

T/BDSA

深圳市商用显示系统产业促进会团体标准

T/BDSA 6—2024

基于纳米银线透明电极的电容式触摸屏技术规范

Technical specification of capacitive touch screen based on silver nanowire transparent electrode

2024 - 04 - 07 发布

2024 - 06 - 10 实施

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 缩略语.....	3
5 技术要求.....	3
6 检测方法.....	6
7 检验规则.....	16
8 标志、标签、包装、运输和贮存.....	17
9 使用中的注意事项.....	18
参考文献.....	19

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由深圳市商用显示系统产业促进会提出并归口。

本文件牵头起草单位：苏州诺菲纳米科技有限公司、天津宝兴威科技股份有限公司、江苏纳美达光电科技有限公司。

本文件主要起草单位：重庆烯宇新材料科技有限公司、深圳市南泉电子科技有限公司、深圳益实科技有限公司、深圳市天成照明有限公司。

本文件主要起草人：潘克菲、贺强、高倩玉、司荣美、刘改勤、刘腾蛟、苏燕平、周明、甘李、李泉江、钱俊、林坚耿、熊艳霞。

本文件为首次发布。

基于纳米银线透明电极的电容式触摸屏技术规范

1 范围

本文件描述了基于纳米银线透明电极的电容式触摸屏的术语与定义、技术要求、检测方法、检验规则、标志、标签、包装、运输和贮存等。

本文件适用于基于纳米银线透明电极的电容式触摸屏，基于其他透明电极的电容式触摸屏也可参照本文件执行。

注：在不引起混淆的情况，“基于纳米银线透明电极的电容式触摸屏”简称为“纳米银电容屏”。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 4943.1 音视频信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求 (GB 4943.1—2022, IEC 62368-1:2018, MOD)

GB/T 2410 透明塑料透光率和雾度的测定

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限 (AQL) 检索的逐批检验抽样计划 (GB/T 2828.1—2012, ISO 2859-1:1999, IDT)

GB/T 26125 电子电气产品 六种限用物质（铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚）的测定 (GB/T 26125—2011, IEC 62321:2008, IDT)

GB/T 29786 电子电气产品中邻苯二甲酸酯的测定 气相色谱-质谱联用法

GB/T 37861 电子电气产品中卤素含量的测定 离子色谱法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电容式触摸屏 capacitive touch panel

通过触摸物与触摸屏面板上透明的导电材料形成的电容变化来感应位置的人机交互装置。

3.2

纳米银线 silver nanowire

由单质银材料组成的纳米线。

注：也可称为银纳米线。

3.3

纳米银线透明电极 silver nanowire transparent electrode

基于纳米银线制成的具有一定可见光波段透光率的电极。

3.4

功能片 functional film

纳米银电容屏中用来实现触摸感应的柔性部件。

注：也可称为纳米银电容屏的触摸传感器层。

3.5

柔性线路板 flexible printed circuit

以聚酰亚胺或聚酯薄膜为基材制成的一种具有高度可靠性、绝佳可挠性的印刷电路板。

注：在纳米银电容屏中一般用于功能片与触控板卡的连接。

3.6

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。

[来源：GB/T 2410—2008，3.2]

3.7

雾度 haze

透过试样而偏离入射光方向 2.5° 以上的散射光通量与透射光通量之比，用百分数表示。

3.8

a*值 a* value

CIELAB颜色空间坐标系中的色品坐标，用于表征试样的红绿色度（ $a^*>0$ 表示红色系， $a^*<0$ 表示绿色系）。

注：CIELAB颜色空间定义参考GB/T 2900.65—2023，845—23—076。

3.9

b*值 b* value

CIELAB颜色空间坐标系中的色品坐标，用于表征试样的黄蓝色度（ $b^*>0$ 表示黄色系， $b^*<0$ 表示蓝色系）。

3.10

灵敏度 sensitive

正常点击交互操作时，触摸屏可响应的最小触摸物直径。

3.11

准确度 accuracy

触摸物在触摸屏上进行点击操作时，输出的触摸坐标与实际触摸位置（物理坐标）之间的偏差。

3.12

线性度 linearity

触摸物在触摸屏上按照规定路径进行划线操作时，输出的报点位置轨迹与实际划线物理位置轨迹之间的偏差。

3.13

抖动值 jitter

多次点击触摸屏同一个位置时，每次输出坐标之间的最大偏移误差。

3.14

报点率 report rate

正常点击交互操作时，触摸屏在单位时间内，所能够提供的最大有效报点数据的数量。

3.15

触摸高度 touch height

触摸物接近触摸屏过程中，触摸屏可识别触摸坐标时，触摸屏与触摸物的最大垂直距离。

3.16

最小触摸间距 minimum separation distance

两个触摸物在触摸屏上同时正常点击交互操作时，可识别为两点时触摸物之间的最小距离。

3.17

响应时间 response latency

正常点击或划线交互操作时，触摸物接触实际触摸位置时刻与输出该坐标时刻的时间间隔。

3.18

触摸点数 touch points

正常点击交互操作时，触摸屏可以及时、稳定、精准地响应的最大触摸物数量。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CG	玻璃盖板	(cover glass)
CTP	电容式触摸屏	(capacitive touch panel)
ESD	抗静电	(electro-static discharge)
FF	功能片	(functional film)
FPC	柔性线路板	(flexible printed circuit)

5 技术要求

5.1 外观要求

纳米银电容屏常见的外观要求见表1。

表1 外观要求

序号	项目	指标	允收数
1	点状缺陷 (异物、气泡、凹痕、刺伤等) -32英寸及以下纳米银电容屏	$D \leq 0.3\text{mm}$	不计
		$0.3\text{mm} < D \leq 0.5\text{mm}$	≤ 3
		$0.5\text{mm} < D \leq 0.8\text{mm}$	≤ 1
		$D > 0.8\text{mm}$	0
	点状缺陷 (异物、气泡、凹痕、刺伤等) -32英寸以上纳米银电容屏	$D \leq 0.5\text{mm}$	不计
		$0.5\text{mm} < D \leq 1.0\text{mm}$	≤ 3
		$1.0\text{mm} < D \leq 1.2\text{mm}$	≤ 1
		$D > 1.2\text{mm}$	0
2	线状缺陷 (异物、划伤、擦痕等) -32英寸及以下纳米银电容屏	$W \leq 0.08\text{mm}$	不计
		$0.08\text{mm} < W \leq 0.1\text{mm}, L \leq 10\text{mm}$	≤ 3
		$0.1\text{mm} < W \leq 0.15\text{mm}, L \leq 10\text{mm}$	≤ 1
		$W > 0.15\text{mm}$ 或 $L > 10\text{mm}$	0
	线状缺陷 (异物、划伤、擦痕等) -32英寸以上纳米银电容屏	$W \leq 0.1\text{mm}$	不计
		$0.1\text{mm} < W \leq 0.15\text{mm}, L \leq 25\text{mm}$	≤ 3
		$0.15\text{mm} < W \leq 0.25\text{mm}, L \leq 25\text{mm}$	≤ 1
		$W > 0.25\text{mm}$ 或 $L > 25\text{mm}$	0
3	边缘不良 (崩角、崩边、毛边等)	$W > 0.6\text{mm}$ 或 $L > 1.0\text{mm}$	0

