

推动汽车电子产品的发展、安全和质量

作者：Paul Stockman 博士，林德电子市场开发负责人

1913年，亨利·福特革命性地开创出第一条汽车生产组装线，将每辆汽车的组装时间从12小时缩短至2.5小时，并降低了65%的成本。半导体制造也获益于自动化技术的发展，促进了摩尔定律所描述的元件尺寸日益缩小。汽车和半导体行业的制造规模都非常巨大：2017年全球生产了约8700万辆乘用车和8700万片300毫米等效晶圆。而时至今日，机器人技术推动这两个行业进一步降低成本、提高质量。

汽车与半导体行业间的联系越来越紧密，电子系统和半导体正在成为汽车的重要组成部分，而汽车应用在整个半导体市场中也占据了越来越大的份额。与此同时，电子产品承担了更大的汽车功能组合，推动汽车行

业朝着预期中的全自动驾驶革命迅速迈进。

随着电子产品对车辆安全的影响日益加深，对半导体元件的质量要求正在以前所未见的方式不断提高。财经新闻常会出现这样两种头条：一边是自动驾驶领域的大手笔战略投资，一边是测试车辆或私人车主在尝试自动驾驶时发生碰撞事故。

在本文中，我们首先会关注不断扩大的市场，以及连接半导体和汽车业务增长的驱动因素。然后，我们将评估汽车半导体质量要求的现状，以及进一步制定相关规范的必要性。最后，我们将深入探讨供应链，研究半导体工艺材料在提高安全和质量要求方面所起的作用。

市场概览

电子系统和乘用车各占全球GDP的2%左右，都是全球经济的重要贡献者，而且二者的发展相互依存度日益提高。援引自恩智浦的数据，电子系统占新车材料清单的三分之一以上。目前每辆车中，光是芯片本身的平均价值就将近500美元，其中包括各类OSD元件，比如光学芯片、传感器芯片和分立器件芯片。

从半导体行业角度看，汽车集成电路和



OSD 占据 13% 的应用销售份额, 增长速度几乎是整个行业的两倍。就像个人电脑和智能手机一样, 这些应用已成为汽车运行中更加关键的部分, 因而我们预计整个电子总成的芯片价值将会继续增加。

这种增长潜力吸引了半导体制造业众多大型玩家的注意, 希冀于从汽车行业高倍增长中直接获益的同时, 掌握控制未来车辆的芯片设计。

最近许多的并购, 收购方的出发点都在于提升其在汽车应用领域的地位: 如恩智浦收购飞思卡尔, 后者占有了较大的汽车芯片销售份额。同样, 安森美通过收购仙童半导体提升了市场份额, 而英飞凌通过收购 Wolfspeed 和国际整流器公司, 掌握了对电动汽车的电力控制非常重要的碳化硅技术。

在过去的一年里, 英特尔和三星则采取了更具战略性的举措。英特尔完成了一系列的汽车相关收购, 最近以 150 亿美元作价收购了 Mobileye, 其芯片设计为特斯拉和宝马等客户提供辅助和自动驾驶支持。而三星则以 80 亿美元收购了 Harman。除了最出名的高级汽车音响产品外, Harman 还提供汽车导航、通信和网络安全等产品。这为三星带来了欧洲、日本和美国的主要汽车制造商的客户组合。

主要驱动因素

有人可能认为半导体是最近才被应用于汽车的, 然而电脑芯片长期以来一直是汽车的一部分, 尽管表面上可能看不出来, 它们让我们的汽车变得舒适、便利, 并提供各类信息娱乐配件。

