

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101925853 A

(43) 申请公布日 2010.12.22

(21) 申请号 200980103010.5

代理人 龙淳

(22) 申请日 2009.01.20

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G02F 1/1343(2006.01)

2008-015646 2008.01.25 JP

G02F 1/1335(2006.01)

G02F 1/1337(2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.07.23

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/000168 2009.01.20

(87) PCT申请的公布数据

W02009/093432 JA 2009.07.30

(71) 申请人 夏普株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 桥本义人 大上裕之 柴崎正和

久保真澄 曾我雅之

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

公司 11322

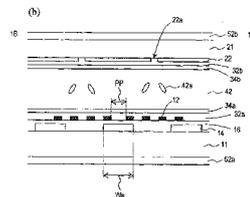
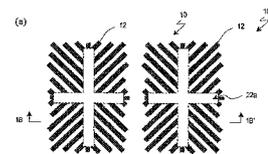
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 7 页

(54) 发明名称

液晶显示装置

(57) 摘要

本发明的液晶显示装置的像素具有：液晶层 42；隔着液晶层相互相对的像素电极 12 和对置电极 22；一对垂直取向膜 32a 和 32b；和形成在取向膜的液晶层一侧的表面的由光聚合物构成的取向维持层 34a 和 34b。像素电极具有：以与一对偏光板的偏光轴重叠的方式配置的十字形状的主干部 12h 和 12v；和从十字形状的主干部向大致 45° 方向延伸的多个支部 12a、12b、12c 和 12d。对置电极具有以与十字形状的主干部相对的方式配置的十字形状的开口部 22a。在向液晶层施加规定的电压时，形成 4 个液晶畴，与 4 个液晶畴各自相对应的区域的液晶分子由取向维持层规定预倾方位。



1. 一种液晶显示装置,其具有多个像素和正交尼科尔配置的一对偏光板,并以常黑模式显示图像,该液晶显示装置的特征在于:

所述多个像素各自具有:

包括介电各向异性为负的向列液晶材料的液晶层;

隔着所述液晶层相互相对的像素电极和对置电极;

设置在所述像素电极与所述液晶层之间和所述对置电极与所述液晶层之间的一对垂直取向膜;和

在所述一对取向膜的所述液晶层一侧的表面各自形成的由光聚合物构成的一对取向维持层,

所述像素电极具有:以与所述一对偏光板的偏光轴重叠的方式配置的至少1个十字形状的主干部;和从所述至少1个十字形状的主干部沿大致 45° 方向延伸的多个支部,

所述对置电极具有以与所述至少1个十字形状的主干部相对的方式配置的至少1个十字形状的开口部,

在向所述液晶层施加规定的电压时,在所述液晶层形成有4个液晶畴,代表所述4个液晶畴各自所包含的液晶分子的取向方向的4个指向矢的方位相互不同,并且,所述4个指向矢的方位各自与所述多个支部的任一个大致平行,

在没有向所述液晶层施加电压时,与所述4个液晶畴各自对应的区域的液晶分子由所述取向维持层规定预倾方位。

2. 如权利要求1所述的液晶显示装置,其特征在于:

所述至少1个十字形状的开口部的宽度比该开口部相对的部分的所述主干部的宽度大。

3. 如权利要求1或2所述的液晶显示装置,其特征在于:

所述4个液晶畴是指向矢的方位为第一方位的第一液晶畴、指向矢的方位为第二方位的第二液晶畴、指向矢的方位为第三方位的第三液晶畴、和指向矢的方位为第四方位的第四液晶畴,所述第一方位、第二方位、第三方位和第四方位的任意2个方位的差大致与 90° 的整数倍相等,

隔着所述至少1个十字形状的主干部相互相邻的液晶畴的指向矢的方位相差大约 90° 。

4. 如权利要求1至3中任一项所述的液晶显示装置,其特征在于:

所述多个支部具有:条纹状排列有与所述第一方位平行的多个第一支部的第一组;条纹状排列有与所述第二方位平行的多个第二支部的第二组;条纹状排列有与所述第三方位平行的多个第三支部的第三组;和条纹状排列有与所述第四方位平行的多个第四支部的第四组,

在所述第一组、第二组、第三组和第四组各自中,所述多个支部各自的宽度(L)和相互相邻的任意一对支部之间的间隙的宽度(S)均在 $1.5\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下的范围内。

5. 如权利要求1至4中任一项所述的液晶显示装置,其特征在于:

所述像素电极具有沿着某个方向排列成一列的多个子像素电极,

所述至少1个十字形状的主干部,包括所述多个子像素电极各自具有的十字形状的主干部,

所述对置电极具有的所述至少 1 个十字形状的开口部,包括以与所述多个子像素电极各自具有的所述十字形状的主干部相对的方式配置的开口部,

在向所述液晶层施加规定的电压时,在与所述多个子像素电极一一对应的多个子像素区域各自中形成有所述 4 个液晶畴。

6. 如权利要求 5 所述的液晶显示装置,其特征在于:

所述多个子像素区域包括:以透过模式进行显示的透过子像素区域;和以反射模式进行显示的反射子像素区域。

7. 如权利要求 6 所述的液晶显示装置,其特征在于:

还具有仅在与所述反射子像素区域对应的区域中选择性地设置的内部相位差层。

液晶显示装置

技术领域

[0001] 本发明涉及液晶显示装置,特别是涉及在像素间距比较小的液晶显示装置中适宜地适用的取向控制构造。

背景技术

[0002] 当前,作为具有广视野角特性的液晶显示装置,正在利用横电场模式(包括 IPS 模式和 FFS 模式)和垂直取向(VA)模式。VA 模式由于在批量生产性方面比横电场模式优秀,因此在 TV 用途或者移动用途中正在广泛利用。

[0003] VA 模式的液晶显示装置进一步大致分为 MVA 模式(参照专利文献 1)和 CPA 模式(参照专利文献 2)。

[0004] 在 MVA 模式中,沿着相互正交的 2 个方向配置直线状的取向限制单元(狭缝或肋),在取向限制单元之间,形成代表各畴的指向矢的方位角相对于正交尼科尔配置的偏光板的偏光轴(透过轴)构成 45 度的 4 个液晶畴。当将方位角的 0 度作为钟表文字盘的 3 点方向,以逆时针方向为正时,4 个畴的指向矢的方位角成为 45 度、135 度、225 度、315 度。相对于偏光轴 45 度方向的直线偏振光由于没有被偏光板吸收,因此从透过率的观点出发最优选。像这样,将 1 个像素中形成 4 个畴的结构称为 4 分割取向构造或仅称为 4D 构造。

[0005] 然而,上述的 MVA 模式不适于小的像素(例如,短边不足 $100\ \mu\text{m}$,特别是不足 $60\ \mu\text{m}$)。例如,在作为取向限制单元利用狭缝的情况下,为了得到充分的取向限制力,需要狭缝的宽度在 $10\ \mu\text{m}$ 程度以上,为了形成 4 个畴,需要在像素电极上形成当从基板法线方向观看时,在对置电极上形成沿着互差 90 度的方向延伸的狭缝(< 字形的狭缝),以该狭缝为中心,隔开一定的间隔平行的 2 条 < 字形的狭缝。即,需要将各 3 条大约 $10\ \mu\text{m}$ 宽度的狭缝平行地沿着 45 度 -225 度方向和 135 度 -315 度方向配置。由于设置有狭缝(或者肋)的部位无助于显示,因此如果适用在短边不足 $100\ \mu\text{m}$ 的像素中,则透过率(亮度)极度降低。进而,在高精细的小型液晶显示装置,例如便携式电话用的 2.4 型 VGA 中,像素的间距(行方向 \times 纵方向)例如是 $25.5\ \mu\text{m} \times 76.5\ \mu\text{m}$,在这样小的像素中,也不能形成上述的狭缝。如果使狭缝的宽度狭窄,则当然不能得到充分的取向限制力。

[0006] 因此,在比较小的像素的液晶显示装置中,采用 CPA 模式。参照图 9(a) ~ (c),简单地说明 CPA 模式的液晶显示装置的结构。

[0007] 图 9(a) 是 CPA 模式的液晶显示装置 90A 的 1 个像素的示意性的剖视图,图 9(b) 是示意性的俯视图。在图 9(a) 中表示中间灰度显示状态的液晶分子 42a 的取向状态。图 9(c) 是示意性地表示白显示状态的液晶分子的取向状态的俯视图。另外,在以下的附图中,共同的构成要素用共同的参考附图标记表示,有时省略说明。

[0008] 液晶显示装置 90A 在一对基板 11 与 21 之间具有由垂直取向膜 32a 和 32b 进行了取向限制的垂直取向型的液晶层 42。液晶分子 42a 具有负的介电各向异性,由在像素电极 12 的边缘部产生的斜电场和设置在对置电极 22 的液晶层 42 一侧的铆钉(凸部)92 的取向限制力,在施加电压时,规定液晶分子 42a 倾斜的方位。如果施加充分高的电压,则如图

