ISSN: 1814-1579
季刊 2016年 第2期

半导体科技 CHINA

制造·封装·测试

Solid State TECHNOLOGY
Insights for Electronics Manufacturing

16纳米及以下技术面临的挑战 13

解决未来晶圆厂设施挑战 17

增强扇入晶圆级封装的可靠性 19

活化氢气氛下的无助焊剂焊接 23

扫一扫 免费下载电子书

ACT Extension MEDIA

www.solidstatechina.com

解决未来晶圆工厂设施挑战

未来对于下一代晶圆工厂有何要求?

美施威尔集团（M+W Group）于100多年前作为洁净室技术的先锋企业起家，如今已成为晶圆工厂以及设施与工艺工具安装需求领域的全球领先企业。

本篇文章将聚焦三项主题，这些主题将在未来主导与晶圆工厂设计相关的高利润与不断变化的市场。

创新是成败的基础！有人称之为“硬碰硬”的较量。这三项主题对这一充满活力的行业的未来走向以及对于用户与制造商的影响和机遇进行了极具吸引力的描述。

首先，我们面临着挑战，但对于这些将在未来主导全球洁净室技术发展的挑战，同样具有可能的解决方案。例如，我们对更实用或符合人体工程学的洁净室予以设计，这将决定未来生产设施的投资。

其次，全新晶圆工厂设计的实施工作已在进行之中，以满足未来的复杂挑战。近年来，美施威尔集团已参与下一代450mm/具有EUV能力的晶圆工厂理念的开发项目，并在最近分别于美国纽约州立大学奥尔巴尼分校以及比利时鲁汶校际微电子中心设立了两家国际领先的半导体研究和开发机构。

最后，工业对于受控环境中的技术领先性要求不断提升，同时需要降低消耗和碳排放。此外，可持续生产正成为众多半导体厂商所实行的一项重要战略。美施威尔集团率先开始“绿色晶圆工厂”的研发，由此以较低的价格对洁净室设备及受控空气流通进行现代化革新。

半导体工业

据国际数据公司统计，半导体工业至2019年有望实现成倍增长，总值高达3,894亿美元。虽然这一数据表明行业将稳定增长，但鉴于持续上升的成本，我们同样需要做出改变。例如，研发成本将随每项新技术进步超出比例地增长。此外，较高的晶圆生产设施持有和维护成本不断成为巨大负担。晶圆工厂需要相对较高比例的利用率，以与较高的固定成本，包括折旧与人工费用实现收支平衡。这促使晶圆工厂设计领域全新思维方式的出现。

当前概念和替代方法

对于洁净室生产理念的需求不断变化。今天，许多晶圆制造厂商实施多种改变措施，例如次级洁净室主厅制造领域，或甚至在地面层设置次晶圆制造区域。其原因在于晶圆制造规模的增长，从20世纪90年代的5000m² 到8000m²，直至当今最先进300 mm晶圆工厂的20,000m²。

其结果是，位于主洁净室下方的最多两个次晶圆厂房级别的结构必须在流程工具主框架内提升辅助设备比例。欢迎来到“2 + 1”晶圆工厂——一项为300mm晶圆工厂所打造的通用概念，它在主洁净室下方包括一个分类次晶圆厂房，并在地面层上设有支持层级。

