

# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 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)

征求意见稿

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本文件按照 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》的规定起草。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国纳米技术标准化技术委员会（SAC/TC279）归口。

本文件起草单位：苏州诺菲纳米科技有限公司、苏州市计量测试院、鸿合科技股份有限公司、青岛海信商用显示股份有限公司、深圳市中银科技有限公司、天材创新材料科技（厦门）有限公司、广州视源电子科技股份有限公司。

本文件主要起草人：潘克菲、王云祥、贺强、李增成、彭颖杰、吴丽娟、高倩玉、蔡亚梅、方丹、姜锴、徐晔、刘元烽、吴勇、雷秀云、许大明、陈钟辉。

## 引 言

随着人机交互技术和市场的不断发展，电容式触控显示屏的应用越来越广泛。从智慧教育、智慧会议，到智慧出行、智慧医疗和政务等领域，电容式触控屏的应用需求日益增加。纳米银线透明导电薄膜具有光透光率高、方阻低、柔性好的特性，可以作为柔性触控屏以及刚性触控屏的感应层，是比传统的 ITO 透明导电膜更为理想的材料，近两年成为了触摸屏行业的焦点之一。为推动纳米银线透明导电薄膜行业的持续、健康、有序发展，规范纳米银线透明导电薄膜的检测方法，因此制定本文件。

# 纳米技术 纳米银线透明导电薄膜氙灯加速老化试验方法

## 1 范围

本文件规定了纳米银线透明导电薄膜的氙灯检测方法与定义，包括应用术语、试验环境、产品标准等。

本文件适用于纳米级别银线材料制成的透明导电薄膜的检测检验。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的编写、应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

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 2410-2008 透明塑料透光率和雾度试验方法

GB/T 5698-2001 颜色术语

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

## 3 原理

纳米银线具有表面等离子体共振吸收效应，其共振吸收峰在360~380 nm范围（随银线粒径不同，吸收峰会有几个纳米的不同），属于紫外光波段。日光中含有紫外光波段，在日光的照射下纳米银线会吸收日光中的紫外光部分而导致局部温度升高或化学活性增加[1, 2]，加速纳米银线被氧化的速率，从而加速纳米银线相关产品的失效。为了满足应用，需要采用技术手段克服纳米银线透明导电膜光照失效的问题。因此，将纳米银线透明导电薄膜材料暴露于模拟透过玻璃的日光光谱的人造光源（氙灯）下，

评价材料的耐光性能，可为科研、产品开发和质量控制提供相应的环境模拟和加速试验，指导新材料的评估、筛选与研发改进。

[1] Jun Wang, Jinting Jiu, Shuye Zhang, et al. *Nanotechnology* 2018, 29(43): 435701

[2] Wan-Ho Chung, Sung-Hyeon Park, Sung-Jun Joo, and Hak-Sung Kim, *Nano Research* 2018, 11(4): 2190–2203

## 4 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 4.1. 纳米银线 Silver Nanowires

三维空间尺度上，有两个维度处于纳米量级（1 nm~100 nm）的单质银材料，其分散在溶液中存在，如直径1 nm~100 nm、长度1~100 um的一维纳米银线。

### 4.2. 纳米银线透明导电薄膜 Silver Nanowire Conductive Film

在透明光学薄膜上涂布纳米银线导电材料后制备的具有一定可见光波段透光率和一定电导率的光学薄膜。涂有纳米银线的一面称之为导电面。

### 4.3. 透光率 Luminous Transmittance

透过试样的光通量与射到试样上的光通量之比，用百分数表示。

[选自 GB/T 2410-2008 3.2]

### 4.4. 氙灯 Xenon Lamp

一种充有氙气的气体发光灯。

注：氙灯光谱的波长范围从270nm的短波紫外区，经可见光区直到红外区，通过配备不同类型的滤光器，能够模拟户内、外的日光。

[选自 GB/T 32088-2015 3.1]

### 4.5. 光谱能量分布 Spectral Power Distribution SPD

某光源发射的或某物体接受的绝对或相对辐射能量，是波长的函数。

[选自 GB/T 32088-2015 3.2]

#### 4.6. 辐照度 Irradiance

试验样品表面单位时间单位面积上接受的辐射能量。

注：单位为瓦每平方米（ $\text{W}/\text{m}^2$ ），该值与监控的光谱波段有关。

[选自 GB/T 32088-2015 3.3]

#### 4.7. 黑板温度计 Black panel thermometer

一种温度测量装置，由表面涂有吸光性黑色涂层的耐腐蚀金属平板和传感器组成，用于指示试验样品在试验过程中可能达到的最高温度。

[选自 GB/T 32088-2015 3.5]

