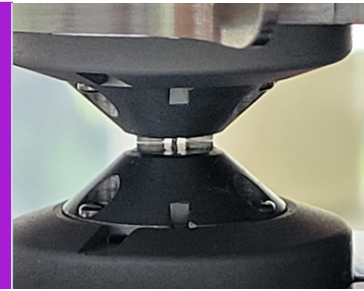


离子注入变化测绘和激光退火表征

Filmetrics® R54 系列方块电阻测量



介绍

方块电阻监控对于离子注入掺杂和退火表征至关重要。方块电阻能帮助开发和监控许多工艺，包括离子注入、金属沉积、扩散和外延硅生长，而四探针 (4PP) 技术仍然是最常见的测量方法。四探针使用简单、准确性高，因此一直备受青睐，成为监控离子注入工艺的首选技术。KLA 在超过 45 年的时间中对半导体应用场景中的电阻率测量技术不断创新，KLA Instruments™ 提供的桌面式 R54 系列方块电阻测试系统是最新产品。不透光、可随时投入生产的 R54-4PP 系列就属于 KLA Instruments 方块电阻产品家族。

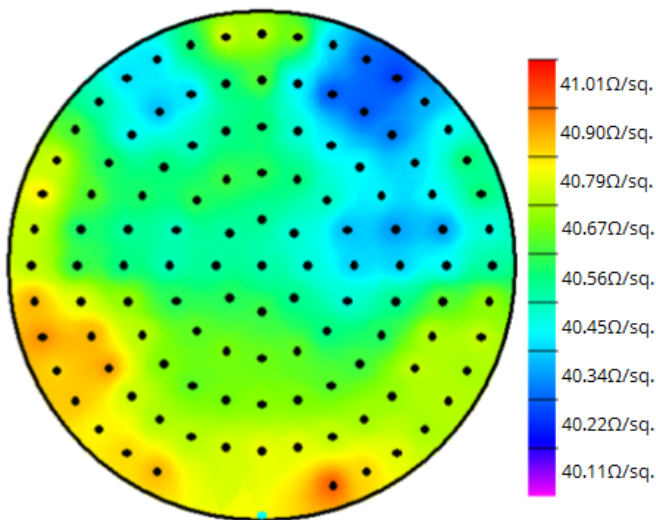


图 1. 磷掺杂衬底的方块电阻分布图；这种高密度、高均一性的分布图可以对沉积工艺进行质量检查，其要求的均一性要小于 0.5%。R54 的准确性和重复性满足了监测精细掺杂工艺的性能需求。

四探针测量技术

四探针技术是一项成熟的技术，多年来一直用于监测离子注入过程。如图 2 所示，与导电层接触的四个引脚线性排列，电流在两个引脚之间流过，同时测量另外两个引脚之间的电压。

四探针需要一个隔离结或阻挡层来阻断该技术中使用的直流电流。对于离子注入工艺，它是 pn 结。对于离子注入层，通常在注入层和衬底之间形成 pn 结。对于超浅离子注入层，该结

接近表面，为了最大限度减少探针穿透，可能需要做特殊考量。为了形成结并激活离子，需要在四探针测量工艺监测晶圆之前退火。

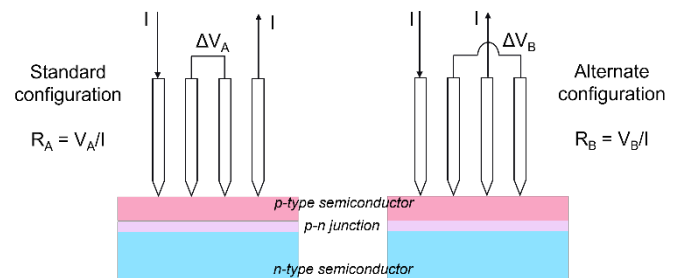


图 2. 双配置测量方法的四探针原理图，该方法通常用于薄膜边缘电流集聚或需要校正引脚间距变化的情况。

离子注入工艺偏移

四探针的方块电阻 (Rs) 分布图可以帮助识别离子注入工艺偏移，例如识别由较高的热损失引起的较高的方块电阻。在这些位置，退火工艺未能达到完全激活注入层中的离子所需的温度。另一个问题是晶圆上的“热点”。如图 3 所示，由于局部温度升高，这些区域中更多的离子激活，从而使结的位置下降。四探针均一性测绘还可以帮助识别和检修照射器阵列故障，例如有的照射器可能会出现功能退化或不工作的情况。该问题会导致外缘的冷点与台盘的结合较差，而该问题可以通过相对较高的方块电阻来识别。

