

■ 本报记者 应磊 共享联盟·海曙 孙勇

在厚度不到A4纸四分之一的“手撕钢”上进行“绣花”一般的微米级加工，能做出什么？

答案是精密金属掩膜版——被誉为“梦幻显示器”的OLED屏幕微米级像素精度的核心加工部件，它如同屏幕制造中的“模板”，精准控制着每一个像素点的形貌、位置与密度，直接决定画面是否清晰、色彩是否均匀。

长期以来，这项技术被少数外国企业掌握，中国面板厂商虽能造屏，却在关键材料上受制于人。前不久，一家来自宁波的企业发布了重磅成果：建成了国内首条G8.6代高世代精密金属掩膜版生产线。

这是全球领先的高世代精密金属掩膜版生产线，标志着我国在高世代OLED关键材料领域实现了从G6到G8代的“代际跨越”。

这套系统如何实现“手撕钢上的微米级绣花”？未来的应用边界又在哪里？带着这些问题，记者走进宁波望春工业园区，探访了背后的主角——寰采星科技(宁波)有限公司(下称“寰采星科技”)。

挑战金属加工“极限地带”

进入车间前，必须穿戴全套防护服——帽子、口罩、无尘鞋，连头发都不能外露。这是为了最大限度防止灰尘污染。在洁净环境中，技术人员穿梭于光刻机、蚀刻机与检测系统之间，正紧张调试着G8.6代产线。

在另一侧，一卷卷比头发丝更薄的超薄金属箔材正被精密“雕刻”。通过全程卷对卷连续制程，这些原本柔软易变形的材料，在微米级精度控制下，逐步形成排列整齐、极小误差的百万级微结构孔洞——每一个孔，都是未来OLED屏幕上一个发光像素的位置标记。

人类之所以能看到世界，靠的是视网膜将光信号转化为神经电信号。而OLED屏幕要“发光”，则依赖掩膜版将蒸镀材料精准引导至指定位置。一旦微孔错位或尺寸不均，就会出现亮度偏差、色彩偏移甚至“死点”(即无法正常显示而形成的黑点)等。

问题在于：要在厚度仅相当于A4纸四分之一的金属箔材上，批量加工出千万级别的微米级结构，每个孔的位置精度、尺寸一致性必须极高。这个过程中还要解决材料应力分布不均、热胀冷缩导致形变、多层图形精准对位等一系列难题。

传统冲压或激光切割早已触及物理极限，无法满足下一代高分辨率OLED的需求。寰采星科技选择了一条全新的技术路径：将半导体图形化工艺体系移



工程师在寰采星科技的车间里调试设备。

拍友 胡学军 摄

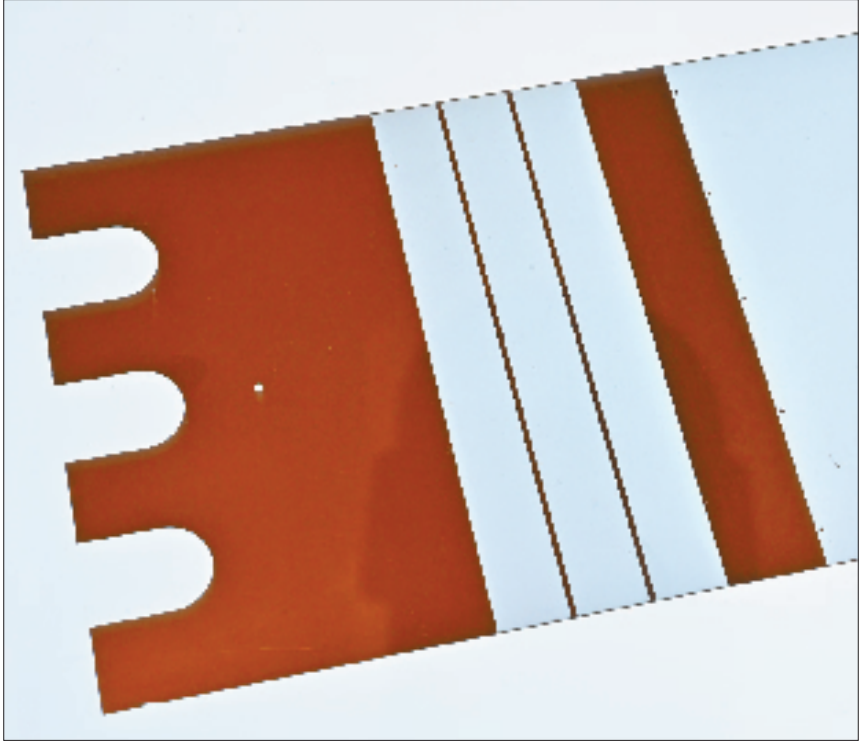
植到有色金属加工领域，构建起领先的全流程闭环制造系统，全部实现自动化、高精度控制。