表1 外观要求（续）

序号	项目	指标	允收数
4	边缘裂痕	\	0
5	条纹、折痕、压痕等	贴合后可见	0
6	FPC不良	撕裂、分层、剥离	0
		大面积色差、污染	0
		金手指表面氧化、污染、折断	0
7	FPC绑定偏位	上下偏移：超出单个引脚宽度	0
		左右偏移：超过单个引脚有效接触宽度的50%	0
8	不良间距	$\geq 20\text{mm}$	\
9	总缺陷数量	≤ 10	\

注：D表示直径，W表示宽度，L表示长度。

5.2 光学性能要求

无特殊功能层的纳米银电容屏功能片视窗区的光学性能要求见表2，具有其他功能层（例如：防眩光，防反射等）产品的光学性能要求依功能层而定。

表2 视窗区光学性能要求

序号	项目	单位	要求
1	透光率 @550nm (纳米银面电阻 $> 30 \Omega/\square$)	%	≥ 83
	透光率 @550nm (纳米银面电阻 $\leq 30 \Omega/\square$)	%	≥ 80
2	雾度	%	≤ 6
3	a*值	\	-3~3
4	b*值	\	-3~7

5.3 电气性能要求

电气性能是指触摸屏中收发电路（RX和TX）的电参数，纳米银电容屏的电气性能要求见表3，可针对指定产品定义其参数范围。也可以采用传感器采样数据作为纳米银电容屏电气性能指标评价的依据。

表3 电气性能要求

序号	项目	单位	要求	备注
1	功耗电流	mA	工作状态： ≤ 600 (USB=5V)	满足用户或《使用说明书》指定要求
2	通道绝缘电阻	M Ω	≥ 200	
3	通道电阻变化率	%	≤ 30	符合产品设计上下限，且差值符合要求
4	节点电容变化率	%	≤ 30	符合产品设计上下限，且差值符合要求

5.4 触摸性能要求

触摸性能是指在触摸屏上点击或划线时，屏幕对上述动作所做的反馈，纳米银电容屏的触摸性能要求见表4。

表4 触摸性能要求

序号	项目		单位	要求
1	灵敏度	中间区域	mm	$\leq \Phi 6$ (铜柱)
		边缘区域	mm	$\leq \Phi 6$ (铜柱)
2	准确度	中间区域	mm	≤ 2.0
		边缘区域	mm	≤ 2.5
3	线性度	中间区域	mm	≤ 2.0
		边缘区域	mm	≤ 2.5
4	抖动值	中间区域	mm	≤ 0.5
		边缘区域	mm	≤ 1.0
5	报点率		Hz	≥ 100
6	触摸高度		mm	≤ 1
7	最小触摸间距		mm	≤ 10
8	响应时间		ms	≤ 10
9	可识别的最大触摸点数		点	≥ 5

5.5 机械性能要求

纳米银电容屏的机械性能要求见表5。

表5 机械性能要求

序号	项目	条件	要求
1	背面表面能	背面水接触角	$\leq 90^\circ$
		背面达因值	≥ 32
2	功能片耐弯折	弯曲半径 $\Phi 5\text{mm}$, 1s/次, 50000次	产品无裂纹, 触摸和电气性能测试无异常
3	含CG产品 表面铅笔硬度	7H铅笔, 负重500g, 角度 45° , 同一产品不同位置划线5次, 划线长度 $\geq 7\text{mm}$	目视产品表面无划伤

注：背面表面能的两项要求选择其中一项测试即可。

5.6 抗静电性能要求

纳米银电容屏的抗静电性能要求见表6。

表6 抗静电性能要求

序号	项目	条件	要求
1	空气放电	$\pm 8\text{kV}$, 9个放电点, 10次/点	(1) 无外观不良; (2) ESD放电测试完成后, 触摸和电气性能测试无异常; (3) ESD放电后无跳点现象, 允许放电过程中有跳点, 但放电完成1s内恢复正常。
2	接触放电	$\pm 6\text{kV}$, 12个放电点, 10次/点	(1) 无外观不良; (2) ESD放电测试完成后, 触摸和电气性能测试无异常; (3) ESD放电后无跳点现象, 允许放电过程中有跳点, 但放电完成1s内恢复正常。

5.7 可靠性与环境适应性要求

可靠性是指触摸屏产品可以保证无故障正常工作的时间或正确的动作执行次数,以产品寿命指标衡量;环境适应性是指触摸屏产品在其寿命周期内,在预计可能遇到的各种环境作用下,能够实现预期功能和性能指标,或产品不被破坏的能力。纳米银电容屏的可靠性与环境适应性要求见表7。

表7 可靠性与环境适应性要求

序号	项目	条件	要求
1	高温贮存	80℃, 500小时	触摸和电气性能测试无异常,外观符合表1的要求。
2	低温贮存	-40℃, 500小时	
3	高温高湿贮存	85℃, 85%RH, 240小时	
4	冷热冲击	单个循环条件: -30℃~70℃, 高低温各保持30min, 高低温转换时间5min 循环次数: 100次	
5	盐雾	35℃, 5% NaCl溶液, 16小时喷淋	
6	高温工作	70℃, 240小时, 触控板卡通电	
7	低温工作	-30℃, 240小时, 触控板卡通电	
8	高温高湿工作	60℃, 90%RH, 240小时, 触控板卡通电	
9	氙灯老化	1.10W/m ² @420nm, 63℃, 60%RH, 240小时	
10	高压测试	60℃, 90%RH, 24小时, 单/双数通道分别以0V/32V直流上电驱动	
11	寿命	含CG产品: 划线点击循环操作, 持续100000次 不含CG产品: 划线点击循环操作, 持续50000次	

