

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01B 5/14

C03C 17/245



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01123605.1

[45] 授权公告日 2005 年 9 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1220217C

[22] 申请日 2001.7.25 [21] 申请号 01123605.1

[30] 优先权

[32] 2000.7.25 [33] JP [31] 223547/2000

[71] 专利权人 日本板硝子株式会社

地址 日本大阪

[72] 发明人 清田正悟 加藤之启

审查员 刘荷辉

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 过晓东

权利要求书 1 页 说明书 14 页 附图 5 页

[54] 发明名称 带有透明导电膜的基板及其制备方法、使用该基板的触摸屏

[57] 摘要

使用氧化铟/氧化锡靶在含有氩气和氧气的混合气氛下在透明绝缘基板上实施溅射而制备具有透明导电膜的基板的方法中，其中，在混合气中氧气对氩气的比率是在 0.016 - 0.018 的合适范围之内，透明导电膜的载流子密度变得最大，同时随着氧气对氩气的比率增长迁移度逐渐升高。透明薄膜的表面电阻，其是载流子密度和迁移度之积的倒数， $1/(\text{载流子密度} \times \text{迁移度})$ ，当氧气比率是在上述的合适范围之内时，它达到最小值。这样，薄膜的结晶被促进且薄膜在热处理之前和热处理之后的表面电阻的百分比变化可保持在 $\pm 10\%$ 之内。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1、一种通过使用氧化铟/氧化锡靶在含有氧气和氩气的混合气的气氛下在透明绝缘基板上实施溅射而制备具有透明导电膜的基板的方法，其中在混合气中氧气对氩气的比率在 0.016 至 0.018 的范围之内。

2、如权利要求 1 所述的方法，其包括下列步骤：在溅射之后对透明绝缘基板进行热处理且其中在热处理之前和热处理之后薄膜的表面电阻的百分比变化是在 $\pm 10\%$ 的范围之内。

3、如权利要求 2 所述的方法，其中所述热处理是至少在 200°C 下进行至少 30 分钟。

4、如权利要求 1 所述的方法，其包括在溅射之前从所述透明绝缘基板的表面上除去杂质的步骤。

5、如权利要求 1 所述的方法，其中所述薄膜厚度是不超过 30 纳米。

6、如权利要求 1 所述的方法，其中所述薄膜的表面电阻为 300—1000 欧姆。

7、如权利要求 6 所述的方法，其中所述薄膜表面电阻分布的变化不超过 $\pm 10\%$ 。

8、如权利要求 1 所述的方法，其中所述透明绝缘基板在溅射之后对 550 纳米波长的光具有至少 90%的透过率。

9、如权利要求 1 所述的方法，其中所述透明绝缘基板是玻璃基板。

10、如权利要求 9 所述的方法，其中 SiO_2 薄膜是预先在所述玻璃基板上形成。

带有透明导电膜的基板及其制备方法、使用该基板的触摸屏

技术领域

本发明涉及带有透明导电膜的基板的制备方法、由该方法制得的带有透明导电膜的基板和使用该基板的触摸屏 (touch panel)。

背景技术

通常地, 具有含氧化锡的氧化铟 (以下称作为 ITO) 薄膜的玻璃基板是广泛地用作具有透明导电膜的基板的液晶显示板等 (下文称作为 LCD)。在近年来, 具有 ITO 薄膜的此种玻璃基板也开始用在电阻薄膜式触摸屏中。

如图 3 中所示, 电阻薄膜式触摸屏是由一个透明的上部电极 1 和一个下部电极 3 组成, 其中下部电极 3 和上部电极 1 是以间距 2 成相对配置; 当上部电极是用笔 4、手指等推压时, 上部电极 1 是与下部电极 3 接触。

在此种电阻薄膜式触摸屏中检测输入位置的方法可以是模拟或数字的, 且根据应用选择使用所述的方法。具有更高检测清晰度的模拟检测方法是在更广泛的领域中使用。对于模拟检测型触摸屏, 电压是施加在如图 4A 所示在触摸屏的所定方向两端的两个平行电极之间, 由此形成如图 4B 所示的线性电位梯度且通过测量对应于输入接触点的电压 E_c , 而检测出输入位置 C。

要求此种电阻薄膜式触摸屏具有高的光透过性能, 且由此在基板

上形成的 ITO 薄膜是极薄的，通常不大于 30 纳米（例如参见特开平 No. 11-167827）。此外，在模拟检测型触摸屏的情况下，在玻璃基板上的 ITO 薄膜通常具有 300—2000 欧姆的表面电阻，且另外由于这个 ITO 薄膜是用作确认输入位置的电极，因此是严格要求表面电阻的均匀性。

