

半导体照明科技发展“十二五”专项规划

（征求意见稿）

科学技术部

二〇一二年五月

半导体照明科技发展“十二五”专项规划

目 录

- 一、形势与需求 1
 - （一）半导体照明技术及应用快速发展 1
 - （二）半导体照明产业爆发式增长 1
 - （三）我国半导体照明技术和产业具备跨越式发展机会 2
 - （四）我国半导体照明发展需求明显 2
- 二、指导思想、发展原则 3
 - （一）指导思想 3
 - （二）发展原则 3
- 三、发展目标 4
 - （一）总体目标 4
 - （二）具体目标 4
 - （三）指标体系 5
- 四、重点任务 6
 - （一）基础研究 6
 - （二）前沿技术研究 7
 - （三）应用技术研究 9
 - （四）共性技术平台建设 11
 - （五）产业发展环境建设 12
- 五、保障措施 13
 - （一）加强政策引导与产业促进 13
 - （二）促进公共研发平台建设 14
 - （三）培育龙头品牌企业 14
 - （四）统筹标准检测认证工作 14
 - （五）加强国际交流与合作 14
 - （六）开放式培养创新人才和团队 15

半导体照明科技发展“十二五”专项规划

为加快推进半导体照明（LED）技术进步和产业发展，依据《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》、《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》和《国家“十二五”科学和技术发展规划》，特制定本规划。

一、形势与需求

（一） 半导体照明技术及应用快速发展

近年来，半导体照明技术快速发展，正向更高光效、更优良的光品质、更低成本、更可靠、更多功能和更广泛应用方向发展。目前，国际上大功率白光 LED 产业化的光效水平已经达到 130 lm/W，实验室光效已达 231 lm/W；小功率白光 LED 实验室光效已达 249 lm/W。虽然半导体照明的技术创新和应用创新速度远远超过预期，但与 400 lm/W 的理论光效相比，仍有巨大的发展空间。半导体照明在技术快速发展的同时不断催生出新的应用，竞争焦点主要集中在 GaN 基 LED 外延材料与芯片、高效高亮度大功率 LED 器件、LED 功能性照明产品、智能化照明系统及解决方案，创新照明应用及 MOCVD（金属有机物化学气相沉积设备）等重大装备开发等方面。

（二） 半导体照明产业爆发式增长

近年来，许多发达国家/地区政府均安排了专项资金，设立了专项计划，制定了严格的白炽灯淘汰计划，大力扶持本国或本地区半导体照明技术创新与产业发展。全球产业呈现出美、日、欧三足鼎立，韩国、中国大陆与台湾地区奋起直追的竞争格局。

半导体照明产业已成为国际大企业战略转移的方向，产业整合速度加快，商业模式不断创新。瞄准新兴应用市场，国际大型消费类电子企业开始从产业链后端向前端发展；以中国台湾地区为代表的集成电路厂商也加快了在半导体照明领域的布局；专利、标准、人才的竞争达到白热化，产业发展呈爆发式增长态势，已经到了抢占产业制高点的关键时刻。

（三） 我国半导体照明技术和产业具备跨越式发展机会

在国家研发投入的持续支持和市场需求的拉动下，我国半导体照明技术创新能力得到了迅速提升，产业链上游技术创新与国际水平差距逐步缩小，下游照明应用有望通过系统集成技术创新实现跨越式发展。部分产业化技术接近国际先进水平，功率型白光 LED 封装后光效超过 110 lm/W，接近国际先进水平。指示、显示和中大尺寸背光源产业初具规模，产业链日趋完整，功能性照明节能效果已经显现。标准制定及检测能力有了长足进步，已制定并公布了 22 项国家标准和行业标准。