5.8 安全性与环保要求

纳米银电容屏的安全性环保要求见表8。

表8 安全性与环保要求

序号	项目	要求	
1	安全性要求	符合GB 4943.1的有关规定	
2	环保要求	铅(Pb)	限量要求: 质量分数≤0.1%
		镉(Cd)	限量要求: 质量分数≤0.01%
		汞(Hg)	限量要求: 质量分数≤0.1%
		六价铬(Cr VI)	限量要求: 质量分数≤0.1%
		多溴联苯(PBBs)	限量要求: 质量分数≤0.1%
		多溴二苯醚(PBDEs)	限量要求: 质量分数≤0.1%
		氯(Cl)	限量要求: 质量分数<0.1%
		溴(Br)	限量要求: 质量分数<0.1%
		溴(Br)+氯(Cl)	限量要求: 质量分数<0.15%
		邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)	限量要求: 质量分数≤0.1%
		邻苯二甲酸丁苯酯(BBP)	限量要求: 质量分数≤0.1%
		邻苯二甲酸二丁酯(DBP)	限量要求: 质量分数≤0.1%
		邻苯二甲酸二异丁酯(DIBP)	限量要求: 质量分数≤0.1%

6 检测方法

6.1 检测环境

温度： $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$ ，相对湿度： $(50 \pm 20)\%$ ，大气压力： $86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$ 。

6.2 外观检验

纳米银电容屏外观的检验方法如下：

- a) 检验环境：光源 $600 \text{ lux} \sim 1200 \text{ lux}$ ，四周为黑色背景；
- b) 检验距离：目视距离 $50 \text{ cm} \sim 100 \text{ cm}$ ；
- c) 检验角度：目视角度为 $45^\circ \sim 90^\circ$ ；
- d) 检验方法：检验人员不可触摸可视区，目视检查产品各个面及边缘，发现缺陷后，依照表 1 的管控项目测量相应缺陷的直径、长度、宽度等。

6.3 光学性能测量

6.3.1 透光率、雾度测量

透光率、雾度的测量方法如下：

- a) 使用积分球式分光光度计或雾度仪，在测试前对仪器进行校正；
- b) 将纳米银电容屏正面（即用户操作面）的视窗区域朝向测试仪器的出光口，操作仪器进行测试，输出透光率值和雾度值；

注：如果纳米银电容屏尺寸无法放入测试槽中，可替换成光学性能相同的平面试验片进行测量。

- c) 每个样品测试 5 次，分别计算透光率、雾度的平均值。

6.3.2 a*值、b*值测量

a*值、b*值的测量方法如下：

- a) 使用分光测色仪，在测试前对仪器进行校正；
- b) 将纳米银电容屏正面（即用户操作面）的视窗区域朝向分光测色仪的出光口，操作仪器进行测试，输出 a*值和 b*值；

注：如果纳米银电容屏尺寸无法放入测试槽中，可替换成光学性能相同的平面试验片进行测量。

- c) 每个样品测试 5 次，分别计算 a*、b*的平均值。

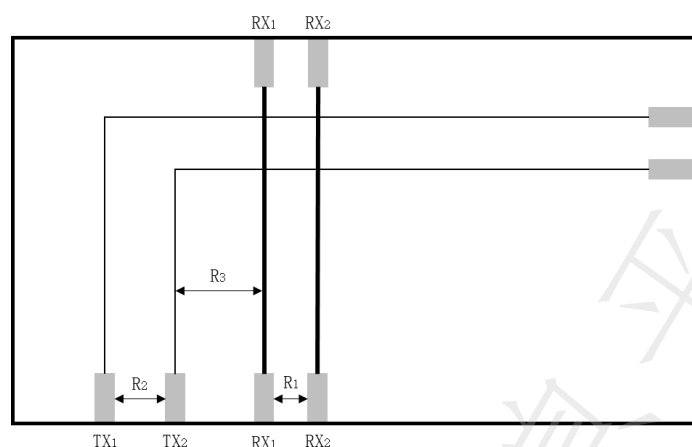
6.4 电气性能检测

6.4.1 功耗电流检测

纳米银电容屏采用相应的产品触控板卡连接测试电脑，使产品处于上电状态，将毫安级的功耗测量设备测试产品的功耗电流。取全部测试结果的最大值为该产品的功耗电流值。

6.4.2 通道绝缘电阻检测

采用合适的仪表测量纳米银电容屏各通道间的绝缘电阻值，包含RX两通道之间绝缘电阻值、TX两通道之间绝缘电阻值、RX和TX两通道之间绝缘电阻值。测试示意图参考图1。取各测试结果的最小值为该产品的通道绝缘电阻值。



图中：

R_1 —RX两通道之间的绝缘电阻；

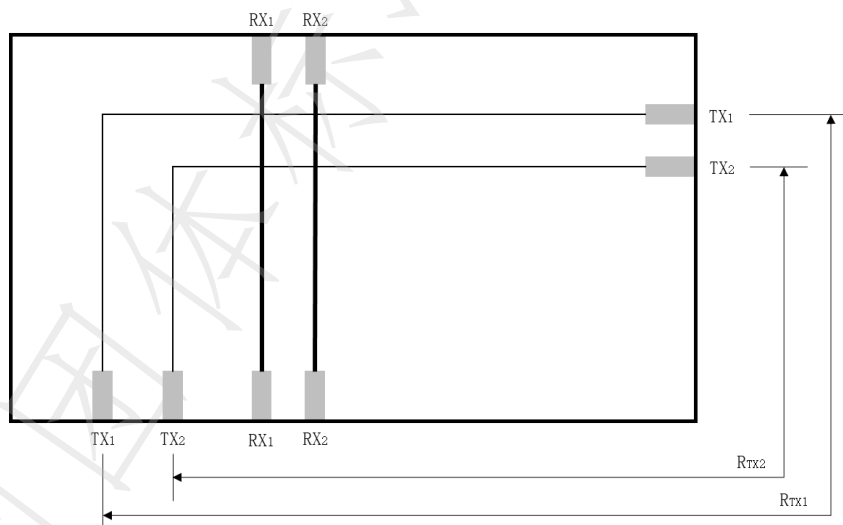
R_2 —TX两通道之间的绝缘电阻；

R_3 —RX和TX两通道之间的绝缘电阻。

图 1 通道绝缘电阻测试示意图

6.4.3 通道电阻检测

采用合适的仪表测量纳米银电容屏RX和TX各通道的通道电阻值，测试示意图参考图2。计算各测试结果与设计要求的目标值的偏差，取绝对值，用其中的最大值来计算该产品通道电阻变化率。确保专用FPC绑定完好，使用配套软件测试，也可以采用相应的测试数据进行该指标的检测评价。



