

2022 5

总 41 期

光电科技
情报网



光电科技快报

Opto-electronics Science
& Tech Letters

- ▶ 浅谈下一代 EUV 光刻机
- ▶ 北京发布首个高级别自动驾驶示范区标准体系
- ▶ 2022 年全球 OLED 电视出货量预测下修至 790-810 万台
- ▶ 中国科大实现光子偏振态的可集成固态量子存储



中国科学院光电情报网工作组

中国科学院光电情报网内参

光电科技快报

Opto-electronics Science & Tech Letters

(2022 年第 5 期 总 41 期)

中国科学院光电情报网工作组

2022.05

中国科学院光电情报网介绍：

中国科学院光电情报网(简称光电情报网)是在中国科学院文献情报系统“学科情报服务协调组”的整体组织和指导下,由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建,联合中国科学院光电领域相关研究所、东湖新技术开发区(中国光谷)、国内相关光电企业、省科学院联盟相关成员单位,共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式,创新院所协同、院地合作的情报研究和服务保障模式,更好支撑中国科学院、地方的发展规划布局,坚实保障各个层面的战略决策、智库咨询、科学研究和产业创新情报需求,从而有效推动光电领域科技进步和产业发展。

中国科学院光电情报网工作组：

组长单位：中国科学院武汉文献情报中心

副组长单位：中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
中国科学院上海光学精密机械研究所
中国科学院光电技术研究所
中国科学院合肥物质科学研究院
中国科学院成都文献情报中心

组员单位：中国科学院西安光学精密机械研究所
中国科学院海西研究院
中国科学院光电研究院
中国科学院国家空间科学中心
中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所
中国科学院苏州生物医学工程技术研究所
中国科学院上海技术物理研究所

特邀单位：安徽科学技术研究院
安徽光电技术研究所

目 录

特别关注	2
浅谈下一代 EUV 光刻机	2
战略规划	10
美国发布两项推进量子技术发展的总统指令防范量子威胁	10
北京发布首个高级别自动驾驶示范区标准体系	11
行业观察	14
2022 年全球 OLED 电视出货量预测下修至 790-810 万台	14
2021 年全球光纤激光器出货量近 11.5 万台	16
激光加工控制系统企业北京金橙子 IPO 过会	19
研究进展	22
中国科大实现光子偏振态的可集成固态量子存储	22
铌酸锂芯片上首次集成激光器	23
君万微全彩 Micro-LED 微显示量产进程取得关键突破	24
浙江大学在量子点发光二极管研究方面取得进展	25

本期责编：胡思思

本期编辑：李海燕（上海光机所） 朱立禄（长春光机所） 王亚军（西安光机所） 张甫

（安徽光机所） 章日辉 曹 晨 刘美蓉 杨子意

联系电话：027-87199007

特别关注

浅谈下一代 EUV 光刻机

光刻机在半导体领域一向是个热门话题，这个能一次又一次突破工艺极限的设备仿佛一个时光机器，连接着芯片的现在和未来。从 ASML 宣布将推出下一代光刻机开始，人们的目光就从当前最新一代的 0.33 NA 光刻系统转移到了下一代 0.55NA 光刻系统身上。

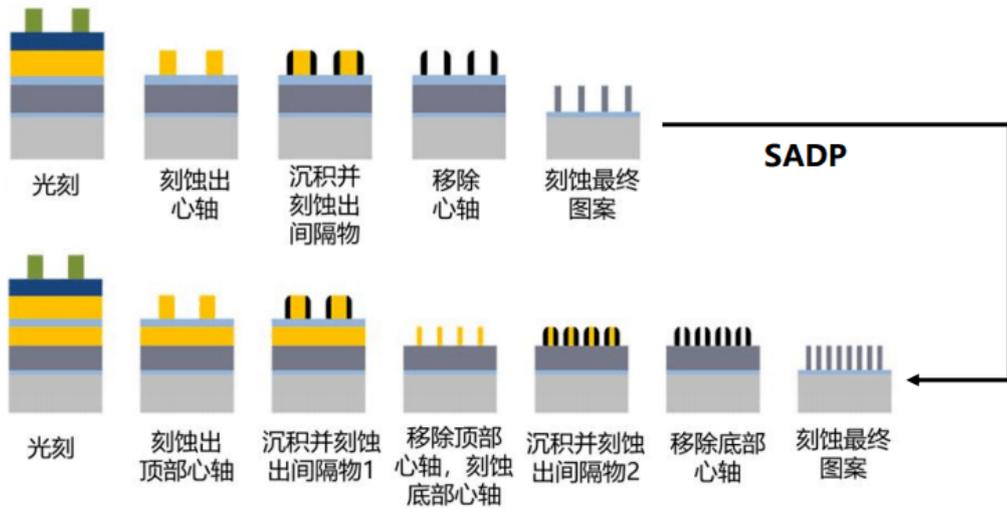
为什么是 High-NA

众所周知，光刻机的主要作用是将芯片电路图转移到硅片上，而光刻技术正是决定芯片电路大小的关键因素。在芯片制造中，电路越小越好，因为在相同空间中封装的晶体管越多，芯片的速度和能效就越高。

在 28nm 及以上的时代，芯片制造的过程应该算是相对简单的，只需要将设计好的芯片图案印在掩膜上，并把掩膜放置在光刻扫描仪中，扫描仪只需要进行单次光刻曝光，就可以把电路图“雕刻”在晶片上，这属于最简单的单一图案化工艺。

但当芯片制程工艺来到了 22nm 节点，随着晶体管从平面走向 3D，掩膜上的电路图变得密集，使得在晶圆上“雕刻”电路图变得更加困难，大幅提高了芯片制造工艺的难度和成本。为此，芯片制造工艺从上述简单的单一图案化工艺转向多重图案化，芯片电路图不再只被印在一个掩膜上，而是被分割在两个甚至多个掩膜上，分别打印每个掩膜，最终将整套原始绘制的形状成像到晶圆上。为了能把电路图印在晶圆上，芯片制造商使用了各种工艺方案，比如双重图案化或自对准方案，这些工艺技术可以把越来越小的电路印在晶圆上。

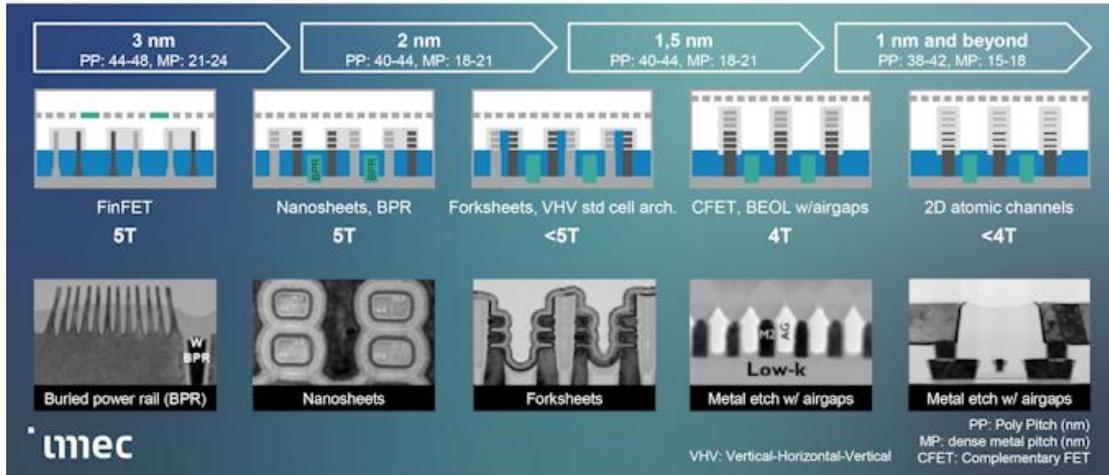
双重图案技术中的自对准间隔技术



在 EUV 光刻机出现之前，技术人员利用 193nm 的光刻机，也就是我们常说的 DUV 光刻机，通过把镜头放在水里、相移掩膜、多重曝光的方法，一步步推进芯片技术节点。方正证券曾指出，通过自对准双重图案技术、四重图案化工艺等，理论上 DUV 光刻机是可以实现 7nm 节点工艺制程，但是显然所需的掩膜数量极其多，而且工艺也十分复杂，量产难度很大。

这时候，EUV 技术出现了。根据瑞利方程，光刻机所用光源波长越短，越能描绘微细线宽的半导体电路，因此凭借 13.5nm 的极短波长，EUV 光刻被引入以取代 193nm 的 DUV 光刻机。对于芯片金属层 M2 的间距为 36 nm ~ 38 nm 的 7 nm/6 nm 节点，以及间距为 30 nm ~ 32 nm 的 5nm 节点来说，13 nm 分辨率足以让芯片制造工艺再次回到了单一图案化时代。

目前，最为先进的 5/4nm 芯片，以及今年内有望量产的 3nm 芯片，使用的就是 ASML 0.33 NA 光刻系统：NXE:3400C 或者 NXE:3400D。



Source: imec, Sri Samavedam, "Future logic scaling: Towards atomic channels and deconstructed chips", IEDM, December 2020.