（四） 我国半导体照明发展需求明显

半导体照明产业具有资源能耗低、带动系数大、创造就业能力强、综合效益好的特点。“十二五”期间，随着人们对更高照明品质、更加节能环保的追求，以及半导体照明应用市场的快速发展，仍有很多技术问题亟待解决，迫切需要开展针对不同应用领域的高可靠、低成本的产业化关键技术研发，抢占下一代核心技术制高点。随着城市化进程加快，对照明产品的消费将进一步增加，节能减排的压力日益增大，急需规模应用半导体照明节能产品。伴随着信息显示、数字家电、汽车、装备、原材料等传统

产业转型升级的压力，迫切需要应用新的半导体照明技术和产品。此外，随着我国就业压力日益严峻，迫切需要发挥半导体照明产业的技术、劳动双密集型特征，创造更多的就业岗位。

二、指导思想、发展原则

（一）指导思想

深入贯彻落实科学发展观，根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》、《国家“十二五”科学和技术发展规划》确定的发展重点和《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，紧密围绕基础研究、前沿技术、应用技术到产业化示范的半导体照明全创新链，以增强自主创新能力为主线，以促进节能减排、培育半导体照明战略性新兴产业为出发点，以体制机制和商业模式创新为手段，整合资源，营造创新环境，加速构建半导体照明产业的研发、产业化与服务支撑体系，支撑“十城万盏”试点工作顺利实施，提升我国半导体照明产业的国际竞争力。

（二）发展原则

坚持统筹规划与市场机制相结合。加强统筹规划，推进相关部门的工作协调，形成产业创新发展的合力；突出市场需求，以企业为主体，通过产业技术创新战略联盟优化协同创新体制机制，加快推进技术创新、产品开发、示范应用和产业发展，形成一批龙头品牌企业。

坚持系统布局与重点突破相结合。系统布局半导体照明技术创新链和产业链，优化创新体系和发展环境；重点突破核心装备和商业推广模式两大瓶颈，形成具有自主知识产权的核心技术；

将技术创新与示范应用相结合，支撑“十城万盏”，形成区域特色优势明显、配套体系齐全的产业集群。

坚持平台建设与人才培养相结合。建立具有自主知识产权并具备持续创新能力的创新体系和公共研发平台，为半导体照明产业的可持续发展提供支撑；鼓励高等院校开设相关学科，探索专业化的职业资格培训和认证，为产业人才供给提供保障。

坚持立足国内与面向国际相结合。统筹国内国际两种资源、两个市场，积极参与国际标准的研究与制定，加强国际科技合作和开放创新；加强应用领域的创新突破，积极开拓国际市场，提升产业的国际竞争力。

三、发展目标

（一） 总体目标

到 2015 年，实现从基础研究、前沿技术、应用技术到示范应用全创新链的重点技术突破，关键生产设备、重要原材料实现国产化；重点开发新型健康环保的半导体照明标准化、规格化产品，实现大规模的示范应用；建立具有国际先进水平的公共研发、检测和服务平台；完善科技创新和产业政策的政策与服务环境，建成一批试点示范城市和特色产业化基地，培育拥有知名品牌的龙头企业，形成具有国际竞争力的半导体照明产业。

（二） 具体目标

1、技术目标：产业化白光 LED 器件的光效达到国际同期先进水平(150-200 lm/W)，LED 光源/灯具光效达到 130 lm/W，有机发光二极管（OLED）照明灯具光效达到 80 lm/W，硅基半导体照明、创新应用、智能化照明系统及解决方案开发等达到世界领

先水平，形成核心专利 300 项。

2、产品目标：80%以上的芯片实现国产化，大型 MOCVD 装备、关键原材料实现国产化，形成新型节能、环保及可持续发展的标准化、规格化、系统化应用产品，成本降低至 2011 年的 1/5。

3、产业目标：产业规模达到 5000 亿元，培育 20-30 家掌握核心技术、拥有较多自主知识产权、自主品牌的龙头企业，扶持 40-50 家创新型高技术企业，建成 50 个“十城万盏”试点示范城市和 20 个创新能力强、特色鲜明的产业化基地，完善产业链条，优化产业结构，提高市场占有率，显著提升半导体照明产业的国际竞争力。