制备电阻薄膜式触摸屏的步骤是使由具有 ITO 薄膜的玻璃基板组成下部电极经历防染印花、蚀刻、银色油墨印刷、绝缘油墨印刷、微点间距形成、划痕等，然后将下部电极粘结至通过另外的制备步骤制得的上部电极上，且然后通过热密封方法在上部电极 1 和下部电极 3 周围进行密封。在这些步骤中，在诸如银色油墨印刷或绝缘油墨印刷的印刷步骤中和在热密封步骤中，热处理是在 160℃ 的最高温度下进行，且在这个热处理过程中，ITO 薄膜的表面电阻发生变化；结果，在一些情况下，使用此种基板制得的触摸屏将不能正确地工作。

特别地，当 ITO 薄膜的表面电阻由于热处理而降低时，检测到的电压下降且在输入位置和检测位置之间由此产生误差；当表面电阻升高时，检测到的电压同样升高且由此易发生同样的误差。另外，如表面电阻分别是不均匀的，那么电位梯度将如图 4B 所示失去它的直线性，那就是说，在距离和电位之间不再存在线性关系，且因此不可能准确地检测输入位置。

现将参照图 5 说明热处理引起 ITO 薄膜的表面电阻变化的原因。

ITO 薄膜是多结晶性的，且在高于约 160℃（其是 ITO 的结晶温度）的高温下成膜越多，结晶进行得越多且结晶结构变得越稳定。然而，含有杂质的 ITO 和非结晶的 ITO（由此结晶结构在随后的热

处理过程中容易变化)是不可避免地在成膜的初始阶段在基板表面附近形成,且特别地,因为ITO的晶格常数是高的,即约1纳米,在低于30纳米的膜厚下,结晶的ITO比率是低的且含杂质的ITO和非结晶的ITO的比率是高的(图5B)。当含有许多含杂质的ITO和非结晶的ITO的此种ITO薄膜随后进行热处理时,由于进行薄膜的结晶化和发生氧化反应而使得结晶结构变化,且因此ITO薄膜的电性能和表面性能发生变化。由于ITO薄膜更薄且因此不稳定的晶体结构的比率增长(图5A),表面性能的这个变化变得更大。

考虑到在触摸屏的制备期间必定不可避免地进行的热处理的影响,希望在热处理之前和在热处理之后ITO的表面电阻之间的变化百分比是不超过 $\pm 10\%$ 。

ITO薄膜是使用通过磁溅射(下文仅仅称作为“溅射”)的连续型或分批型溅射设备的玻璃基板的表面上形成。

用此种现有的溅射设备,是难于使ITO薄膜的表面电阻的上述百分比变化在制备用于LCD的透明导电膜时通常使用的条件下(例如,基板温度:200—400℃;溅射压力:0.27—1.33帕;在混合气中氧气对氩气的比率是0—0.04),特别是在ITO薄膜的厚度是低于30纳米时保持在不超过 $\pm 10\%$ 。

在过去,用于降低表面电阻的百分比变化的方法在溅射的情况下是使在ITO薄膜中氮气掺杂量达到0.01-0.6重量%且膜厚为5—25纳米或在ITO薄膜中不使用氮气掺杂而使锡掺杂量达到4.2-8.3%(参见日本特开平2000—113732),且涂布通过热解下形成ITO薄膜的涂层溶液的情况下,将具有不同热解温度的两种此类涂层溶液涂布至玻璃基板上,且然后,为了改进耐受热处理的稳定性,首先在氧

化气氛下进行烘烤且然后在非氧化气氛下进行烘烤（参见日本特开平 2000—100263）。

然而，在上述方法的前者的情况下，在 200℃ 60 分钟的耐热测试中，发现表面电阻的百分比变化是保持在-10%至+19%之间，但存在的问题就是这仍然是不足够的。此外，在上述方法的后者的情况下，存在的问题的是，在涂层溶液的涂布过程中，不可避免外来异物颗粒进入至涂层溶液中且然后在烘烤过程中这些外来异物颗粒粘附的可能性较大，且另一个问题是表面电阻的百分比变化保持在 $\pm 20\%$ 之内，这是不足够的。

发明内容

本发明的目的是提供制备具有透明导电膜的基板的方法，该方法在基板进行所述的热处理时能够抑制薄膜的表面电阻的变化，本发明还提供使用该方法制得的具有透明导电膜的基板和使用该基板的触摸屏。

为达到上述目的，本发明者进行了深入的研究，且因此发现，在使用氧化铟/氧化锡靶在含有氩气和氧气的混合气的气氛下对透明绝缘基板实施溅射而制备具有透明导电膜的基板的方法中，如果将混合气中的氧气对氩气的比率设定为使得薄膜的载流子密度变成最大，且然后薄膜的结晶被促进直至达到作为导电薄膜的稳定状态且经过所述热处理的基板上薄膜表面电阻的变化被抑制，且具体地，如果在混合气中氧气对氩气的比率是在 0.016 至 0.018 的范围之内，然后在所述热处理之前和所述热处理之后薄膜的表面电阻之间的百分比变化可保持在 $\pm 10\%$ 的范围之内。