9(c) 所示,以铆钉 92 为中心,液晶分子 42a 成为放射状倾斜的取向。这时,液晶分子 42a 的取向状态以铆钉 92 为中心具有轴对称性 (C_{∞}),将取这种取向状态的畴称为放射状倾斜取向畴或者轴对称取向畴。

[0009] 液晶显示装置 90A 具有以隔着液晶层 42 相互相对的方式配置的一对偏光板 52a 和 52b,在偏光板 52a 与液晶层 42 之间和偏光板 52b 与液晶层 42 之间分别有 1/4 波长板 (四分之一波长板) 72a 和 72b。偏光板 52a 和偏光板 52b 的偏光轴配置成相互正交 (正交尼科尔配置)。通过利用全方位的放射状倾斜取向畴和圆偏振光,能够得到高透过率 (亮度)。图 11(a) 表示液晶显示装置 90A 的白 (最高灰度) 显示状态的像素的透过率分布的模拟结果。除去在铆钉 92 的中心附近形成透过率低的区域以外,显示出均匀的高透过率。

[0010] 利用 1/4 波长板的 CPA 模式虽然透过率高,但是与 MVA 模式相比较,存在对比度低,视野角也窄的问题。即,如果使用 1/4 波长板,则在斜视角,与从正面 (显示面法线方向 (视角 0 度)) 观察时相比较,能够明亮地看到显示 (特别是低灰度 (亮度低) 显示) 那样的所谓“泛白”也比 MVA 模式显著。

[0011] 通过省略液晶显示装置 90A 的 1/4 波长板 72a 和 72b,即将 CPA 模式与直线偏振光组合,能够抑制泛白,提高对比度,扩展视野角。但是,如图 11(b) 所示,透过率降低。图 11(b) 表示省略液晶显示装置 90A 的 1/4 波长板 72a 和 72b 的液晶显示装置的白显示状态的像素的透过率分布的模拟结果,液晶分子的取向方向与偏光板的吸收轴平行的区域中的透过率非常低。

[0012] 另外,在专利文献 3 中,公开了通过在对置电极上设置十字形状狭缝,形成 4 个畴的结构 (图 8, [0033] 段落)。参照图 10(a) ~ (c),简单说明适用了专利文献 3 的结构的 VA 模式的液晶显示装置 90B 的结构。图 10(a) 是液晶显示装置 90B 的 1 个像素的示意性的剖视图, (b) 是示意性的俯视图, (c) 是示意性地表示白显示状态的液晶分子的取向状态的俯视图。

[0013] 在液晶显示装置 90B 中,在施加电压时,由在像素电极 12 的边缘部产生的斜电场和在对置电极 22 的狭缝 (也称为开口部) 22a 的附近产生的斜电场,规定液晶分子 42a 倾斜的方位。如果在液晶层 42 上施加的电压充分高,则如图 10(c) 所示,形成 4 个畴。如果将图 10(b) 表示的十字状的开口部 22a 的横方向的狭缝作为 X 轴,将纵方向的狭缝作为 Y 轴,则在像素的第一象限、第二象限、第三象限和第四象限中形成的各个畴的指向矢的方位角是 45° 、 135° 、 225° 和 315° 。从而,液晶显示装置 90B 的白 (最高灰度) 显示状态的像素的透过率分布如图 11(c) 所示,除去与偏光板的吸收轴平行的区域以外,显示出均匀的高透过率。

[0014] 然而,在液晶显示装置 90B 中,与液晶显示装置 90A 的铆钉 92 无论是否有电场均发挥取向限制力这一点不同,由于仅在施加电压时发现取向限制力,因此在施加的电压低的情况下不能得到充分的取向限制力。从而,特别是在比中间灰度低的灰度,由于存在液晶分子的取向不稳定的问题,因此不能被实用。

[0015] 另一方面,在改善 MVA 模式的响应特性的目的下,开发出称为“聚合物稳定取向技术 (Polymer Sustained Alignment Technology)”这样的技术 (有时称为“PSA 技术”) (例如专利文献 4、5 和 6)。PSA 技术通过在制作了液晶单元以后,在液晶层上施加电压的状态下,将预先在液晶材料中混合的光聚合性单体聚合,形成取向维持层 (“聚合物层”),利用该

层对液晶分子赋予预倾 (pretilt)。通过调整在使单体聚合时所施加的电场的分布和强度,能够控制液晶分子的预倾方位(基板面内的方位角)和预倾角(从基板面上升的角度)。

[0016] 在专利文献 5 和 6 中,还公开了与 PSA 技术一起使用了具有微细的条纹状图案的像素电极的结构。如果在液晶层上施加电压,则液晶分子沿着与条纹状图案的长边方向平行取向。该取向是与在专利文献 1 中记载的现有的 MVA 模式中,液晶分子沿着相对于电极狭缝或者肋等线状的取向限制构造正交的方向取向的对照。微细的条纹图案的线和空间(L/S)例如是 $3\mu\text{m}/3\mu\text{m}$,具有与现有的 MVA 模式的液晶显示装置相比较,易于在小型像素中适用的优点。

[0017] 专利文献 1:特开平 11-242225 号公报

[0018] 专利文献 2:特开 2002-202511 号公报

[0019] 专利文献 3:特开平 06-43461 号公报

[0020] 专利文献 4:特开 2002-357830 号公报

[0021] 专利文献 5:特开 2003-149647 号公报

[0022] 专利文献 6:特开 2006-78968 号公报

发明内容

[0023] 然而,本发明者研究的结果,明确了如果将在专利文献 4~6 中记载的与 PSA 技术一起使用了具有微细条纹状图形的像素电极的结构适用在具有比较小的像素(例如,短边不足 $100\mu\text{m}$,特别是不足 $60\mu\text{m}$)的液晶显示装置中,则存在亮度的损失多这样的问题。

[0024] 本发明是为解决上述课题而完成的,其目的在于,提高具备微细的条纹图案的像素电极的 MVA 模式的液晶显示装置的亮度。

[0025] 本发明的液晶显示装置,其具有多个像素和正交尼科尔配置的一对偏光板,并以常黑模式显示图像,该液晶显示装置的特征在于,上述多个像素各自具有:包括介电各向异性为负的向列液晶材料的液晶层;隔着上述液晶层相互相对的像素电极和对置电极;设置在上述像素电极与上述液晶层之间和上述对置电极与上述液晶层之间的一对垂直取向膜;和在上述一对取向膜的上述液晶层一侧表面各自形成的由光聚合物构成的一对取向维持层,上述像素电极具有:以与上述一对偏光板的偏光轴重叠的方式配置的至少 1 个十字形状的主干部;和从上述至少 1 个十字形状的主干部沿着大致 45° 方向延伸的多个支部,上述对置电极具有以与上述至少 1 个十字形状的主干部相对的方式配置的至少 1 个十字形状的开口部,在向上述液晶层施加规定的电压时,在上述液晶层中形成 4 个液晶畴,代表上述 4 个液晶畴各自所包含的液晶分子的取向方向的 4 个指向矢的方位相互不同,并且,上述 4 个指向矢的方位各自与上述多个支部的任一个大致平行,在没有向上述液晶层施加电压时,与上述 4 个液晶畴各自对应的区域的液晶分子由上述取向维持层规定预倾方位。

[0026] 在某实施方式中,上述至少 1 个十字形状开口部的宽度比该开口部相对的部分的上述主干部的宽度大。

[0027] 在某实施方式中,上述 4 个液晶畴是,指向矢的方位为第一方位的第一液晶畴、指向矢的方位为第二方位的第二液晶畴、指向矢的方位为第三方位的第三液晶畴、指向矢的方位为第四方位的第四液晶畴,上述第一方位、第二方位、第三方位和第四方位的任意 2 个方位的差大致与 90° 的整数倍相等,隔着上述至少 1 个十字形状的主干部相互相邻的液晶

畴的指向矢的方位相差大约 90° 。例如,当设显示面中的水平方向的方位角为 0° 时,上述第一方位是大约 225° ,上述第二方位是大约 315° ,上述第三方位是大约 45° ,上述第四方位是大约 135° 。

[0028] 在某实施方式中,上述多个支部具有条纹状排列有与上述第一方位平行的多个第一支部的第一组;条纹状排列有与上述第二方位平行的多个第二支部的第二组;条纹状排列有与上述第三方位平行的多个第三支部的第三组;条纹状排列有与上述第四方位平行的多个第四支部的第四组,在上述第一组、第二组、第三组和第四组各自中,上述多个支部各自的宽度(L)和相互相邻的任意一对支部之间的间隙的宽度(S)均在 $1.5\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下的范围内。

[0029] 在某实施方式中,上述像素电极具有沿着某个方向排列成一列的多个子像素电极,上述至少 1 个十字形状的主干部,包括上述多个子像素电极各自具有的十字形状的主干部,上述对置电极具有的上述至少 1 个十字形状的开口部,包括以与上述多个子像素电极各自所具有的上述十字形状的主干部相对的方式配置的开口部,在向上述液晶层施加规定的电压时,在与上述多个子像素电极一一对应的多个子像素区域各自中形成有上述 4 个液晶畴。

