7. 避免在元件贴装过程中施加过大的压力。根据贴片机器的不同，这可以通过将测量的元件厚度增加 0.05mm 或设置最小力度来控制这种情况。贴装力度不得超过 3N。
8. 遵循 TI PCB 布局和模板布局建议以获取最佳效果。对于 LGA 器件，建议使用阻焊层限定 (SMD)。对于 WLCSP FET，建议使用非阻焊层限定 (NSMD)。
9. 检查回流焊曲线。TI 根据 PCB 厚度和元件密度提供了多种推荐的 IR 回流焊曲线。请联系您的 TI 代表了解更多详情。

### 6.3 设备有缺口或破裂

封装出现缺口或破裂通常是 PCB 组装之前、期间或之后的处理导致的。这可能导致漏电流增加以及长期可靠性问题。芯片级 MOSFET 是具有可焊接焊盘或焊球的硅片，在组装过程中必须小心处理，以避免破裂或出现缺口。以下是一些有用的技巧：

1. 在 PCB 组装过程中，大多数处理工作由机器工艺执行。尽量减少人工处理。
2. 需要人工处理时，切勿使用金属镊子夹取器件。请参阅 [WCSP 操作指南](#) 以了解这些器件的操作指南。
3. 检查贴片机器的喷嘴尺寸。TI 建议使用尺寸不超过封装短边 75% 的喷嘴。
4. 选择带软头的喷嘴，而不是金属喷嘴。
5. 贴装力度不应超过 3N。
6. 请勿使用金属示波器或数字万用表探针插入或探测器件主体。

## 7 总结

德州仪器 (TI) 的高性能功率 MOSFET 采用创新的芯片级器件封装，适用于许多空间受限的应用。这些 LGA 和 WLCSP 器件在市场上获得了广泛关注，并用于多种终端设备。本文讨论了客户在将这些元件组装到 PCB 上期间报告的常见问题，并提供了识别和更正这些问题的指南。为了获得最佳效果，工程师和 PCB 设计人员应严格遵循 MOSFET 数据表和本文引用的设计文档中建议的 PCB 焊盘和模板建议。

## 8 参考资料

请查看以下文档，了解有关这些器件的更多信息以及有关 PCB 组装的更多详细信息：

- 德州仪器 (TI), [FemtoFET™ 表面贴装指南](#)
- 德州仪器 (TI), [E2E™ 论坛：FemtoFET™ MOSFET：沙粒般渺小，一切尽在间距](#)
- 德州仪器 (TI), [AN-1112 DSBGA 晶圆级芯片级封装 应用手册](#)。
- 德州仪器 (TI), [WCSP 处理指南](#)

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司