- **运行与环境控制**: 在现代集成电路行业起步 10 年后的 1968 年, 大众引进了博世生产的电子控制单元 (ECU), 用于调节燃油喷射。随着对排放和燃料效率的要求变得更加严格, ECU 在大多数汽车中已成为标准配置。汽车中的控制单元越来越多, 包括发动机温度、电子转向与制动、自动变速装置控制, 以及雨刷、后视镜和照明等较小部件的控制等。气囊传感器 / 执行器和防抱死制动使得行车驾驶更加安全。
- **便利、舒适和信息娱乐系统**: 许多电子功能在现代汽车中得到了明显的扩展, 远比我们的联网办公室和家庭更为密集。汽车中方便和舒适的功能都是通过半导体实现的: 电动车窗、温度控制、充电端口、远程操作, 以及诸如巡航控制和被动安全带使用指示器等与驾驶相关的功能。如今, 信息娱乐产品已远远不止收音机、媒体播放器, 其内容已涵盖指示器、控制器、导航和娱乐在内的多屏显示, 并提供车辆与外带设备之间的连接。美国国家公路交通安全管理局提出要求, 所有 2018 年 5 月份以后售出的不超过 4500 千克的车辆必须安装后视摄像头作为一项安全设备。
- **从高级驾驶辅助系统迈向全自动**: 如今的部分汽车已经具备高级驾驶辅助系统 (ADAS) 的基本要素: 自适应巡航控制、车道偏离预警和疲劳驾驶探测等控制和传感器功能只是其中的一小部分。然而, 这些仅是汽车技术快速变革的一个开端, 经过这场变革, 目前由电子信息 and 控制器等系统被动辅助驾驶员的模式, 将转变成车辆完全自主独立运行, 无需任何驾驶人员。实现完全自动驾驶, 离不开技术上的重大发展, 还

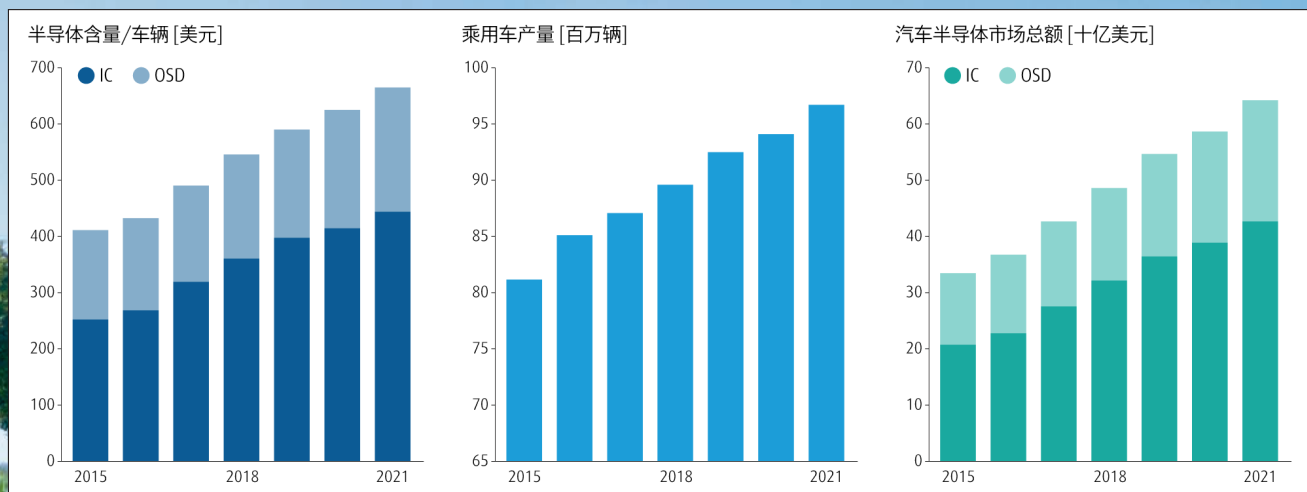


图1. 汽车半导体和车辆市场增长。[源自 IC Insights]