[0030] 在某实施方式中,上述多个子像素区域包括:以透过模式进行显示的透过子像素区域;和以反射模式进行显示的反射子像素区域。

[0031] 在某实施方式中,还具有仅在与上述反射子像素区域对应的区域中选择性地设置的内部相位差层。

[0032] 在某实施方式中,上述光聚合物包括二丙烯酸酯或者二甲基丙烯酸酯的任一单体的聚合物,上述液晶层包括上述单体。

[0033] 在某实施方式中,上述一对取向维持层包括粒径为 50nm 以下的上述光聚合物的粒子。

[0034] 在本发明的液晶显示装置中,利用具有微细的条纹图案的像素电极和设置在对置电极上的十字形状的开口部(狭缝)形成 4 分割取向构造,并且由取向维持层规定各畴的液晶分子的预倾方位。因此,由于将 4D 构造与直线偏振光组合,因此与 CPA 和圆偏振光的组合相比较,对比度和视野角特性优秀,与 CPA 和直线偏振光的组合相比较为高透过率,而且,在低灰度中液晶分子的取向稳定。进而,通过配置成使十字形状的开口部与微细条纹图案的十字骨架部重叠,能够提高亮度。

附图说明

[0035] 图 1 示意性地表示本发明的实施方式的液晶显示装置 100 的 2 个像素的构造,(a) 是俯视图,(b) 是沿着 (a) 的 1B-1B' 线的示意性的剖视图。

[0036] 图 2 是用于说明液晶显示装置 100 的像素 10 的构造的俯视图。

[0037] 图 3 是表示液晶显示装置 100 具有的取向维持层的 SEM 像的图。

[0038] 图 4 是表示液晶显示装置 100 的白显示状态的像素的透过率分布的模拟结果的图。

[0039] 图 5 是比较例的液晶显示装置的白显示状态的像素的透过率分布的模拟结果的图。

[0040] 图 6 是针对各种开口部 22a 的宽度,表示液晶分子的取向方位的分布的图表,(a) 表示向液晶层施加 2.5V 的状态(中间灰度显示状态),(b) 表示向液晶层施加 4.5V 的状态(白显示状态),(c) 表示施加比白电压高的电压(10V)的状态。

[0041] 图 7 是表示狭缝宽度与透过率的关系的图表,横轴表示狭缝的宽度,纵轴表示透过率,(a) 表示向液晶层施加 4.5V 的状态(白显示状态),(b) 表示施加比白电压高的电压(10V)的状态。

[0042] 图 8 示意性地表示本发明的实施方式的半透过型液晶显示装置 200 的像素的构造,(a) 是俯视图,(b) 是沿着 (a) 的 8B-8B' 线的示意性的剖视图。

[0043] 图 9(a) ~ (c) 用于说明 CPA 模式的液晶显示装置 90A 的结构,(a) 是 1 个像素的示意性的剖视图,(b) 是示意性的俯视图,(c) 是示意性地表示白显示状态的液晶分子的取向状态的俯视图。

[0044] 图 10(a) ~ (c) 用于简单地说明适用了专利文献 3 的结构 VA 示意性的液晶显示装置 90B 的结构,(a) 是 1 个像素的示意性的剖视图,(b) 是示意性的俯视图,(c) 是示意性地表示白显示状态的液晶分子取向状态的俯视图。

[0045] 图 11(a) 是表示液晶显示装置 90A 的白显示状态的像素的透过率分布的模拟结果的图,(b) 是表示省略了液晶显示装置 90A 的 1/4 波长板 72a 和 72b 的液晶显示装置的白显示状态的像素的透过率分布的模拟结果的图,(c) 表示液晶显示装置 90B 的白显示状态的像素的透过率分布的模拟结果的图。

[0046] 附图标记的说明

[0047] 11、21 :基板

[0048] 12 :像素电极

[0049] 12a、12b、12c、12d :支部

[0050] 12h、12v :主干部

[0051] 22 :对置电极

[0052] 22a :十字形状的开口部(狭缝)

[0053] 32a、32b :垂直取向膜

[0054] 34a、34b :取向维持层

[0055] 42 :液晶层

[0056] 42a :液晶分子

[0057] 52a、52b :偏光板

[0058] 100、200 :液晶显示装置

具体实施方式

[0059] 以下,参照附图,说明本发明的实施方式的液晶显示装置的结构和动作,但本发明并不限于以下说明的实施方式。

[0060] 图 1 示意性地表示本发明的实施方式的液晶显示装置 100 的 2 个像素 10 的结构,图 1(a) 是俯视图,图 1(b) 是沿着图 1(a) 的 1B-1B' 线的剖视图。

[0061] 液晶显示装置 100 是具有多个像素,具有一对基板 11、21 和设置在外侧的正交尼科尔配置的一对偏光板 52a 和 52b,并以常黑模式显示图像的液晶显示装置。各像素

具有：包含介电各向异性为负的向列液晶材料（液晶分子 42a）的液晶层 42；和隔着液晶层 42 相互相对的像素电极 12 和对置电极 22。像素电极 12 具有微细的条纹图案，对置电极 22 具有十字形状的开口部 22a。在像素电极 12 与液晶层 42 之间和对置电极 22 与液晶层 42 之间设置有一对垂直取向膜 32a 和 32b。进而，在垂直取向膜 32a 和 32b 的液晶层 42 一侧的表面各自形成有由光聚合物构成的一对取向维持层 34a 和 34b。

[0062] 取向维持层 34a 和 34b 如在后面的详细叙述的那样，在形成有液晶单元后，向液晶层 42 施加电压的状态下，通过使预先混合到液晶材料中的光聚合物单体聚合而形成。液晶分子 42a 直到使单体聚合为止，由垂直取向膜 32a 和 32b 限制取向，如果向液晶层 42 施加充分高的电压（例如白显示电压），则通过像素电极 12 的微细条纹图案的边缘部产生的斜电场和对置电极 22 的开口部 22a 的附近产生的斜电场形成 4D 构造。取向维持层 34a 和 34b 以以下方式发挥作用：使得即使在去除了电压后（没有施加电压的状态）也维持（记忆）向液晶层 42 施加电压的状态的液晶分子 42a 的取向。因此，由取向维持层 34a 和 34b 规定的液晶分子 42a 的预倾方位（没有施加电压时的液晶分子的倾斜方位）与施加电压时形成的 4D 构造的畴的指向矢的方位匹配。

[0063] 像素电极 12 具有十字形状的主干部和多个支部，该十字形状的主干部以与一对偏光板 52a 和 52b 的偏光轴重叠的方式配置，该多个支部从十字形状的主干部沿着大致 45° 方向延伸（参照图 2）。这里，偏光板 52a 和 52b 的一个偏光轴沿着水平方向配置，另一个偏光轴沿着垂直方向配置，像素电极 12 的主干部具有在沿着水平方向延伸的直线部分（图 2 中的 12h）与沿着垂直方向延伸的直线部分（图 2 中的 12v）相互在中央附近正交的十字形状。具有这种微细的条纹图案的像素电极如在专利文献 5 和 6 中记载，起到使液晶层 42 的液晶分子 42a 向与条纹状排列的支部延伸的方向平行的方位倾斜的作用。

[0064] 在对置电极 22 设置有至少 1 个开口部 22a。在此，在各像素中形成 1 个开口部 22a，开口部 22a 具有十字形状，以与像素电极 12 的十字形状的主干部相对的方式配置。因此，十字形状的开口部 22a 也与像素电极 12 的十字形状的主干部相同，以与一对偏光板 52a 和 52b 的偏光轴重叠的方式配置。另外，在对置电极 22 设置的十字形状的开口部 22a，在从基板法线方向观看时，如图 1(a) 所示，优选形成为开口部 22a 的端部与像素电极 12 的边缘几乎一致。这是为了在像素内的液晶层 42 的整体形成斜电场。虽然开口部 22a 的端部也可以超越像素电极 12 的边缘，但是如果该开口部 22a 与对应于相邻的像素电极 12 设置的开口部 22a 的间隔过于狭窄，则由于对置电极 22 的电阻值增大而不优选。

[0065] 其次，参照图 2，更详细地说明液晶显示装置 100 的像素 10 的构造。另外，图 2 中，表示液晶显示装置 100 的 TFT 基板（包括图 1(b) 中的基板 11 和在其上形成的构成要素）的构造，省略对置基板（包括图 1(b) 中的基板 21 和在其上形成的构成要素）和液晶层 42 等。