为达到上述目的，本发明提供一种制备具有透明导电膜的基板的方法，其是通过使用氧化铟/氧化锡靶在含有氧气和氩气的混合气的气氛下在透明绝缘基板上实施溅射，其中在混合气中氧气对氩气的比率是设定为使得所述薄膜具有最大的载流子密度。

根据这个制备具有透明导电膜的基板的方法，将混合气中的氧气对氩气的比率设定为使得薄膜的载流子的密度变成最大，且因此薄膜的结晶被促进直至达到作为导电薄膜的稳定状态且经过所述热处理的基板上薄膜表面电阻的变化被抑制。

优选地，在混合气中氧气对氩气的比率是在 0.016 至 0.018 的范围之内。

如果将混合气中氧气对氩气的比率控制在 0.016 至 0.018 的范围之内，则薄膜的结晶被促进直至达到作为导电薄膜的稳定状态且经过所述热处理的基板上薄膜表面电阻的变化被抑制。

本发明的方法包括下列步骤：在溅射之后对透明绝缘基板进行热处理且其中在热处理之前和热处理之后薄膜的表面电阻的百分比变化是在 $\pm 10\%$ 的范围之内。

根据本发明的方法，热处理是在溅射之后实施且在热处理之前和热处理之后薄膜的表面电阻的百分比变化是不超过 $\pm 10\%$ 的范围，且因此可得到相对于不同位置的合适电位梯度并可提供适合于触摸屏的基板。

根据本发明的方法，即使热处理是在普通的条件下进行，即进行至少 30 分钟且至少在 160°C 下，也可确实地得到触摸屏。

优选地，本发明的方法包括：在溅射之前从透明绝缘基板的表面除去杂质的步骤。

因为杂质是在溅射之前从透明绝缘基板的表面除去，可抑制在所述基板的表面上形成含杂质的 ITO 薄膜，且可得到具有改进结晶度的 ITO 薄膜。

还优选的是，薄膜具有不超过 30 纳米的厚度。结果，可改进基板的光学透明性。

优选地，薄膜的薄膜电阻是在 300—1000 欧姆的范围之内。结果，可得到相对于不同位置的合适电位梯度且可提供适合用作触摸屏的基板。

优选地，薄膜的表面电阻分布的变化是不超过 $\pm 10\%$ 的范围。因此，可得到相对于不同位置的合适电位梯度且可提供适合用作触摸屏的基板。

还优选地，透明绝缘基板在溅射之后对波长为 550 纳米的光具有至少 90%的透过率。结果，可确实地得到适合用作必须具有高光学透明性的触摸屏的基板。

如果一个玻璃基板是用作所述的透明绝缘基板，可确实地达到上述效果。

另外，如果 SiO_2 薄膜是在玻璃基板上预先形成，那么可更确实地实现上述效果。

为达到上述目的，本发明还提供了具有使用如下方法制得的透明导电膜的基板：其中溅射是使用氧化铟/氧化锡靶于包含氩气和氧气的混合气的气氛下在透明绝缘基板上进行，且其中在混合气中氧气对氩气的比率是设定为使得所述薄膜具有最大的载流子密度。