图2. SAE认定的自动驾驶能力等级水平。

需要安全协议。众多汽车权威机构已经搭建了通往这一目标的台阶，例如图2汽车工程师学会(SAE)所作的描述。自动驾驶车辆之间需要达成公共协议，以便车辆之间共享信息。

要实现完全自动驾驶，传感器和控制器只是电子产品需求的开端。海量数据需要实时接收、按优先级排序、分析和共享。英特尔估算，汽车将以接近0.75Gb/s的速度生成数据：平均每天使用90分钟便会生成将近4Tb数据，速度与当今最快的宽带连接相匹敌。像新兴的人工智能GPU这样的处理器，被认为是有效处理海量数据的可行方法，这给英伟达和AMD等公司以及他们的代工厂提供了涉足这一新兴应用领域的机会。自动驾驶车辆相互之间需要收发共享相关数据，这要求全新水平的云连接和能力，这便是百度、谷歌和微软等云巨头对ADAS进行大量早期投资的缘由所在。

- **电气化**：在发展路线图中，动力系统电气化与自动驾驶并驾齐驱，也将改变汽车行业，并为半

导体行业提供新的应用增长点。无论是老牌还是新晋的汽车制造商，都已经推出全电动汽车或混合汽车发动机，而电动汽车上的半导体含量基本翻番。电动汽车的普及受温室气体、氮氧化物和颗粒排放等环境问题推动，同时也是为了改善车辆性能和提高车辆可维护性。电动汽车的普及主要来自印度、中国以及大多欧洲国家等主要经济体，他们计划在2040年前禁售车用燃油发动机。2017年已销售车辆中电动汽车占比达到3%。

多元化电子产品

汽车电子无法通过特定的技术或

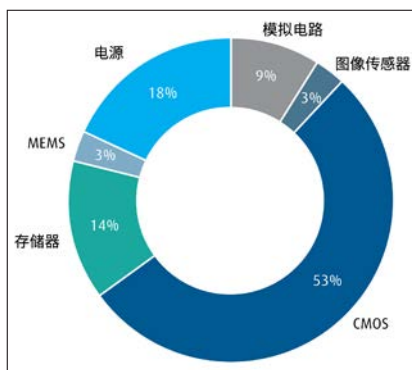


图3. 宝马i3相对硅面积半导体含量。[源自 Applied Materials]

应用来定义，它几乎惠及半导体行业的各个领域。当前，汽车电子应用涵盖众多基于成熟技术的产品组合，从离散芯片、光电子芯片、MEMS和传感器，到集成电路和存储器等，范围广泛。

通过对2014年某款早期电动汽车的分析，图3展示了其硅含量分布。值得注意的是，这辆汽车并没有自动驾驶功能。如果现在制造的所有汽车都具有此样车的电子产品密度，那么对300毫米的晶圆需求产能将会达到每个月60万片。

增强质量

截至目前，汽车电子市场一直是专业半导体制造商的领地，他们在这领域有着长期的经验。其原因在于质量管理需要专门知识。电子应用不断激增，其安全要求越来越高，并正在朝向前沿领域进展。而这意味着我们需要更完备的质量协议。

元件故障在消费产品中可能并无大碍，但放在行驶的车辆上则可能带来严重的安全后果。而且，汽车电子元件的运行条件（温度、湿度、振动和加速度等）、生命周期以及备件供货情况，与普通工业及消费品都有着较大的差异。

当前，一些技术最先进的车辆大约集成有450个半导体器件。半导体设备越来越复杂，其含量也急剧增加，许多元件都基于可用的最先进半导体

	消费级	工业级	汽车级
温度	0 至 40°C	-10 至 70°C	-40 至 160°C
使用期限	2至5年	5至10年	最多 15 年
湿度	低	环境条件	0%至 100%
供应	平均 1 年	2至5年	最多 30 年
容忍故障率	<10%	<<1%	目标：零故障

图4. 不同半导体应用的典型运行条件。

技术。引入人工智能需要高级处理器，这些处理器必须能够计算处理存储在高性能和高容量内存设备中的大量数据。这意味着要保证预测算法的完美运行，不仅要使用最先进的半导体工艺，而且工艺还需要具有最高的可靠性。

