



突破，在产业关键技术点着力 ——我国半导体照明产业的创新报告

科技日报社 陈磊 唐婷

对于西藏日喀则地区 6 个县 42 个村庄的很多村民来说，今年元旦与以往不同——8 个月前这里装上的太阳能 LED（发光二极管）路灯，为雪域高原节日的夜晚增添了光明。

大家还清晰记得，当这些少数民族无电村通电后，村民们高兴得夜晚在路灯下久久不愿离去……

平均海拔 4500 米以上、最高达 6000 米；冻土层 1 米；最大日温差±32℃，零下 30℃仍要正常工作，紫外线超强……高海拔、高温差气候对 LED 材料结构、封装技术、光色质量与驱动控制电源等都提出了极高要求。

如今，大半年过去，路灯亮灯率达 100%。“863”计划“半导体照明工程”重大项目科研成果首次在西藏地区的示范应用，不仅交出了满意的答卷，同时也创造了世界上在海拔 4500 米以上地区集中安装数百套太阳能 LED 路灯的纪录。

LED，照亮漫漫天路，也照亮了中国。

8 年时光荏苒，我国半导体照明产业从无到有，逐步发展壮大。目前制约产业转型升级的关键技术陆续取得突破，产业核心技术研发与创新能力快速提高，一条从上游外延芯片到中游器件封装，再到下游集成应用的较为完整



《科技日报》1 版转 3 版
2012 年 1 月 9 日

的技术创新链和具备较强国际市场竞争力的产业链正在形成。

抢占先机，围绕产业需求部署研发

如今用于白光照明的 LED 器件是基于半导体氮化物材料制备的。这种 LED 器件的概念在上世纪 60 年代提出，但由于制备技术上的限制，一直发展缓慢，当时谁也没想到这种半导体材料可以用来照明。

“直到上世纪 90 年代初期，在日本科学家突破了低温缓冲层和 P 型掺杂两大难题后，可用于照明应用的氮化物蓝光 LED 才真正被制造出来，随后氮化物材料引发了国际上的研究热潮，产业应用也随之进入了快速发展阶段。”中科院半导体研究所所长李晋闽介绍说。

作为白炽灯、荧光灯之后的新型照明技术，LED 具有其他传统照明光源不可比拟的应用优势，它具有耗电量少、寿命长、无汞污染、色彩丰富、可控性强等特点，呈现出强大的生命力和极快的发展速度，被称为照明光源及光产业的一次革命。半导体照明也被普遍认为是 21 世纪最具发展潜力的战略性新兴产业。美国、欧盟、日本、韩国等发达国家近 10 年来纷纷立足国家战略推动半导体照明技术研发和产业发展。

但在 8 年前，中国半导体照明上游产业发展几乎是一片空白，下游应用刚刚起步，功率芯片全部依赖进口，企业规模小、缺乏产业化技术，整个产业销售收入不足百亿元。

为抢占新兴产业的先机，提高新一代半导体材料与技术的国际竞争力，从“十五”开始，科技部率先支持半导体照明技术和产业的发展。2003 年，科技部、原信产部、中科院、教育部、原建设部、轻工业联合会等联合成立了国家半导体照明工程协调领导小组，并紧急启动“国家半导体照明工程”，通过科技攻关计划等项目部署，以近期解决特殊照明市场急需的产业化关键技术，中远期培育白光普通照明产业为目标，以应用促发展，推动形成有核心竞争力的中国半导体照明产业。

谈到技术研发，李晋闽有着更深的理解：“我们发展科技，过去大多走的是从前期自由探索到基础研究再到应用研究，最后到工程化工业化的路径。”但在李晋闽看来，这对半导体照明领域而言并非完全适用。“不仅仅是技术推动产业发展，事实上，市场应用和产业的迫切需求，强有力地驱

动半导体照明技术不断进步。”

他多次用“日新月异”来形容半导体照明技术研发和产业发展态势。“在这个行业领域，更新变化的周期是3个月甚至1个月，每个月都有新的东西出现，既有新的技术、新的研发成果，也有新的产品、新的应用。”人们不断追求更高的光效、更舒适的照明体验，这种消费需求和国际同行在技术研发的激烈竞争，让包括李晋闽在内的科研人员感受到前所未有的挑战。

因此，在国家科技计划设计之初，就充分考虑了产业和市场的需求，以突破部分核心关键技术，促进上下游实质性合作为目标，按照产业链来部署技术创新的各个环节。“当时科研项目的设计和组织都经过了深入企业充分调研，项目设计与产业迫切需求紧密结合，非常贴合企业发展的方向，更是面向国民经济发展的主战场。”国家半导体照明工程研发及产业联盟秘书长吴玲回忆。

2006年8月，科技部在“十五”国家半导体照明工程实施的基础上，根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要》的部署和“十一五”科技发展规划，在“十一五”国家“863”计划新材料领域中设立“半导体照明工程”重大项目，目标是通过自主创新，突破白光照明部分核心专利，解决半导体照明市场急需的产业化共性关键技术，完善半导体照明产业链。

与此同时，科技部推动构建的国家半导体照明工程研发及产业联盟的行业凝聚力和影响力逐步扩大。2009年，为形成紧密的技术创新链，在联盟常务理事单位的基础上，在科技部政策法规司指导下组建了半导体照明产业技术创新战略联盟。