根据具有透明导电膜的这个基板，可得到适合用作触摸屏的基板。

为达到上述目的，本发明也提供使用具有透明导电膜的上述基板的触摸屏。

根据这个触摸屏，可准确地检测到输入位置。

根据下列详细描述并结合附图，本发明的上述和其它目的，特征和优势将是更明显的。

附图说明

图 1A 是显示 ITO 薄膜的载流子密度和迁移度相对于氧气比率的图；

图 1B 是显示 ITO 薄膜的表面电阻相对于氧气比率的图；

图 2A 至 2C 是显示 ITO 薄膜的结晶状态的示意图；具体地说：

图 2A 显示当氧气比率是低于 0.016（合适范围的低限值）时，ITO 薄膜的结晶状态；

图 2B 显示当氧气比率在 0.016 至 0.018 的合适范围内时，ITO 薄膜的结晶状态；

图 2C 显示当氧气比率是高于 0.018（合适范围的高限值）时，ITO 薄膜的结晶状态；

图 3 是显示电阻薄膜式触摸屏的剖面示意图；

图 4A 是显示检测电阻薄膜式触摸屏的输入位置的模拟方法；

图 4B 是显示触摸屏的电压 E_c 相对于位置 x 的图形；

图 5A 和 5B 是显示在 ITO 薄膜中晶体增长的示意图；具体地说：

图 5A 显示增长至厚度为约 30 纳米的 ITO 薄膜；和

图 5B 显示增长至厚度超过 30 纳米的 ITO 薄膜。

具体实施方式

基于上述研究的结果，可得到本发明。

根据本发明，ITO 薄膜是使用氧化铟/氧化锡靶（其中 10 重量%的氧化锡是添加至氧化铟中）通过在氩气和氧气的混合气的气氛下实施溅射而形成在基板的表面上。

在所述混合气中氧气对氩气的比率（以下称作为“氧气比率”）优选是在 0.016-0.018 的范围之内，ITO 薄膜的厚度优选是 30 纳米，且 ITO 薄膜的表面电阻优选是在 300—1000 欧姆的范围之内。另外，所述基板优选是玻璃基板。

而且，优选在实施溅射之前通过例如等离子处理从基板的表面上除去杂质。

如图 1A 所示，在玻璃基板上形成的 ITO 薄膜的载流子密度和迁移度在溅射期间随混合气中氧气对氩气的比率而变化。

此处，载流子密度表示在每单位体积（单位：厘米⁻³）中可贡献于导电的电子和/或空穴的数目。迁移度表示载流子（即电子和/或空穴）从材料中的一点移动至下一点的容易程度，其是轨道扩散的程度，或轨道之间重叠的程度或轨道之间相互作用的大小（单位：cm²/(V.S)）。

在图 1A 中，当氧气比率是低于 0.016（合适范围的低限值）时，载流子密度和迁移度随氧气比率的升高而上升。当氧气比率是在合适的范围 0.016-0.018 之内时，载流子密度达到最大，但迁移度继续逐渐地增长。当氧气比率是高于 0.018（合适范围的上限）时，载流子密度随氧气比率增长而下降但迁移度继续逐渐地增长。

ITO 薄膜的表面电阻是载流子密度和迁移度之积的倒数，即是

1/(载流子密度×迁移度)。图 1B 显示了表面电阻的图形，且可以看出，当氧气比率是在上述的合适范围之内时，表面电阻达到最小值。

图 2A 是适合用于解释当氧气比率是低于 0.016（合适范围的低限值）时，ITO 薄膜的结晶状态。

在图 2A 中，当氧气比率是低于 0.016（合适范围的低限值）时，由于氧气的不足导致得到具有许多氧缺陷和结晶度差的 ITO 薄膜，且因此迁移度是极低的。另外，当这样存在氧缺陷时，电子是不放出的且因此载流子密度是低的。而且，当添加至靶中的氧化锡在溅射期间到达 ITO 薄膜时，如果 ITO 薄膜由此具有差的结晶度，那么进入至 ITO 薄膜中的锡的量是低的，得到低的载流子密度。由于上述的结果，当氧气比率是低于 0.016（合适范围的低限值）时，ITO 薄膜的表面电阻是高的。

当制造使用了此种 ITO 薄膜的模拟检测型触摸屏时，热处理是作为一个后处理步骤进行。ITO 薄膜的氧化和结晶是在这个热处理过程中进行，而且氧缺陷的数目下降而进入至 ITO 薄膜中的锡的数量增长，结果，迁移度和载流子密度两者均增长且 ITO 薄膜的表面电阻明显地下降，同时结晶状态变得如下述的图 2B 所示。

图 2B 适用于解释当氧气比率在 0.016 至 0.018 的合适范围内时，ITO 薄膜的结晶状态。

在图 2B 中，当氧气比率是在 0.016 至 0.018 的合适范围内时，存在少量的氧缺陷，但结晶度是好的且因此迁移度是高的。此外，锡进入至 ITO 薄膜中的效果和由于氧缺陷导致的电子放出是正好达到正确的程度且因此，载流子密度是处于最大。由于上述的结果，当氧气比率是在 0.016 至 0.018 的合适范围内时，ITO 薄膜的表面电

阻是低的。

图 2C 适用于解释当氧气比率是高于 0.018（合适范围的高限值）时，ITO 薄膜的结晶状态：

在图 2C 中，当氧气比率是高于 0.018（合适范围的高限值）时，ITO 薄膜具有良好的结晶度，而且大多数氧缺陷被填充，且因此迁移度是高的。然而，当大多数氧缺陷是按这种方式填充时，不能再得到电子放出的效果，且由此载流子密度随着氧气比率的增长而逐渐地下降。由于上述的结果，当氧气比率是高于 0.018（合适范围的高限值）时，ITO 薄膜的表面电阻随着氧气比率的增长而逐渐增长。

如上所述，ITO 薄膜的氧化和结晶是通过热处理而进行，且因此氧缺陷的数目进一步降低且迁移度轻微上升。然而，当氧缺陷的数目按这种方式降低时，电子放出的效果降低和因此载流子密度下降。结果，ITO 薄膜的表面电阻增长。