[0066] 如图 2 所示，TFT 基板具有玻璃基板（图 1 中的参考附图标记 11）、形成在玻璃基板上的栅极总线（扫描线）13、源极总线（信号线）14 和 TFT15。像素电极 12（参照图 1）形成在覆盖栅极总线 13、源极总线 14 和 TFT15 的层间绝缘层膜 16（参照图 1）上。TFT15 根据供给到栅极总线 13 的扫描信号进行 ON/OFF 控制，在 TFT15 为 ON 状态时，从源极总线 14 向像素电极 12 供给显示信号。另外，通过设置由透明的有机树脂形成的层间绝缘层膜 16，使像素电极 12 的边缘部分接近源极总线 14，或者如图 1 所示，由于能够与源极总线 14 重

叠,因此能够提高像素开口率。例如,能够将沿着行方向相邻的像素电极 12 之间的空间 PP 设为 $5\ \mu\text{m}$,将源极总线 14 的宽度 W_s 设为 $6\ \mu\text{m}$ (参照图 1(b))。

[0067] 像素电极 12 具有十字形状的主干部和从十字形状的主干部沿着大致 45° 方向延伸的多个支部。十字形状的主干部具有沿着水平方向延伸的直线部 12h 和沿着垂直方向延伸的直线部 12v。水平直线部 12h 和垂直直线部 12v 在像素电极 12 的中央相互交叉。多个支部从该主干部沿着大致 45° 方向延伸。有时将这样的图案称为鱼骨形 (FB 形)。

[0068] 多个支部为与由十字形状的主干部分开的 4 个区域对应的 4 个组。即,多个支部为由沿着方位角 45° 方向延伸的支部 12a 构成的第一组、由沿着方位角 135° 方向延伸的支部 12b 构成的第二组、由沿着方位角 225° 方向延伸的支部 12c 构成的第三组、和由沿着方位角 315° 方向延伸的支部 12d 构成的第四组。

[0069] 在第一组、第二组、第三组和第四组各自中,多个支部各自的宽度 (L) 和相互相邻的任意一对支部之间的间隙的宽度 (S) 均在 $1.5\ \mu\text{m}$ 以上 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下的范围内且是一定的。从液晶分子的取向稳定性和亮度的观点出发, L 和 S 优选处于上述范围。L/S 例如是 $3\ \mu\text{m}/3\ \mu\text{m}$ 。

[0070] 如在专利文献 5 和 6 等中记载的那样,由相邻的支部之间(即空间部分)生成的电场,规定液晶分子倾斜的方位(根据电场而倾斜的液晶分子的长轴的方位角成分)。该方位与条纹状排列的支部平行,而且是朝向主干部的方向。由第一组的支部 12a 规定的液晶分子倾斜的方位(第一方位:箭头 A)的方位角是大约 225° ,由第二组的支部 12b 规定的液晶分子倾斜的方位(第二方位:箭头 B)的方位角是大约 315° ,由第三组的支部 12c 规定的液晶分子倾斜的方位(第三方位:箭头 C)的方位角是大约 45° ,由第四组的支部 12d 规定的液晶分子倾斜的方位(第四方位:箭头 D)的方位角是大约 135° 。上述的 4 个方位 A ~ D 成为在施加电压时形成的 4D 构造的各畴的指向矢的方位。

[0071] 如果由上述的具有 FB 形图案的像素电极 12 和具有十字形状开口部 22a 的像素电极 22 向液晶层 42 施加充分高的电压(例如白显示电压),则形成 4D 构造的多畴。通过像这样将能够得到形成 4D 构造的电场的像素电极 12 与对置电极 22 组合,与分别由单独的电极的作用形成 4D 构造的情况相比较,不仅能够使 4D 构造稳定,还能够提高亮度。关于亮度提高效果在后面叙述。另外,在这里例示了在 1 个像素中形成有 1 个 4D 构造的例子,而如果在 1 个像素内形成多个上述的电极构造,则能够在 1 个像素内形成多个 4D 构造。

[0072] 液晶显示装置 100 还有取向维持层 34a 和 34b,在没有向液晶层 42 施加电压时,这些取向维持层 34a 和 34b 起到规定与 4 个液晶畴各自对应的区域的液晶分子 42a 的预倾方位的作用。该预倾方位与由上述的电极构造得到的 4D 构造的各畴的指向矢的方位 A ~ D 一致。

[0073] 取向维持层 34a 和 34b 使用称为“聚合物稳定取向技术 (Polymer Sustained Alignment Technology)”这样的技术(有时称为“PSA 技术”。)形成,具体的制造方法记载在专利文献 4 和 6 中。为了参照将这些公开内容的全部引用在本说明书中。在此,按照与在专利文献 6(实施例 5)中记载的相同的方法制作了液晶面板。

[0074] 使用相对于介电各向异性为负的向列液晶材料混合有 0.1 质量%以上 0.5 质量%以下的光聚合性单体的材料,制作了用于液晶显示装置 100 的液晶显示面板。作为光聚合性单体,使用具有液晶骨架的二丙烯酸酯或者二甲基丙烯酸酯的单体。液晶显示面板的液

晶材料含有单体,除去没有形成取向维持层 34a、34b 和没有设置偏光板 52a 和 52b 以外,具备实质上与液晶显示装置 100 相同的结构。

[0075] 该液晶显示面板的液晶层(包括上述单体)的液晶分子,在液晶层中没有施加电压时,通过垂直取向膜 32a、32b 的取向限制力而垂直取向。在向该液晶层施加比白显示该电压(例如 4.5V)高的电压(10V)的状态下,照射大约 $20\text{J}/\text{cm}^2$ 的 UV 光(例如波长 365nm 的 i 线,大约 20mW)。当向液晶层施加电压时,如上述那样,通过具有 FB 形的图案的像素电极 12 与具有十字形状的开口部 22a 的对置电极 22 之间生成的电场,在液晶层中形成有指向矢的方位角为 45 度、135 度、225 度和 315 度的 4 个畴。单体通过 UV 照射而聚合,生成光聚合物。光聚合物在垂直取向膜 32a、32b 上形成用于固定上述液晶分子的取向状态的取向维持层 34a、34b。有时将在施加规定的电压的同时使单体光聚合而形成取向维持层的一系列的工艺称为“PSA 处理”。在 PSA 处理时施加的电压典型为白电压以上的电压,但是并不限于该值。

[0076] 参照图 3,针对取向维持层 34a 和 34b 的一个例子说明其构造。图 3 表示的 SEM 像是在将如上述那样制作的液晶显示面板的试料分解以后,去除液晶材料,用 SEM 观察用溶剂洗净后的表面的像。

[0077] 如从图 3 所明确的那样,取向维持层包括粒径在 50nm 以下的光聚合物的粒子。光聚合物不一定需要覆盖取向膜的整个表面,也可以露出取向膜的一部分表面。根据形成在液晶层内的电场取向的液晶分子由光聚合物固定,即使在没有电场的状态下也维持取向。在垂直取向膜上的取向维持层形成后,取向维持层规定液晶分子的预倾方向。

[0078] 另外,最接近垂直取向膜 32a、32b 的液晶分子 42a 由于受到强烈的锚定(Anchoring)作用,因此即使是光照射时的施加电压(例如,比白显示电压高的 10V 左右),相对于垂直取向膜 32a、32b 的表面也垂直取向。从而,由形成在垂直取向膜 32a、32b 上的取向维持层 34a 和 34b 固定的液晶分子 42a 的倾斜方向是仅从垂直方向倾斜($1 \sim 5^\circ$)左右(如用预倾角表现则为 $85^\circ \sim 89^\circ$),由取向维持层 34a 和 34b 固定的液晶分子 42a 的取向即使施加电压也几乎不发生变化。

[0079] 如上所述,液晶显示装置 100 由于将 4D 构造与直线偏振光组合起来使用,因此与利用 $1/4$ 波长板的现有的 CPA 模式的液晶显示装置相比较,具有高对比度和广视野角特性,与 CPA 模式和直线偏振光组合相比较,具有高透过率。进而,液晶显示装置 100 由于由取向维持层 34a 和 34b 规定预倾方位,使得在没有施加电压时也与 4D 构造匹配,因此与现有的由 FB 形的像素电极或具有十字狭缝的对置电极或者它们的组合得到的液晶显示装置相比较,液晶分子的取向在低灰度也稳定。

[0080] 接着,说明通过将是对置电极 22 的十字形状的开口部 22a 以与像素电极 12 的微细条纹图案的十字骨架部 12h、12v 重叠的方式配置,能够提高亮度的情况。

[0081] 首先,参照图 4 和图 5 说明本发明的效果。图 4 表示本实施方式的液晶显示装置 100 的白显示状态的像素的透过率分布的模拟结果。图 5 是用于比较的附图,表示在液晶显示装置 100 中,具有在对置电极 22 上没有设置十字狭缝 22a 的结构液晶显示装置(例如参照专利文献 4~6,以下,有时称为“比较例的液晶显示装置”。)的白显示状态的像素的透过率分布的模拟结果。