图中：

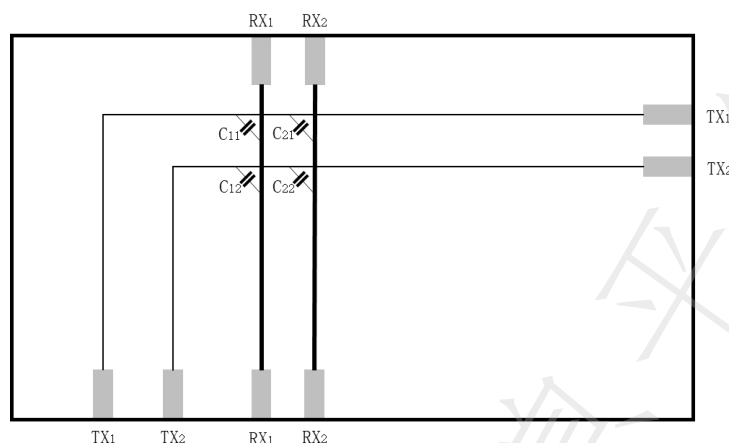
R_{rx1} —TX₁通道的通道电阻；

R_{rx2} —TX₂通道的通道电阻。

图 2 通道电阻测试示意图

6.4.4 节点电容检测

采用合适的仪表测量纳米银电容屏各节点的电容值，测试示意图参考图3。计算各测试结果与设计要求的目标值的偏差，取绝对值，用其中的最大值目标值偏差的绝对值，取其中的最大值用来计算该产品节点电容变化率。确保专用FPC绑定完好，使用配套软件测试，也可以采用相应的测试数据进行该指标的检测评价。



图中：

C_{11} —RX₁和TX₁节点的电容；

C_{12} —RX₁和TX₂节点的电容；

C_{21} —RX₂和TX₁节点的电容；

C_{22} —RX₂和TX₂节点的电容。

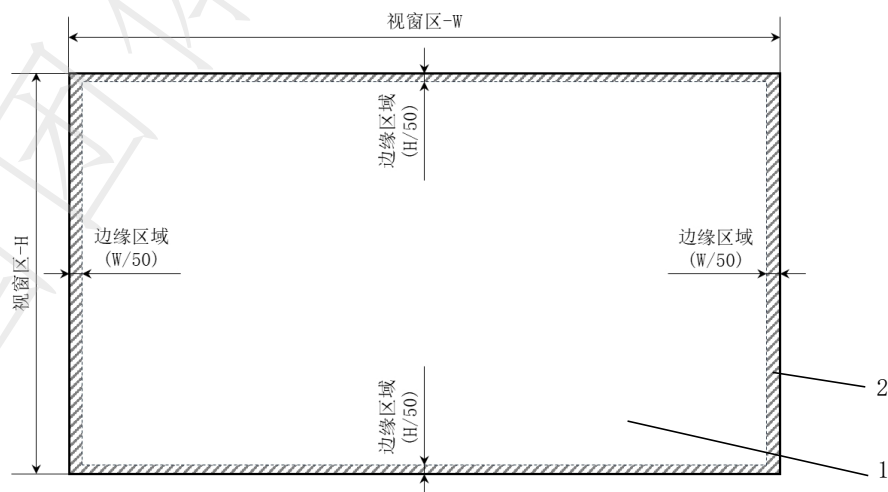
图 3 节点电容测试示意图

6.5 触摸性能测试

6.5.1 灵敏度测试

纳米银电容屏灵敏度的测试方法如下：

- 纳米银电容屏采用相应的触控板卡连接测试电脑后，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 从粗到细依次使用 $\Phi 10\text{mm}$ 、 $\Phi 9\text{mm}$ 、..... $\Phi 1\text{mm}$ 的铜柱，分别固定到机械臂上（铜柱需要接地），铜柱垂直于触摸面，铜柱靠近触摸面的圆形截面和触摸面起始距离至少 10mm ，通过机械臂垂直下落，直到铜柱圆形截面和触摸面接触，按设置速度进行划线，划线长度 $\geq 500\text{mm}$ 。
- 按照以上步骤，在中间区域及边缘区域，分别进行划线测试，测试得出划线无断线的最小铜柱直径，即为相应区域的灵敏度（单位： mm ）。中间区域和边缘区域示意图参考图 4，划线示意图参考图 5。



图中：

1—中间区域；

2—边缘区域。

图 4 中间区域和边缘区域示意图

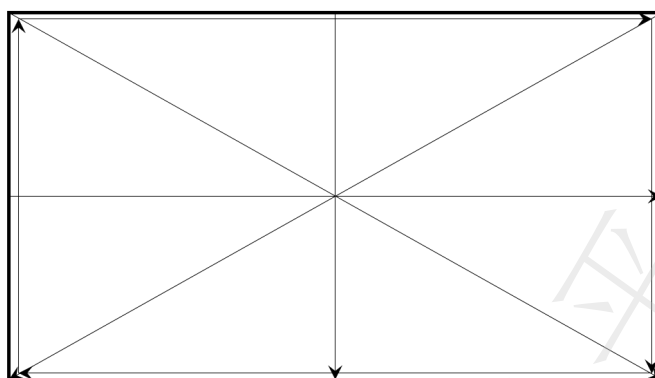


图5 划线示意图

6.5.2 准确度测试

纳米银电容屏准确度的测试方法如下：

- 纳米银电容屏采用相应的触控板卡连接测试电脑后，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 将一个直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的铜柱固定于机械臂上（铜柱需要接地），铜柱垂直于触摸面，铜柱靠近触摸面的圆形截面和触摸面起始距离至少 10mm ，通过机械臂垂直下落，直到铜柱圆形截面和触摸面接触，在样品上按设置的13个点位置依次打点，每个位置上点击5次，打点位置示意图参考图6，记录输出的坐标数据。
- 每个位置上，计算输出坐标与物理坐标的最大差值，即为该位置的准确度（单位： mm ）。
- 中间区域各个点准确度的最大值即为中间区域准确度，边缘区域各个点准确度的最大值即为边缘区域准确度。