如上所述，当在 ITO 薄膜形成过程中混合气中氧气的比率增加时以及当在生产模拟检测式触摸屏的同时进行热处理时，ITO 薄膜发生氧化和结晶而且氧缺陷的数目降低。随着 ITO 薄膜的结晶性改进，使得反比于表面电阻的迁移度增长。然而，当 ITO 薄膜具有含有如图 2A 中所示的许多氧缺陷的晶体结构时，由于不发生电子的放出，使得也反比于表面电阻的载流子密度是小的，而且当 ITO 薄膜具有其中大多数氧缺陷是按图 2C 中所示被填充的晶体结构时，由于不再得到电子放出的效果，载流子密度也变小。当 ITO 薄膜具有含有如图 2B 中所示的中等数目的氧缺陷的晶体结构时，即使 ITO 薄膜的氧化是通过热处理而进行时，氧缺陷不再填充至使得不再得到电子放出的效果的程度，且因此载流子密度不下降且表面电阻的

变化被抑制。

在触摸屏中所用的厚度不超过 30 纳米的 ITO 薄膜是易于具有如图 2A 中所示的较差结晶度的结构，在这种情况下，ITO 薄膜的薄膜电阻在热处理下将发生大百分比率的变化。然而，根据本发明，即使 ITO 薄膜具有不超过 30 纳米的厚度的时候，通过在 ITO 薄膜成形的过程中合适地选择在混合气中氧气的比率，可以制得表面电阻的百分比变化低的 ITO 薄膜。应注意的是，在将厚度为 50 纳米以上的 ITO 薄膜用作 LCD 的导电薄膜时，即使在 ITO 薄膜形成过程中混合气中的氧气比率是未被严格地控制，也可得到具有良好结晶度的 ITO 薄膜。

实施例

进行下列实验以确认上述发明。

使用尺寸为 300×400 毫米和厚度为 0.7 毫米的钠钙玻璃基板，通过液相沉积法在其两表面形成厚度大约为 70 纳米的 SiO₂ 薄膜。在浸没型超声洗涤器中用中性洗涤剂洗涤这个基板，且然后采用热风干燥。然后将清洗后的基板通过一个专用夹具悬挂在一个直径为 1700 毫米和高度为 1260 毫米的圆筒形旋转体，该旋转体放置在内径为 1900 毫米和高度为 2150 毫米的箱中，且 ITO 薄膜是通过直流磁控管溅射而沉积得到。所用的靶是氧化铟/氧化锡靶，且添加的氧化锡的靶相对于氧化铟是 10 质量%；尺寸为 127 毫米×914 毫米的两个此种靶是安装在箱的门部分。

然后引入 1000 厘米³/分钟（在标准条件下，以下称作为 SCCM）的氩气和 10 厘米³/分钟（在标准条件下）的氧气，且在基板和阴极

之间产生等离子体，从基板的表面以每单位面积为 0.9 瓦/厘米^2 的辐射能量除去杂质。在箱中玻璃基板的温度是达到 200°C ，且使用涡轮分子泵将箱抽真空至 1.3×10^{-3} 帕。然后引入 300SCCM 氩气和预定量的氧气以使压力达到 0.27 帕。溅射是通过下列步骤实施：通过用闸板对靶的前表面预溅射 30 秒且然后打开闸板。在溅射期间的能量是 1.0 千瓦。在混合气中氧气对氩气的比率，薄膜厚度，和热处理条件是按表 1 中定义，且测量了 ITO 薄膜在热处理之前和在热处理之后的表面电阻之比（即，在热处理之后的表面电阻/热处理之前的表面电阻）。鉴于热处理是在最高为 160°C 下在印刷过程中进行约 30 分钟且当制备模拟检测式触摸屏时进行热密封步骤，据认为，在本发明实验中使用的 200°C 下进行热处理 30 分钟是完全足够作为替代在这些印刷和热封步骤中实施的热处理。使用四端针式方法测量表面电阻，并使用触针式段差计测量薄膜厚度。此外，在薄膜形成后基板的透光率是使用 550 纳米波长的绿光测量。表面电阻是在基板表面的 5 个点处测量，且将 $(| \text{最大值} - \text{平均值} | / \text{平均值})$ 和 $(| \text{最大值} - \text{平均值} | / \text{平均值})$ 之中的大者作为表面电阻分布的变化值。测量结果是示于表 1 中。