[0082] 在模拟中使用的像素是像素间距为 $25.5\mu\text{m} \times 40.0\mu\text{m}$ (纵横比 1.6)的像素,相当

于 2.4 型 VGA。在图 2 中,像素电极 12 的 FB 形图案设主干部 12h 和 12v 的粗度均是 $1.5\ \mu\text{m}$,各区域的支部的根数是 10 根, $L/S = 1.5\ \mu\text{m}/1.5\ \mu\text{m}$ 。

[0083] 如图 4 所示,在本实施方式的液晶显示装置中,在白显示状态下,明显地观察到与正交尼科尔配置的偏光板的吸收轴(与透过轴正交)平行的十字形的暗线,除此以外的区域,即 4 个液晶畴成为几乎均匀的白显示状态。由此可知,在本实施方式的液晶显示装置中,明确地形成 4D 构造,而且,各畴内的几乎所有的液晶分子都向分别规定的指向矢的方位(相对于偏光板的吸收轴 45° 方位)取向。

[0084] 与此不同,如图 5 所示,在比较例的液晶显示装置中,与偏光板的吸收轴对应的十字的暗线扩展,而且像风车那样扭曲。由此可知,在比较例的液晶显示装置中,虽然形成 4D 构造,但是各畴内的液晶分子的取向方位中偏差大。

[0085] 如将图 4 与图 5 进行比较所明确的那样,本实施方式的液晶显示装置的白显示状态的亮度高。这是因为,由设置在对置电极 22 上的十字形状的狭缝 22a,各畴内的液晶分子的取向成为均匀(与指向矢的方向匹配)。

[0086] 接着,参照图 6 和图 7 说明十字形状的开口部 22a 的宽度的最佳值。图 6 是相对于各种开口部 22a 的宽度(相对狭缝的宽度),表示液晶分子的取向方位的分布的图表。另外,为了比较,关于没有设置开口部的结构,表示为狭缝宽度是 $0\ \mu\text{m}$ 。像素间距与前面相同,是 $25.5\ \mu\text{m} \times 40.0\ \mu\text{m}$ 。

[0087] 图 6(a) ~ (c) 的横轴表示沿着像素的纵方向的位置,表示通过沿着纵方向相邻的 2 个畴中心的线上的位置。如果以图 1(a) 表示的对置电极 22 的十字形状的开口部 22a 的横方向的狭缝为 X 轴,以纵方向的狭缝为 Y 轴,则在此,表示在第二象限和第三象限中形成的畴的液晶分子的取向方位的分布。另外,方位角 135° 表示为与其等价的 -45° 。另外,图 6(a) 表示向液晶层施加 2.5V 的状态(中间灰度显示状态),图 6(b) 表示向液晶层施加 4.5V 的状态(白显示状态),图 6(c) 表示施加比白电压高的电压(10V) 的状态。

[0088] 首先,如图 6(a) 所示,如果向液晶层施加的电压低,则可知向 45° 或者 -45° 的方位取向的液晶分子少。在狭缝的宽度是 $6.0\ \mu\text{m}$ 、 $7.0\ \mu\text{m}$ 和 $9.0\ \mu\text{m}$ 时,在像素电极的边缘附近和狭缝附近,极少存在液晶分子向 45° 或者 -45° 的方向取向的部分。

[0089] 接着,如图 6(b) 所示,如果施加白显示电压(4.5V),则在狭缝宽度为 $3.0\ \mu\text{m} \sim 6.0\ \mu\text{m}$ 的情况下,可知向 45° 或者 -45° 的方位取向的液晶层遍及广阔的范围存在。

[0090] 进而,如图 6(c) 所示,当施加超过白电压的 10V 时,在狭缝宽度为 $3.0\ \mu\text{m} \sim 6.0\ \mu\text{m}$ 的情况下,可知向 45° 或者 -45° 的方位取向的液晶分子存在的范围更宽,即使狭缝宽度为 $7.0\ \mu\text{m}$ 和 $9.0\ \mu\text{m}$,向 45° 或者 -45° 方位取向的液晶分子也存在于广阔的范围

内。

[0091] 另外,在没有设置狭缝的结构中,在图 6(a) ~ (c) 任一情况下,向 45° 或者 -45° 的方位取向的液晶分子的比例少,特别是,在施加电压过低的图 6(a) 中,几乎不存在向 45° 或者 -45° 的方位取向的液晶分子。

[0092] 如上所述,通过对置电极中设置十字形状的狭缝 22a,即使在像素的间距比较小的情况下,也能够提高 4D 构造的各畴内的液晶分子的取向。

[0093] 像这样,通过对置电极 22 设置十字形状的开口部 22a,能够使向规定的方位(从偏光板的透过轴 45°)取向的液晶分子的比例增加,由此能够增大透过率(显示亮度)。然

而,由于如果狭缝的宽度增大则没有向液晶层施加充分电压的区域增加,因此作用成使显示亮度降低。从而,参照图 7(a) 和 (b),说明研究狭缝宽度与透过率的关系的结果。

[0094] 图 7(a) 和 (b) 表示的图表的纵轴是透过率(任意单位),横轴表示狭缝的宽度。另外,在此为了比较,同时示出在对置电极中具有十字狭缝的现有的液晶显示装置 90B(参照图 10) 中的狭缝宽度与透过率的关系。图 7(a) 表示向液晶层施加 4.5V 的状态(白显示状态),图 7(b) 表示施加比白电压高的电压(10V) 的状态。

[0095] 如从图 7(a) 和 (b) 所知,从透过率的观点出发,狭缝的宽度为 $5.0\ \mu\text{m}$ 是最佳的,优选在 $3\ \mu\text{m} \sim 6\ \mu\text{m}$ 的范围内。另外,具备本实施方式的 FB 形图案的像素电极的液晶显示装置 100 的透过率比现有的液晶显示装置 90B 高。

[0096] 接着,参照图 8,说明本发明的其它实施方式的透过反射两用型(也称为“半透过型”)的液晶显示装置 200 的结构。液晶显示装置 200 的各像素具有 2 个子像素区域,一个是以透过模式进行显示的透过子像素区域,另一个是以反射模式进行显示的反射子像素区域。图 8(a) 是液晶显示装置 200 的 1 个像素的示意性的俯视图,图 8(b) 是沿着图 8(a) 的 8B-8B' 线的示意性的剖视图。另外,与图 1 表示的液晶显示装置 100 共同的结构要素用共同的参考附图标记表示,省略说明。

[0097] 如图 8(a) 所示,液晶显示装置 200 所具有的像素电极 12 有沿着列方向(纵)排列成一列的 2 个子像素电极 12a 和 12b。子像素电极 12a 例如是用 ITO 膜形成的透明电极,子像素电极 12b 例如是用 Al 膜形成的反射电极。

[0098] 子像素电极 12a 和 12b 分别具有 FB 形图案。隔着液晶层 42 与子像素电极 12a 和 12b 相对的对置电极 22,具有配置在与透明子像素电极 12a 相对的位置的十字形状的开口部 22a、配置在与反射子像素电极 12b 相对的位置的十字形状的开口部 22b。十字形状的开口部 22a 和 22b 以分别与子像素电极 12a 和子像素电极 12b 的十字形状的主干部相对的方式配置。

[0099] 因此,在向液晶层 42 施加规定的电压时,在与透明子像素电极 12a 对应的透过子像素区域和与反射子像素电极 12b 对应的反射子像素区域各自稳定地形成上述 4 个液晶畴稳定形成这一点与上述相同。

[0100] 液晶显示装置 200 如图 8(b) 所示,在与反射子像素电极 12b 相对的区域中具有相位差层 62。相位差层 62 由于设置在隔着液晶层 42 相互相对的基板 11 与 21 之间,因此将其称为内部相位差层 62。例如,内部相位差层 62 的相位差是四分之一波长,其滞相轴配置在相对于偏光板 52b 的透过轴构成 45° 的方向。内部相位差层 62 起到使通过了偏光板 52b 的直线偏振光变换成圆偏振光的作用。此时,对于进行反射模式的显示的光的光路长度由于与对于进行透过模式的显示的光的光路长度相等,因此反射子像素区域的液晶层 42 的厚度优选成为透过子像素区域的液晶层 42 的厚度的二分之一。液晶层 42 的厚度只要通过例如将透明的树脂层设置在内部相位差层 62 的基板 21 一侧进行调节即可。关于内部相位差层的详细情况,例如记载在特开 2003-279957 号公报中。为了参考,在本说明书中援引上述公开公报的全部公开内容。

[0101] 此处,以透过反射两用型液晶显示装置 200 为例说明了 1 个像素有 2 个以上的子像素区域的结构,但不限于该结构,也可以在透过型液晶显示装置或者反射型液晶显示装置中,将像素分割为多个子像素区域。