4、能力目标：培育和引进一批学科带头人、创新团队和科技创业人才，建立国际化、开放性的国家公共技术研发平台，完善我国半导体照明标准、检测和认证体系，发挥产业技术创新战略联盟的作用，推动产学研用深度结合，切实保障我国半导体照明产业的可持续发展。

（三） 指标体系

表 1 “十二五”科技发展主要指标

类别	序号	指标	属性
科技	1	白光 LED 产业化光效达到（150-200 lm/W），成本降低至 1/5	约束性
	2	实现核心设备及关键材料国产化	
	3	芯片国产化率达 80%	
	4	建立公共技术研发平台及检测平台	
	5	申请发明专利 300 项	
	6	发布标准 20 项	

经济	1	2015 年，国内产业规模达到 5000 亿元	预期性
	2	形成 20 ~ 30 家龙头企业	
	3	国家级产业化基地 20 个，试点示范城市 50 个	约束性
社会	1	LED 照明产品在通用照明市场的份额达到 30%	预期性
	2	实现年节电 1000 亿度，年节约标准煤 3500 万吨	
	3	减少 CO ₂ 、SO ₂ 、NO _x 、粉尘排放 1 亿吨	
	4	新增就业 200 万人	

四、重点任务

（一） 基础研究

解决宽禁带衬底上高效率 LED 芯片的若干基础科学问题，研究高密度载流子注入条件下的束缚激子及其复合机制；探索通信调制功能和 LED 照明器件相互影响机理。重点研究方向：

1、超高效率氮化物 LED 芯片基础研究

研究大注入条件下 LED 的发光机理，建立功率 LED 器件的基本物理模型，研制高质量氮化物半导体量子阱材料和超高效率氮化物 LED 芯片并完成应用验证，提出提高氮化物 LED 发光效率的新概念、新结构、新方法，突破下一代白光 LED 核心技术。

2、新型微纳结构半导体照明

研究微纳技术对 LED 效率的作用机理，掌握提高 LED 量子效率的方法，突破下一代白光照明核心微纳技术。研究纳米图形衬底的制备原理及对外延材料的影响机理；研究表面等离子体结构对半导体照明器件量子效率的提升作用；研究微纳结构的作用机理和出光效率的提升方法。

3、短距离光通信与照明结合的新型 LED 器件基础研究

重点开展载流子复合通道和寿命的关联性、掺杂机理、电流

通路高速响应机制、外延芯片封装结构对照明及通信质量的调控，器件级通信质量分析验证，LED 芯片与探测器单片集成机理和工艺，高速短距离光通信单元组件等研究。开展新型 LED 器件相关物理问题的研究，研制出通信、照明两用高速调制的创新型 LED 通信照明光源。

（二） 前沿技术研究

突破白光 LED 专利壁垒，光效达到国际同期先进水平；研究大尺寸 Si 衬底等白光 LED 制备技术，加强单芯片白光、紫外发光二极管（UV-LED）、OLED 等新的白光照明技术路线研究；突破高光效、高可靠、低成本的核心器件产业化技术；提升 LED 器件及系统可靠性；实现核心装备和关键配套原材料国产化，提升产业制造水平与盈利能力。重点研究方向：

1、半导体照明用衬底制备技术研究

大尺寸蓝宝石衬底的制备及图形衬底加工工艺；高质量 SiC 单晶的生长、切割和晶片加工技术；GaN 同质衬底制备技术，同质衬底半导体照明外延及器件制备技术；高质量 AlN、ZnO 等宽禁带衬底制备关键技术。

2、外延芯片产业化关键技术研究

LED 器件结构设计和内量子效率提升技术；功率型 Si 衬底 LED 器件关键制备技术；基于图形衬底的高效 LED 器件关键技术；垂直结构 LED 产业化制备技术；SiC 衬底 LED 制备关键技术；高压交/直流（AC/HV）LED 外延、芯片及系统集成封装技术；大尺寸蓝宝石、SiC 等衬底的外延生长技术；高空穴浓度 P 型氮化物材料制备技术；大电流薄膜 LED 技术开发；基于氧化锌透明导电