表 1

试样	氧比率	薄膜厚度 (纳米)	透光率 (%)	热处理条件	表面电阻 (欧姆)		在热处理之前和 热处理之后的表 面电阻之比	表面电阻分布的变化 (%)		综合评价
					在热处理之前	在热处理之后		在热处理之前	在热处理之后	
实施例	1	15	93.0	200°C, 30 分钟	334	311	0.931	3.5	4.2	⊙
	2	11	94.1	200°C, 30 分钟	486	450	0.926	2.8	3.7	⊙
	3	9	94.4	200°C, 30 分钟	804	792	0.985	7.0	6.7	⊙
	4	14	93.4	200°C, 30 分钟	330	322	0.976	2.2	1.8	⊙
	5	11	94.2	200°C, 30 分钟	523	518	0.990	5.2	5.8	⊙
	6	9	94.5	200°C, 30 分钟	819	771	0.941	5.7	5.1	⊙
	7	15	93.3	200°C, 30 分钟	337	358	1.062	3.9	3.6	⊙
	8	11	94.3	200°C, 30 分钟	512	545	1.064	3.1	4.2	⊙
	9	8	94.6	200°C, 30 分钟	831	878	1.057	7.6	8.0	⊙
	10	8	94.6	200°C, 60 分钟	826	891	1.079	6.2	8.5	⊙
对比例	1	15	92.3	200°C, 30 分钟	333	255	0.766	8.5	7.8	×
	2	15	92.8	200°C, 30 分钟	328	284	0.866	4.3	6.8	×
	3	14	93.7	200°C, 30 分钟	339	394	1.162	2.7	5.8	×
	4	15	93.7	200°C, 30 分钟	347	429	1.236	1.4	2.3	×

从表 1 中可以看出，所有的样品在表面电阻分布方面表现出良好的均匀性，且表面电阻分布的变化满足不超过 $\pm 10\%$ 的要求。此外，对于所有样品，透光率是超过 90%。

可从表 1 中看出如下结果。

对于实施例 1, 4 和 7, 其中氧气比率是在 0.016-0.018 的范围之内，在加热时表面电阻的变化是不超过 $\pm 10\%$ 。

对于实施例 2, 3, 5, 6, 8 和 9, 氧气比率也是在 0.016-0.018 的范围之内，但 ITO 薄膜是做得比实施例 1, 4 和 7 更薄以得到电阻近似为 500 欧姆或 800 欧姆（这通常是用于触摸屏的电阻值）的高电阻 ITO 薄膜。作为通过热处理 ITO 薄膜的表面电阻的变化，所有这些样品仍然表现为不超过 $\pm 10\%$ 。

对于实施例 10, 氧气比率是达到 0.018, 且采用的更苛刻的条件是在 200°C 下进行热处理 60 分钟。甚至用这个样品，ITO 薄膜通过热处理的表面电阻的变化不超过 $\pm 10\%$ 。由此也认为，即使当沉积 ITO 薄膜时使用了 0.016 或 0.017 的更低氧比率，表面电阻的变化也将不超过 $\pm 10\%$ 。

对于对比例 1 和 2, ITO 薄膜采用低于 0.016 的氧气比率进行成形，且 ITO 薄膜通过热处理的表面电阻的变化是超过 $\pm 10\%$ 。

对于对比例 3 和 4, ITO 薄膜采用高于 0.018 的氧气比率进行成形，且 ITO 薄膜通过热处理的表面电阻的变化还是超过 $\pm 10\%$ 。

上述结果显示，在氧气比率为 0.016 至 0.018 的范围且表面电阻在 300 至 1000 欧姆之间，通过热处理的表面电阻的变化不超过 $\pm 10\%$ 。

