**硅衬底GaN基LED最新进展**

 陈振，晶能光电陈振博士，曾是新科诺奖得主中村修二的学生，并曾亲身参与硅衬底高功率GaN发光二极管项目，目前从事硅衬底材料实际应用的研究。近日他对“硅衬底究竟进展到什么样的水平”、“未来是否可以实现产业化应用”等进行了解答。

 目前，蓝宝石虽然稳坐衬底材料的龙头地位，但随着产业的不断发展，竞争日趋激烈，基于蓝宝石衬底的技术发展变缓，再加上其成本高昂、专利壁垒等问题，众多专家与工程师开始寻求性价比更高的解决方案：不同的衬底材料。其中，硅衬底被业界寄予了很高的厚望，不少大厂也在跃跃欲试，但仍然鲜有实质性的进展，并且在去年曾有媒体报道指出，硅衬底将“胎死腹中”。

 “在中村的研究小组里面的工作经历和研究对于自己今后在产业界的工作非常有帮助，这些研究经验是实际的、工作中用得到的技术。”谈到当初在中村研究小组的经历，陈振博士如是说。

 离开中村的实验室之后，陈振博士加入了美国一家LED公司，并在该公司制作了硅衬底上的原型LED器件。“当我们看到第一个原型器件亮度就达到了蓝宝石的50%，我们判断硅衬底这条技术路线是可行的。后来我了解到中国的晶能光电也在做硅衬底LED器件，且早在09年就已经产业化。作为一名技术人员，我深刻地知道在硅衬底上长LED材料的困难，而中国却诞生了这样了不起的技术，并超前全球其他厂家，再加上对LED技术的一种追求，我加入了晶能。”

下一个被争抢的技术

从目前衬底材料的使用来看，除了Cree采用碳化硅衬底、晶能采用硅衬底（Si），世界上绝大多数的芯片制造商都采用蓝宝石衬底。几家国际大厂也在大力跟进硅衬底大功率LED芯片技术，如东芝购买了普瑞的技术后切入硅衬底，三星宣布明年的技术路线和产品是硅衬底的芯片。种种市场迹象和技术趋势表明，硅衬底会是LED领域下一个被争抢的技术。

谈到硅衬底如何能在蓝宝石衬底垄断半壁江山的情况下另开辟出一片新天地，陈振博士非常熟稔地向记者介绍硅的优势。他表示，首先是衬底材料本身的优势。硅衬底材料具有低成本、大尺寸、可导电的特点。硅衬底比蓝宝石更加适合于大尺寸外延。蓝宝石衬底技术从2寸转向6寸、8寸时技术壁垒非常高，生产成本不降反升。而硅衬底却恰恰相反，可以在大尺寸上制作，从2寸到6寸，甚至更大尺寸，从而避免边缘效应，大幅度提高良率。硅集成电路产业不断提高衬底尺寸，从8寸到10寸，乃至12寸也是这个原因。另外，器件结构的优势。硅衬底LED是垂直结构，单面发光，可使硅衬底LED的光斑好，方向容易管控，电流扩散快，适合大电流驱动。良好的导热性能可以使制造的LED器件的散热更好。

对于小功率硅衬底LED芯片，封装时可以少打一根金属线，电极所占发光面积更小、可靠性更高，所以其在数码、显示领域等需要密集排列的小芯片市场具有比较大的优势，产品已经进入大众汽车等品牌，用于仪表盘的背光。

对于大功率硅衬底LED芯片，单面出光容易控制方向，做出的应用产品射程远、光品质好，极为适合需要高品质出光的高端照明领域应用，在汽车大灯、手机闪光灯、电视背光、高端便携式照明、高端室内照明等大功率LED应用领域具有性能优势。由于硅衬底LED芯片采用剥离方法彻底消除了发光薄膜和衬底之间的应力，加之垂直结构电流扩散快，单位面积承载电流的能力强，适用于大功率LED的应用。

缓解应力 降低位错密度

硅衬底和其他两种衬底，碳化硅和蓝宝石相比，最大的技术难点是晶格失配和热失配。“但这也正是在硅衬底上制作GaN LED对一个技术人员的吸引力和魅力所在。”陈振博士笑着说。