重点攻关，技术水平基本与国际同步

在科技攻关计划、“863”计划、科技支撑计划等国家科技计划和相关政策支持下，我国半导体照明技术和产业发展步入快行线，已成为全球发展最快的区域之一。

“目前，我国半导体照明技术基本实现与国际同步发展，示范应用处于国际先进水平。”李晋闽评价我国的研发水平认为，在基础研究方面，我国研发水平和方向与国际基本保持同步，甚至某些方面超前；在成果转移转化方面，我国产业关键技术取得突破，基本与国际同步。

李晋闽做此判断的依据是，“十一五”期间，在“863”计划的支持下，我国产业化大功率 LED 芯片光效超过 100 流明/瓦，与国际产业主流产品水平同步。

此外，在经历了买芯片、买外延片的道路之后，我国已经实现自主生产外延片和芯片，国产芯片进口替代比例逐年上升，2011 年达 68%，半导体照明整体产业规模达到 1500 多亿元。

据中科院半导体照明研发中心副主任王军喜介绍，我国还在硅衬底 LED 芯片产业化、紫外短波长 LED、MOCVD 重大装备、功率型白光 LED 封装水平等方面取得突破。如在国际上首次推出具有自主知识产权的硅衬底 LED 芯片，光效超过 90 流明/瓦，已实现产业化；我国深紫外 LED 器件的研发处于国际领先水平；功率型白光 LED 封装光效达到 130 流明/瓦，接近国际先进水平。

我国在半导体照明领域申请的专利数量近年上升很快，与国际基本同步。2010 年，我国 LED 相关专利申请超过 30 000 项，约占全球 LED 专利申请数量的三成，2001~2009 年平均增长率 33%，明显高于全球平均水平；而且下游应用专利申请优势明显，应用方面专利超过总数的 70%，其中道路等功能性照明应用领域处于国际领先地位。

搭建平台，提升行业共性技术水平

车辆行驶在北京海淀区林大北路上，一不留神，很容易就会错过湮没在一片住宅小区里的中科院半导体研究所。进入大门，一路往南走到尽头，会看到一幢三层实验楼。代表着业内最高水准的研发平台——中科院半导体照明研发中心就藏身于此。

研发中心的实验室对洁净度有着极高的要求。除了露出一双眼睛，记者全身从头到脚全副武装，经过风淋室才得以步入，一探究竟。

在研发人员的带领下，记者看到了从外延材料制备到芯片研发和切割，再到灯具封装、性能测试分析一条完整的工艺线，大致了解了从原始材料制备到最后生产出半导体照明产品的全过程。

“我们的研发工作涉及半导体照明产业上中下游各个环节。实验室拥有从衬底材料、MOCVD 外延、装备制造、芯片开发、高效大功率封装到测

试分析较完整的工艺线。打造产业共性技术研发平台是我们努力的方向。”王军喜说。

在该中心硬件平台基础上，广受各界关注的半导体照明联合创新国家重点实验室的筹建工作也在紧锣密鼓地进行。该国家重点实验室由半导体照明产业技术创新战略联盟牵头，国内外5家研究机构共同发起，22家企业参与。

去年8月，重点实验室实施方案通过论证，在进行了数月调研，广泛了解企业需求后，凝练出4个方向的研究课题，并立马着手实施。尽管还在筹建阶段，但相关科研工作已经在2011年10月正式启动。

对于凝练出的4个研究方向，国家半导体照明工程研发及产业联盟常务副秘书长阮军逐一进行了介绍，统一半导体照明产品规格接口，制定相关标准，实现不同厂家产品具备互换性；研究半导体照明产品可靠性测试方法，科学评价半导体照明产品各项性能指标；对半导体照明产品封装工艺进行研究，解决照明舒适安全问题；开展前瞻性研究，对代表未来发展方向的三维封装、立体封装进行研究，以降低产品成本。

“这些课题也代表了半导体照明产业目前所急需突破的共性技术。”李晋闽说。目前，重点实验室各项工作进展速度比预想的还要快，对于未来的发展，李晋闽显得非常乐观。“目前研究刚刚开始，半年以后，也就是今年五六月，相信企业将能切实感受到实验室对推动行业共性技术进步所起到的效果，希望你们能继续跟踪。”

虽然通过“十一五”期间的快速发展，半导体照明技术取得了重大进展，但面对激烈的国际竞争，挑战依然严峻。据悉，“十二五”期间，科技部将通过系统布局，建设共性技术研发平台，集中资源，计划到2015年，实现从基础研究、前沿技术、应用技术到产业化示范全创新链的重点技术突破。

上至大飞机，下至汽车光测距，远至南极科考，近至医疗美容、植物照明……“半导体照明技术的出现，不仅使百年传统照明工业迎来了电子化大规模的数字技术时代，而且应用涉及信息、交通、医疗、农业等领域，其数字化的特性是即将到来的物联网时代的技术支撑之一。”阮军说。

在国家研发投入的持续支持和政府的规范引导下，在技术进步和市场需求双重推动下，中国的半导体照明技术和产业正在与时间赛跑！