

纳米技术 纳米银线透明导电薄膜氙灯加速老化试验方法

Nanotechnology —— Silver Nanowire Conductive Film

Methods of accelerated aging test of exposure to laboratory light source (xenon lamp)

编 制 说 明

(征求意见稿)

国家标准编制工作组

2022年06月14日

一 工作简况

1.1 任务来源

国家标准制修订计划（20210659-T-491），任务名称为《纳米技术 纳米银线透明导电薄膜氙灯加速老化试验方法》Nanotechnology . Silver Nanowire Conductive Film Methods of accelerated aging test of exposure to laboratory light source (xenon lamp)。

1.2 编制和协作单位

苏州诺菲纳米科技有限公司：成立于2012年，是国内首家致力于柔性纳米银薄膜开发与生产的持续创新型材料企业，也是国内首家步入纳米银导电薄膜量产的企业。在国家重大人才工程专家潘克菲博士的带领下，诺菲纳米科技用不到国外竞争对手二十分之一的成本、三分之一的时间，打破了长期以来垄断在国外的触摸屏材料技术壁垒，完成了从实验到产业化的整个进程，并一举成为国内技术最领先、产能最大的纳米银透明导电膜的生产企业。**在知识产权方面**，公司自成立以来，已先后申请130余项专利，70项已获授权，专利布局分布于中、美、日、韩、澳，是国内唯一一家具备完整自主知识产权的企业。**在标准化工作方面**，董事长潘克菲博士大力倡导标准化工作的投入，躬身于我国标准化的发展，并于2021年入选“江苏省纳米技术标准化技术委员会（JC/TC53）”技术委员。目前，公司已相继获批国家高新技术企业、江苏省纳米新材料工程技术研究中心、苏州市企业技术中心、江苏省潜在独角兽企业、苏州市独角兽培育企业、苏州市瞪羚企业等，先后

承担江苏省科技成果转化专项、江苏省科技支撑计划专项等多个项目。2021年，公司作为行业典范，受邀拍摄由中央广播电视总台与工业和信息化部联合打造的庆祝建党百年大型工业纪录片《强国基石》，已于2021年8月在CCTV-2播出。

苏州市计量测试院：创立于1957年，是苏州市市场监督管理局依法设立的法定计量检定技术机构。是苏州市市场监督管理局依法设立的法定计量检定机构，也是综合性质量技术服务机构，提供计量、标准、检验检测等质量基础一站式服务。建有1个国家产业计量中心、1个国家质检中心、1个国家型式评价实验室、3个省级计量检测中心、10多个市级公共服务平台。拥有专业技术人员400多名，承担和完成数十项国家、省市级科研项目。一直以来，苏州计量院积极开展标准化工作，在空气净化、平板显示、医疗卫生、纳米材料和测量技术等多个领域主导和参与制定国际标准2项、国家标准16项、行业和地方标准9项、团体标准9项，建有全国纳米技术标准化技术委员会苏州工作组和江苏省纳米技术标准化技术委员会，2021年入选苏州市“标准领航百强榜”及“标准助推苏州高质量发展十佳典型案例”。

鸿合科技股份有限公司（股票代码：002955），是国内教育信息化重要企业，智能交互显示行业知名品牌，全球屈指可数的集研产销等全环节于一体的行业龙头企业之一，在全球范围内设立50多家分支机构。公司主营业务为智能交互显示产品及智能视听解决方案的设计、研发、生产与销售。2019年1月，鸿合科技与中国科学院软件所等共同主导的“笔式人机交互关键

技术及应用”项目荣获“国家科学技术进步二等奖”。2019年7月，公司与中国科学院软件所共同成立“自然人机交互技术联合实验室”。

青岛海信商用显示股份有限公司：青岛海信商用显示股份有限公司成立于2017年，隶属于海信电子信息集团。海信2008年布局商用显示领域，逐步形成在智慧教育、智慧办公、智能显示、以及智能显示终端等领域的产品开发和系统解决方案的整体布局。目前公司拥有授权专利78件，其中发明专利近20件，拥有软件著作权28件，在申请专利数超过160件，**主导参与标准制修订20多项**。海信重视技术创新，先后被评为“国家级高新技术企业”，“2018中国商用显示系统产业五大卓越贡献企业”、“中国数字标牌十大优秀品牌”、“智能会议平板十大品牌”、“华显奖——2020年度智慧商显创新产品奖”等荣誉称号。