硅和氮化镓的晶格失配最大，是碳化硅的几倍。大的晶格失配会导致氮化镓材料中出现较高的位错密度，也正是这个原因使得人们在很长一段时间内认为硅衬底是一条走不通的技术路线。

另外，硅衬底和氮化镓之间有很大的热失配，这个问题导致在高温生长时两者达到一定的匹配，可是降到室温后，由于两者的热膨胀系数差异很大，会导致龟裂等问题的产生。

面对这两大技术难点，晶能团队的办法是：采用多种缓冲层来缓解应力，以及多种复杂的位错过滤层来降低位错密度。

陈振博士表示，目前硅衬底的光效已经可以做得和蓝宝石一样好。晶能硅衬底LED研究水平达到了160lm/W，生产水平达到了145lm/W，这也是目前国际上的最高水平。

突围国际专利壁垒

硅衬底完整的专利保护是未来我国LED面临专利风险的有效武器。陈振博士认为，硅衬底LED技术从衬底源头上避开了蓝宝石衬底和碳化硅衬底技术路线所形成的国际专利围剿，可从小功率LED芯片技术到高难度的大功率LED芯片技术，形成自有的专利体系。晶能光电围绕硅衬底LED技术已经申请或授权国际国内专利230多项，其中美国发明专利29项、欧洲43项。“这对于我们规避国外大厂的专利诉讼是有效的武器。”陈振博士如是说。

目前，全球LED产业格局成美国、亚洲、欧洲三足鼎立之势，美国的CREE、欧洲的欧司朗、飞利浦（Philips Lumileds）、日本的日亚化学、丰田合成等五大厂商，掌控了全球LED市场，垄断了GaN基蓝光LED、白光LED的核心技术和专利。这些厂商为了维持竞争优势、保持自身市场份额而申请的专利，几乎覆盖了原材料、设备、封装、应用在内的整个产业链。此外，厂商间通过专利授权和交叉授权来进行研发和生产，不仅阻碍了新进入者的产生，也在一定程度上增加了企业的生产成本。

中国作为LED行业的后来者，虽然拥有庞大的企业数量，但上游的衬底芯片企业占比少，加起来不超过100家，且没有获得核心技术，专利申请数量也少，企业规模较小时尚不足引起国外巨头的关注，一旦规模做大，专利问题则无法规避。早前日亚化学与CREE的专利纠纷，结束了其一家独大的竞争格局。虽然目前很多专利面临到期问题，为中国企业提供了一个购买核心专利的契机，但这毕竟不能当作救命稻草。

因此，开发并建立一套具有自主知识产权的专利体系，不但可成为企业发展的基础，也可以为中国企业未来的发展打破专利壁垒。从这个意义上讲，硅衬底的研发，已不仅仅是单纯的技术研发了，更是为中国LED企业的未来发展铺路。

有望助力LED产业转型升级

从生产角度看，硅衬底大尺寸可借用人类经过多年技术积累发展出来的硅集成电路生产工艺来制作LED，从而大幅度提高自动化程度，同时由于最大限度的降低了人员的参与，芯片的可靠性、一致性和良率都会大幅度提高，还可以降低人工成本，降低LED综合成本20-30%，这对于整个LED产业来说是一个革命性的颠覆。

此外，硅衬底上氮化镓功率器件也是很重要的一个应用领域，有望超越传统的功率器件开拓出一个新的应用领域。以氮化镓为代表的第三代半导体一个主要特点就是禁带宽度宽。这个特点使得其制作的器件具有击穿电压高、电流密度大、工作温度高等优点，因此在大功率、高温电力电子器件应用方面性能远优于传统的硅和砷化镓基电子器件。其应用范围将涵括电脑，手机，数码相机，电源，电机，UPS，电动汽车，基站，电厂等。采用硅来作为氮化镓电子器件的衬底已经是国际共识，主要是由于硅具有其他衬底材料无可比拟的成本优势。

说起硅衬底的未来，陈振博士则向记者谈到：“希望通过导入硅衬底，从本质上改变LED行业的技术，使得GaN LED从一个半自动化的、人力密集型的产业升级成为和现代集成电路工艺相当的高自动化、高精度的半导体行业。希望新技术同时带来低成本和高控制精度，最终形成一个标准的制造业。