Public

但 HJL Lithography 的 Harry Levinson 曾指出，金属层 M2 在 28nm 及以下的间距下，代工厂及其客户有以下选择——双重图案化 EUV、三重图案化 EUV 或 High-NA。如今 3nm 还有 NXE:3400D 来拯救，那 2nm 甚至 1nm 节点该怎么办？

对于 EUV 的多重图案化，专家们分别从技术和成本上给予了否定。Brewer Science 高级技术专家 Doug Guerrero 表示：“即使我们将多种图案化技术应用于 EUV，叠加也将非常困难。”Harry Levinson 也指出，从经济角度来看，认为双重模式没有意义。

由此看来，为了能让摩尔定律能够继续延续下去，最优解就是 High-NA。NA 是光学系统的数值孔径，表示光线的入射角度，使用更大的 NA 透镜可以打印出更小的结构，比如 0.55 NA 就能够实现 8nm 分辨率。

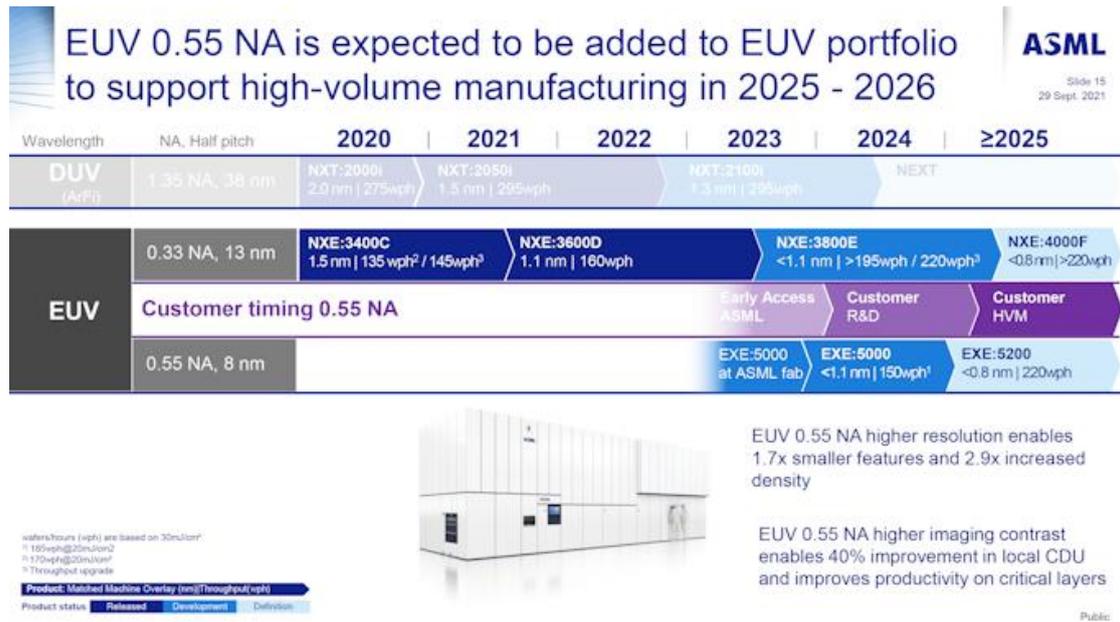
一方面，High-NA EUV 能够减少晶圆厂的周期时间，因为单次 High NA 所需的总处理量将少于多次通过 0.33 NA EUV 的总处理时间。另一方面，也提高了芯片设计的灵活性，某些设计元素只能在单个掩模中实现，而 High NA 为这些元素提供了改进的成像窗口。更重要的是，工艺步骤的减少还能提高了芯片的产量。

从这方面来说，High-NA EUV 是必然的选择。

当前，进展如何

既然 ASML 下一代 EUV 0.55 NA 光刻机的时间表已出，那么现在，它的进展又如何？据路透社最新消息，ASML 位于荷兰 Veldhoven 镇总部的高管告诉路透社，原型机有望在 2023 年上半年完成。也就是说原型机还有一年就可以完

成了。



此外,ASML 首席执行官 Peter Wennink 在 4 月透露,目前在位于 Veldhoven 的新洁净室中已经开始集成第一个 High-NA 系统。今年第一季度收到了多个 EXE:5200 系统的订单,4 月还收到了额外的 EXE:5200 订单。目前,ASML 收到了来自三个逻辑厂商和两个存储厂商的 High-NA 订单。

同时,ASML 还正在与比利时电子研究中心 IMEC 建立一个测试实验室,将在其中建造高 NA 系统,连接到涂层和开发轨道,配备计量设备,并建立与高 NA 工具开发相伴的基础设施——包括变形成像、新掩膜技术、计量、抗蚀剂筛选和薄膜图案化材料开发等,并准备最早在 2025 年使用生产模型,在 2026 年实现大批量生产。

当然,光刻机作为一个由来自全球近 800 家供货商的多个模块和数十万个零件组成的“庞然巨物”,仅靠 ASML 一家努力是远远不够的,其他和光刻机有关的厂商也已奔赴战场。

在镜头方面,蔡司和 ASML 将在 High-NA 光刻机上采用变形镜头,他们通过在垂直于入射平面的方向上保持 4 × 镜头缩小解决了晶圆上最大曝光场尺寸过小问题,从而得到 26 mm × 用于 High NA EUV 光刻机 16.5 mm 的视场大小。

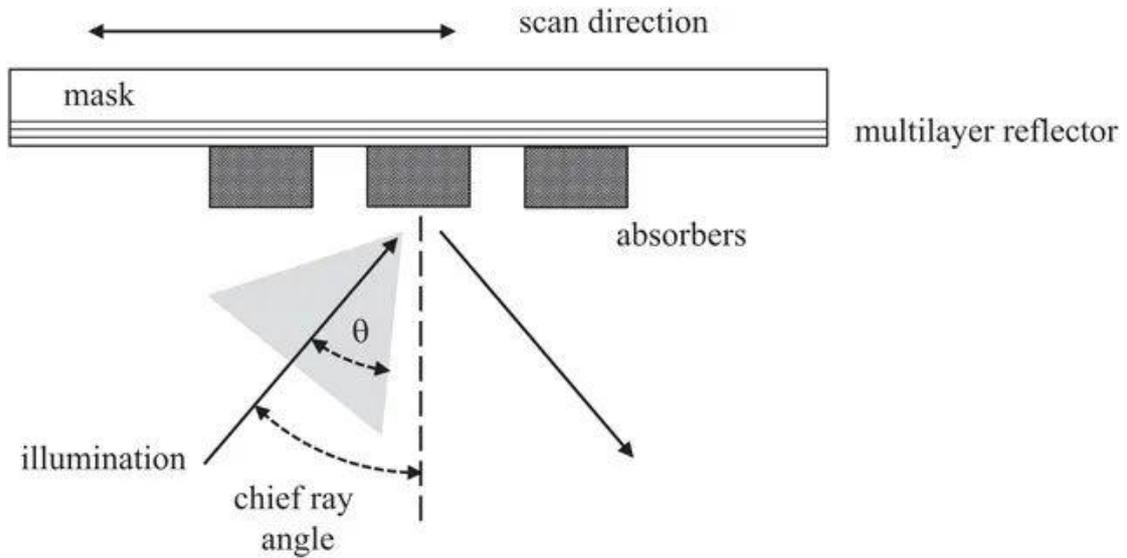


图 1 光照下的 EUV 掩模示意图

此外，多层反射镜具有高反射率的窄入射角范围对透镜和掩膜都有影响，将当前一代 0.33 NA 镜头的镜头设计概念扩展到 0.55 NA 会导致镜面入射角较大，这是有问题的。因此，蔡司使用一种不同类型的高数值孔径设计，以减少反射镜上的最大入射角，这种新设计的一个基本特征是中央遮蔽，具有中央遮蔽的高性能镜头已被用于其他应用，例如天文学，哈勃太空望远镜就是一个众所周知的例子。