深圳市中银科技有限公司：成立于2003年，获国家级高新技术企业，国家AAA级重质量守信用企业称号，专注智慧教育、智能显示、智慧医疗、云桌面。公司已完成ISO9001质量管理体系、ISO14001环境管理体系、ISO18001职业健康管理体系、CCC产品及CQC节能、环境标识认证等，拥有专利软著上百项。商显产品市场占有率全国前三（2019年奥维云AVC数据统计）。曾获评中国商显十大品牌，中国教育十大品牌，商显产促会副会长单位，深教产促会副会长单位，校园健康产业联盟主席单位等。

天材创新材料科技（厦门）有限公司：天材创新材料科技致力于生产纳

米银线供多种消费性及工业级触控电子产品使用，其应用范畴包含触控屏幕用的透明电极、液晶屏幕、电子纸、OLED 装置、OLED 照明以及薄膜太阳能电池。天材创新已凭借全球超过 300 项的专利，在业界占有一席之地。同时我们也拥有绝大多数的专利权，范围包含从纳米银线的制程、配方、导电薄膜的生产技术以及传感器装置，十分广泛。

广州视源电子科技股份有限公司：成立于 2005 年，目前公司的主营业务为液晶显示主控板卡和交互智能平板等显控产品的设计、研发与销售，产品已广泛应用于家电领域、教育信息化领域、企业服务领域等。公司拥有多个综合实验室，如设备投入近亿元的硬件性能实验室、化学实验室、可靠性实验室、失效分析实验室、OTA 实验室、电磁兼容实验室等。同时，公司十分重视对核心技术的保护，已拥有授权专利超过 6700 件，拥有计算机软件著作权、作品著作权超过 2400 项，国内商标注册数 2285 件，国际有效注册商标 310 件。凭借优秀的产品质量和对社会责任的担当，视源股份获得“中国主板上市公司价值百强”、“2021 中国民营企业制造业 500 强”、“2021 中国企业社会责任案例奖”、国家制造业双创试点企业、国家技术创新示范企业、国家知识产权示范企业。

1.3 工作过程

1) 建立标准起草工作组

2021 年 6 月初组建了标准起草工作组，拟定了工作计划。经过讨论，工作组确定了标准的名称为《纳米技术 纳米银线透明导电薄膜氙灯加速老

化试验方法》。

2) 形成标准讨论稿并开展验证试验

2021年06月-10月，着手起草制定《纳米技术 纳米银线透明导电薄膜 氙灯加速老化试验方法》，并形成标准讨论稿。

2021年11月-2022年05月，对标准讨论稿进行内部研讨、修改并开展验证试验；

3) 形成本标准征求意见稿。

2022年06月，形成本标准征求意见稿。

1.4 标准起草人及分工

表 1 标准起草工作组人员名单

| 姓名 | 职务/职称 | 工作单位 | 联系方式 | 在本标准中的职责 |
|-----|---------|--------------|----------------------------|-----------------------|
| 潘克菲 | 董事长、CTO | 苏州诺菲纳米科技有限公司 | hfp@nuovofilm.com | 标准整体工作 |
| 王云祥 | 高级工程师 | 苏州市计量测试院 | wangyx@szjl.com.cn | 标准校对 |
| 贺强 | 研发经理 | 苏州诺菲纳米科技有限公司 | qiang.he@nuovofilm.com | 检测工作安排，标准修改稿内容核验 |
| 李增成 | 研发经理 | 苏州诺菲纳米科技有限公司 | zengcheng.li@nuovofilm.com | 检测工作安排，标准修改稿内容核验 |
| 彭颖杰 | 研发经理 | 苏州诺菲纳米科技有限公司 | pyj@nuovofilm.com | 检测工作安排，标准修改稿内容核验 |
| 吴丽娟 | 品质经理 | 苏州诺菲纳米科技有限公司 | lijuan.wu@nuovofilm.com | 检测工作实施跟进与记录，标准修改稿内容完善 |
| 高倩玉 | 工程师 | 苏州诺菲纳米科技有限公司 | qianyu.gao@nuovofilm.com | 检测工作实施跟进与记录，标准修改稿内容完善 |