激光退火表征

正如前面讨论过的那样，退火工艺用于激活注入的离子。激光退火将晶圆表面一小块区域的硅熔化，然后随着硅的再结晶，离子得到激活。图 4 显示了方块电阻与径向位置的关系图，其中方块电阻高高低低的锯齿状（针脚状）图案表明，相较于扫描的步长，激光束的直径过窄。此类问题只能由高重复性、高信噪比的四探针进行高密度探测来发现，这也正是 R54 所能做到的。如果激光束直径和扫描步长调制不当，就会产生电阻“波纹”，导致不同 Die 之间电阻变化和器件性能降低。

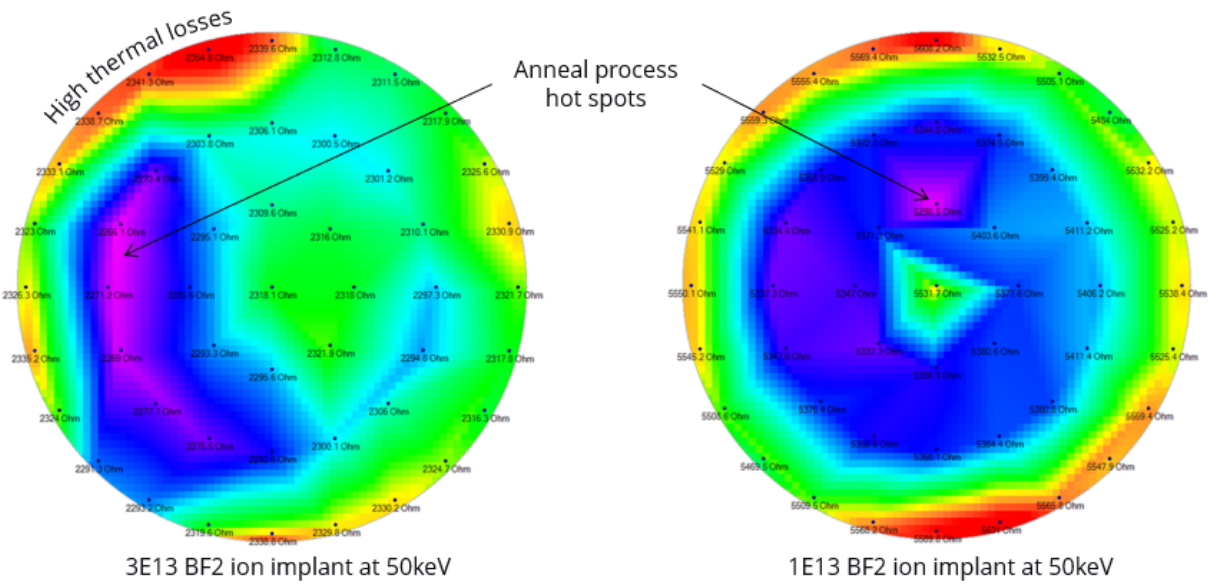


图 3. 识别热点和冷点对于检测和解决导致半导体器件故障的照射器故障和晶圆/台盘接触不良至关重要，这些问题会导致半导体器件失效。

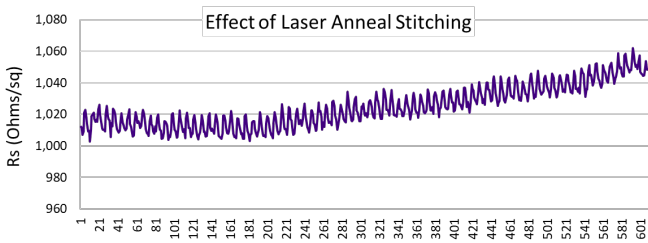


图 4. 沿直径方向总共 600 个点位的方块电阻扫描观察到了由激光束过窄引起的周期性变化，揭示了离子注入后激光退火存在的问题。

对关注区域使用高密度图或线扫描便能识别短距离的横向变化。具有窄引脚间距的测量探针可提高横向分辨率。当引脚间距为 0.65 毫米时，有效测量尺寸小于 1 毫米。

四探针性能

由于需要确保探针在晶圆上工作的性能，重复性测试提供了一种量化的途径。四探针性能受多种因素影响，包括制备的样品是否合适和使用的探针头是否恰当（R54 有许多不同的探针头类型可用，具体取决于应用）。消除这些误差源非常重要，可以避免它们带来样品测量结果的不确定性。如果能有精心准备的离子注入监测样品和适当养护的探针，即使离子注入剂量最低到每平方厘米 1E12 个离子，探针仍能实现可靠性能。