就比如多层图形精准对位环节，是确保产品性能与良率的关键。这主要依靠一套集高精度对准系统、先进的测量与反馈控制、优化的掩膜版设计以及严格的工艺控制于一体的技术体系。

光刻机的“火眼金睛”看清上一层留下的标记，确保新图形精准落下。边定位边测量，发现微小偏差立刻反馈调整，形成一个智能闭环。严格控制生产环境的温度、振动等，减少一切可能让图形“跑偏”的干扰。

“我们本质上是一家有色金属压延和精密加工企业，但用的是半导体的工艺。”寰采星科技总经理武斌说，“我们在挑战金属行业最难的领域。”在他看来，微米级加工处于传统机械加工与纳米科技之间的“黄金区间”——既超出普通数控机床的能力范围，又尚未进入小分子和原子级结构操控层面。正是这个区间，为金属材料开辟了全新的应用可能。

今年寰采星科技G8.6代产线将正式量产，覆盖从4.5代到8.6代全世代显示面板需求。该产线推动OLED屏幕向更大、更清晰、更柔性的方向发展。背后是一项自主研发的全流程张力控制系统。即使面对宽度达600毫米的



精密金属掩膜版。

受访者供图

超薄材料，也能将加工过程中的形变率控制在5%以内——这一指标远超国际同行水平，在过去被视为几乎不可能完成的任务。

全新的技术突破，让寰采星科技在

多项关键技术上创下行业纪录：全球最长的1.7米精密金属掩膜版，适配车载超长曲面屏；最大幅宽达480毫米，满足笔记本、平板等中大尺寸OLED生产需求；最薄可达18微米，进一步提升显示

效果。

破解原材料“卡脖子”困局

制造精密金属掩膜版，最关键的原材料是一种名为因瓦合金的镍铁合金。它的热膨胀系数极低，在高温蒸镀过程中，保持近乎为零的热膨胀，确保像素坐标纹丝不动。

然而，这种高端材料长期被国外少数企业控制。过去，国内厂商面临“买不到、不敢囤、随时断供”的困境。一旦供应链波动，整条OLED产线都可能被迫停产。

“没有自主可控的因瓦合金，永远只能跟跑。”这是寰采星科技创立之初就定下的信念。公司在宁波海曙落地时，便确立了“两条腿走路”的战略：一方面建设先进的掩膜版生产线；另一方面，同步向上游延伸，全力实现高端因瓦合金国产化。

“要做出真正高质量的因瓦合金，必须跨越熔炼纯净度、组织均匀性、冷轧板形控制、退火织构调控等多重技术门槛。”企业研发负责人陈鼎国介绍，每一项都是材料科学与工程工艺的巨大挑战。

熔炼阶段，避免微小杂质引发后续蚀刻缺陷；热加工环节，要在严格控温条件下进行处理，获得细小均匀的结构；最关键的退火热处理，要实现超低膨胀性能与优异塑性的统一。

为突破这些壁垒，一场横跨千里的协同攻关悄然展开。寰采星科技联合一家北京的顶尖特钢企业与材料研究院，共建联合实验室，从最基础的合金成分设计开始，寻找因瓦合金的技术标准。

光一个退火环节，就让团队反复推倒重来，找到最佳的升温速率、保温时间与冷却曲线。工程师严格控制温度，以每分钟升温几十摄氏度缓慢加热。当温度达到一个精确的高点时，工程师诱导绝大多数晶粒按照最稳定的特定方向排列，如同麦田一样。这片“金属麦田”在各个方向上的热膨胀性质高度一致，是保证超低膨胀系数和极致尺寸稳定性的微观基石。最后，寻找冷却曲线控制，提升强度和硬度，让掩膜版更耐磨、更抗变形。

“调参数、比数据、验性能，我们在实验室里熬过了无数个通宵，经历了上百轮失败。”陈鼎国说。历经三年攻坚，团队终于成功研制出符合标准的国产因瓦合金，其厚度范围为20至50微米，宽度达280至530毫米，平整度、纯度和热稳定性均达到国际先进水平。