据估计，能够完全自动驾驶的智能车辆将使用多达 7000 个电子元件。这种情况下，即便是 1ppm 的故障率（无论以当今的什么标准衡量都已经算非常低的故障率）也是不可接受的，也会导致 1000 辆汽车中的 7 辆存在安全风险。

汽车电子行业为此引入旨在实现零缺陷目标的质量卓越计划。实现这样的目标需要付出巨大努力，供应链的各个环节都必须尽其所能。

汽车电子行业在变革管理方面是最为保守的。长期形成的标准和文档化规程能够确保设计和制造偏差的可追溯性。创新或改良产品要取得资质通常花费不菲而且周期冗长。材料供应商在这方面有能力和专业知识，提供最高质量标准材料。

这对于材料供应商来说意味着什么？

材料供应商直接与客户联系，对从原材料来源至送货上门的整个供应链负责。材料供应商还要负责根据客户的目标提供长期供应。

材料供应商可以在两个方面为客户提供支持：质量和供应链。

考虑到汽车电子市场的限制，材料资质认证必须遵循全面的规程。材料纯度是先决条件，而生产过程实际上对材料质量的偏差更为敏感，因为它们有可能导致过程的重新校准。资质认证前，最为重要的是将备选材料全面记录在案。这包括材料的生产过程、运输、储存，有时还包括提纯和充装操作。必须根据客户的标准定期进行系统审计。因此，资质认证周期估计较长。在此之后，任何材料规格、产地和包装的变更都必须及时记录，有可能要重新接受资质认证。

材料质量显然是关键因素，任何时候都不能含糊。这就要求制造商使用有证明记录的高质量产品。应优先使用已在类似应用中获得资质的来源，以降低风险。这些来源必须显示出长期业务连续性规划，并具有过程改进计划。纯度水平必须仔细监控，并记录进数据库。必须采用最先进的

分析方法。如有必要，应系统部署控制措施。考虑到汽车电子元件的长久运行寿命，很久以前发生的质量事件都可能导致故障。

受电子元件长期可用性和材料资质认证限制，制造商和供应商通常倾向于长达数年的供应合同。这样，来源可用性和供应链必须得到相应的保证。

材料供应商实施产品改进质量管理体系，以满足客户在质量监控和可追溯性方面的预期。仅有分析报告（COA）或一致性检查是不够的，供应商还需要提供更多的数据。如果检测到偏差，必须大幅缩短调查和响应的时间，并允许在产品交付给客户之前进行干预。最后，必须对整个供应链进行监控。

要维持可靠的高质量产品供应链，必须用到统计过程和质量控制（SPC/SQC），以及测量系统分析（MSA）等工具，为产品可追溯性提供系统可靠的测量和信息记录。特别是在供应链的早期阶段使用这些工具，可以进行及时响应和纠正，以免把有缺陷的材料提供给客户。而且，一些过去被忽略的杂质，哪怕低于当前检测限值，可能会变得十分重要。因而，必须不断研究新的测量技术，以提高检测能力。