层的高效 LED 芯片技术；多片式 MOCVD、新型多片 HVPE（氢化物气相外延）及 ICP（等离子刻蚀）等生产型设备国产化关键技术。

3、封装及系统集成技术研究

高效白光 LED 器件封装关键技术、设计与配套材料开发；三维封装和多功能集成封装技术；不同材料基板晶圆级集成技术；晶圆级 LED 封装技术；Si 及聚合物基板 LED 集成封装技术；有机硅、环氧树脂、固晶胶、固晶共晶焊料等封装材料与相关工艺开发；陶瓷、高分子、石墨等封装散热材料开发；LED 封装及集成系统的加速测试技术；高光效、高(小)色区集中率的荧光粉及其涂覆技术；嵌入式照明材料及技术研究。

4、照明系统关键技术研究

综合考虑照明系统的功能、易用性、兼容性、可替换性、可升级性和成本条件下，系统架构、界面及其优化方法研究；低成本、高可靠性、易于集成的环境与用户存在、位置、情感和视觉感知技术及其集成方法研究；具有前瞻性、通用性、低成本高可靠性的通信技术与色温实时、动态控制算法研究；照明与应用环境相结合并突出被照物特点的最佳色彩、色温、显色指数的照明配方与实现方法研究；以软件服务为导向的照明系统技术与解决方案研究。

5、OLED 半导体照明关键技术研究

高效、高可靠性、低成本 OLED 材料开发及其纯化技术；白光 OLED 器件及大尺寸 OLED 照明面板开发；高亮度 OLED 照明器件效率、显色指数、稳定性以及大面积均匀性等技术研究；白光 OLED 照明灯具开发。

6、探索导向类白光半导体照明研究

高 Al 组分 AlGaIn 材料的外延生长研究，深紫外 LED 芯片制备和器件封装技术；无荧光粉白光 LED 技术开发；类太阳光谱白光 LED 照明器件开发；III 族氮化物等高效红光 LED 技术；高效绿光 LED 芯片制备和器件封装技术。

7、其他相关技术研究

高纯 MO 源、氨气等原材料制备技术；高效、高可靠、低成本 LED 驱动芯片关键技术；半导体照明光度、色度和健康照明研究，半导体照明产品亮度分布、眩光、显色性及中间视觉等光品质评价技术研究；半导体照明在农业、医疗和通讯等创新应用领域的非视觉照明技术及照明系统研究；半导体照明材料、器件、灯具及系统可靠性技术，可靠性设计及加速测试方法研究。

（三） 应用技术研究

以抢占创新应用制高点为目标，以工艺创新、系统集成和解决方案为重点，开发高品质、多功能创新型半导体照明产品及系统，实现规模化生产；开发出具有性价比优势的半导体照明产品，替代低效照明产品；开展办公、商业、工业、农业、医疗和智能信息网络等领域的主题创新应用。重点研究方向：

1、高效、低成本 LED 驱动技术开发

高效、低成本、高可靠的 LED 驱动电源开发，驱动电源产品优化设计、制造工艺关键技术；高集成度、低成本、高可靠的 LED 驱动电源芯片开发；驱动电源系统和电源内部器件的失效机理研究、失效分析模型开发。

2、LED 室外照明灯具及系统集成技术研究

大功率室外 LED 照明灯具系统集成技术,完善 LED 灯具结构、散热、光学系统设计,提高灯具的效率、散热能力和可靠性;多功能的新型 LED 室外照明灯具及散热材料开发;室外 LED 照明灯具的防水、防震、防电压冲击、防紫外、防腐蚀、防尘等技术研究;LED 光源、灯具模块及控制设备化、标准化、系列化研究;规模化生产工艺及在线检测技术;环境及用户感知器件集成技术;加速测试的加速因子及测试方法研究。