从显示产业迈向科技前沿

当前，全球OLED显示屏以可折

叠、可卷曲、可拉伸等柔性形态成为创新焦点，并从概念走向商用。应用场景从小尺寸向中大尺寸扩张，从智能手机主导，向笔记本电脑、显示器、平板、车载显示等中尺寸领域快速拓展。

随着技术和材料的双重突破，中国OLED产业链的安全根基日益稳固。中国面板厂商在G8.6代线布局上积极追赶，上游材料、设备的国产替代也在加速，以保障供应链安全。在这场变革中，寰采星科技已成为推动产业链自主化的重要力量。

依托日益成熟的国产化体系，寰采星科技正加快扩产步伐。目前，企业在宁波布局了两条G6代和一条G8.6代精密金属掩膜版量产线，总产能规模及产量规模均位居全球前列。其生产的微米级精度的“像素母版”，已全面应用于国内主流面板企业的OLED产线。

“我们做的不只是一个零件。”武斌站在G8.6代主控平台前说，“更是在构建一条属于中国的高精度制造链路。”真正的考验，是能否把高端设备转化为稳定、可控、可持续的生产力。

G8.6代产线集成了来自全球顶尖供应商的光刻、蚀刻与检测系统，但它绝非一套简单的“交钥匙工程”。相反，从设备布局到工艺节拍，从张力控制逻辑到数据反馈闭环，每一个环节都经过了定制化重构与系统级再集成。“我们必须让这些‘洋设备’听懂‘中国工艺语言’。”武斌说。

对设备的深度理解、系统集成与再创新能力，才是企业真正的核心竞争力。也正是凭借这套完整的工艺体系，寰采星科技的技术能力正快速延伸至更多前沿应用场景。

当新能源汽车驶入智能座舱时代，中控屏演变成超长曲面一体化显示屏。这对掩膜版提出了前所未有的挑战：既要足够长，又要足够宽、足够薄、精度丝毫不差。

寰采星科技已能提供长尺寸掩膜版，不仅能支持单块超大屏幕的一体化制造，还可实现多区域同步蒸镀，大幅提升生产效率，为中国车企打造高端视觉体验提供有力支撑。

在掌握微米级超薄金属半导体图形化技术体系后，企业的视野也投向了更广阔的领域，进行前瞻性的生态布局，向更广阔的应用场景进行多维拓展。

“人工智能、人形机器人等新兴领域对算力的要求越来越高，也在不断挑战材料的物理极限。”武斌表示，“我们在微米级金属材料方面的积累，未来有望应用于轻量化结构件、高效散热模块等领域，助力这些前沿技术突破瓶颈，开辟新的产业赛道。”

从突破技术瓶颈，到实现产能领先；从服务新型显示产业，到赋能科技前沿——寰采星科技用六年时间，走出了一条自主创新之路。

■ 本报记者 苗丽娜 金燕翔

牙冠修复是口腔诊疗中最常见的场景之一。传统模式中，患者需要经历咬牙印、模型送出、技工所制作、试戴调整等，流程繁琐，过程漫长。

如今，这样的模式已被改写。牙冠“AI智能设计+高精度3D打印”一体化解决方案，让“一小时完成精准牙冠修复”成为现实。这一方案带来的不仅是诊疗周期的大幅压缩，更是一场关于诊疗模式、医疗供应链乃至产业生态的重构。方案背后，是来自绍兴的国家级专精特新“小巨人”企业的创新力量。

数字化齿科带来效率革命

想象一下这样的场景：一位患者因牙齿缺损步入诊所，约一小时后，患者戴着一颗完美匹配、即刻可用的新牙冠离开。这样的场景，成为越来越多现代化牙科诊所的“日常”。

在总部位于绍兴柯桥的浙江迅实科技有限公司(下称“迅实科技”)，记者见识了一颗“数字化牙冠”诞生过程的演示。

在迅实科技展示中心，“医生”用口内扫描仪获取“患者”牙齿的三维数据，数据实时传输至云端AI处理系统。数分钟内，系统自动生成一颗与邻牙、对颌牙形态、咬合关系精准匹配的修复体数字模型。牙医再在三维界面上调整咬合面形态、边缘密合度等，AI便快速响应

并重新生成。最终设计方案形成后，只需一键操作，模型便被发送至诊室内的专用3D打印墨盒。

在3D打印墨盒内，增材制造用光固化冠桥树脂材料被快速提升，层层固化。约10分钟后，一颗形态完备的树脂牙冠便初步形成。再经过快速清洗、光固化、抛光等后处理工序，一颗光洁、贴合、功能完好的牙冠便可戴入患者口中。记者看了看时间，整个流程前后不到一小时。