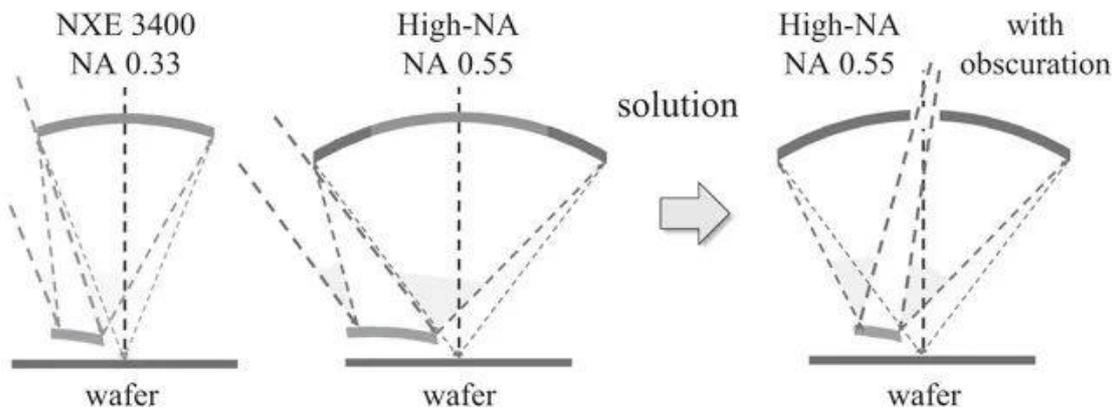


图 2 EUV 透镜中最后两个反射镜的图示

而日本测试设备制造商 Lasertec 对于 High-NA EUV，正在开发一种具有 1nm x 30nm 灵敏度的用于 EUV 掩膜坯料的光化坯料检测 (ABI) 新系统。USA 总裁 Masashi Sunako 曾表示“我们的目标是缺陷定位精度为 10nm。”

据了解，Lasertec 还推出了使用 13.5nm 光源的光化图案掩膜检测 (APMI) 系统，能够定位 EUV 掩膜的 20nm 缺陷。当然，其对于 High-NA EUV 掩膜的 APMI 系统也在开发中，据悉，新的光学器件、探测器和系统设计已经完成，计划用于 2023/2024 年。

此外，KLA 和 NuFlare 也在开发多束电子束掩模检测工具。其中，NuFlare 正在开发具有 100 束光束的多光束检测系统，计划于 2023 年推出。NuFlare 的 Tadayuki Sugimori 指出，该系统灵敏度为 15nm，每个掩模检查周期的检查时间为 6 小时。

未来，挑战依旧重重

即便厂商们都在努力，但想要制造出 High-NA EUV 依然有着不小的挑战。近期，在日本应用物理学杂志 4 月发表的《高数值孔径 EUV 光刻：现状和未来展望》论文列出了 High-NA EUV 面对的八大挑战，分别是：无法满足分辨率要求，随机现象和图案崩溃可能影响良率；可以支持光子散粒噪声和生产力要求的光源；满足 0.55 NA 小焦深的解决方案；偏振控制，用于在 0.55 NA 下保持高对比度；计算光刻能力；掩模制造和计量基础设施；大芯片解决方案；High-NA EUV 光刻成本。

Table III. Key challenges of high-NA EUV lithography.

Key challenges
Resists meeting resolution requirements, with low levels of defects from stochastic phenomena and pattern collapse
Light sources that can support photon shot noise and productivity requirements
Solutions for meeting small depths-of-focus at 0.55 NA
Polarization control for maintaining high contrast at 0.55 NA
Computational lithography capabilities
Mask making and metrology infrastructure
Solutions for large dies
Cost of high-NA EUV lithography

分辨率的要求

长期以来，光刻胶一直限制着 EUV 光刻能力，并随着技术的发展，不断减薄，这也使得线条边缘粗糙度 (LER) 不断增加。早在 ArF 光刻的时候，人们就已经意识到 LER 的问题，但那时候它对芯片制造影响不大，但随着工艺节点不断微缩，LER 就开始影响线宽控制和器件性能。想要降低 LER 带来的影响，就必须实现低 LER。

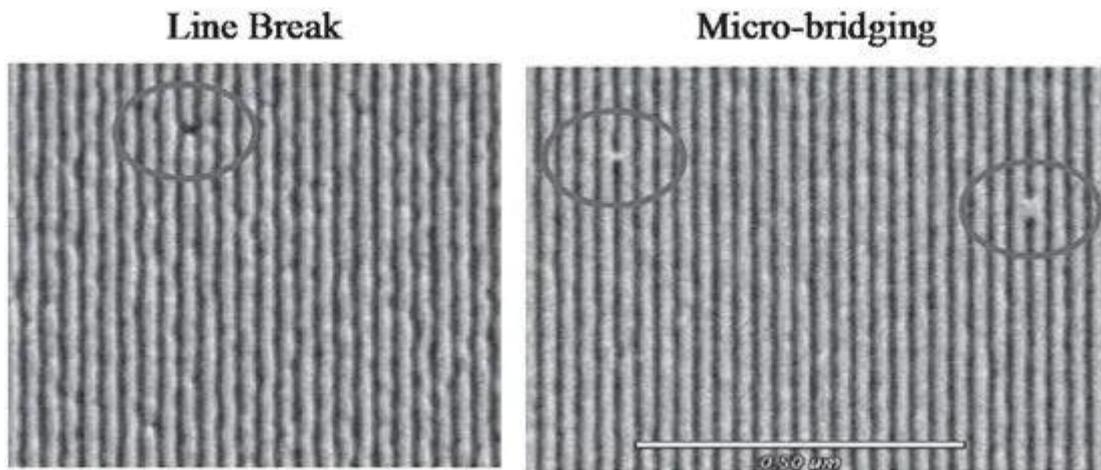


图 3 使用 EUV 光刻图案化的 30 nm 线/空间中随机引起的缺陷示例

另一方面，许多不同类型的 EUV 光刻胶都有个共同特征，那就是模糊。除了由电子引起的图像模糊外，在曝光后烘烤过程中，由于光酸扩散，化学放大抗蚀剂也会出现额外的模糊，在某种程度上也会影响良率。

当前，以 $10\text{ nm} \frac{1}{2}$ 间距及以下为目标的光刻胶的研发仍在进行中，必须克服目前化学放大型抗蚀剂存在的许多问题，但目前还没有发现具有低 LER、低水平的随机性缺陷、无图案塌陷和必要的分辨率，同时避免过高曝光剂量的光刻胶，需要继续研发、改进。

满足 0.55 NA 小焦深的解决方案

焦深 (DOF) 也一直属于光学投影光刻的挑战。当 NA 为 0.55 时，DOF 明显降低，大约是 0.33 NA 的 $\frac{1}{3}$ ，因此需要改进聚焦控制来实现高数值孔径 EUV 光刻。在这方面，为了获得良好的成像，光刻胶减薄就非常重要，但当光刻胶薄膜变得非常薄时，又会存在诸如组件偏析之类的现象，降低图案化。

此外，焦点控制不仅仅是光刻技术中的问题，还对晶圆平整度提出了更高的要求，这也对薄膜沉积，尤其是化学机械抛光 (CMP) 提出了严格的要求。

计算光刻能力

计算精度需要考虑许多物理现象，同时与高 NA 相关的小焦深增加了对计算解决方案的需求。当前，反向光刻技术 (ILT) 已被证明可用于构建最大化工艺窗口的掩膜版图，并且由于 ILT 的应用而产生的最佳掩膜布局通常呈曲线，让掩膜制造变得更加困难。

而多光束掩模写入器解决了这个问题，不仅让生产具有曲线图案的高质量掩模成为可能，还开始对掩膜上曲线特征的数据格式进行标准化。虽然 ILT 和曲线特征并不是 High NA EUV 所独有的，但这些功能在 High NA EUV 上逐渐成

熟，因此有望成为 High NA 技术的重要组成部分。

掩膜制造和计量基础设施

光掩膜是芯片制造的重要组成部分，随着电路图越来越小，与理想掩膜的偏差越来越大，进而影响了最终晶圆的图案。因此需要解决掩膜难题，包括减少掩膜 3D 效果、增强对掩膜寿命等。最重要的是，在 High NA EUV 光学系统中引入新光掩膜类型也给掩膜行业带来额外的复杂性。

当前基于钽的吸收器通常约为 60-70nm 厚，旨在吸收足够量的光，与 13.5nm 波长相比，厚度较大，因此以特定入射角(在传统 EUV 光刻中以 6° 为中心)照射掩膜，会扭曲空中图像，最终转移到光刻胶中的光图案，并降低其图像对比度。这些所谓的掩膜 3D 效果还伴随着更多的特征相关变化和对晶圆的最佳聚焦，这对 DOF 原本就已经降低的 High NA EUV 光刻技术提出了额外的挑战。

当然，随着掩膜逐渐变得复杂，对设备的要求也日渐提升。

大芯片解决方案

当前大芯片十分火热，但却由于尺寸太大无法适应高 NA 曝光工具的 ? 场。为了能够继续生产具有相似尺寸的芯片，需要采用拼接。换句话说，就是一部分芯片使用一个掩膜进行图案转印，而其余部分通过第二个掩膜曝光进行图案转印。

拼接不是一种新的光刻技术，但需要非常精确实施。此外，由于 EUV 吸收剂不能完全有效地抑制反射光，因此往往通过蚀刻去除掩膜版曝光区域周围的多层反射器，而蚀刻黑色边框会导致局部应力降低，进而影响掩膜特征。

High-NA EUV 光刻的成本

成本一直是光刻机关注的问题，光刻机价格昂贵不是一天两天了，显然 High NA EUV 光刻机只会更贵，其成本预计将超过 3 亿美元。前面几代光刻机，其价格的指数增长被吞吐量的提高所抵消，由此可以看出光刻机的吞吐量尤为重要。