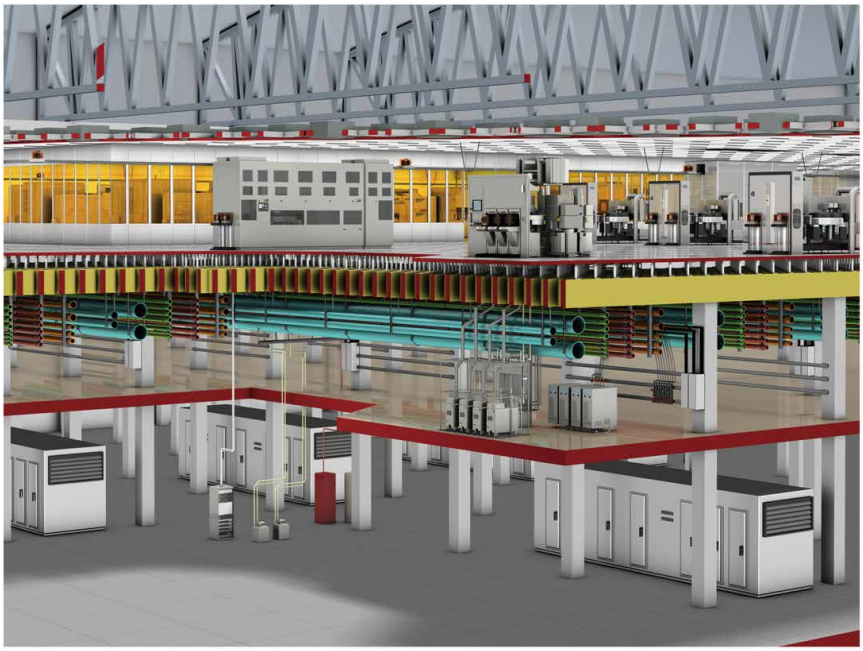

图1. “2 + 1”晶圆厂房截面原理图

Hartmut Schneider, 美施威尔集团技术副总裁

通过实施迷你环境以及200mm标准机械接口（SMIF）/300mm前端开启式晶圆传送盒（FOUP）支架与接口，可以从基本上减轻洁净室分类需求，且无需在未来针对当前ITRS蓝图进行修改。但是，随着对高精度操作，如计量和光刻需求的不断提升，温度和湿度控制规范必须获得充分维持，以确保向流程工具环境室的适当的空气供给。

风机过滤单元（FFU）已获得开发且得到了广泛的认可，并超越主生产洁净室中的其他循环空气概念。现代回风风机过滤单元实现了洁净室和次晶圆厂循环空气之间的隔离。这对于传统空气流通流程予以重新导向，即穿过高架地板与结构性洁净室主厅，进入次晶圆厂房，之后返回中间层。

隔离次晶圆厂房概念已经开始实施，并可为用户节省资本支出运营支出。然而，此概念尚未获得认证，在当前阶段仅可在具体的晶圆工厂项目中获得确定。

晶圆工厂概念变革的推动力与可能的解决方案

除了先进工艺技术节点研发费用的非线性增加外，生产伸缩性的制造成本也将持续增长，其原因在于不断提升的流程技术复杂性和掩膜层相关数量的提升。在超紫外线光刻技术经济性达到大规模实施盈亏平衡点之前为特定掩膜层级实施多图案的需求进一步加剧了这一增长趋势。此外，新工艺材料的引入可能造成巨大的环境、健康和安全影响，并需要附加设备供应和处理系统，同时将提升对产品、材料、区域或人员隔离的需求。因此，由于新的设计标准和工厂规模的持续增加，晶圆工厂设计理念正变得越来越复杂。

由于所建造的设施和设备规模加大，如果能够实现制造成本优势，向450mm晶圆尺寸的过渡预计将成为现实。然而，获得显著扩大的工艺设备和自动化系统将对建筑、洁净室与设施系统的某些设计参数产生直接影响，特别是下一代EUV扫描仪。例如，高架地板的承重能力增强，不论是沿扫描仪的移入路径，还是围绕扫描仪的用于大型维修和服务操作的区域。此外，重型面板的承重能力增加了一倍，从工业标准15kN增至30kN，以解决此问题。出于操作原因，重型承压板可以进行单独颜色编码，以实现快速的视觉识别。

清洁室的尺寸和结构同样基于通常悬挂于洁净室天花板的自动物料搬运系统（AMHS）获得配置。事实上，450 mm自动物料搬运系统解决方案的当前发展类似于具有顶置下轨和侧轨缓冲的300 mm“统一”概念。流程设备维护起重机形成附加天花板负载，令总体最小洁净室高度扩大至5.5米到6米之间的范围。这一高度还在洁净室天花板下方为照明设备、洒水等其他系统创造了空间。由于自动物料搬运系统，以及例如维护起重机对洁净室天花板和屋架施加了巨大负荷，因此需要大量支撑，以分配附加负荷。