| | | | | |
|-----|--------|------------------|---------------------------------------|---------|
| 蔡亚梅 | 工程师 | 苏州诺菲纳米科技有限公司 | pr@nuovofilm.com | 内容核验与校对 |
| 方丹 | 工程师 | 苏州市计量测试院 | fangdan@szjl.com.cn | 内容核验与校对 |
| 姜锴 | 总经理 | 苏州诺菲纳米科技有限公司 | kaijiang@nuovofilm.com | 标准校对 |
| 徐晔 | 首席产品官 | 苏州诺菲纳米科技有限公司 | ye_xu@nuovofilm.com | 标准校对 |
| 刘元烽 | 品质经理 | 鸿合科技股份有限公司 | 15919716610/ | 标准校对 |
| 吴勇 | 技术总监 | 青岛海信商用显示股份有限公司 | 13601500760/ wuyong4@hisense.com | 标准校对 |
| 雷秀云 | 技术总监 | 深圳市中银科技有限公司 | 13651455830/ leixiuyun@boct-sz.com | 标准校对 |
| 许大明 | 研发资深经理 | 天材创新材料科技(厦门)有限公司 | TamingHsu@cambios.com | 标准校对 |
| 陈钟辉 | 高级工程师 | 广州视源电子科技股份有限公司 | chenzhonghui@cvte.com | 标准校对 |

二 国家标准的编制原则和确定国家标准主要内容的论据

本标准起草所依据的相关国家标准和所参考的相关著作、文献、技术标准等资料如下表：

表 2 标准编写依据

| 标准中相应的部分 | 依据的标准编号 | 依据的标准名称 |
|----------|-------------------|--------------------------------|
| 标准的结构 | GB/T 1.1—2020 | 《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》 |
| “定义”的编写 | GB/T 20001.1-2015 | 《标准编写规则 第 1 部分：术语标准》 |

| | | |
|------------|--------------------|---------------------------|
| “术语与定义”的节选 | GB/T 2410-2008 | 《透明塑料透光率和雾度试验方法》 |
| | GB/T 32088-2015 | 《汽车非金属部件及材料氙灯加速老化试验方法》 |
| | GB/T 5698-2001 | 《颜色术语》 |
| “参考文献”的编写 | GB/T 7714—2005 | 《文后参考文献著录规则》 |
| | GB/T 36083-2018 | 《纳米银材料 生物学效应相关的理化性质表征指南》 |
| | GB/T 23141-2008 | 《光化学、光老化长弧氙灯》 |
| | GB/T 16422. 2-2014 | 《塑料实验室光源暴露试验方法》 |
| | JJF 1525-2015 | 《氙弧灯人工气候老化实验装置辐射照度参数校准规范》 |

确定国家标准主要内容的论据:

本标准起草过程中, 根据行业需求、用户反馈、验证结果等, 展开了有关“纳米银透明导电薄膜氙灯加速老化试验”的研究和分析, 并对研究成果展开反复验证, 最终形成内容。

三 主要实验分析

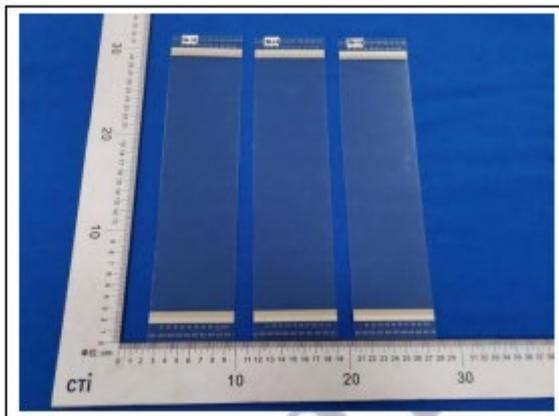
依照本标准中所写的制样方式制成样品(如下图), 委托第三方检测机构进行测试, 为验证实验条件可行性, 分三组不同的实验条件进行:

3.1 实验环境与设备

1) 测试单位：苏州市华测检测技术有限公司

2) 测试所用样品的图片：

样品图片



3) 测试所用设备：

| 设备名称 | 型号 |
|------------|---------|
| 氙灯耐候试验箱 | XE-3-HS |
| 台式积分球分光光度仪 | Ci7600 |
| 高阻计 | HP3530 |