支持这一切的，便是一套集口内扫描、椅旁3D打印及后处理设备、齿科材料、AI设计、软件平台于一体的数字化齿科解决方案。

迅实科技创始人金良介绍，数字化诊疗的开端，始于精准的口内数据获取。通过高精度的口内扫描设备，患牙及周围组织的细微轮廓被快速捕捉，并转化为可视化的数字模型，为后续设计奠定基础。

相较于传统模式中医生与技师的远程沟通，这一数字化流程将治疗的关键节点前移，极大提升了最终修复体的可预测性。

凭借这样的“椅旁数字化即刻修复”模式，患者的体验也得到极大改善，诊所运营效率大幅提升，医生也能更专注于诊断与治疗工作。

多学科联合突破“不可能三角”

牙冠“AI智能设计+高精度3D打



刚打印好的牙冠。

受访者供图

印”一体化解决方案的实现，是材料科学、人工智能、精密制造与临床医学合力取得的成果。这是一条充满挑战的自主创新之路。

该方案的实现，面临一个“三角难题”：适用于长期口腔修复的高性能材料、能够高效精密打印此类材料的打印技术，以及临床可信的AI设计系统。“三者必须同时取得突破，缺一不可。”金良说。

寻找一种既能通过严苛医疗器械认

证又兼具卓越机械性能、自然美观性和生物安全性的光固化材料，是首要挑战。团队将研发聚焦在高陶瓷含量的复合树脂，使其在固化后无限接近天然牙的强度与色泽。

此外，传统3D打印技术面对高黏度、高陶瓷含量的材料时常力不从心，速度与精度难以兼得。突破来自核心打印技术的革新。迅实科技通过自研数字液压立体光刻技术对高黏度材

料超稳定控制，实现了微米级精度的高速连续打印，将关键制造时间从数小时缩短至十分钟级，真正为“椅旁数字化即刻修复”扫清了硬件障碍。

培育人工智能的“临床智慧”，更是一场融合了数据、算法与医学知识的持久战。“它需要消化海量经临床验证的口腔三维数据，学习口腔修复学、生物力学和美学原理。”迅实科技AI算法负责人表示，更为关键的是，系统须具备持续进化的能力，能够从全球医生每一次的实际使用、调整反馈中自主学习，不断优化设计逻辑。

所有技术集成的终点是极致的“临床友好性”。迅实科技研发团队相关负责人表示，在团队合力攻关下，实现了设备像牙医手中的口镜一样稳定可靠，操作流程直观如智能手机，维护简捷如常规器械。

从绍兴的实验室萌芽，到进入国内标杆口腔机构验证，再到经受住欧美高端市场的考验，迅实科技的创新突破已经在全球3万多家牙科诊所推广应用。

从牙冠到“全口重建”的生态想象

AI设计与3D打印的融合应用，正在向更广阔的领域拓展：从夜间磨牙垫延伸至保持器、单颗修复体及多单元固定桥等，数字化生产正在覆盖口腔修复、种植、正畸等治疗场景。

“技术的边界正在不断拓展。依托AI设计和多功能材料打印能力，实现从单颗牙到半口、全口复杂修复体的椅旁一站式数字化解决方案，是一个值得期待的方向。”金良展望着更多可能性。未来，通过深度分析口扫数据与医学影像，人工智能有望在牙齿疾病早期筛查、辅助诊断、复杂治疗规划模拟乃至预后风险评估中发挥关键作用，成为医生的“超级外脑”。

业界人士表示，最深层的变革，在于构建一个连接患者、医生、技工所与研发端的数字化齿科生态。这个生态将极大提升整个齿科产业链的协同效率与价值创造能力。

在这一生态中，患者的数字牙模、诊疗历史、修复体设计文件等，均可形成安全、永久的个人数字化口腔健康档案。医生可根据诊疗需要，调取档案并进行对比与追踪，实现全生命周期口腔健康管理。技工所则可以高效承接来自诊所的更为复杂的定制化设计需求，实现优质医疗资源的协同与优化配置。

绍兴市柯桥区委组织部副部长、区委人才办专职副主任楼建飞表示，“AI智能设计+高精度3D打印”在齿科领域的深度融合与成功应用，是一个技术精准切入产业痛点、重构产业价值链的生动样本，“实践证明，基于深刻临床洞察、坚守底层技术创新，并具备强大工程化落地能力的企业，能够在全球高端医疗设备领域取得领先地位。”