#### 4.8. 黑标温度计 Black standard thermometer

一种温度测量装置，由表面涂有吸光性黑色涂层的耐腐蚀金属平板、白色绝热材料和传感器组成，用于指示试验样品在试验过程中可能达到的最高温度。

[选自 GB/T 32088-2015 3.6]

#### 4.9. 试验样品 Test Specimen

用于暴露试验的样品。

[选自 GB/T 32088-2015 3.7]

#### 4.10. 保留样品 File Specimen

存放在稳定条件下未经暴露试验的用来把比较暴露前后性能变化的样品。

[选自 GB/T 32088-2015 3.8]

#### 4.11. 参照材料 Reference Material

一种已知性能的材料，用于监控氙灯试验装置是否正常运行。

[选自 GB/T 32088-2015 3.9]

#### 4.12. (CIE 1976) $L^*a^*b^*$ 色空间 (CIE LAB 色空间) (CIE 1976)color space (CIE LAB color space)

1976年由CIE推荐的均匀色空间。

该空间是三维直角坐标系统。

$L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 是三维直角坐标系统的坐标值。

[选自 GB/T 5698-2001 4.64]

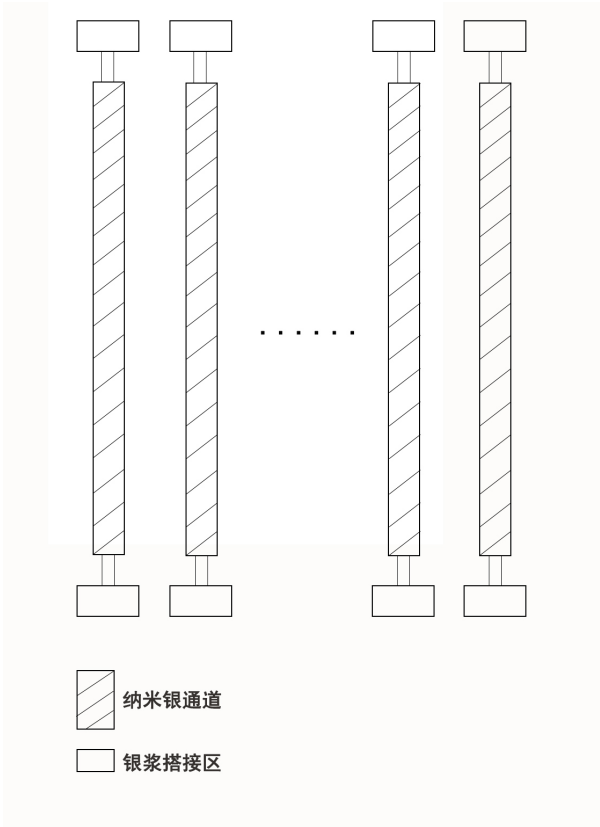
## 5 试样

### 5.1 制样方法

5.1.1 样品类型：导电膜通道覆透明光学胶（Optically Clear Adhesive，以下简称OCA）样品

（不建议使用导电膜裸膜样品，因为纳米银线直接暴露在空气中，在紫外线的作用下，与氧气、水汽等氧化性物质结合，过于容易发生氧化，难以反映实际产品结构（例如触摸屏）中的耐久性。）

5.1.2 如图1所示，在导电膜上激光镭射出条形或菱形通道，印刷银浆并烘烤固化，印刷的银浆与导电膜通道需保证良好接触，且每条通道接触面积一致。样品使用银浆的品牌不做限定，只要是经过验证不腐蚀纳米银线导电膜的银浆均可。建议通道尺寸为：宽1-3mm \*长100mm，每片样品通道数大于等于10条。



5.1.3 在通道上覆盖相应大小的OCA胶（为避免不同OCA导致数据发生偏差，建议统一使用型号：3M 8146-5），尽量保证没有气泡。OCA贴覆在导电面且可完全覆盖纳米银线通道部分，并往外延伸到银浆搭接块。