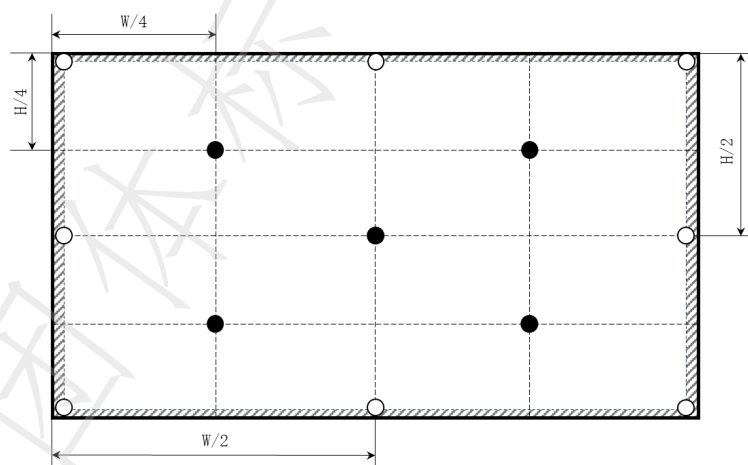


图6 打点位置示意图

注：其中“●”的5个点为中间区域点，其余“○”的8个点为边缘区域点。

6.5.3 线性度测试

纳米银电容屏线性度的测试方法如下：

- 纳米银电容屏采用相应的触控板卡连接测试电脑后，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 将一个直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的铜柱固定于机械臂上（铜柱需要接地），铜柱垂直于触摸面，铜柱靠近触摸面的圆形截面和触摸面起始距离至少 10mm ，通过机械臂垂直下落，直到铜柱圆形截面和触摸面接触，按设置速度进行划线。
- 按照以上步骤，在中间区域及边缘区域，分别进行划线测试，划线示意图参考图5，计算输出报点坐标与实际划线物理位轨迹之间的最大距离，即为该区域的线性度（单位： mm ）。

6.5.4 抖动值测试

纳米银电容屏线性度的测试方法如下：

- 纳米银电容屏采用相应的触控板卡连接测试电脑后，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 将一个直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的铜柱固定于机械臂上（铜柱需要接地），铜柱垂直于触摸面，铜柱靠近触摸面的圆形截面和触摸面起始距离至少 10mm ，通过机械臂垂直下落，直到铜柱圆形截面和触摸面接触，在样品上按设置的13个点位置依次打点，每个位置上点击5次，打点位置示意图参考图6，记录输出的坐标数据。
- 每个位置上，计算输出坐标X和Y方向的最大差值，其中较大者为该位置点的抖动值（单位： mm ）。
- 中间区域各个点抖动值的最大值即为中间区域抖动值，边缘区域各个点抖动值的最大值即为边缘区域抖动值。

6.5.5 报点率测试

纳米银电容屏报点率的测试方法如下：

- 纳米银电容屏采用相应的触控板卡连接测试电脑后，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 将一个直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的铜柱固定于机械臂上（铜柱需要接地），铜柱垂直于触摸面，铜柱靠近触摸面的圆形截面和触摸面起始距离至少 10mm ，通过机械臂垂直下落，直到铜柱圆形截面和触摸面接触，通过测试设备软件窗口读取报点率数据并记录。
- 按照以上步骤，在九宫格的各个中心区域上，分别进行测试，每个区域测试5次，全部测试数据的平均值即为纳米银电容屏的报点率（单位： Hz ）。九宫格位置示意图参考图7。

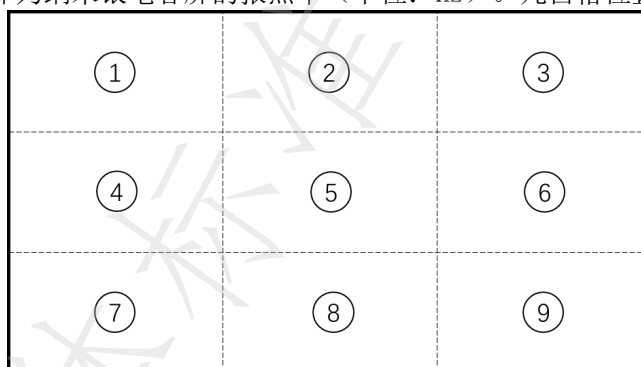


图7 九宫格位置示意图

6.5.6 触摸高度测试

纳米银电容屏触摸高度的测试方法如下：

- 纳米银电容屏采用相应的触控板卡连接测试电脑后，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 将一个直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的铜柱固定于机械臂上（铜柱需要接地），铜柱靠近触摸面的圆形截面和触摸面的起始距离至少 15mm ，通过机械臂垂直下落，根据报点情况按合适的步进增加或减小，直到测出屏幕有反应的最大距离并记录。
- 按照以上步骤，在九宫格的各个中心区域上，分别进行测试，全部点上述最大距离的平均值，即为纳米银电容屏的触摸高度（单位： mm ）。九宫格位置示意图参考图7。

6.5.7 最小触摸间距测试

纳米银电容屏最小触摸间距的测试方法如下：

- 纳米银电容屏采用相应的触控板卡连接测试电脑后，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 使用两个直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的铜柱分别固定于机械臂上（铜柱需要接地），铜柱垂直于触摸面，铜柱靠近触摸面的圆形截面和触摸面起始距离至少 10mm ，调整到默认设置的间距距离，通过机械臂垂直下落，直到两铜柱的圆形截面都和触摸面接触，开始按设置速度进行无断线划线的同时相向移动，当系统识别的触摸点数刚好由2个变为1个时，记录此时两个铜柱间的距离。
- 按照以上步骤，分别在长边、宽边和对角方向进行测试，并记录两个铜柱间的距离，其中的最大值即为纳米银电容屏的最小触摸间距（单位： mm ）。

6.5.8 响应时间测试

纳米银电容屏响应时间的测试方法如下：

- 纳米银电容屏采用相应的触控板卡连接测试电脑后，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 将一个直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的铜柱固定于机械臂上（铜柱需要接地），铜柱垂直于触摸面，铜柱靠近触摸面的圆形截面和触摸面起始距离至少10mm，通过机械臂垂直下落，直到铜柱圆形截面和触摸面接触，测量铜柱实际接触触摸面的时间点和从触控板卡通讯端口发出中断信号的时间点，计算两者之间的时间差。
- 按照以上步骤，在九宫格的各个中心点上，分别进行测试，计算各点的时间差，取全部点上上述时间差的最大值，即为纳米银电容屏的响应时间（单位：ms）。相关示意图参考图8。