[0102] 产业上的可利用性

[0103] 本发明在便携式电话用的液晶显示装置等比较小的像素间距的液晶显示装置中使用。

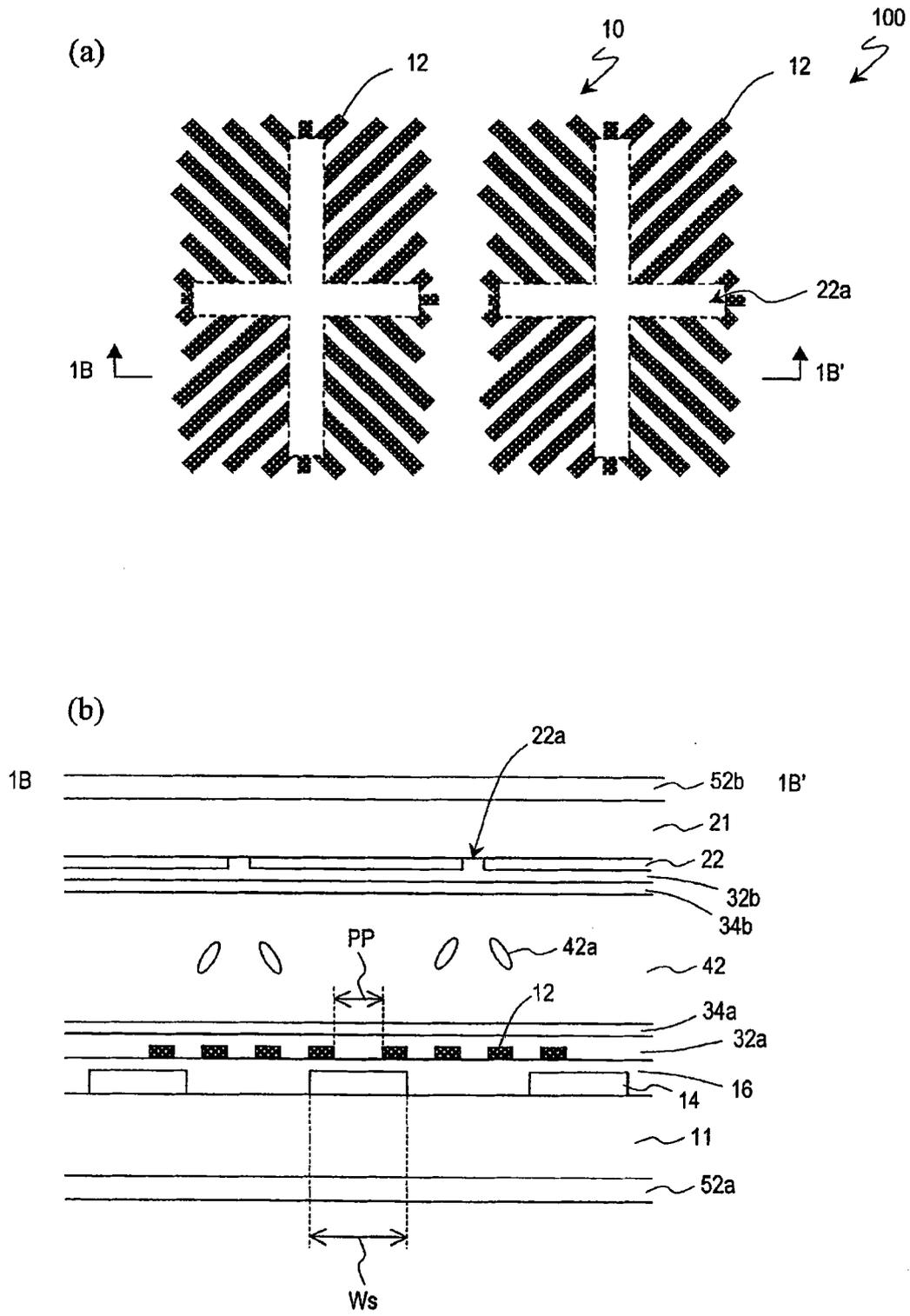


图 1

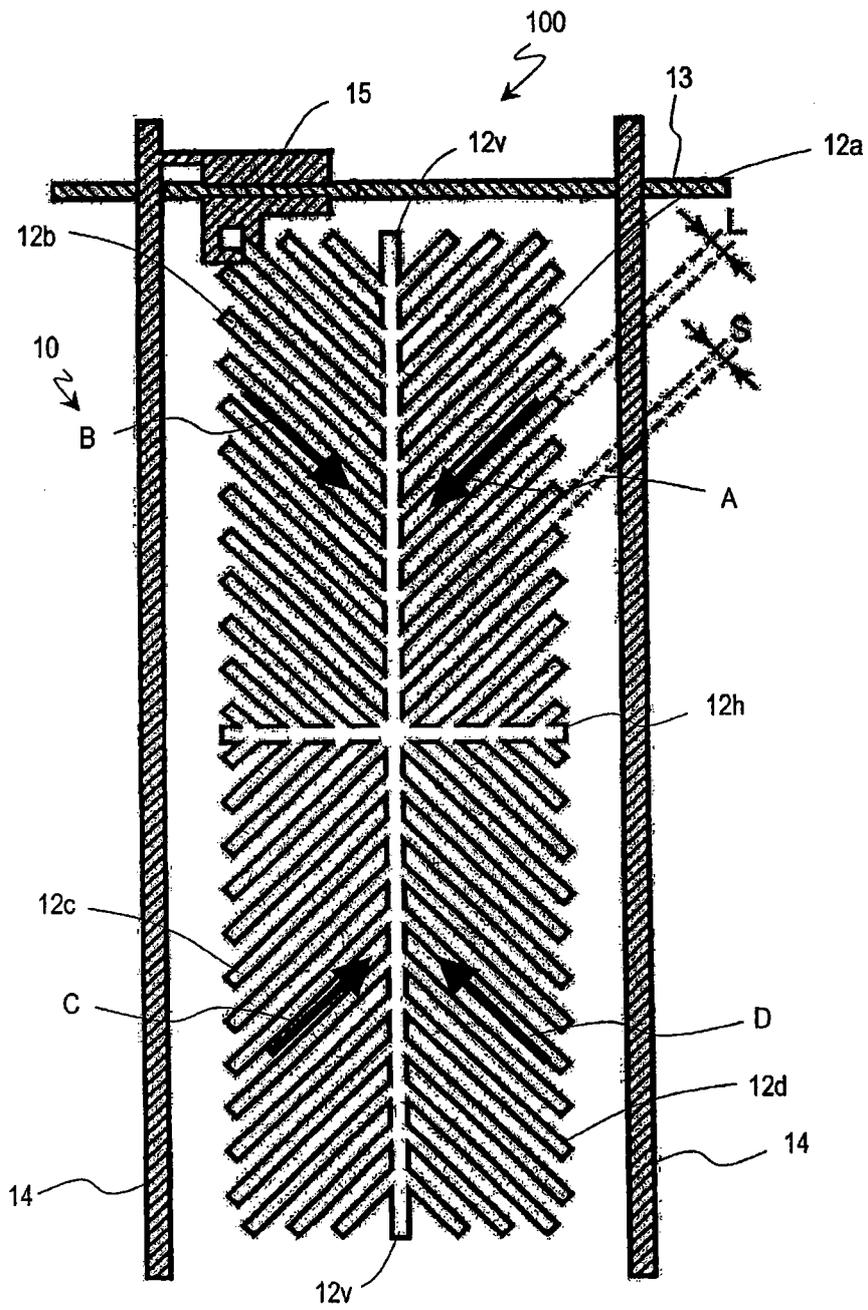


图 2

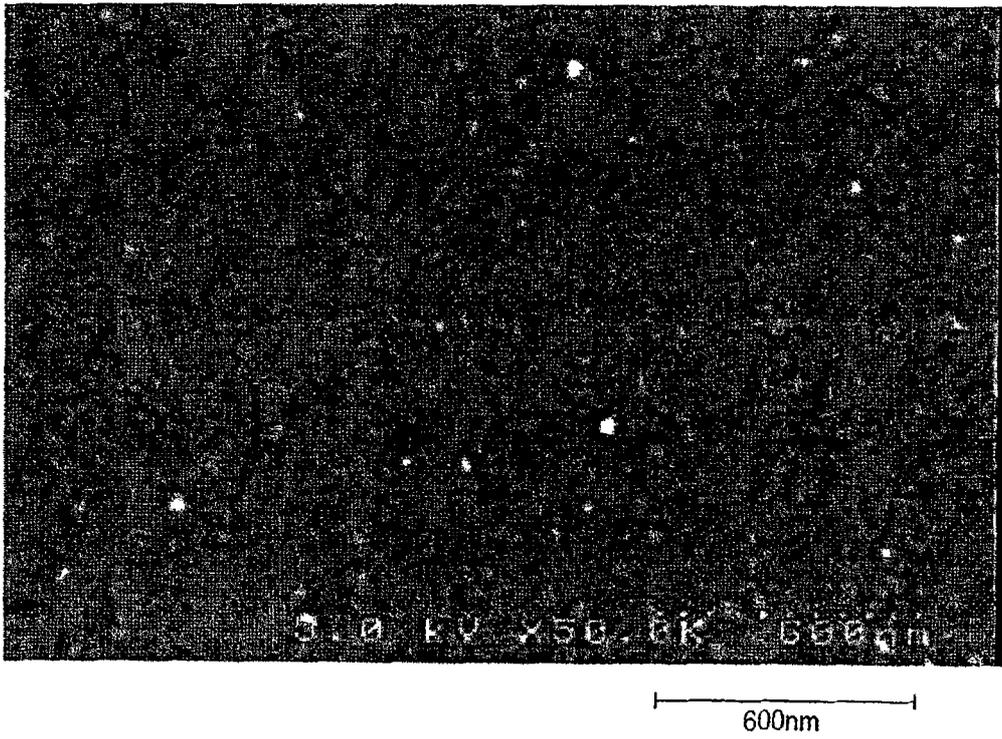


图 3