3、LED 室内照明灯具及系统集成技术研究

高效、低成本、替代型半导体照明光源技术,针对现代照明的调光控制和驱动技术;适合发挥 LED 优点的新型、多功能照明灯具及系统开发;LED 模块化封装产业化关键技术;二次光学系统开发;高效率、高稳定性荧光材料及涂敷工艺开发;新型塑料、陶瓷、石墨、金属等灯具散热材料及散热结构开发,与封装工艺兼容的粘接材料开发;光源模块、电源模块等接口标准化研究。

4、智能化、网络化 LED 照明系统开发

LED 的集群照明应用技术与可变色温的模组化 LED 照明系统开发;LED 照明系统自动配置技术研究及开发;降低照明节能管理与维护管理成本的系统集成技术研究;照明系统网络拓扑及网络性能优化技术研究;智能化照明控制系统的控制协议与标准开发;照明系统可靠性模型及优化方法研究;基于互联网及云技术的公共照明管理系统开发;基于物联网的半导体照明控制系统及节能管理系统开发;照明系统与住宅、办公楼宇、交通等控制系统相结合的集成方法及技术研究;半导体照明系统可靠性评估及自修复技术。

5、LED 创新应用技术研究

LED 特种功能性照明产业化技术；影视舞台、剧场等演艺场所用 LED 灯具及照明系统开发；LED 在航空、航天、极地等特殊领域应用技术；LED 防爆照明灯具开发；超高亮度 LED 光源关键技术；LED 在现代农业、养殖、医疗、文物保护等领域应用技术及照明系统开发；远程光纤传输分布式照明系统开发；超越传统照明形式的 LED 灯具、控制系统及解决方案的设计开发；LED 灯具与系统的生态设计；高效长寿命白光 OLED 照明灯具开发。

6、半导体照明检测技术开发

半导体照明外延与芯片测试方法及标准光源研究；高功率半导体照明产品光辐射安全研究；半导体照明光源及灯具耐候性、失效机理和可靠性研究；半导体照明灯具在线检测、光谱分布与现场测试方法及设备研究；加速检测设备及检测标准研究；半导体照明产品和照明系统检测技术和设备的研究及开发；照明控制设备的检测技术研究及设备开发；半导体照明产品检测与质量认证平台建设。

（四） 共性技术平台建设

以创新的体制机制建立开放的、国际化的公共研发平台，加强共性关键技术研发；探索以企业为主体，政府、研究机构及公共机构共同参与的技术创新投入与人才激励机制，促进半导体照明前沿技术及产业化共性关键技术的研发与应用，支撑产品的创新应用和产业的可持续发展。

1、国家重点实验室

依托半导体照明产业技术创新战略联盟，围绕产业技术创新

链构建，推动产学研合作和跨产业联合攻关，通过契约式手段、所有权与使用权相结合以及产业界联合参与的投入方式，建立联合、开放和可持续发展的联合创新国家重点实验室。实验室在开展基础性、前沿性技术研究，抢占下一代白光核心技术制高点的同时，立足于解决产业急需的光、电、热、机械、智能化以及创新应用等共性关键技术，加强测试方法研究，建设成为产业的技术创新中心、人才培养中心、标准研制中心和产业化辐射中心，支撑技术规范 and 标准制定，引领产业发展。

2、国家工程技术研究中心

围绕衬底材料、外延及芯片制备、LED 光源及照明应用、检测方法及设备等半导体照明技术创新链，建设国家工程技术研究中心，加强推进科技成果向生产力转化；面向企业规模生产的需要，推动集成、配套的工程化成果向相关行业辐射、转移与扩散；培养一流的工程技术人才，建设一流的工程化实验条件，形成我国技术创新的产业化基地。