因此，如何提高光刻机的吞吐量成为了关键，从这方面来看，提高光源的功率是解决办法之一。一方面，ASML San Diego 已经为 LPP 源实现了 400-500 W 的源功率，并且计划实现更高的功率。另一方面，除了提供偏振光外，自由电子激光器预计具有高功率，这也是考虑将自由电子激光器作为 EUV 光刻机光源的另一个原因。但当光源高于 800 W 后，High NA EUV 光刻机的吞吐量将接近机械极限，届时又将面临新的难题。

信息来源：半导体行业观察、ASML

战略规划

美国发布两项推进量子技术发展的总统指令防范量子威胁

5月4日，美国白宫宣布了促进量子技术研究和发展的新计划，同时帮助美国计算机网络向抗量子加密标准过渡。



图片来自 Getty Images 前述计划为两项总统指令，分别为一项行政命令和一份国家安全备忘录。其重点是将量子计算技术纳入美国网络安全基础设施和政策领域，这是美国联邦政府针对这一新兴技术采取的最新行动。两项指令共同致力于建立一个政府监督委员会，以推进量子科学和技术的发展，并强调与量子密码学相关的量子计算技术创新，将为美国在量子信息科学(QIS)领域的领先地位奠定基础，同时降低量子计算机对美国国家和经济安全将构成的风险。



BRIEFING ROOM

Executive Order on Enhancing the National Quantum Initiative Advisory Committee

MAY 04, 2022 • PRESIDENTIAL ACTIONS

相关行政命令，图片来自美国白宫“虽然量子本身并不是新事物，但该领域最近的发展显示出了推动美国经济创新的潜力，通过计算、网络的进步，推动从能源到医学的创新，这很像互联网、GPS 甚至内燃机带来的早期技术革命。”一位美国高级政府官员在电话会议上说道。第一项行政命令用于设立一个独立的量

子信息科学与技术(QIST)顾问委员会。委员会将致力于向立法者和公众传播量子领域最新发展的相关知识，指导政策制定，并将直接在白宫领导下工作。

第二项指令则聚焦于量子在国家安全中的交叉作用。这份国家安全备忘录将成为各机构指南，帮助其系统过渡到抗量子系统。



BRIEFING ROOM

National Security Memorandum on Promoting United States Leadership in Quantum Computing While Mitigating Risks to Vulnerable Cryptographic Systems

MAY 04, 2022 • STATEMENTS AND RELEASES

相关国家安全备忘录，图片来自美国白宫目前，美国政府正在推动数字网络适应抗量子加密标准，因为一台正常运行的量子计算机未来可能通过其强大的解密算法，来突破目前的标准化加密技术，从而破坏敏感数据。“将美国最脆弱的信息技术行业(IT)系统过渡到新标准的过程，将需要大量的时间、资源和投入。”美国政府发言人表示，“因此，美国今天必须开始这一漫长过程，去更新国家的IT基础设施，以防范未来的量子计算威胁。”

信息来源：澎湃新闻

北京发布首个高级别自动驾驶示范区标准体系

4月28日，北京市高级别自动驾驶示范区正式发布示范区标准体系及车路协同基础设施、智能车辆自动驾驶功能测试系列标准。

当前，智能网联汽车产业已进入技术快速演进、产业加快布局的商业化前期阶段，标准化建设已经成为其中的推进重点领域。为响应行业技术创新落地需求，引领产业发展，北京启动建设全球首个网联云控式高级别自动驾驶示范区，构建车-路-云-网-图-安全标准体系，系统梳理相关需求，分阶段开展相关领域的标准需求研究、子体系搭建和关键标准研究制定。目前已取得以下三方面成果：

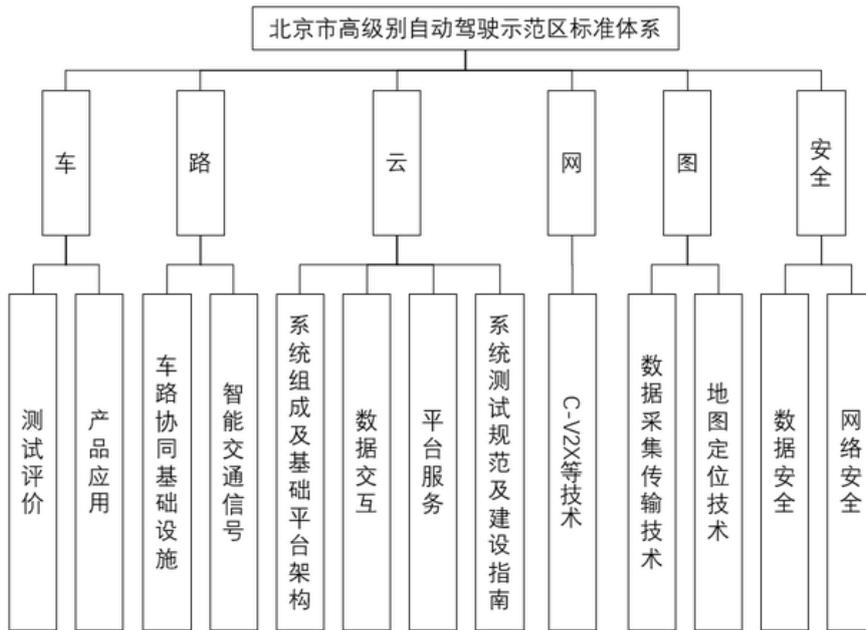


图 4 北京市高级别示范区车-路-云-网-图-安全标准体系架构图

第一，搭建出首个完整的车路云一体化高级别自动驾驶标准体系。将标准体系定义在智能网联汽车技术、车路协同基础设施、云控基础平台、专用通信网络、基础地图、安全管理等 6 部分，构建示范区相关标准共计 71 项。

第二，基于示范区智能网联标准化路口建设经验，在行业专家指导和头部企业支持下，完成了 10 项车路协同基础设施系列标准建设。从路侧基础设施（摄像机、雷达、RSU、MEC 等）、信息安全及系统运维等维度全面有序进行标准制定。路侧系列标准的发布，创新性地建立了一套支持车路协同基础设施建设的技术标准和规范，系统完整地定义了标准化路侧建设方案，对示范区的建设形成指导，由点及面推动智能网联“中国方案”技术路线落地。



图 5 车路协同基础设施系列标准架构

第三，联合行业主要自动驾驶企业，共同推进智能车辆自动驾驶功能封闭场地测试方法系列标准。包括乘用车、商用车、客运小巴车、无人配送车、无人化测试等共计 9 项，目前已完成乘用车、商用车、客运小巴车、无人化测试 4 项标准研制。本系列标准的建立将为示范区开展大规模的测试示范提供技术支撑，引领国内多场景应用落地。

通过搭建首个支撑网联云控式高级别自动驾驶示范区建设发展的标准体系，开展核心标准研究，示范区立足北京，面向全国，助力形成可复制、可推广的智能网联汽车新型标准体系。下一阶段，示范区将根据目前行业亟需进行标准化的技术方向，一方面完成自身标准研制任务，并积极开展团体标准转化，发挥行业引领作用；另一方面协同北京市相关主管部门共同推进北京市地方标准研究，为示范区 3.0 扩区提供建设依据。

北醒（北京）光子科技有限公司 CEO 李远表示，北醒作为北京最早一批从事激光雷达研发和产业化的企业，切实感受到北京市政府在自动驾驶行业的前瞻性。除了启动高级别自动驾驶示范区建设，政府还通过北京市科技计划、中关村（海淀）智能网联汽车前沿技术创新中心等平台，鼓励企业加强科技创新能力、增强产学研合作，在营商环境、高端人才、科研突破等方面的诸多具体政策措施都推动北醒加速发展。

李远表示，实现 L4 级别以上的无人驾驶，对激光雷达感知部件提出了新的挑战。今年北醒即将推出的新款超高性能 512 线激光雷达已经达到“图像级”，是传统雷达的探测分辨率的 4 倍，并将于明年实现量产交付。

在发布会上，《北京市智能网联汽车政策先行区乘用车无人化道路测试与示范应用管理实施细则》正式发布，在国内首开乘用车无人化运营试点。首批将投入 14 台无人化车辆开展示范应用，百度、小马智行成为首批获得先行区无人化示范应用道路测试通知书的企业。

信息来源：中国日报网

行业观察

2022 年全球 OLED 电视出货量预测下修至 790-810 万台

随着三星电子和 LG Display 的大尺寸 OLED 面板供应谈判的推迟，洛图科技（RUNTO）下调了今年全球 OLED 电视的出货量预测。另外，宏观经济的不确定性导致的消费心理萎缩也对 OLED 电视出货量的增长幅度产生了负面影响。