3.2 实验测试过程与数据对比

1) 样本一实验情况

a) 测试条件：

| 条件 | 参数值 |
|------|-----------------------------|
| 滤镜 | Window-Q |
| 辐照度 | 1.10W/m ² @420nm |
| 测试循环 | 持续光照，黑板温度（63℃，20%RH） |
| 测试时间 | 240h |

b) 测试数据 (b*, 电阻变化率、透光率):

a) b*变化率

| 样品编号 | 结果 | | |
|---------------------|-----------|-----------|---------|
| | 测试前 b* | 测试后 b* | 变化率 , % |
| A2220138027101001-1 | 3.39 | 3.59 | 5.90 |
| A2220138027101001-2 | | 3.59 | 5.90 |
| A2220138027101001-3 | | 3.57 | 5.31 |

备注：色差光源为 D65，测量角度 10°，孔径 10mm，测试模式为全透射。

b) 电阻变化率

| 测试点 | 测试前电阻 (kΩ) | 测试后 | | | | | |
|-----|---------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| | | 001 | | 002 | | 003 | |
| | | 电阻 (kΩ) | 电阻变 化率 /% | 电阻 (kΩ) | 电阻变 化率 /% | 电阻 (kΩ) | 电阻变 化率 /% |
| 1 | 6.780 | 6.532 | 3.66 | 6.718 | 0.91 | 6.726 | 0.80 |
| 2 | 6.761 | 6.666 | 1.41 | 6.689 | 1.06 | 6.722 | 0.58 |
| 3 | 6.749 | 6.658 | 1.35 | 6.741 | 0.12 | 6.732 | 0.25 |
| 4 | 6.887 | 6.693 | 2.82 | 6.726 | 2.34 | 6.709 | 2.58 |
| 5 | 6.763 | 6.644 | 1.76 | 6.732 | 0.46 | 6.736 | 0.40 |
| 6 | 6.902 | 6.651 | 3.64 | 6.701 | 2.91 | 6.788 | 1.65 |
| 7 | 6.867 | 6.670 | 2.87 | 6.715 | 2.21 | 6.813 | 0.79 |
| 8 | 6.796 | 6.673 | 1.81 | 6.708 | 1.29 | 6.752 | 0.65 |
| 9 | 6.863 | 6.694 | 2.46 | 6.730 | 1.94 | 6.776 | 1.27 |
| 10 | 6.903 | 6.640 | 3.81 | 6.680 | 3.23 | 6.576 | 4.74 |
| 平均值 | 6.827 | 6.652 | 2.56 | 6.733 | 1.65 | 6.660 | 1.37 |

c) 透光率

| 试验前 | | 试验后 | | |
|----------|------------|----------|------------|-----------|
| ID | 透光率 D65/10 | ID | 透光率 D65/10 | 透光率变化率 /% |
| FO 1-4-1 | 88.06 | FO 1-1-1 | 88.58 | 0.61 |
| FO 1-4-2 | 88.03 | FO 1-1-2 | 88.56 | |
| FO 1-4-3 | 88.09 | FO 1-1-3 | 88.64 | |
| / | / | FO 1-2-1 | 88.27 | 0.38 |
| / | / | FO 1-2-2 | 88.53 | |
| / | / | FO 1-2-3 | 88.39 | |
| / | / | FO 1-3-1 | 88.28 | 0.26 |
| / | / | FO 1-3-2 | 88.32 | |
| / | / | FO 1-3-3 | 88.27 | |

c) 测试结果:

b*/电阻/透光率 3 项参数，实验前后变化率均<10%，该测试条件和测试方法适用于纳米银线导电膜的氙灯测试。

| 测试参数 | b*变化率 (%) | 电阻变化率 (%) | 透光率变化率 (%) |
|------|--------------|--------------|---------------|
| 平均值 | 5.70 | 1.86 | 0.42 |

2) 样本二实验情况

a) 测试条件:

| 条件 | 参数值 |
|------|-----------------------------|
| 滤镜 | Window-Q |
| 辐照度 | 1.10W/m ² @420nm |
| 测试循环 | 持续光照，黑板温度（63℃，60%RH） |
| 测试时间 | 240h |

b) 测试数据 (b*、电阻变化率、透光率):

a) b*变化率

| 样品编号 | 结果 | | |
|---------------------|-----------|-----------|---------|
| | 测试前 b* | 测试后 b* | 变化率 , % |
| A2220138027101002-1 | 3.47 | 3.45 | 0.58 |
| A2220138027101002-2 | | 3.55 | 2.31 |
| A2220138027101002-3 | | 3.76 | 8.36 |