（五） 产业发展环境建设

研究测试方法及开发相关测试设备，引导建立检测与质量认证体系，参与国际标准制定；开展知识产权战略研究，提升我国半导体照明产业专利分析和预警能力；积极探索 EMC 等商业推广模式。通过完善产业发展环境，促进技术研发和产业链构建，支撑示范应用，推动“十城万盏”试点工作顺利实施。

1、半导体照明产品检测与质量认证平台建设

LED 光谱检测设备开发；LED 外延及相关辅助原材料测试分析技术，LED 器件、模块、组件测试评价技术及标准光源开发，

逐步建立量值传递体系；半导体照明产品性能评价方法研究，光生物安全性研究；失效评测技术研究；建立检测与质量认证平台与认证网络，开展检测数据共享机制研究；试点示范工程评估体系研究；建设企业与产品数据库，定期发布合格产品目录和合格供应商目录；建立一批半导体照明展示体验中心。

2、加快行业标准检测体系建设

研究并完善半导体照明标准体系，推动技术创新与标准化同步。加快研究制定标准和技术规范，支撑“十城万盏”示范应用；会同国家相关主管部门，加强分工合作，在产业链空白环节筹建标准化技术委员会，支撑相关标委会对不同环节标准的制、修订工作；发挥我国在应用领域和市场规模方面的优势，积极参与国际标准的研究制定工作。

3、加强知识产权战略研究和商业推广模式研究

研究半导体照明知识产权战略，建立专利分析预警系统；加强与国外专利组织的合作。促进及推动以软件、服务、解决方案为中心的商业模式，通过广泛调研和实际案例分析等探索合同能源管理（EMC）等商业推广模式；集中建立 EMC 展示交易服务平台，统一发布试点城市示范工程信息；编制“十城万盏”示范工程合格节能服务商推荐目录。

五、保障措施

（一）加强政策引导与产业促进

联合有关部门，统筹规划，出台技术创新与产业发展相关政策。共同推进试点工作，出台推广应用指导意见，落实半导体照明应用产品中央财政补贴政策，促进中央与地方以及试点城市间

的互动。继续加强半导体照明产业技术创新战略联盟建设。推进 EMC 模式在“十城万盏”城市的应用。

（二） 促进公共研发平台建设

加大研发投入，创新体制机制，建立健全联合创新国家重点实验室、国家工程技术研究中心等国家公共技术研发平台，促进产学研用各方加强实质合作；形成可持续发展的开放性的公共创新体系，支撑产品的创新应用、产业的可持续创新发展。

（三） 培育龙头品牌企业

重点支持有一定规模和技术实力，特别是拥有自主知识产权的企业，通过技术创新扩大生产规模，提升核心竞争力和产业化水平，支持优势企业兼并重组，提高产业集中度和规模化水平，培育形成一批龙头企业和知名品牌。

（四） 统筹标准检测认证工作

联合相关部门，从国家层面加快完善标准检测认证体系。加强标准检测认证工作的组织协调，推动半导体照明技术相关标委会的建设工作。结合“十城万盏”试点示范城市区域产业特色，协调国家级和地方检测机构，加强测试结果比对工作，建立网络式、不同层级的检测平台。加强试点示范工程评估评价，建立试点示范工程效果评估体系。

（五） 加强国际交流与合作

加强研发、标准检测、应用等实质性的两岸及国际合作；支持国际半导体照明联盟建设，搭建国际化的创新技术平台和标准检测平台，主动参与国际标准研究制订；通过技术交流、标准对话、示范应用、创新大赛等手段，拓展国际交流与合作的广度和

深度。

（六）开放式培养创新人才和团队

鼓励海外专家参与国内研究工作，加强海外人才及创新资源的引进工作；抓好创新人才与创新团队建设，支持高等院校、职业学校、研究机构开设相关学科教育；探索培育高端人才等方面的新机制与新模式，形成一整套可操作的标准化产业人才培养与供给方法，开展职业培训与认证；鼓励形成创新人才开发模式，为产业大规模输送创新创业人才，提升从业人员的整体素质和创新能力。