进入 5 月，市场发生了一些变化，分别存在于三星 LG 的谈判进度、俄乌战争所引发的国际局势持续动荡、COVID-19 疫情的中国大城市散点多发，以及 LCD 电视面板价格的继续低位运行四个方面。

三星电子和 LGD 之间应是一份长期供货协议

三星电子和 LGD 的谈判意料之中地发生了推迟。事实上，洛图科技（RUNTO）认为，这本身就不是一个简单的采购订单谈判，而应该是长期地、战略性的合作协议。

三星电子中的电视事业（VD）作为全球电视领导者，2022 年初的全球 BP 为 4460 万台，根据洛图科技（RUNTO）数据显示，今年第一季度，VD 出货达到 1120 万台。OLED 技术作为 VD 接下来的一个稳定发展的细分技术款式，至少需要 10% 以上的内部占比。因此，VD 整体需要向三星显示（SDC）和 LGD 采购至少 450 万片的 OLED 面板。

根据上下游产业链信息，SDC 目前的 QD-OLED 的良率不足 70%，上半年目标是 80%。以月产能为 3 万片基板投入的 G8.5 面板产线为标准，其年度出货量在 75 万片到 140 万片，主要供给三星和索尼等，两者均已经在第一季度发布了 QD-OLED 电视。

洛图科技（RUNTO）数据显示，LGD 在 2021 年的 WOLED 面板出货量为 797 万片。2022 年按照韩国坡州工厂每月 88K 和中国广州工厂每月 90K 的基板投入产能，预计年出货量将达到 1100 万片。按客户区分，LGE 占 63%，索尼占 15%，其它客户占 9%，原计划三星电子占 13%，即 150 万片。

以此来看，2022 年 SDC 和 LGD 能够供应给 VD 的物量约在 200 万片左右。如此的供应物量是无法满足三星品牌启动一个主推技术机型。因此，三星电视一方面需要 SDC 扩产和提升良率支持；一方面则需要和 LGD 达成一份多年的长期

协议，LGD 才能做出有利于三星电视的产能额外投资或客户重新分配。

5 月是三星电子和 LGD 谈判的分水岭？

业界认为，5 月是三星电子和 LGD 的大尺寸 WOLED 供应谈判的分水岭。其主要的依据是卡点向韩国尹锡悦新政府献礼，以及针对 11 月开幕的卡塔尔世界杯的体育营销预期。

相反地，除了以上，三星电子和 LGD 没有其它的任何谈判动力。去年三星电子试探向 LGD 采购 WOLED 的时候，正值 LCD 面板价格大幅上涨，液晶电视很难保证收益性。而如今，LCD 面板价格已经处于极低水位，LGD 营业利润骤减。《5 月液晶电视面板价格预测及波动追踪》一文中提到，若中国大厂不发生大的减产动作，以及中国 618 促销期间意外萧条，则 LCD 面板市场难迎拐点。三星集团已经放弃了 LCD 业务，而 LCD 业务仍然是 LGD 的主业。因此，谈判的主动权从 LGD 转移到了三星电子手上。从三星的立场来看，赶上世界杯和北美黑色星期五的可能性已经微乎其微，因此谈判变得不是那么迫切。

当然，这并不意味着如果 5 月未达成协议，WOLED 的谈判将全面终止。洛图科技 (RUNTO) 认为，QD-OLED 首先是三星集团的战略技术，其和 WOLED 都是泛 OLED 中的重要组成部分，需要两者呼应；其次，在量子点电致发光产品真正成熟之前，三星电视需要一个和其它以 LCD 为主打电视品牌的技术区隔，目前的 Micro LED 显然无法在消费级市场担当这样的使命。

四个变化，导致下修全球 OLED 电视出货量预测

事实上，根据洛图科技 (RUNTO) 上下游信息，VD 截至现在并没有正式开启 WOLED 的产品准备。一般地，成品生产、物流、铺货、推广等至少需要半年时间，因此，2022 年内，三星已经几乎没有可能实现稳定地出货 WOLED 电视整机。根据《三星电子的 2022 高端电视阵容》一文，2022 年，三星 VD 原计划销售 50 万台的 QD-OLED 电视和 150 万台的 4K WOLED 电视。

第二方面的变化是，俄乌战争的持久性大大超出了全球的预期。目前来看，从俄罗斯的战斗力和欧美对乌克兰的军事支持两个层面来看，战争仍将长期化。另外，主要国家政府在 COVID-19 疫情之后通过量化宽松政策扶持经济所带来的通货膨胀压力正在制约全球的消费心理。因此，国际局势不稳定和通货膨胀压力是电视消费品市场发展的绊脚石。

第三，全球最重要最典型的电视市场，中国区正在面临着疫情散点多发的复杂严峻形势。为避免反弹风险，上海、北京、广深等各大城市致力于社会面清零。

线下消费市场不可避免的遭到重创，高端电视产品零售很难符合年初预期。

另外，LCD 面板价格即使下半年上涨，仍将在低位运行，造成 LCD 电视整机的收益性得到改善，厂商推动 OLED 的意愿自然下降。

基于以上方面的变化，洛图科技（RUNTO）下调 2022 年全球 OLED 电视的出货量至 790—810 万台，与 2021 年的 650 万台相比，增长率从 53.8% 降至 23% 左右，下降约一半。相应地，2022 年全球整体电视市场规模也下修至不足 2.1 亿台，OLED 占比约为 4%。

信息来源：洛图科技

2021 年全球光纤激光器出货量近 11.5 万台

光纤激光器(Fiber Laser)是用掺稀土元素玻璃光纤作为增益介质的激光器，它们有助于在制造的电子产品中实现高精度、高质量的处理，能够实现高生产率并带来高投资回报。这类激光器是利用激光二极管进行光泵浦的，其中所有的光纤元件之间会彼此耦合。

近年来，光纤激光技术在光谱覆盖、输出功率和超短脉冲宽度等方面取得了长足的进步。快速的工业化和消费电子产品需求的增长推动了行业对这类产品的需求，并且随着这一领域技术快速发展，光纤激光器的应用领域已扩展到医疗、国防和军事等领域。

据市场调研机构 Future Market Insights 的一份最新报告，光纤激光市场将实现正增长，总估值预计将在 2021 年超过 31 亿美元。预计在经历了 2020 年的温和增长后，2021 年全球光纤激光器销量将增长 10.7%，出货量接近 11.5 万台。

从 2021 年到 2031 年，其市场价值将以 11.1% 的复合年增长率(CAGR)增长。

多方面因素推动增长

随着这一领域深入研究开发高光束质量、环境友好和低成本光纤激光器，光纤激光市场将获得关键的增长动力。全球范围内，工业 4.0 时代正拉开大幕，同时越来越多国家与地区正加大低碳环保转型的投入，这些因素也产生了积极的影响。此外，新型材料的不断采用、材料制造商对其对广泛终端用户带来的环境影响日益担忧，正推动制造商们更多地采用光纤激光器进行切割和标记应用。当下，制造企业纷纷寻找降低生产成本和设计环保型激光技术的方法。

自动化在光纤激光市场的引入有望取代传统的操作，如化学蚀刻和基于油墨的印刷，用于机器标记。它们易于使用，数字化又使他们更紧凑、成为高功率应

用的理想选择。

这些因素预计将推动光纤激光器在未来十年的销售。未来几年，对高导热金属厚片焊接的高工艺速度的需求增加，企业和机构不断努力提高光纤激光器整体效率和灵活性，将会推动这一市场增长。

行业应用日益广泛

光纤激光器应用范围非常广泛，包括激光光纤通讯、激光空间远距通讯、工业造船、汽车制造、激光雕刻/激光打标/激光切割、印刷制辊、金属非金属钻孔/切割/焊接、军事国防安全、医疗器械仪器设备、大型基础建设，作为其他激光器的泵浦源等等。

不难发现，光纤激光器在航空航天行业的需求正在膨胀，因为它能够提供优越的光束质量、灵活性，并通过可调节的激光几何形状在核心的热产生控制。在各种材料加工应用中，现代光纤激光器的使用日益增加，将推动当下到 2031 年的销售与出货量。

在具体应用中，越来越多制造商将光纤激光器与 3D 打印结合，从而进行有效的材料沉积。另外比较值得关注的趋势还有：光纤激光市场参与者正专注于开发节能工艺，以最大限度地减少材料消耗并降低光纤激光器的操作成本。光纤激光焊接还可以用于制造低成本、高可靠性的电动汽车电池。随着制造技术的进步，现代制造业正希望采用小型激光切割和焊接机来提高生产力。

根据脉冲宽度、功率和运转方式的不同，光纤激光器可以分为多种细分产品类型。根据运转方式的不同，它可以分为连续激光器、脉冲激光器。Future Market Insights 分析师表示，准连续波光纤激光器由于具有产生高峰值功率和高可靠性的特点，将继续受到高度欢迎。连续波光纤激光器因其精度高、稳定性好，为材料加工应用提供了优良的光束质量而被广泛应用于航空航天和汽车制造。