图1A

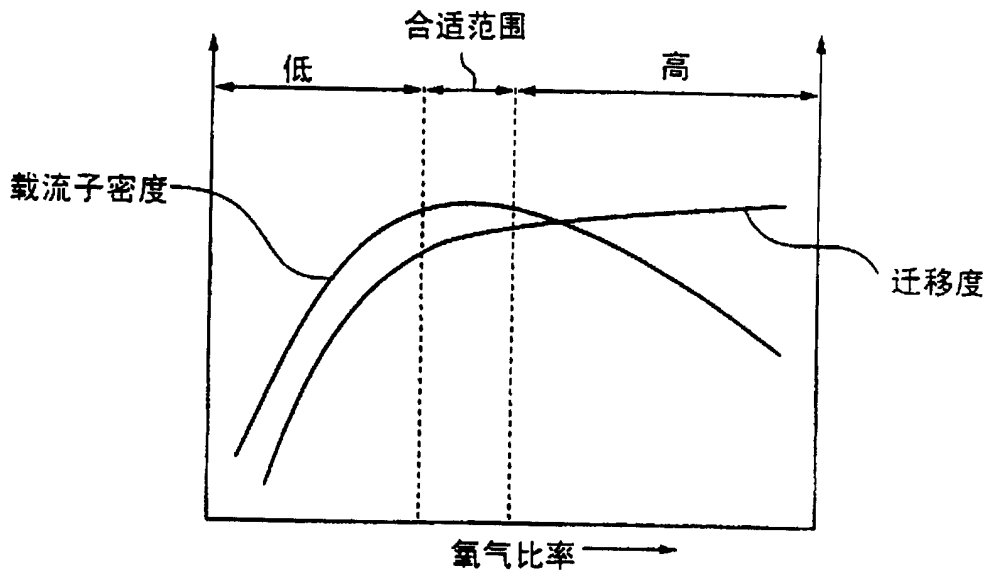
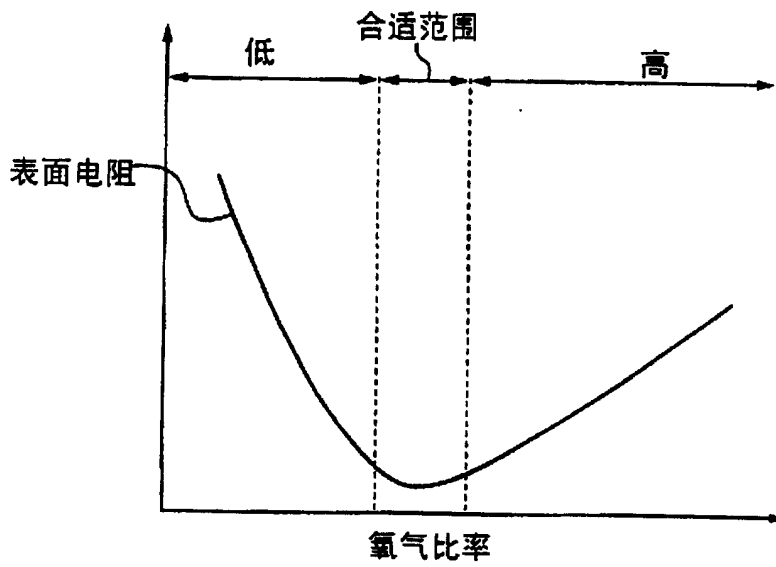