节能潜力

除了超越行业基准的工艺技术进步外，半导体晶圆工厂工程设计和建筑公司正在面临挑战，以提供具有环保功能的解决方案。无论未来还是当前的洁净室技术都将根据其节能与效率获得评估。实现这一目标的一项重要的工程设计解决方案在于详细的晶圆工厂能源工具，包括设施系统及其组件之间的二级和三级交互。这一工具能够测量和分析设施系统中的能量通量强度，或提出节能方案，或甚至对特定设施的工厂设备提出小型化建议。借助这一工具，厂商可以连续监控和计算整个晶圆厂的设计和建造过程中可以实现哪些能源节约。

与此同时，工业领域正在不断检验实施更高效组件或引入新系统的需求。例如，通过降低外部空气在洁净室再循环空气系统中的分布可以显著提升整体能量效率。一个例子便是从无风险流程工具连接中排出的热量，

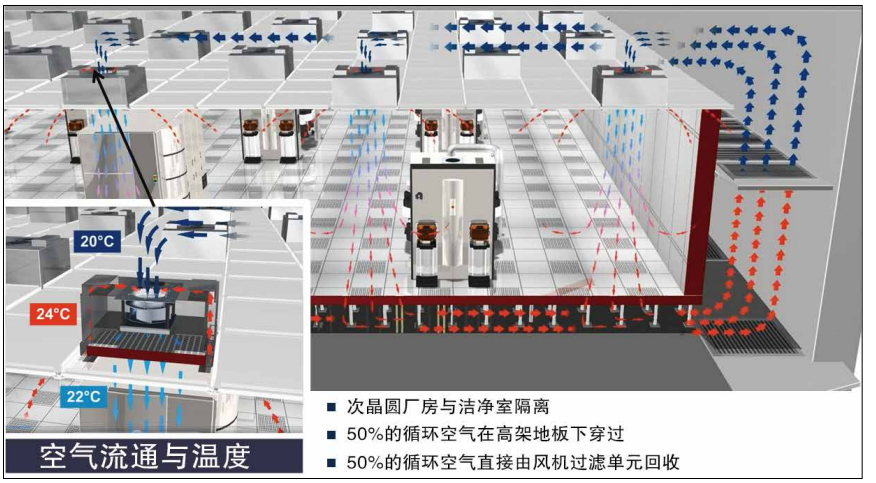

图2. 回风风机过滤单元概念

下转第31页

这些热量无需被提取并通过一般排气系统排出，而可以被排入次晶圆厂房，以通过特定单元用于本地或区域冷却。这一观念已经在一些晶圆工厂及平板显示器工业中得以实现。

同时，可持续发展不容忽视，这一趋势受到环保责任和成本效率的双重驱动。洁净室专家正在探索在操作中采用可再生能源的可能性。对于高能效解决方案的使用，如 LED 照明灯具或再可生 AMC 碳或离子交换过滤器，可提升高达 50% 的效率，并显著减少浪费和二氧化碳排放，由此实现更为环保的晶圆工厂洁净室目标。

总结

洁净室概念的未来将愈加朝向 450 mm/ 具有 EUV 能力的晶圆工厂和解决方案的方向发展，同时拥有足够的灵活性，可实现多元化的全新加工材料，并能够实现持续的流程伸缩性。全球项目与合作组织，如 Global 450 Consortium 和 ENIAC 对特定主题展开研究。

虽然由于流程复杂性与产品组合的提升，晶圆工厂规模受到规模经济的驱动，但在使用回风风机过滤单元的隔离次晶圆厂房领域，多个次晶圆工厂洁净室概念依旧是最常用的选项。这并不排除新的晶圆厂，并将通过在设计与建造进程中的全新合作方式继续更为快速地获得设计与建造。

通过详细的整体质量和能量流模型来确定一级、二级和三级影响可以提高能源效率并减少碳排放，这为实现全新的现代化“绿色晶圆厂”提供了一种以数据为驱动力的方法。“晶圆厂未来”的发展前景确实令人振奋。

Hartmut Schneider是美施威尔集团技术副总裁，负责半导体行业的工业工程活动，包括定义工厂概念、洁净室工艺设备布局的一系列服务，支持各个领域、设施要求和自动化概念，以及对运营和与流程相关的设计问题进行咨询。他于1991年加入公司，并在德国斯图加特大学获得固态物理学学位。