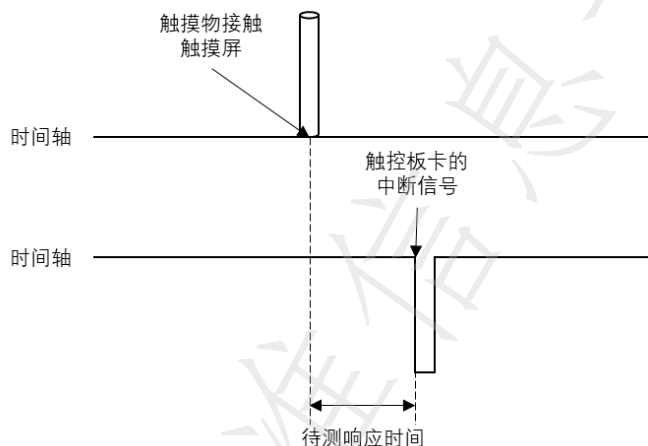


图8 响应时间测试示意图

6.5.9 可识别的最大触摸点数测试

纳米银电容屏可识别的最大触摸点数的测试方法如下：

- 纳米银电容屏采用相应的触控板卡连接测试电脑后，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 在纳米银电容屏上有效显示区域内进行多指同时划线或任意图形动作（各个手指间距需大于等于最小触摸间距，且手指完全和样品接触），划线长度 $\geq 500\text{mm}$ 。
- 检查记录按划线轨迹显示出的线条数量，划线无断线的最多测试指数即为可识别的最大触摸点数（单位：点）。

6.6 机械性能测试

6.6.1 背面表面能测试

6.6.1.1 背面水接触角测试

测试前将纳米银电容屏背面擦拭干净，静置后，用水接触角测试仪进行测试。纳米银电容屏四个角和中心各测试1次，取各次测试的最大值为该产品的背面表面能数据。

注：如果纳米银电容屏尺寸无法放入测试平台，在不影响待测性能的情况下，可将需测试位置裁切成平面试验片进行测试。

6.6.1.2 背面达因值测试

测试前将纳米银电容屏背面擦拭干净，静置后，用达因笔进行测试。纳米银电容屏四个角和中心各测试1次，取各次测试的最大值为该产品的背面达因值数据。

注：如果纳米银电容屏尺寸无法放入测试平台，在不影响待测性能的情况下，可将需测试位置裁切成平面试验片进行测试。

6.6.2 功能片耐弯折测试

纳米银电容屏功能片的耐弯折性能的测试方法如下：

- 使用无尘布清洁待测样品及弯折板表面，将纳米银电容屏功能片正面朝上固定在弯折板上，设置弯折半径、单次弯曲周期时间、弯折次数等条件，开始往复弯折测试。采用单侧弯折板摆动的方式完成 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 的弯折测试，弯折方式示意图参考图 9，弯折路径示意图参考图 10。
- 若试验过程中出现试样脱落、窜动等情况，及时停机，重新固定试样并开始试验。
- 试验结束，将试样置于平铺状态下恢复 10min，观察试样外观损伤情况，若无损伤，再进行性能检测。

注：如果纳米银电容屏尺寸不便于测试，在不影响待测性能的情况下，可制成结构完全相同的平面试验片进行测试。

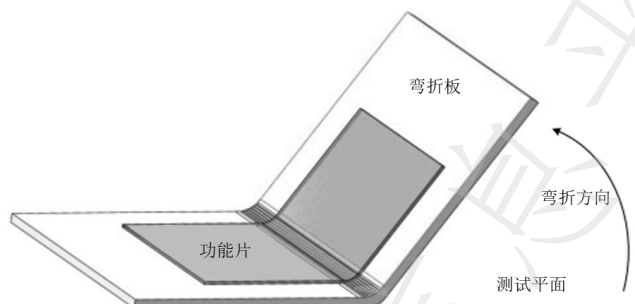


图 9 弯折方式示意图

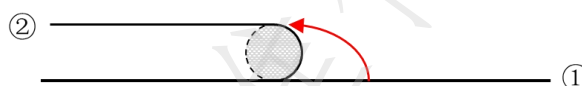


图 10 弯折路径示意图

6.6.3 含 CG 产品表面铅笔硬度测试

含CG的纳米银电容屏产品表面铅笔硬度的测试方法如下：

- 用削笔刀将 7H 铅笔的一端削去大约 5mm~6mm 的木头，留下原样光滑的圆柱形铅笔笔芯，垂直握住铅笔，与砂纸保持 90° 角在砂纸上前后移动铅笔，把笔芯尖端磨平（成直角）。持续移动铅笔直至获得一个平整光滑的圆形横截面，且边缘没有碎屑和缺口。

注：每次使用铅笔前都要重复这个步骤。

- 将待测样品放在水平的、稳固的表面上，将 7H 铅笔插入铅笔硬度计中并用夹子将其固定，使仪器保持水平，铅笔的尖端放在样品表面上，铅笔芯头部与待测表面成 45° 角接触，施加在铅笔芯头部的压力为 (500 ± 10) g，在同一产品不同位置划线 5 次，每次划线长度至少 7mm。
- 用橡皮或无尘布擦净表面上的铅笔芯碎屑，日光灯下，距离 30cm 目视检查表面有无划痕。

注：如果纳米银电容屏尺寸不便于测试，在不影响待测性能的情况下，可制成结构完全相同的平面试验片进行测试。

6.7 抗静电性能测试

6.7.1 空气放电测试

纳米银电容屏空气放电测试方法如下：

- 将纳米银电容屏正面朝上放置在静电测试平台上，采用相应的触控板卡连接测试电脑，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 将 ESD 静电测试仪调整为空气放电模式，电压值调整为 ± 8 kV，纳米银电容屏视窗区九宫格的中心点为测试点，使用 ESD 静电测试仪进行空气放电，每一个点放电 10 次，ESD 空气放电测试位置示意图参考图 11。
- 在放电过程中确认画图界面是否有出现误报点现象，放电完成后进行性能检测。

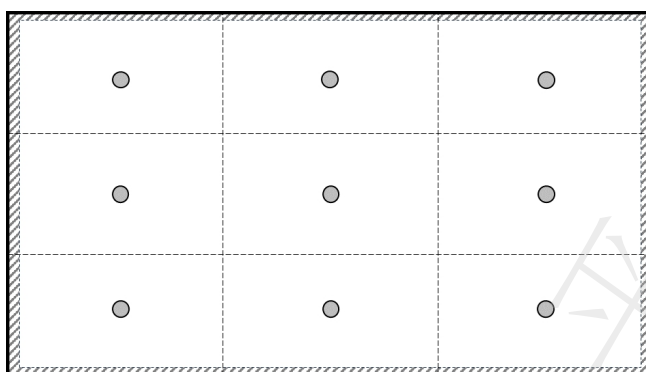


图 11 ESD 空气放电测试位置示意图

6.7.2 接触放电测试

纳米银电容屏接触放电测试方法如下：

- 将纳米银电容屏正面朝上放置在静电测试平台上，采用相应的触控板卡连接测试电脑，在电脑上运行支持多点划线的画图软件。
- 将 ESD 静电测试仪调整为接触放电模式，电压值调整为 $\pm 6\text{kV}$ ，纳米银电容屏边缘长宽三等分点为测试点，使用 ESD 静电测试仪进行接触放电，每一个点放电 10 次，ESD 接触放电测试位置示意图参考图 12。
- 在放电过程中确认画图界面是否有出现误报点现象，放电完成后进行性能检测。

