

自动化系统提高晶圆研磨和抛光效率

罗技 (Logitech) 公司最近推出了自动研磨和抛光的系统, 适用于几乎所有基板材料, 可以提高了晶圆端生产率达 40%。

用于制造半导体和光学器件的晶圆研磨和抛光是一项很耗时的工作, 如果不能够按照计划进行, 可能会对客户昂贵的晶圆造成损害, 其价值将超过每片 5,000 美元。

罗技已大幅实现了自动化工艺流程, 与非自动化技术相比, 将生产效率和可重复性提高了约 40%。

在晶圆端制造中, 研磨和抛光工艺变得越来越可以预测, 但是为了优化表面的光洁度和可重复性, 这往往需要大量的用户专业知识, 猜测和开发时间。这些都可能会妨碍新技术的发展, 特别是作为中试阶段优化的工艺, 往往



需要在过渡到规模生产时进行重新的认证。

更好的过程控制路径存在普雷斯顿定律之中(参见图1),该定律提供了一个框架,可以用于预测在给定的时间内,通过研磨和抛光过程所去除材料的量。通过使用具有高水平用户控制的自动精密研磨和抛光系统来控制变量,可以使操作者变量最小化,同时可以实现加工精度和更高的可重复性。

普雷斯顿定律的公式说明材料去除速率(MRR)正比于工艺压力/载荷/向下压力与转盘速率的乘积。在化学机械抛光(CMP)工艺中,抛光速率和整体精度不仅受浆料的流动和抛光转盘特性的影响,而且还受到晶圆和转盘之间机械作用,浆料组分分子之间化学反应,以及这些变量之间相互作用的影响。普雷斯顿定律可用于准确预测从样品中去除的材料量,并确认工艺过程中的稳定性。通过使用稳定/精确/可重复的工艺平台,例如处理高达150mm晶圆的罗技Akribis-air,或者设计用于高达100mm晶圆样品的PM6精密抛光和抛光系统,可以实现恒到程度的工艺稳定性。

很难使用手动研磨和抛光工具来满足要求苛刻的晶圆如硅,III-V族或其他非常坚硬的半导体晶圆材料,因为需要操作人员有很高水平的技能来手动调整和控制这样的操作。设置是一个非常耗时的过程,不利于半导体研究和生产设备所要求的高生产率。器件生产的成本降低是通过产能和良率来驱动的。旨在消除手动步骤的自动化系统将最终提高晶圆制造工艺的生产率。

罗技公司的工艺技术开发负责人马克·肯尼迪(Mark Kennedy)经常在现场工作,客户非常喜欢晶圆自动化研磨和抛光系统方式的精确。“客户使用了我们新的罗技PM6,并报告了更高的产能和更好的控制,这使他们能够达到以前在其他设备上无法获得的样品规格。机器的特点和功能包括其配方模式,自动转盘的平整度和实时数据采集,使得操作人员只要进行了基本的培训,就可以达到相同的精度和产能,这是以前熟练的工程师才可能实现的。他们在生产率方面取得了实质增强,”肯尼迪说。

硅的研磨和抛光

每个半导体晶圆在制造过程中都会经历几个共同的阶段,包括从晶圆切割出晶圆,在制造之前制备好表面,以及其后通过研磨和抛光技术来使晶圆减薄。



切片之后,由硅或III-V族材料所制成的晶圆需要进行研磨,从而去除在切割过程中产生的表面划痕和缺陷。这通常由晶圆制造商来进行,通过研磨去除晶圆上的锯痕和表面缺陷,并且帮助减轻在切割过程中累积的任何内部机械应力。

研磨通常涉及使用具有给定粒度分布的氧化铝研磨剂的转动相反的转盘。在研磨过程中,晶圆平整度得到改善,同时微观粗糙度也得以降低。另外还可能边缘研磨工艺。当需要研磨边缘时,制造商也可能在此步骤之后进行晶圆边缘抛光,因为这样做可以进一步极大降低在工艺线上晶圆碎裂的可能性。

化学机械抛光是用于制造晶圆时的最终材料去除步骤。这个工艺允许获得具有原子尺度级别最终粗糙度的超平坦镜面状表面。抛光晶圆可以视为制造工艺中最关键的步骤,因为抛光的晶圆表面将用于器件制造;它必须尽可能没有损伤。通常,使用在抛光转盘和晶圆之间以精确数量和流速注入的化学浆料的旋转或轨道运动来实现CMP。