光纤激光器具有很高的灵活性，它没有任何移动组件，这使得光纤激光器的维护比 CO2 激光器更容易。另外，光纤激光器还配备了现代和有效的冷却机制，使其能够长时间工作而不失去其效力。

中国市场收入增长可观

地理区域市场方面，2021-2031 年北美光纤激光市场预计将以 10.9% 的复合年增长率增长，这得益于该国工业化程度的提高和消费电子产品产量的增加。CMS Office of the Actuary 估计，制造业占美国国内生产总值(GDP)的 10.8%。

电动汽车产量的增加，以及领先半导体晶圆制造公司的存在，将支持欧洲激

光光纤市场在预测期内以 10.2%的复合年增长率增长。由于半导体和集成电路制造业需求的增加，德国光纤激光器市场在预测期内将出现显著增长。

由于对金属加工产品和高功率切割产品的需求不断增加，预计中国将在光纤激光市场创造利润丰厚的增长机会。积极因素方面，中国政府出台了“中国制造 2025”等有利政策，中国电子商务部门对光纤激光标记系统的需求不断增加，而且中国仍是领先的半导体制造市场之一。光纤激光器在钣金和薄材料焊接领域的应用日益广泛，以及在金属切割领域的日益普及，将为中国市场带来可观的收入。

到 2021 年，韩国和日本在全球光纤激光器市场的占有率均在 10%左右。对电子元件小型化的日益重视是这些国家增长的主要动力。

群雄逐鹿，5 大厂商占 90%份额

Future Market Insights 预测，IPG Photonics、通快(TRUMPF)、Lumnetum、锐科激光 (Raycus) 和 Fujikura 是光纤激光市场排名前五的玩家，它们合计占据了 2021 年全球 90%的市场份额。其中，IPG Photonics 预计将占据约 50%的全球市场份额，通快占 17%，锐科激光占 9%，Lumnetum 占 8%，Fujikura 占 4%。

为了扩大他们在全世界范围内的市场份额及影响力，这些领先的市场参与者正专注于通过引入新产品到市场多样化的产品组合。他们正积极与现有企业合作，以获得最大的市场份额。例如，古河电工 (Furukawa) 在 2021 年 7 月推出了新型工业光纤激光器，该激光器具有光束质量高、时间稳定性好、效率高等特点。

2016 年，Domino 在美国 PackExpo 上推出了“F720i”高性能光纤激光器，其设计目的是在铝制饮料罐上创建清晰耐用的代码。新系统具有较高的 IP 等级，能够承受恶劣的生产环境，满足饮料罐装段的高速编码要求。

2016 年，Coherent 以 9.42 亿美元收购了 Rofin-Sinar Technologies。Coherent 公司是为商业、科学和工业客户提供激光和基于激光的技术的世界知名供应商，此次收购将帮助该公司扩大其产品组合。2020 年 6 月，Coherent 公司推出了新型 4000w “HighLight FL4000CSM-ARM” 光纤激光器，非常适合汽车应用。这种新系统为难以焊接的金属提供了先进的焊接能力，并符合由不同材料组成的电动汽车、能源存储和通用电气互连的焊接要求。

2020 年 11 月，LVD 推出了专为超大钣金切割能力而设计的新型大尺寸光纤激光切割机“Taurus”。该机器可以激光切割范围广泛的零件，从而提高生产率和优化材料的使用。

除了上述 5 家排在前面的公司，全球光纤激光器市场的主要玩家还包括：

Maxphotonics、Coherent、Newport、Fanuc、Keopsys、Fujikura、nLIGHT 等。

资料来源：OFweek 激光网

激光加工控制系统企业北京金橙子 IPO 过会

5 月 25 日，上海证券交易所科创板上市委员会 2022 年第 42 次审议会议召开。据结果公告，北京金橙子科技股份有限公司（首发）：符合发行条件、上市条件和信息披露要求。

科创板上市委 2022 年第 42 次审议会议 结果公告

上海证券交易所科创板上市委员会 2022 年第 42 次审议会议于 2022 年 5 月 25 日上午召开，现将会议审议情况公告如下：

一、审议结果

（一）三未信安科技股份有限公司（首发）：符合发行条件、上市条件和信息披露要求。

（二）北京金橙子科技股份有限公司（首发）：符合发行条件、上市条件和信息披露要求。

金橙子成立于 2004 年，是国内领先的激光加工控制系统企业之一，长期致力于激光先进制造领域的自动化及智能化发展。公司产品包括激光加工控制系统、激光系统集成硬件及激光精密加工设备等。2019—2021 年度，公司营业收入分别为 9242.31 万元、13513.30 万元和 20281.49 万元；净利润分别为 1605.55 万元、4019.70 万元及 5262.53 万元。

截至 2021 年 12 月 31 日，公司实际控制人马会文、吕文杰、邱勇和程鹏合计直接持有公司 66.98% 股权，并通过可瑞资、精诚至控制公司 22.63% 股权，四人合计控制公司 89.61% 股权。

主营激光振镜控制系统

激光伺服控制系统处于市场开发阶段

中国激光产业的发展得益于激光作为一种加工工具在各领域的应用发展。激光加工离不开激光加工设备，而激光加工控制系统是激光加工设备自动化控制的核心数控系统，它以运动控制软件为核心，与运动控制卡组合使用。从技术上来

说，激光加工控制系统融合了计算机、激光与光学、运动控制与自动化、视觉追踪等多领域先进技术，配套激光器、高精密振镜等部件实现激光先进制造需求。

经过多年的发展，金橙子的产品系列覆盖激光标刻、激光切割、激光焊接等多个领域。从激光控制系统细分领域来看，公司激光加工控制系统以激光振镜控制系统为主，该控制系统主要应用于激光标刻、激光精密切割、激光焊接及其他微加工领域；主要适用于低功率激光器对应的多种微加工。公司激光振镜加工控制系统包括标准功能控制系统、中高端控制系统。2019—2021 年，公司激光加工控制系统销售占比分别为 70.03%、75.47%、72.62%。

金橙子设立初期主要从事激光加工控制系统的研发、设计及销售，产品技术主要应用于平面标刻类型的激光设备。随着下游需求的不断演化及公司技术升级迭代，陆续开发出能够适用于标刻、切割、雕刻、微加工等多种下游用途的产品，如 PCB 板切割的宙斯系统、3D 打印技术产品以及带有视觉功能和机器人自动化控制的柔性激光控制系统等。2021 年，金橙子才推出激光伺服控制系统产品，自 2021 年下半年投入市场至今已实现销售 15.30 万元，尚处于市场开拓阶段。

中低端振镜控制系统领域基本实现国产化

高端应用领域国产化率仅 15%左右

随着中国激光器企业不断进行技术研发与经验积累，在中低功率段实现国产化后，不断向高功率段迈进，并进军高端应用领域。国产激光控制系统的发展也从中低端应用开始不断提升，经过近年来国内供应商的快速发展，在中低端振镜控制系统领域已经基本实现国产化；在高端应用领域，目前主要由德国 Scaps、德国 Scanlab 等国际厂商主导，国产化率仅 15%左右。

分产品类别来看，激光振镜控制系统应用领域广泛，其中高端应用领域主要指在高速、高精、复杂工艺方面具有较高要求的应用，如晶圆切割、光伏划片、远程焊接领域、玻璃薄膜精细去除、航空航天工业激光熔覆、PCB 加工领域、半导体阻值修刻等。与国际厂商相比，金橙子在机器人和 3D 振镜联动加工技术、大幅面拼接控制技术、实时光束波动偏移补偿技术、激光熔覆等技术方面尚存在一定差距；同时，在高端应用领域的控制系统销售数量占比仍处于较低水平。2019—2021 年，公司中高端控制系统销售占比分别为 69.23%、58.46%、61.56%，标准功能控制系统的销售占比分别为 30.77%、41.54%、38.44%。在激光伺服控制系统领域，目前国内的柏楚电子、维宏股份等公司占据主要市场份额并形成较强先发优势。金橙子进入激光伺服控制系统领域时间相对较短，尚处于市场开

拓阶段。

事实上，金橙子激光加工控制系统核心系控制软件，近些年行业内存在较严重的盗版行为。尤其是激光振镜控制系统盗版产品占据了较大市场份额，不仅对金橙子产生了品牌与市场影响，对国产激光控制系统的进一步发展也造成了阻碍。这就需要激光控制系统企业在打击盗版的同时，不断对产品升级迭代，打造技术壁垒。

随着应用场景的拓展及不同加工需求变动，以及我国工业制造自动化及智能化要求的提升，对控制系统企业的研发创新具有较高的要求。截至 2021 年 12 月 31 日，金橙子已获得专利 19 项，其中发明专利 6 项，实用新型专利 11 项，外观专利 2 项；拥有软件著作权 80 项。