备注：色差光源为 D65，测量角度 10°，孔径 10mm，测试模式为全透射。

b) 表面电阻率

| 测试点 | 测试前电阻 (kΩ) | 测试后 | | | | | |
|-----|---------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|
| | | 001 | | 002 | | 003 | |
| | | 电阻 (kΩ) | 电阻变 化率 (%) | 电阻 (kΩ) | 电阻变 化率 (%) | 电阻 (kΩ) | 电阻变 化率 (%) |
| 1 | 6.780 | 6.551 | 3.38 | 6.737 | 0.63 | 6.666 | 1.68 |
| 2 | 6.761 | 6.678 | 1.23 | 6.748 | 0.19 | 6.628 | 1.97 |
| 3 | 6.749 | 6.631 | 1.75 | 6.771 | 0.33 | 6.683 | 0.98 |
| 4 | 6.887 | 6.671 | 3.14 | 6.699 | 2.73 | 6.674 | 3.09 |
| 5 | 6.763 | 6.686 | 1.14 | 6.709 | 0.80 | 6.743 | 0.30 |
| 6 | 6.902 | 6.688 | 3.10 | 6.701 | 2.91 | 6.756 | 2.12 |
| 7 | 6.867 | 6.675 | 2.80 | 6.707 | 2.33 | 6.762 | 1.53 |
| 8 | 6.796 | 6.667 | 1.90 | 6.670 | 1.85 | 6.791 | 0.07 |
| 9 | 6.863 | 6.686 | 2.58 | 6.686 | 2.58 | 6.759 | 1.52 |
| 10 | 6.903 | 6.670 | 3.38 | 6.629 | 3.97 | 6.578 | 4.71 |
| 平均值 | 6.827 | 6.660 | 2.44 | 6.706 | 1.83 | 6.704 | 1.80 |

c) 透光率

| 试验前 | | 试验后 | | |
|----------|------------|----------|------------|-----------|
| ID | 透光率 D65/10 | ID | 透光率 D65/10 | 透光率变化率 /% |
| FO 2-4-1 | 88.12 | FO 2-1-1 | 87.98 | 0.11 |
| FO 2-4-2 | 88.04 | FO 2-1-2 | 87.97 | |
| FO 2-4-3 | 88.06 | FO 2-1-3 | 87.98 | |
| / | / | FO 2-2-1 | 88.05 | 0.04 |
| / | / | FO 2-2-2 | 88.06 | |
| / | / | FO 2-2-3 | 88.01 | |
| / | / | FO 2-3-1 | 87.93 | 0.12 |
| / | / | FO 2-3-2 | 87.96 | |
| / | / | FO 2-3-3 | 88.02 | |

c) 测试结果:

b*/电阻/透光率3项参数，实验前后变化率均<10%，该测试条件和测试方法适用于纳米银线导电膜的氙灯测试。

| 测试参数 | b*变化率 (%) | 电阻变化率 (%) | 透光率变化率 (%) |
|------|--------------|--------------|---------------|
| 平均值 | 3.75 | 2.02 | 0.09 |

3) 样本三实验情况

a) 测试条件:

| 条件 | 参数值 |
|----|-----|
| | |

| | |
|------|-----------------------------|
| 滤镜 | Window-Q |
| 辐照度 | 1.10W/m ² @420nm |
| 测试循环 | 持续光照，黑板温度（63℃，95%RH） |
| 测试时间 | 240h |

b) 测试数据 (b*、电阻变化率、透光率):

a) b*变化率

| 样品编号 | 结果 | | |
|---------------------|-----------|-----------|---------|
| | 测试前 b* | 测试后 b* | 变化率 , % |
| A2220138027101003-1 | 3.42 | 3.37 | 1.46 |
| A2220138027101003-2 | | 3.42 | 0.00 |
| A2220138027101003-3 | | 3.41 | 0.29 |