图1B



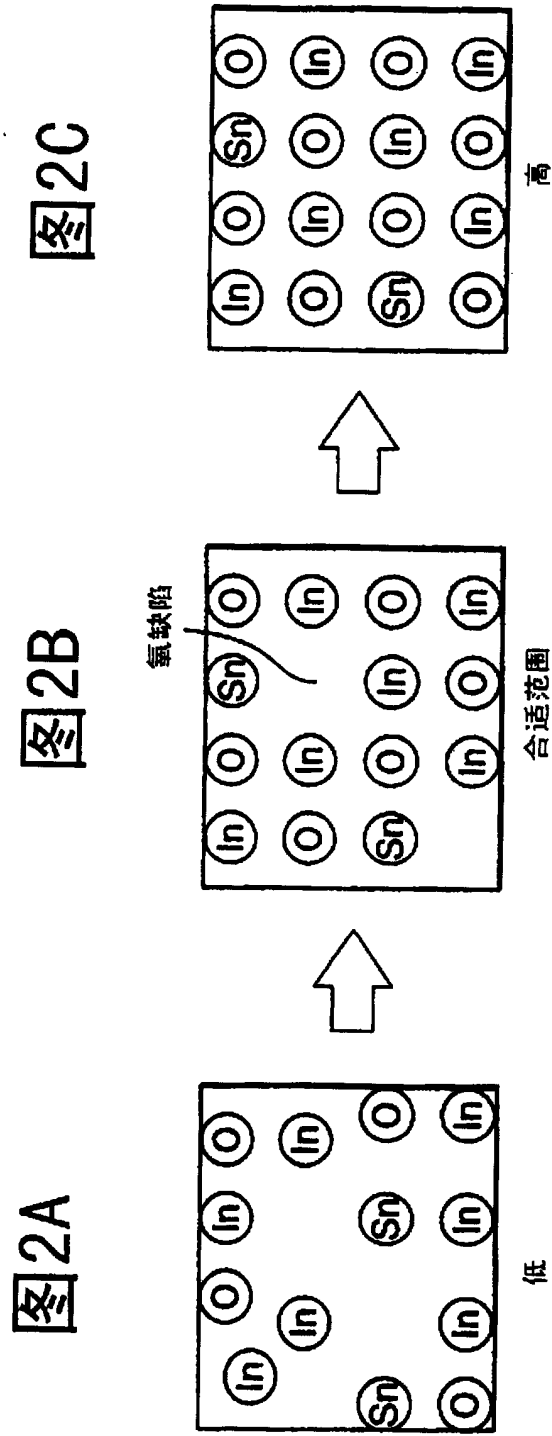


图3

现有技术

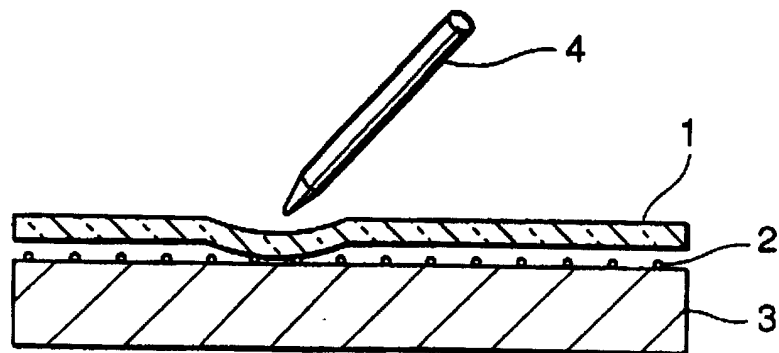


图4A

现有技术

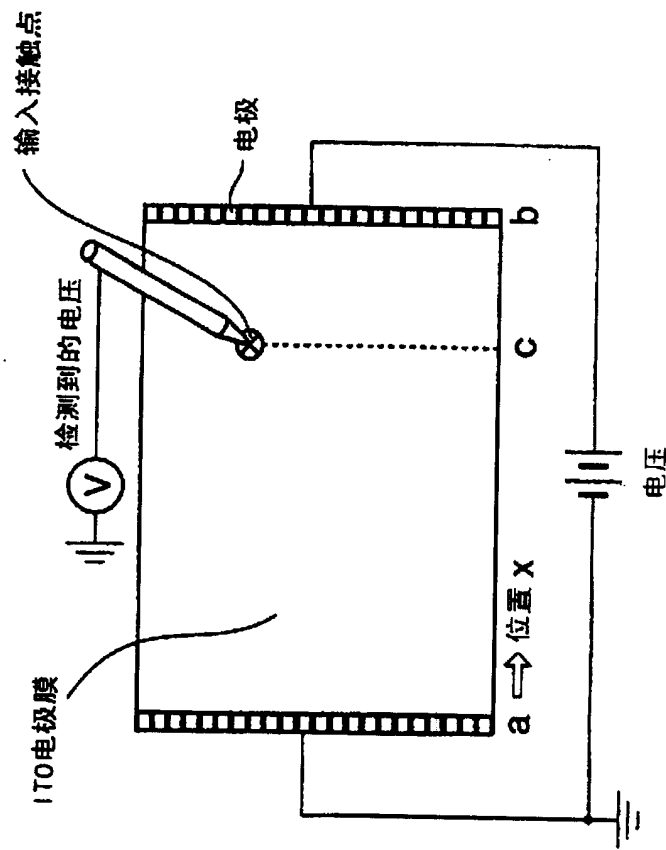


图4B

现有技术

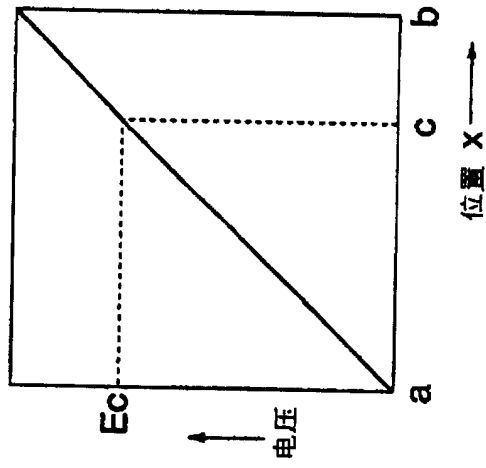


图5A
现有技术

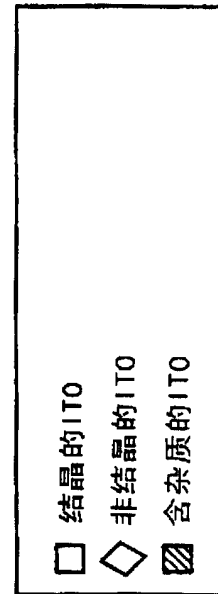
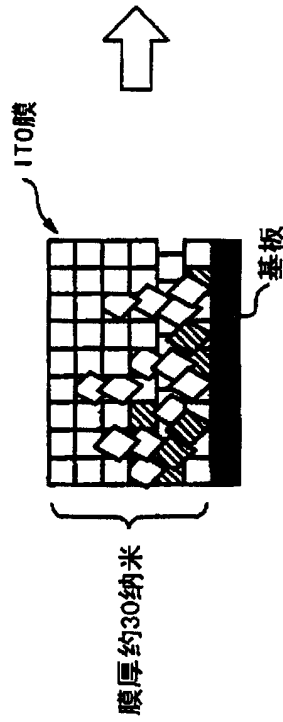


图5B
现有技术