激光加工应用提供未来市场发展空间

募资项目将增强公司核心竞争力

中国制造业的转型升级离不开激光加工这种高效加工方式。作为制造业转型升级的关键支撑技术，激光加工具有广阔的增长空间，因此为激光加工控制系统增长提供了坚实基础。随着应用场景不断增加、技术革新、拓展性应用等发展，激光加工控制系统具有较为明确的增长前景。

在客户方面，金橙子与华工科技、飞全激光等建立了良好的合作关系，拥有优质的客户群体，与国内外超过上千家下游客户建立了直接或间接的合作关系。通过多年来深耕以振镜控制为核心的激光控制技术，基于振镜在激光高精密控制方等领域的重要地位，公司对振镜生产工艺进行了充分探索。经过自主研发，公司已将技术研发成果集成到产品中，现有 2D、3D 高精密振镜产品，产品技术水平较高，在我国竞品较少、对国外产品具有一定替代性。公司丰富的研发及应用经验，将为公司后续实施高精密数字振镜系统项目提供坚实的基础。

此外，本次公司募集资金计划投资于以下项目：激光柔性精密智造控制平台研发及产业化建设项目、高精密数字振镜系统项目、市场营销及技术支持网点建设项目。通过募资项目，将能够满足激光加工柔性化的市场需求，增强公司核心竞争力；促进国内激光振镜系统的发展，加速高端应用场景的激光振镜系统国产替代进程。

资料来源：上海证券交易所、金橙子

研究进展

中国科大实现光子偏振态的可集成固态量子存储

中国科学技术大学郭光灿院士团队在固态量子存储领域取得重要进展。该团队李传锋、周宗权研究组基于自主加工的激光直写波导，实现了光子偏振态的可集成固态量子存储，存储保真度高达 $99.4 \pm 0.6\%$ ，该工作显著推进了可集成量子存储器在量子网络中的应用。相关成果近日发表在国际知名学术期刊《Science Bulletin》和《Physical Review Letters》上。

光子的偏振态具有操作精度高和抗干扰能力强的特点，在量子信息任务中具有广泛的应用。实现偏振态的可集成量子存储是构建大尺度可集成量子网络的基本需求。稀土掺杂晶体作为一种性能优异的固态量子存储介质，能够结合多种微纳工艺制备出可集成的量子存储器。然而，已有的可集成固态量子存储器均无法实现偏振态的量子存储，这是由于稀土掺杂晶体的光吸收一般是依赖于偏振态的，并且其微纳波导结构也不支持任意偏振态的传输。

$\text{Eu}^{3+}:\text{YSO}$ （掺铕硅酸钇晶体）是实现可移动量子优盘的重要候选材料，李传锋、周宗权研究组基于该材料已实现长达 1 小时的相干光存储[Nature Communications 12, 2381 (2021)]。在近期工作中研究组注意到掺铕硅酸钇晶体中占据第二类钇替位的 Eu^{3+} （以下简称替位二铕离子， site-2Eu^{3+} ）可以实现对任意偏振态的均匀吸收。研究组首先采用光谱烧孔技术测定替位二铕离子的准确能级结构，再结合研究组原创的“无噪声光子回波（NLPE）”量子存储方案[Nature Communications 12, 4378 (2021)]克服替位二铕离子的弱吸收问题，最终基于单次通过的单块晶体即实现了偏振态的量子存储。该工作提出并证实了替位二铕离子可实现偏振态的量子存储，近日发表在《Science Bulletin》上。

研究组进一步利用飞秒激光直写技术在掺铕硅酸钇晶体中加工出凹陷包层波导。这种波导具有圆对称的结构，可以支持任意偏振态的低损耗传输。研究组采用光谱烧孔技术提升替位二铕离子的吸收深度达 2.6 倍，再结合电场调制的原子频率梳量子存储方案，成功地基于波导结构实现了偏振态的量子存储。量子存储保真度达 $99.4 \pm 0.6\%$ ，验证了这一可集成器件的高可靠性。该工作 5 月 2 日发表在《Physical Review Letters》上。

这一工作把光子的偏振自由度应用到可集成量子存储领域，为基于偏振编码构建量子网络奠定了基础。同时偏振自由度为可集成器件的噪声抑制提供了一个有效的滤波自由度，对于可集成量子存储的实用化具有重要的意义。

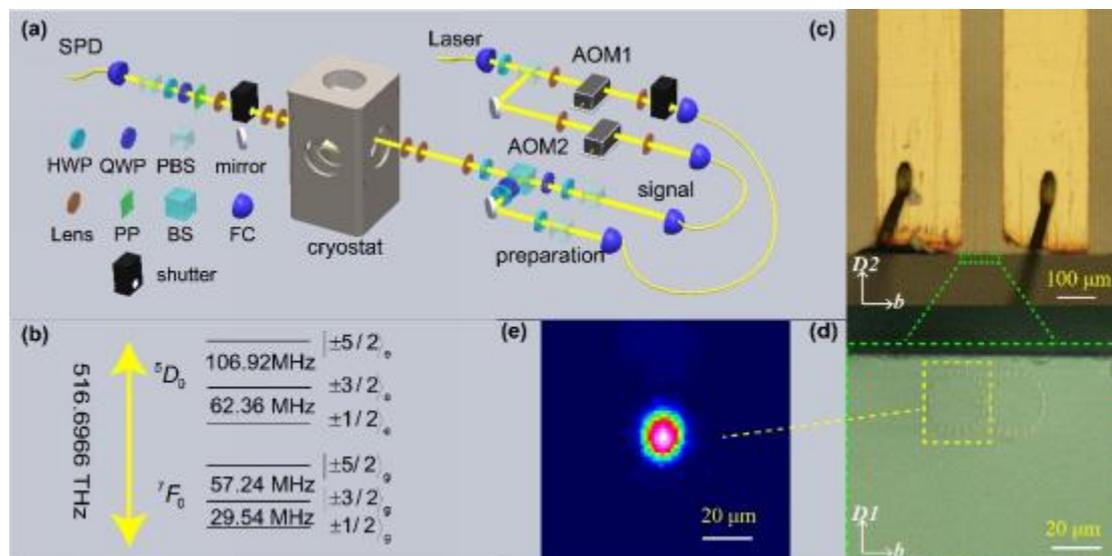


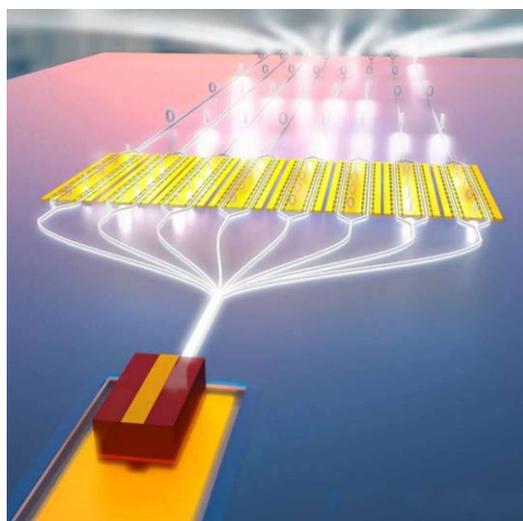
图 6 a, 实验装置图; b, 硅酸钪晶体中替代二铈离子的能级结构图; c, 晶体俯视图, 两侧金属为集成的共面电极; d, 晶体侧视图, 虚线框内是光波导; e: 波导传输模式的横截面

信息来源: Nature Communications

铌酸锂芯片上首次集成激光器

最近, 尽管在集成铌酸锂光子电路方面 (从频率梳到频率转换器和调制器) 取得了长足的进展, 但有一个大部件仍然不容乐观、难以集成, 那就是激光器。

长距离电信网络、数据中心光互连和微波光子系统都依靠激光器来产生用于数据传输的光载体。在大多数情况下, 激光器是独立的设备, 在调制器之外, 使得整个系统更加昂贵, 稳定性和可扩展性更差。



现在，来自哈佛大学约翰·A·保尔森工程与应用科学学院（SEAS）的研究人员与 Freedom Photonics 和 HyperLight 公司的行业伙伴合作，开发了第一个完全集成在铌酸锂芯片上的高功率激光器，为高功率电信系统、全集成光谱仪、光学遥感和量子网络的高效频率转换以及其他应用铺平了道路。

SEAS 电气工程和应用物理学的 Tiansai Lin 教授和该研究的第一作者 Marko Loncar 说："集成铌酸锂光子学是开发高性能芯片级光学系统的一个很有前途的平台，但是把激光器弄到铌酸锂芯片上已被证明是最大的设计挑战之一。在这项研究中，我们使用了从以前的集成铌酸锂光子学发展中学到的所有纳米加工技巧和技术来克服这些挑战，实现了在铌酸锂薄膜平台上集成高功率激光器的目标"。这项研究发表在《Optica》杂志上。

Loncar 和他的团队为他们的集成芯片使用了小型但强大的分布式反馈激光器。在芯片上，激光器位于蚀刻在铌酸锂上的小井或沟槽中，在同一平台上制作的波导中提供高达 60 毫瓦的光功率。研究人员将激光器与铌酸锂中的 50 千兆赫的电光调制器结合起来，建立了一个高功率发射器。