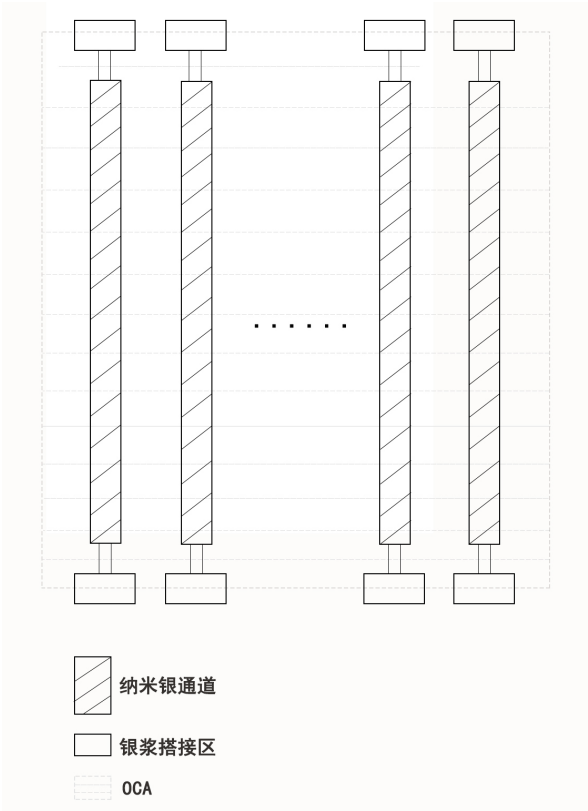


图2 导电膜通道上OCA贴覆位置示意图

5.1.4 如有需要，可在样品的OCA上层加贴与实际应用状态一致的盖板材料（例如：玻璃，硬化膜等），长宽尺寸应与该样品上的OCA大小一致，厚度依实际状态情况自行选择。

5.2 要求

5.2.1 制样前，确保样品导电面洁净，无侵蚀性的物质残留。如试样导电面有沾污，可使用棉签或无尘布蘸酒精，朝一个方向轻轻擦拭干净（不能用力来回擦拭，以免刮伤导电层）。如样品表面有无法擦除的沾污，则需更换样品进行测试。

5.2.2 为提供不同时间间隔的老化记录，需要提供足够多数量（建议 3 片及以上）的样品。

5.2.3 作比较的试样应具有相同尺寸和近似相等的暴露表面，应保证试验样品的试验条件一致。

6 试验设备

6.1 试验设备的性能

- 6.1.1 试验设备应符合公认的产品生产标准（如：GB/T 23141-2008）。
- 6.1.2 试验之前，确认试验设备的性能稳定、状态良好，必要时，应采用一些已经公认的标准参照材料对试验设备进行验证测试，如聚苯乙烯耐光标准材料等。

6.2 氙灯

氙灯光谱波长范围从250nm以下的短波紫外区，经可见区直到红外区。作为暴露试验，氙灯辐射要经过滤，以减少紫外短波辐射，并尽可能除去红外辐射，使试样所接受的氙灯光能谱分布与太阳光能谱分布相接近。也可以进一步滤掉短波，以便得到另一种相似于透过玻璃后的太阳光辐射能谱。这两种滤光方法可在同一设备中用不同滤光片实现。

6.3 试验箱

根据试验箱的不同，氙灯灯管的安装方式可以是立式或者水平式的。在立式灯管氙灯箱内有一个固定试样架的转鼓，设有氙灯功率、温度、湿度等指示及自控装置，干湿球温度自动记录仪及计时器。箱体有一个控制循环空气的空气调节器，用以调节黑板温度和排出箱内的臭氧。根据需要，箱上可设有使光照周期性启闭的装置。在水平式的氙灯试验箱内，有一个水平放置的样品架，样品架距离灯管的高度通常为350~400 mm。箱体内部同样设有氙灯功率、温度、湿度等监控装置。

7 试验条件

7.1 条件 1. 辐射强度范围

试样表面一般应受到的辐射强度如下，在整个试样表面辐射强度的变化不应超过±10%，也可选用其他辐射强度范围，但应在报告中注明。（辐射强度参照GB/T 16422.2-2014所述）

暴露周期	辐照度（宽带）	辐照度（窄带）
持续干燥（模拟室内）	50±2 W/m²@300~400nm	1.10±0.02 W/m²@420nm

7.2 条件 2. 黑板温度范围

黑板温度是指在黑板表面所测得的温度，它表示试样表面可能达到的最高温度。较浅色的试样和易于从背面散热的较薄试样，其表面温度较低。

根据材料的特性和应用场合，黑板温度可选用 $63\pm 3^{\circ}\text{C}$ 、 $45\pm 3^{\circ}\text{C}$ 或其他温度，但应在报告中注明。

### 7.3 条件 3. 相对湿度范围

根据材料和使用环境，可不管控相对湿度范围，也可选用20%-35%、45%-60%或80%-95%，但应在报告中注明。

## 8 试验步骤

### 8.1 氙灯试验开始前的准备工作

#### 8.1.1 辐射强度的测定：（辐射强度的测定是基于 JJF 1525-2015 标准中的定量）

- a) 开启老化装置氙灯光源，预热 5min；
- b) 重复测量三次，分别记录辐射强度值  $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ ，并计算平均值作为标准的辐射强度  $E_n$ 。计算公式： $E_n = (E_1 + E_2 + E_3) / 3$ 。

#### 8.1.2 样品的准备：

- a) 参照 5 试样，制备试验样品。
- b) 针对每份样品，用万用表测量每个通道两端的电阻值，并做好数值记录。
- c) 针对每份样品，去除 OCA 离型膜和导电膜非导电面的保护膜，置于光学测试分析仪器中测试初始透光率、 $b^*$ 等参数，并做好数值记录。光学测试完成后，再覆上原有的 OCA 离型膜和保护膜。