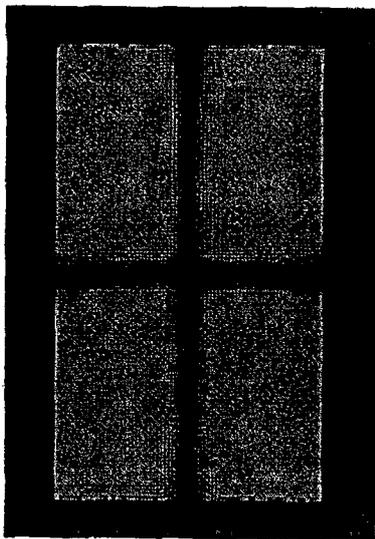


图 4

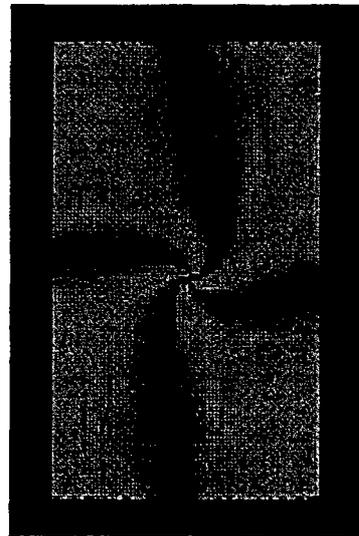


图 5

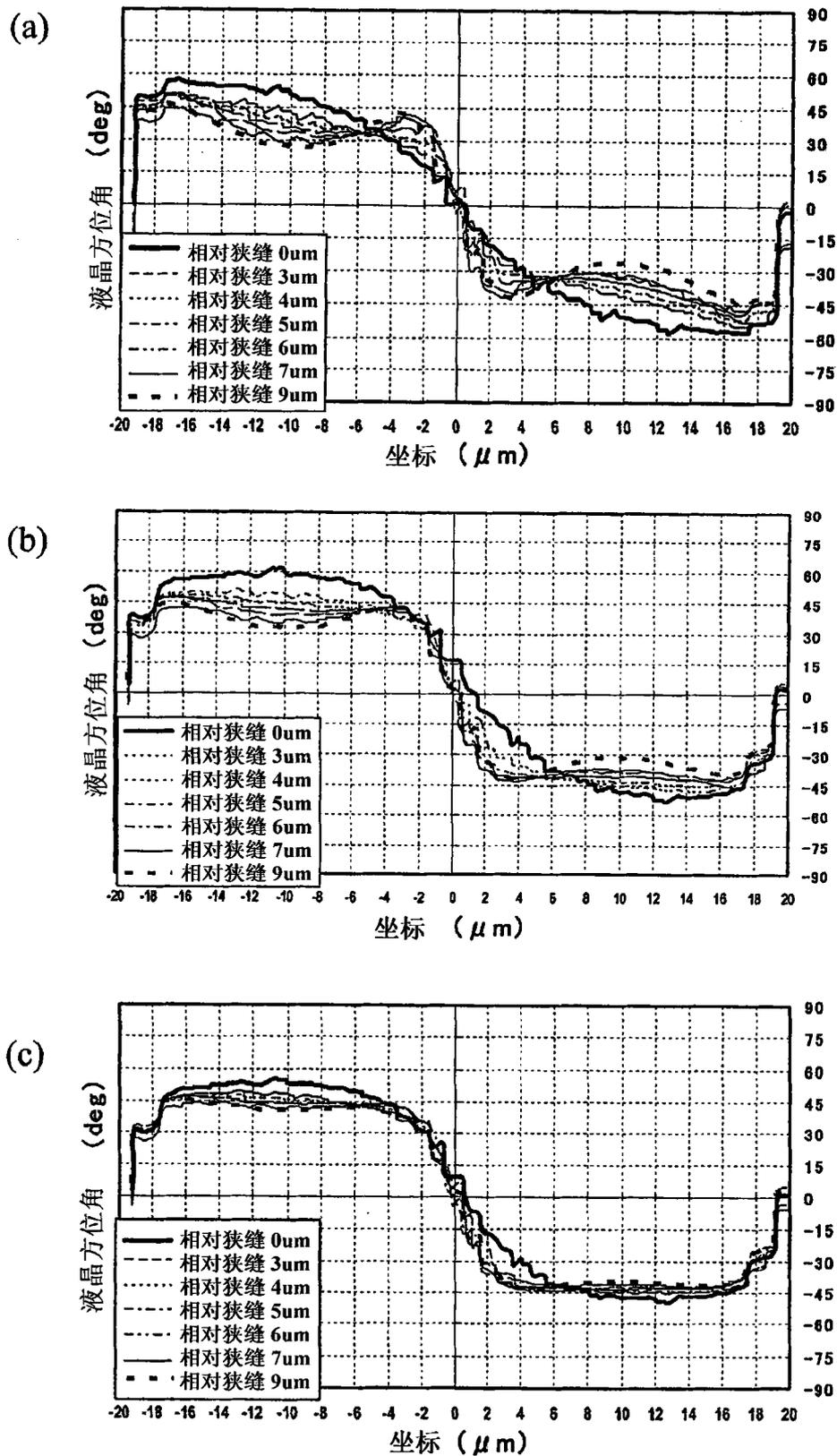


图 6

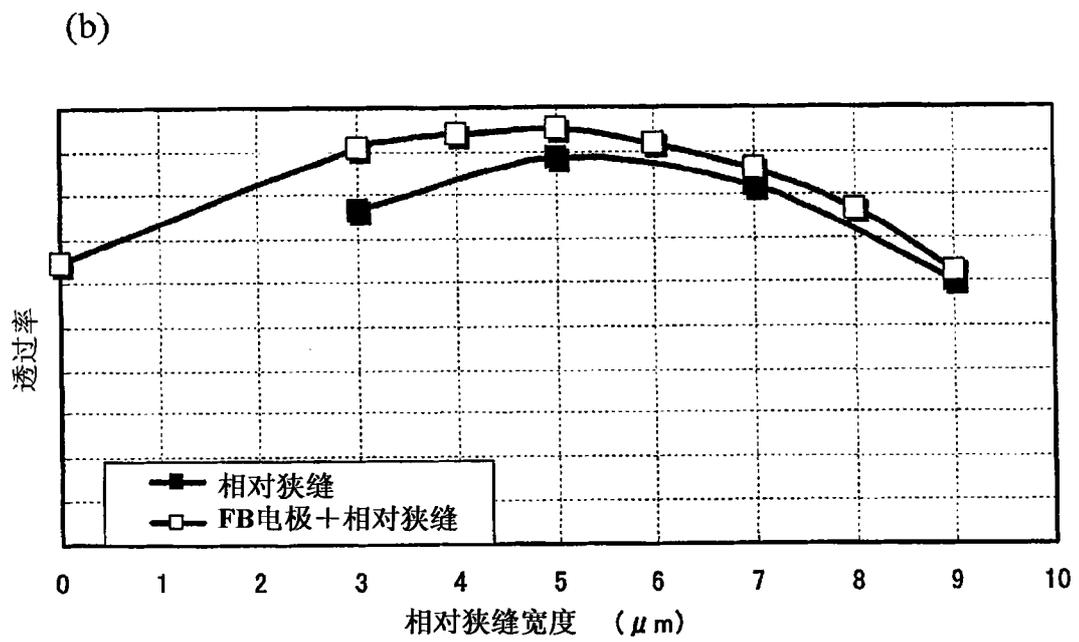
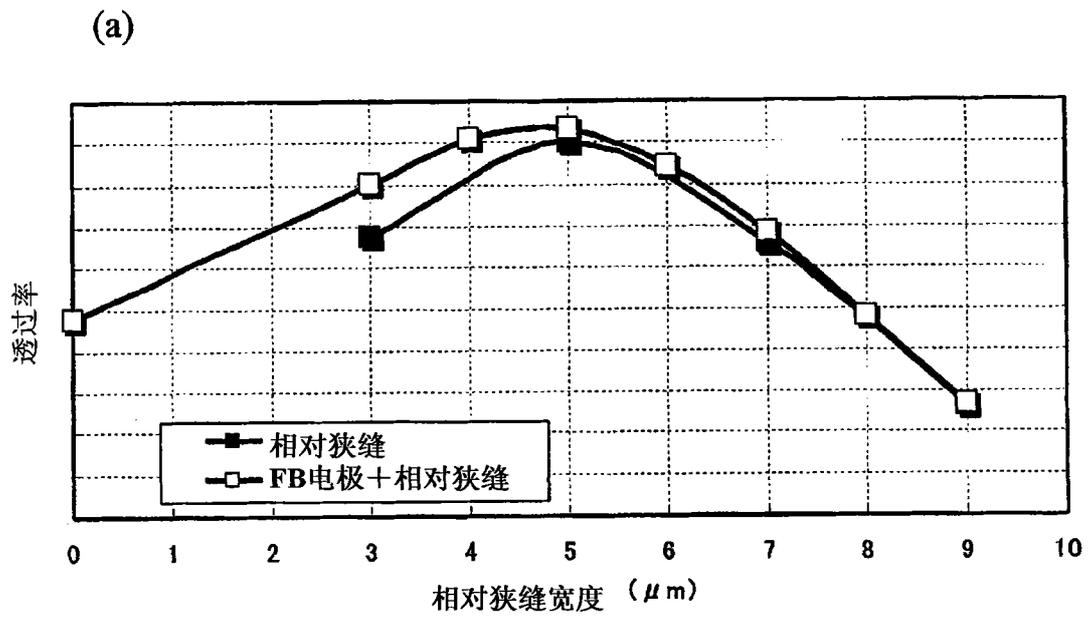