SEAS 的研究生和该研究的第一作者 Amirhassan Shams-Ansari 说："集成高性能的即插即用激光器将大大降低未来通信系统的成本、复杂性和功耗。这是一个可以集成到更大的光学系统中的构件，可用于传感、激光雷达和数据电信等一系列应用。"

通过将铌酸锂薄膜器件与高功率激光器使用工业友好型工艺相结合，这项研究代表了向大规模、低成本和高性能发射器阵列和光学网络迈出的关键一步。接下来，该团队的目标是提高激光器的功率和可扩展性，以实现更多的应用。

信息来源：哈佛大学

君万微全彩 Micro-LED 微显示量产进程取得关键突破

5月16日，Micro-LED 微显示芯片科技公司君万微电子宣布，全彩 Micro-LED 微显示器量产进程取得关键突破，并以视频画面公开展示其可量产的全彩色硅基 Micro-LED 微型显示器。

据了解，这款微显示芯片适用于增强现实(AR)近眼显示设备对高亮度和大视场角(FOV)的需求。公司方面表示，这是君万微电子科技继 2016 年开发出 Micro-LED 单色高亮工业级微显芯片并进入量产以来，再即将实现全彩色 Micro-LED 微显示器件的全面量产。

近年来，硅基 MicroLED 微型显示器通过 RGB 实现全彩化在技术或工艺上尚存在较多重要挑战。同时，在元宇宙生态初现曙光的时候，全球科技巨头和 AR/VR 设备厂商都在聚焦彩色 MicroLED 微显示器的广阔前景。业内人士认为，君万微电子在实现微显示全彩化进程中迈出关键一步，意味着 Micro-LED 微显示行业进入全彩新时代。

据透露，君万微电子团队还打通了 Micro-LED 产品器件级工艺并完成下游主流产品性能适配开发(主要各类 AR 和头戴式显示器)，已具备批量供应 Micro-LED 微显示器相关产品的产业化能力，并真正使得 Micro-LED 微显示技术从芯片走向器件，从微显示器进入前景广阔的移动电子市场。

信息来源：君万微电子科技有限公司

浙江大学在量子点发光二极管研究方面取得进展

近日，浙江大学金一政课题组、王林军课题组与华南理工大学黄飞/应磊团队合作，在高性能蓝、绿光量子点发光二极管（QLED）的开发上取得进展。研究者揭示了无机量子点/有机高分子界面的电荷转移机制，继而通过调控高分子空穴传输材料的分子结构，有效地抑制了器件的载流子泄漏，从而同时创造了蓝、绿光 QLED 的效率/寿命新纪录，尤其是绿光 QLED 的性能已经满足显示业界的应用需求。

QLED 是一种以胶体量子点材料作为发光中心、可通过溶液工艺制备的电致发光器件，是下一代低成本、低能耗、广色域大屏显示技术的有力竞争者。显示应用需要红、绿、蓝三色器件。目前，红光 QLED 原型器件的效率、工作寿命等性能指标已满足产业化要求，但蓝、绿光 QLED 的性能仍低于应用需求。针对该瓶颈问题，研究者应用纳晶科技公司的高性能 CdSe 基量子点为模型系统，开展了机制研究，发现：有机空穴传输材料能级的能量无序会显著增强量子点/有机空穴传输层界面的电子泄漏，是造成蓝、绿光 QLED 效率损失的关键通道。具体地，相比于无机晶体量子点，有机无定形聚合物薄膜具有显著的结构无序度与较强的电-声子耦合作用，导致了较多的带尾态分布与较大的能级展宽。此外，单颗量子点的尺寸（约 10 nm）远大于有机聚合物单元（约 1~2 nm），形成了单给体-多受体的特殊界面。研究者结合 QLED 的光谱表征与界面电子转移的非绝热动力学模拟，确证上述效应显著增强了界面电子转移，导致器件中的漏电流。

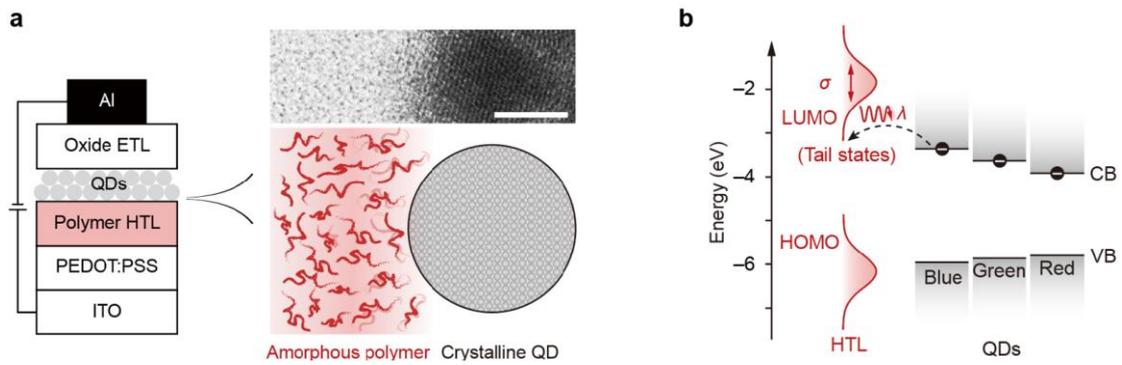


图 7 蓝、绿光 QLED 的界面电荷转移机制

在明晰了上述关键机制的基础上，研究团队设计并合成了系列基于刚性共聚单元的咪唑-芴交替共聚聚合物（PF8Cz，已在东莞伏安光电科技有限公司实现生产和销售），并通过合成方法的调控实现了高分子量。该材料与传统聚合物传输层相比，具有更浅的 LUMO 能级与更小的能量无序，因而表现出优异的电子阻挡能力。最终，利用此空穴传输材料，研究团队构筑了高性能蓝、绿光 QLED 原型器件，最高外量子效率分别达 21.9% 与 28.7%，且高效率窗口覆盖了从显示到通用照明的亮度范围。蓝、绿光 QLED 分别实现了长达 4400 小时与 58 万小时的工作寿命（100 尼特下亮度衰减 95%），均是目前报道过的 QLED 最高值。

该研究为 QLED 器件的材料设计提供了关键的新策略，实现了性能满足显示应用需求的绿光 QLED 原型器件，有望推动量子点印刷显示技术的实用化进程。

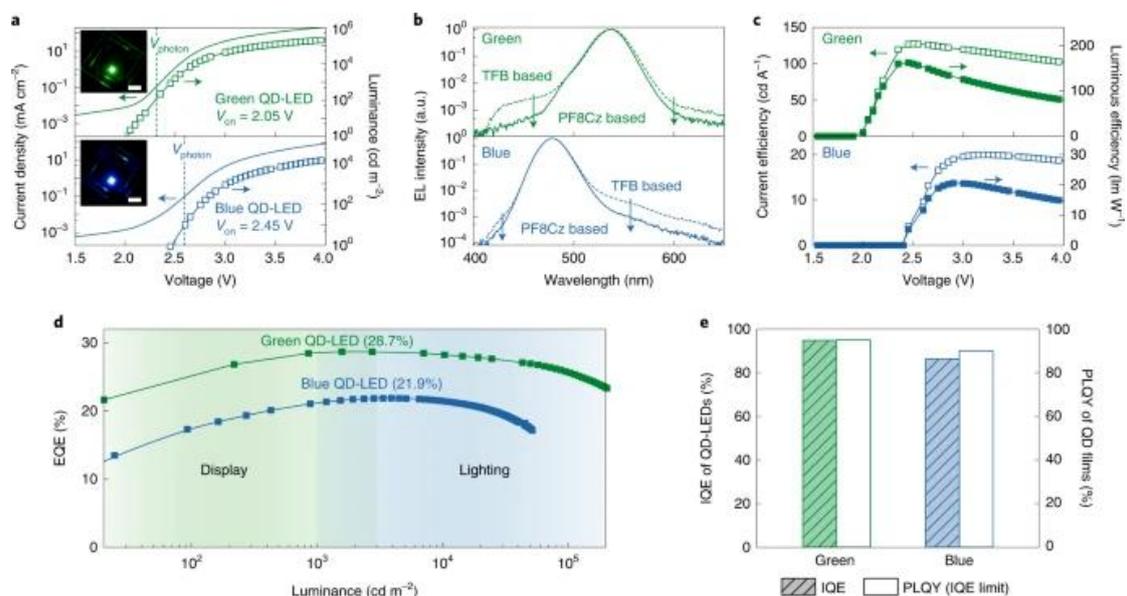


图 8 高性能绿光、蓝光量子点发光二极管

信息来源：浙江大学



2022年第5期
总41期

光电科技快报

Opto-electronics Science
& Tech Letters

中国科学院光电情报网工作组
地址：武汉市武昌区小洪山西25号
电话：027-87199007