最后，必须确保强大的供应链。供应商必须在任何情况下都准备好处



图5. 供应商的计划和行动取决于质量和供应链控制。

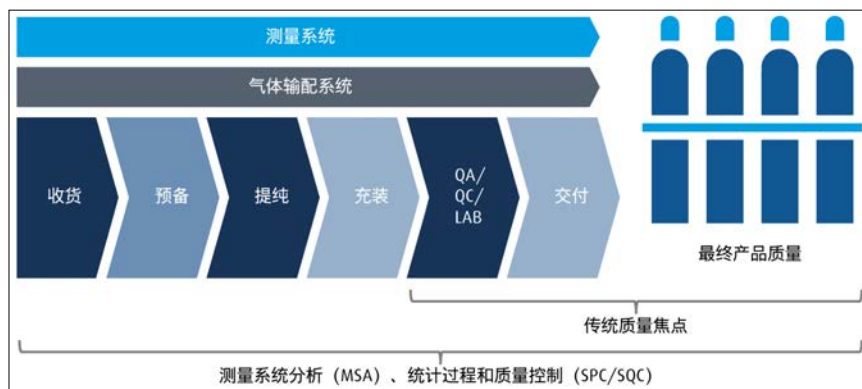


图6. 提高材料质量需要扩展传统的质量焦点。

理包括客户订单、监督生产和交付以及供应链其他众多环节的关键业务职能，这一点至关重要。几年前引入业务连续性规划 (BCP)，以识别和减轻可能造成供应链中断的风险。

维持业务连续性的根本在于分析业务运营的风险。材料供应商必须与制造商合作制定业务连续性规划，以提升意外中断情况下继续执行关键职能和 / 或提供服务的能力。目标是识别当前采购策略和供应链足迹中潜在的风险和弱点，然后减轻这些风险。

材料资质认证需要花时费力，因而必须具备有可用的第二来源，以便在危机发生时补充进来。理想情况下，供应商需同时具备通过资质认证的不同来源，以避免意外采购变更造成进一步的延迟。服务遍布全球并且具有全球采购能力的材料供应商能够提供额外的安全保障。供应商必须考虑和规划多条运输路线，以避免在发生影响整个区域的自然灾害或地缘政治等问题时出现混乱。

材料供应商需要了解并密切关注

ISO/TS16949 等汽车电子行业法规(汽车行业质量管理战略)。此标准要求远超出了我们所熟悉的 ISO 9001 标准。理解了对于汽车行业的期望，供应商便可以确保其质量体系的一致性和对新产品开发，或是满足不一致性调查的文档化要求。

汽车电子的未来

随着未来汽车自动化程度的提高，汽车将会采用更为先进的全新半导体技术，车辆将成为车轮上的超级计算机和数据中心。这些元件（逻辑类或存储类）中的大多数将产自于对汽车电子行业比较陌生的制造商，可能是集成器件制造商 (IDM)，也可能是代工厂。

为了符合行业的当前质量标准，汽车制造商将需要遵守汽车行业制定的更加严格的标准。林德这样具有全球汽车电子产品经验的材料供应商能够依托稳定的全球供应链，提供高质量的材料，为制造商提供支持。◆

SEMI 预测：全球半导体设备销售额 2018 年创纪录、2019 年重整、2020 年再创新高

SEMI 发布年终总设备预测报告，2018 年新的半导体制造设备的全球销售额预计将增加 9.7% 达到 621 亿美元，超过去年创下的 566 亿美元的历史新高。预计 2019 年设备市场将收缩 4.0%，但 2020 年将增长 20.7%，达到 719 亿美元，再创历史新高。

SEMI 年终预测指出，晶圆加工设备将在 2018 年增长 10.2% 至 502 亿美元。另一个前端部分 - 包括 fab 厂设备，晶圆制造和掩模 / 掩模设备 - 预计今年将增长 0.9% 至 25 亿美

元。预计 2018 年封装设备部分将增长 1.9% 至 40 亿美元，而半导体测试设备预计今年将增长 15.6% 至 54 亿美元。

2018 年，韩国将连续第二年保持最大的设备市场。中国大陆排名将首次上升至第二名，中国台湾将落到第三位。除中国台湾、北美和韩国外，所有地区都将继续增长，中国的增长率将达到 55.7%，其次是日本的 32.5%，世界其他地区（主要是东南亚）为 23.7%，欧洲为 14.2%。

2019 年，SEMI 预测韩国、中国大陆和中国台湾将保持前三大市场，三个地区排名都将保持相对稳定。预计韩国的设备销售额将达到 132 亿美元，中国大陆将达到 125 亿美元，而中国台湾的设备销售额将达到 118.1 亿美元。日本、中国台湾和北美是预计明年会有所增长的地区。2020 年的增长前景要乐观得多，所有区域市场预计在 2020 年都将增长，韩国市场增长最多，其次是中国大陆以及世界其他地区。