备注：色差光源为 D65，测量角度 10°，孔径 10mm，测试模式为全透射。

b) 表面电阻率

| 测试点 | 测试前电阻 (kΩ) | 测试后 | | | | | |
|-----|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| | | 001 | | 002 | | 003 | |
| | | 电阻 (kΩ) | 电阻变化率 (%) | 电阻 (kΩ) | 电阻变化率 (%) | 电阻 (kΩ) | 电阻变化率 (%) |
| 1 | 6.780 | 6.307 | 6.98 | 6.478 | 4.45 | 6.516 | 3.89 |
| 2 | 6.761 | 6.454 | 4.54 | 6.489 | 4.02 | 6.504 | 3.80 |
| 3 | 6.749 | 6.460 | 4.28 | 6.543 | 3.05 | 6.494 | 3.78 |
| 4 | 6.887 | 6.489 | 5.78 | 6.549 | 4.91 | 6.488 | 5.79 |
| 5 | 6.763 | 6.450 | 4.63 | 6.492 | 4.01 | 6.488 | 4.07 |
| 6 | 6.902 | 6.480 | 6.11 | 6.482 | 6.09 | 6.518 | 5.56 |
| 7 | 6.867 | 6.451 | 6.06 | 6.492 | 5.46 | 6.529 | 4.92 |
| 8 | 6.796 | 6.468 | 4.83 | 6.540 | 3.77 | 6.585 | 3.10 |
| 9 | 6.863 | 6.486 | 5.49 | 6.580 | 4.12 | 6.564 | 4.36 |
| 10 | 6.903 | 6.445 | 6.63 | 6.517 | 5.59 | 6.364 | 7.81 |
| 平均值 | 6.827 | 6.449 | 5.53 | 6.516 | 4.55 | 6.505 | 4.71 |

c) 透光率

| 试验前 | | 试验后 | | |
|----------|------------|----------|------------|-----------|
| ID | 透光率 D65/10 | ID | 透光率 D65/10 | 透光率变化率 /% |
| FO 3-4-1 | 87.96 | FO 3-1-1 | 88.18 | 0.20 |
| FO 3-4-2 | 87.99 | FO 3-1-2 | 88.21 | |
| FO 3-4-3 | 87.98 | FO 3-1-3 | 88.15 | |
| / | / | FO 3-2-1 | 88.23 | 0.24 |
| / | / | FO 3-2-2 | 88.19 | |
| / | / | FO 3-2-3 | 88.15 | |
| / | / | FO 3-3-1 | 88.1 | 0.19 |
| / | / | FO 3-3-2 | 88.18 | |
| / | / | FO 3-3-3 | 88.16 | |

c) 测试结果:

b*/电阻/透光率3项参数，实验前后变化率均<10%，该测试条件和测试方法适用于纳米银线导电膜的氙灯测试。

| 测试参数 | b*变化率 (%) | 电阻变化率 (%) | 透光率变化率 (%) |
|------|--------------|--------------|---------------|
| 平均值 | 0.58 | 4.93 | 0.22 |

3.3 实验结果分析

b*/电阻/透光率3项参数，实验前后变化率均<10%，本标准中的测试条件和测试方法适用于纳米银线导电膜的氙灯测试，标准中给出的判断标准建议值为可实现且合理的。

| 测试参数 | b*变化率 (%) | 电阻变化率 (%) | 透光率变化率 (%) |
|----------------|--------------|--------------|---------------|
| 样本一 测试结果平均值 | 5.70 | 1.86 | 0.42 |
| 样本二 测试结果平均值 | 3.75 | 2.02 | 0.09 |
| 样本三 测试结果平均值 | 0.58 | 4.93 | 0.22 |

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

本标准自主研制标准，未采用国际标准。

目前，国内外尚未有针对该类显示材料产品的氙灯检测方法。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准编制格式符合GB/T 1.1 — 2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文本的结构与起草规则》。

本标准与我国现行的法律、法规和其它强制性标准没有冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

建议作为推荐性国家标准。

八、贯彻国家标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）

按正常标准贯彻程序执行。标准发布实施后，建议积极在纳米技术产业领域中涉及纳米银导电薄膜生产、应用的产业企业中进行广泛宣贯，以促进标准的实施并对相关产业领域的规范和高效快速发展起到重要的标准化

技术支撑作用。

九、废止现行有关标准的建议

无相关现行标准，故本款不适用。

十、其他应予说明的事项

无