### 8.2 加速老化

- 8.2.1 已记录数值的样品应放置在试样架上并静置于氙灯箱中，开启氙灯并调节辐照强度至指定要求（参照 7.1）。
- 8.2.2 开启温度调控装置，设定至指定温、湿度（参照 7.2、7.3）。
- 8.2.3 开始加速老化试验，记录试验开始时间。

### 8.3 试验后进行性能测定

按预定试验周期从试验箱中取出试样进行各项性能的测定，包括外观测试、电学测试和光学测试。

- 8.3.1 外观测试：用目测或仪器检测试样表面，评定暴露后试样表面颜色或其他外观变化。
- 8.3.2 电学测试：使用仪器检测试样的电学性能，根据电学性能的测定数据进行反馈。
- 8.3.3 光学测试：使用仪器检测试样的光学性能，根据光学性能的测定数据进行反馈。

## 9 试验结果分析

### 9.1 试验数据

参见附录表A、B

### 9.2 试验数据的判断标准

- a) 试验过程中，10 天的电阻变化率在 $\pm 10\%$ 以内。  
(计算公式：电阻变化率= (实验后电阻-实验前电阻)/实验前电阻\*100%)
- b) 试验过程中，10 天的  $b^*$  的变化率在 $\pm 10\%$ 以内。  
(计算公式：  $b^*$  变化量= (实验后  $b^*$ -实验前  $b^*$ )/实验前  $b^*$ \*100%)
- c) 试验过程中，10 天的透光率的变化率在 $\pm 2\%$ 以内。  
(计算公式：透光率变化率= (实验后透光率值-实验前透光率值)/实验前透光率值\*100%)

以上为建议值，本文件不做强制规定。

## 10 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- 10.1 试验目的和要求；
- 10.2 试样的描述：名称、规格、数量；
- 10.3 试样的接收日期、分析报告的日期；
- 10.4 试验设备及试验条件
  - a) 试验箱型号、氙灯型号和过滤光罩的类型

- b) 辐射强度、黑板温度和相对湿度
- c) 辐射量、波长范围
- d) 老化试验时间

10.5 试验数据、分析结果、试验中的异常现象和必要的说明；

10.6 检测人签字、分析报告负责人签字；

10.7 分析报告的唯一编号。

## 附录 A

(规范性附录)

## 10 天 (240h) 实验数据记录表

1. 样品为：导电膜 25Ω+通道+3M 8146-5 OCA，分别准备三片，计作样品 1、样品 2、样品 3。环境条件：温度 67℃，相对湿度 28%-35%。未经过氙灯老化试验前，相应数值记录如下：

样品	$b^*$	T/%	电阻平均值/kΩ
样品 1	2.78	88.59	5.08
样品 2	2.80	88.27	5.02
样品 3	2.79	88.29	5.14

2. 样品为：上述样品 1、样品 2、样品 3。环境条件：温度 67℃，相对湿度 28%-35%。经过 10 天 (240h) 氙灯老化试验后，相应数值记录如下：

样品	$b^*$	T/%	电阻平均值/kΩ
样品 1	2.81	87.57	5.20
样品 2	2.74	87.67	5.28
样品 3	2.72	87.57	5.20

试验前后样品的特性变化量：

样品	$\Delta b^*$	$\Delta T/\%$	电阻均值变化量/kΩ
样品 1	0.03	-1.02	0.12
样品 2	-0.06	-0.60	0.26
样品 3	-0.07	-0.72	0.06

试验前后样品的特性变化率：

样品	$\Delta b^*$	$\Delta T/\%$	电阻均值变化率/%
样品 1	0.01	-0.01	2.36
样品 2	-0.02	-0.01	5.18
样品 3	-0.03	-0.01	1.17

## 附录 B

(规范性附录)

10 天 (240h) 实验数据记录表

1. 样品为：试验搭配辅材 OCA（厚度 125 $\mu\text{m}$ ），准备三片，计作样品 1、样品 2、样品 3。环境条件：温度 67 $^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 28%-35%。未经过氙灯老化试验前，其相关性能数据记录如下：

样品	$b^*$	T/%
样品 1	0.13	91.36
样品 2	0.10	91.27
样品 3	0.15	91.37

2. 样品为：上述搭配辅材 OCA 样品 1、样品 2、样品 3。环境条件：温度 67 $^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 28%-35%。经过 10 天 (240h) 氙灯老化试验后，其相关性能数据记录如下：

样品	$b^*$	T/%
样品 1	0.15	91.07
样品 2	0.11	91.34
样品 3	0.18	91.36

试验前后OCA的特性变化量：

样品	$b^*$	T/%
样品 1	0.02	-0.29
样品 2	0.01	0.07
样品 3	0.03	-0.01