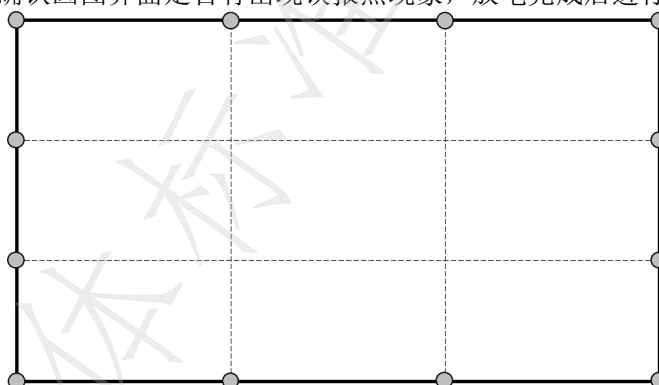


图 12 ESD 接触放电测试位置示意图

6.8 可靠性与环境适应性测试

6.8.1 高温贮存试验

纳米银电容屏高温贮存试验方法如下：

- 将无包装、不上电的纳米银电容屏放入高温试验箱内，温度设置为 $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，存放 500 小时。
- 取出产品，在常温下恢复 2 小时后进行外观检验和性能检测。

6.8.2 低温贮存试验

纳米银电容屏低温贮存试验方法如下：

- 将无包装、不上电的纳米银电容屏放入低温试验箱内，温度设置为 $(-40 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，存放 500 小时。
- 取出产品，在常温下恢复 2 小时后进行外观检验和性能检测。

6.8.3 高温高湿贮存试验

纳米银电容屏高温高湿贮存试验方法如下：

- 将无包装、不上电的纳米银电容屏放入高温高湿试验箱内，温度设置为 $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，湿度设置为 $(85 \pm 3)\% \text{RH}$ ，存放 240 小时。

- b) 取出产品，在常温下恢复 2 小时后进行外观检验和性能检测。

6.8.4 冷热冲击试验

纳米银电容屏冷热冲击试验方法如下：

- a) 将无包装、不上电的纳米银电容屏放入冷热冲击试验箱内，温度设置为低温阶段 $(-30\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、高温阶段 $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，每阶段停留 30 分钟，高低温转换时温度变化率 $>20^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ ，转换时间在 5 分钟以内，高低温转换一轮为一次循环，按上述条件连续循环 100 次。
- b) 取出产品，在常温下恢复 2 小时后进行外观检验和性能检测。

6.8.5 盐雾试验

纳米银电容屏盐雾试验方法如下：

- a) 将无包装、不上电的纳米银电容屏放入盐雾试验箱内，温度设置为 $(35\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，使用质量浓度为 $(5\pm 1)\%$ 、pH 为 6.5~7.2 的氯化钠溶液，连续喷雾 16h。
- b) 取出产品，在自来水下冲洗 5 分钟，然后用蒸馏水或去离子水冲洗，晃动或者用气流干燥去掉水滴，在常温下恢复 2 小时后进行外观检验和性能检测。

6.8.6 高温工作试验

纳米银电容屏高温工作试验方法如下：

- a) 将无包装、用相应触控板卡上电的纳米银电容屏放入高温试验箱内，温度设置为 $(70\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，存放 240 小时。
- b) 取出产品，在常温下恢复 2 小时后进行外观检验和性能检测。

6.8.7 低温工作试验

纳米银电容屏低温工作试验方法如下：

- a) 将无包装、用相应触控板卡上电的纳米银电容屏放入低温试验箱内，温度设置为 $(-30\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，存放 240 小时。
- b) 取出产品，在常温下恢复 2 小时后进行外观检验和性能检测。

6.8.8 高温高湿工作试验

纳米银电容屏高温高湿工作试验方法如下：

- a) 将无包装、用相应触控板卡上电的纳米银电容屏放入高温高湿试验箱内，温度设置为 $(60\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，湿度设置为 $(90\pm 3)\%RH$ ，存放 240 小时。
- b) 取出产品，在常温下恢复 2 小时后进行外观检验和性能检测。

6.8.9 氙灯老化试验

纳米银电容屏氙灯老化试验方法如下：

- a) 将无包装、用相应触控板卡上电的纳米银电容屏放入太阳辐射试验箱内，选用窗玻璃滤光器，辐照度设置为 $(1.10\pm 0.02)\text{W}/\text{m}^2@420\text{nm}$ ，黑板温度设置为 $(63\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，湿度设置为 $(60\pm 10)\%RH$ ，持续光照 240 小时。
- b) 取出产品，在常温下恢复 2 小时后进行外观检验和性能检测。

6.8.10 高压试验

纳米银电容屏高压试验方法如下：

- a) 将无包装、用相应的直流上电治具连接的纳米银电容屏放入高温高湿试验箱内，温度设置为 $(60\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，湿度设置为 $(90\pm 3)\%RH$ ，单/双数通道分别以 0V/32V 直流上电驱动，存放 24 小时。
- b) 取出产品，在常温下恢复 2 小时后进行外观检验和性能检测。

6.8.11 寿命测试

纳米银电容屏寿命测试方法如下：

- a) 按图 5（中间区域划线-边缘区域划线）-图 6（点击）的试验路线，划线和点击为一个循环，每个循环之间停止时间为 30 秒，重复进行 50000 或 100000 个循环。
- b) 循环操作完成后，进行外观检验和性能检测。

6.9 安全性与环保要求检测

6.9.1 安全性检测

依照GB 4943.1的有关规定进行检测。

6.9.2 环保要求检测

依照GB/T 26125、GB/T 29786和GB/T 37861中的相关规定进行检测。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品的检验分为型式检验、过程检验和出厂检验。

- a) 型式检验为产品开发试制过程中的检验，要针对产品规格进行全面的检测，其目的是确认产品设计、材料、工艺等方面的合理性，以保证产品量产时的品质稳定性。
- b) 过程检验是在产品生产过程中某个工艺环节所进行的检验，验证产品截至某个工艺流程完成时的品质状况，以便及早剔除品质异常的产品或及时发现前期工艺的异常并进行处理。
- c) 出厂检验是产品生产完成后，针对本生产批次产品进行的检验，确认本批次产品的品质状态。