探针检验测试通常用作四探针性能测试。每个探针都应进行养护，直到探针合格（重复性一般小于 0.2%）。实现小于 0.2% 需要针尖与样品之间形成欧姆接触，这样才能保证大多数离子注

入层的高质量测量。对于非常浅的离子注入层，增加针尖接触面积通常可以改善重复性。

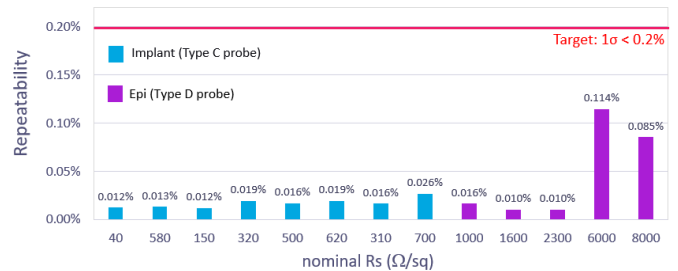


图 5. 使用经过充分养护的适当探针非常重要，这能使 R54-200 探针检验的标准偏差小于 0.2%。

I-V 曲线图

晶圆表面和注入掺杂类型变为衬底掺杂类型的位置之间的垂直距离被定义为结深度。在某些情况下，较大的电流可能会穿过注入层并产生结势垒的漏电流。通过监测电压或 Rs 响应曲线，可以避免电流信噪比低、焦耳热或结击穿等问题。如图 6 所示，KLA Instruments Filmetrics R54 RsMapper 软件配备了附加功能，可通过绘制方块电阻或测量电压和施加电流的关系，完成离子注入表征。此功能可验证引脚接触的线性度和 Rs 的稳定性，从而确保选择了合适的电流。

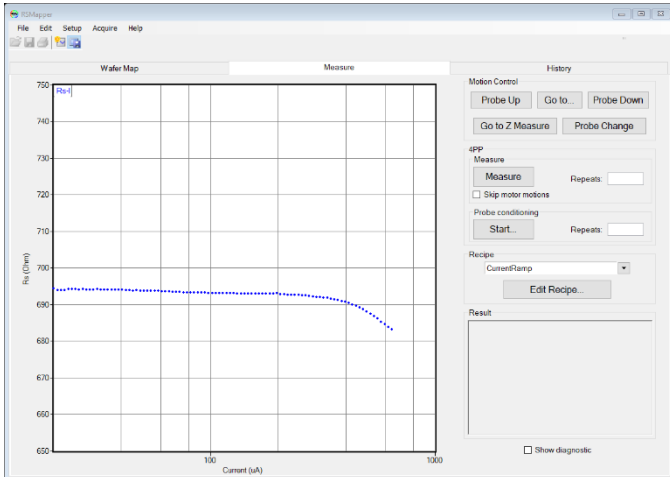


图 6. R54 的 RsMapper 软件可配置运行电流渐变例行程序，以确保选择适当的电流来测量，来达到优化信噪比并避免进入漏电流区域的目的。该数据表明超过 100mA 时产生了漏电流。

结论

将探针检验测试和 I-V 曲线监测结合起来，拥有光敏样品的用户完全可以使用 R54 在监测晶圆上进行离子注入表征。

Filmetrics R54 系列具有可靠的数据采集和分析功能，通过测量离子注入工艺各个阶段的结果，能对监控半导体工艺制程起到重要作用。

KLA 支持

保持系统生产力是 KLA 产量优化解决方案不可或缺的一部分。在该领域内的工作包括系统维护、全球供应链管理、降低成本和减缓淘汰、系统迁移、性能和生产力增强以及认证工具转售。

© 2022 KLA Corporation。所有品牌或产品名称可能是其各自公司的商标。KLA 保留更改硬件和/或软件规格的权利，恕不另行通知。

KLA Corporation
统一技术，驱动进步
Milpitas, CA 95035
修订 1 2022-12-22