在制造晶圆样品时,制造商需要稳定性和重复性的原因有很多。例如,严格的质量要求需要严格监控诸如总厚度变化(TTV),表面粗糙度和板平坦度等参数。在如何情况下,都需要对工艺有一个基本的理解,以确保获得高质量的结果。不同类型的晶圆材料,浆料和抛光垫,以及

抛光速度, 压力和均匀性都会影响所形成的表面。另外很重要的不要用过多的浆料来过度覆盖表面, 因为这有可能损害抛光工艺完成后的检测。简而言之, 准确预测给定时间内从样品中所去除材料量是至关重要的。这里, 普雷斯顿定律是成功研磨和抛光的基础。事实上, 有可能分析材料去除率 (MRR) 的普雷斯顿 (Prestonian) 行为, 从而确认所有已实现重要工艺的稳定性。

硅研磨和抛光的试验

使用半导体应用如集成电路, 太阳能和波导器件制造中的典型硅衬底来进行研磨和抛光试验, 是非常有显示度的。在一个典型的硅研磨和抛光工艺中, 需要使用一系列的步骤, 每个步骤都会有不同的浆料解决方案。

首先, 进行粗研磨工艺以去除最终目标的 $50\mu\text{m}$ 材料。先前的实验已经表明, 含有 $20\mu\text{m}$ Al_2O_3 颗粒的浆料可以提供材料去除速度和保持下面硅晶圆完整性之间的最佳平衡。在第二阶段, 进行中 / 精研磨工艺, 在此工艺中使用更细的, 磨蚀更少的 $9\mu\text{m}$ Al_2O_3 浆料, 以便去除最终目标的 $10\mu\text{m}$ 以内材料。最后阶段, 涉及去除最后几微米材料; 另外也去除在研磨过程中对晶圆所造成的任何损坏, 这需要使用 32nm 胶体二氧化硅, 例如罗技 SF1 抛光浆料进行。进行完了全部三个阶段之后, 可以实现 $\text{Ra} < 1\text{nm}$ 的典型表面粗糙度。

使用自动化系统: 罗技 Akribis-air 进行 50rpm 与 100rpm 下平均硅研磨的对比测试, 都显示出平均的 MRR 为 $18\text{--}22$ 微米 / 分钟。这是与标准的罗技研磨和抛光系统其 MRR 为 $7\text{--}9$ 微米 / 分钟进行的比较。利用自动化的设置和控制平台, 大大节省了时间和精确度。Akribis-air 工具还提供了内部清理装置。总的来说, 所有基于自动化的改进工艺提供了大约 40% 总工艺时间的节省。

罗技 Akribis-air 和 PM6 精密抛光和抛光系统等自动化系统中实现的差异化功能是实现如此骄人成绩的关键所在。自动化的 air 夹具 (仅在 Akribis-air 中提供) 和两个系统中都有的智能化自动化控制都对工艺产生了积极的影响, 这不仅有利于生产更平坦, 更少缺陷的晶圆, 而且在工艺时间方面会实现实质的减少。这些技术可以帮助半导体和光学器件制造商来精确优化其样品制备工艺。

利用自动晶圆厚度控制, 可以达到更高程度的几何精



度, 平整度和平行度。自动化系统中软件驱动的设置允许更快的工艺时间 (与最高 100rpm 的转盘速度叠加) 和更可靠的结果。对于复杂和脆弱的晶圆加工, 也有更多的参数控制; 用于优化工艺和减少消耗品浪费的计量研磨材料供应也是重要的成本节约因素。像罗技 PM6 或 Akribis-air 这样的自动化系统也提供关键数据输出, 从而用于未来工艺优化并记录随着时间推移而提高生产力的信息基础。

半导体和光学器件制造商需要更强大的工艺控制和实时数据来提高生产率和可靠性, 以及可重复的质量。通过在晶圆样品制备中采用自动化方法 (如罗技 Akribis-air 或 PM6), 研究人员和制造商一样都可以实现更快的生产能力, 更精确制备和抛光的晶圆, 所有这些都具有可靠的可重复性, 同时也无需他们最高技能的工程师和技术人员, 使得可以专注于其他关键的工艺。◆