7.2 型式检验

7.2.1 型式检验时机

型式检验一般定为每年进行一次，有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的首次批量生产时；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产时，定期或积累到一定产量后，应周期性进行一次检验；
- d) 产品长期停产后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- f) 国家有关机构提出进行型式检验的要求时。

7.2.2 型式检验项目

型式检验项目一般如下：

- a) 对于普通纳米银电容屏产品的型式检验，型式检验抽样检查应按 GB/T 2828.1 中的一般检验 II 级标准，正常一次抽样方案。型式检验应按表 9 中的检验项目进行。
- b) 对于特殊的纳米银电容屏产品，抽样数按设计大纲要求执行。

表 9 型式检验项目

序号	检验项目	要求	检验方法	是否需要检验
1	外观	表1	6.2	是
2	光学性能	表2	6.3	是
3	电气性能	表3	6.4	是
4	触摸性能	表4	6.5	是
5	机械性能	表5	6.6	是
6	抗静电性能	表6	6.7	是

表9 型式检验项目（续）

序号	检验项目	要求	检验方法	是否需要检验
7	可靠性与环境适应性	表7	6.8	是
8	安全性与环保	表8	6.9	是

7.3 过程检验

过程检验的检验项目和判别标准需要根据其在整体生产工艺流程做出的地位决定，一般按表10中的检验项目进行全检。

表10 过程检验项目

序号	检验项目	要求	检验方法	是否需要检验
1	外观	表1	6.2	是
2	光学性能	表2	6.3	是
3	电气性能	表3	6.4	是
4	触摸性能	表4	6.5	是
5	机械性能	表5	6.6	否
6	抗静电性能	表6	6.7	否
7	可靠性与环境适应性	表7	6.8	否
8	安全性与环保	表8	6.9	否

7.4 出厂检验

每批产品均需进行出厂检验。检验合格的，在出货标签上盖检验合格章后方可出厂。出厂检验样品在过程检验合格品中随机抽取。出厂检验抽样检查应按GB/T 2828.1中的一般检验Ⅱ级标准，正常一次抽样方案，AQL=0.65。出厂检验应按表11中的检验项目进行。

表11 出厂检验项目

序号	检验项目	要求	检验方法	是否需要检验
1	外观	表1	6.2	是
2	光学性能	表2	6.3	是
3	电气性能	表3	6.4	否
4	触摸性能	表4	6.5	是
5	机械性能	表5	6.6	否
6	抗静电性能	表6	6.7	否
7	可靠性与环境适应性	表7	6.8	否
8	安全性与环保	表8	6.9	否

8 标志、标签、包装、运输和贮存

8.1 标志、标签

纳米银电容屏的标志、标签要求如下：

- a) 标志、标签上应盖有检验合格章。
- b) 标志、标签上应注明产品名称、规格、型号、数量、生产批次号或生产日期等。

8.2 包装

纳米银电容屏的包装要求如下：

- a) 包装箱侧面，应贴有产品标志、标签、RoHS 符合性标识等。
- b) 外包装箱上应印有向上、易碎、防潮等标志图案。
- c) 外包装箱需防潮，或在包装箱外包覆防水材料，以便应对运输过程中的天气情况。
- d) 包装数量与外箱标签数量需一致，每箱产品数量需符合规格书、包装规范要求。

8.3 运输

纳米银电容屏的运输要求如下：

- a) 用机械搬运整箱产品时，应保持包装箱的平稳，不可过度倾斜，不可产生剧烈晃动，避免包装箱内产品相互碰撞。
- b) 放置包装箱时，箱体底面应平行落地，不可使箱体一角先落地。
- c) 堆叠高度应符合相关规范要求。

8.4 贮存

纳米银电容屏的贮存要求如下：

- a) 未开箱产品应存放于干燥清洁的环境中，贮存环境条件为 $(25\pm 10)^{\circ}\text{C}$ 、 $(50\pm 20)\% \text{RH}$ 。
- b) 避免阳光直接照射，注意防潮，防止跌落、碰撞，防止任何种类的化学溶剂的污染或腐蚀。
- c) 在上述贮存环境条件下，未开小包装的产品建议用户贮存期不超过 6 个月，小包装开封后建议 1 个月内使用完毕。
- d) 堆叠高度应符合相关规范要求。

9 使用中的注意事项

纳米银电容屏使用中的部分注意事项如下：

- a) 产品搬运时应佩戴手套，防止有指纹或污渍，拿取纳米银电容屏主体，勿从 FPC 处拿取；确保在处理电容屏期间始终遵守静电预防措施；周转过程中需使用无酸保护膜。
- b) 清洁产品时，需防止使用任何种类的化学溶剂，酸性或碱性溶液；如果面板需要清洁，建议使用干净的软布/无尘布中性清洁剂进行。
- c) 在组装过程中，禁止对纳米银电容屏或 FPC 施加过大的外力或应力，禁止施加强力冲击；使用的全贴合胶、边框胶、盖板及盖板油墨等，需不含酸、不含硫化物(H_2S 、 SO_2 、 CS_2 、 COS 、 S_8 等)、卤素等氧化性物质。
- d) 纳米银电容屏工作时，请勿插入或拔出接口连接器；在操作时，禁止任何尖锐的边缘或硬物接触纳米银电容屏；纳米银电容屏必须在稳定的环境中操作，环境条件的突然变化可能导致故障。

参 考 文 献

- [1] GB/T 191—2008 包装储运图示标志
- [2] GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- [3] GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- [4] GB/T 2423.3—2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- [5] GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- [6] GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
- [7] GB/T 2423.24—2022 环境试验 第2部分：试验方法 试验S：模拟地面上的太阳辐射及太阳辐射试验和气候老化试验导则
- [8] GB/T 2900.65—2023 电工术语 照明
- [9] GB/T 5698—2001 颜色术语
- [10] GB/T 9278—2008 涂料试样状态调节和试验的温湿度
- [11] GB/T 9969—2008 工业产品使用说明书 总则
- [12] GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- [13] GB/T 26572—2011 电子电气产品中限用物质的限量要求
- [14] GB/T 30544.1—2014 纳米科技 术语 第1部分：核心术语
- [15] GB/T 37876—2019 电子电气产品有害物质限制使用符合性评价通则
- [16] GB/T 38001.61—2019 柔性显示器件 第6-1部分：机械应力试验方法
-