图 7

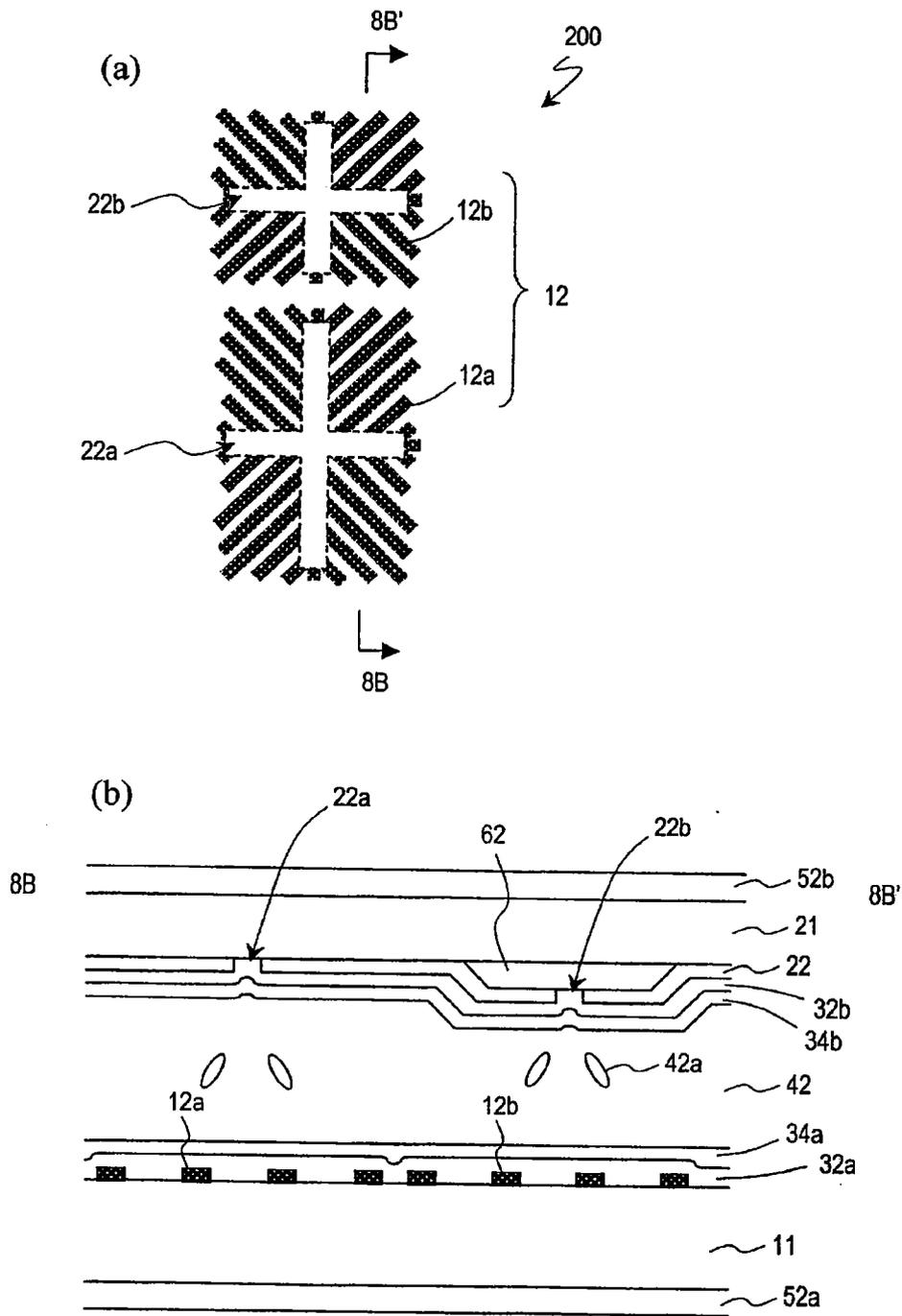


图 8

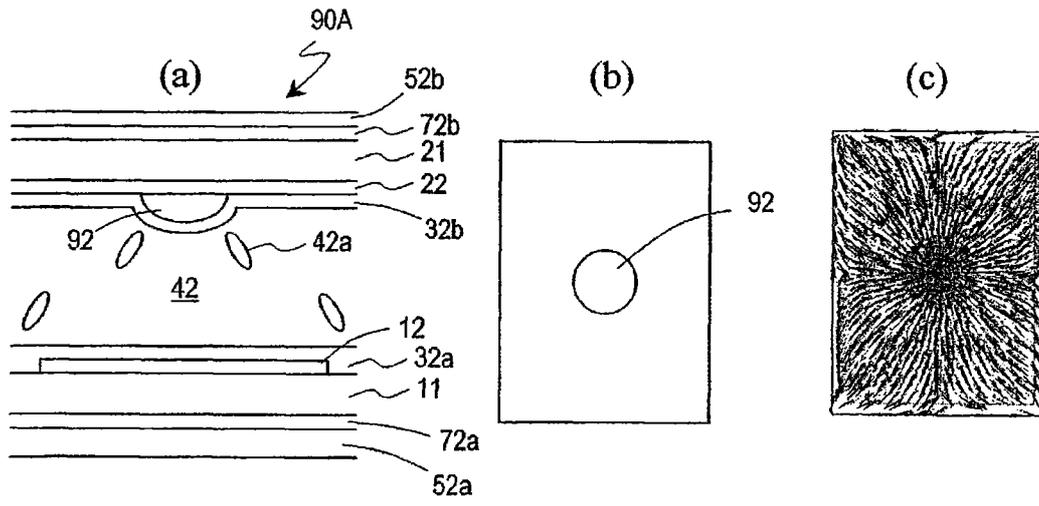


图 9

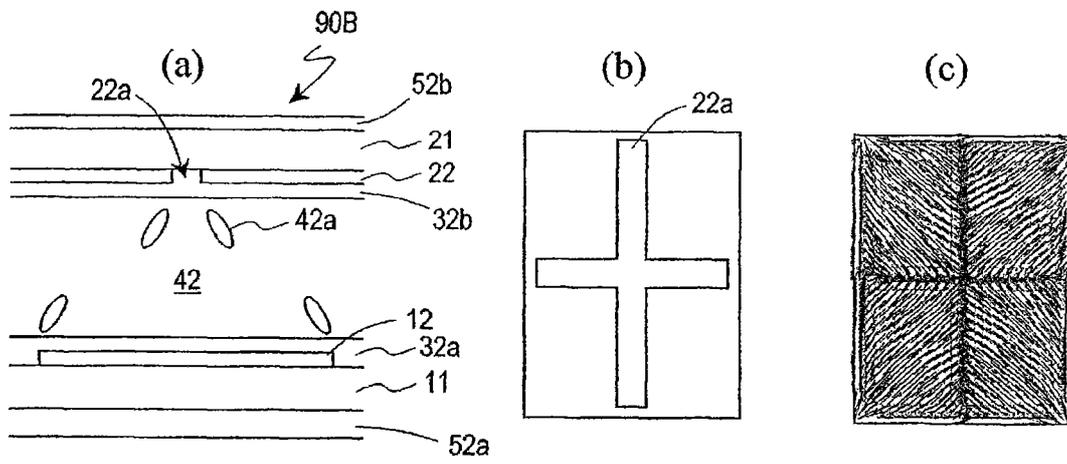


图 10

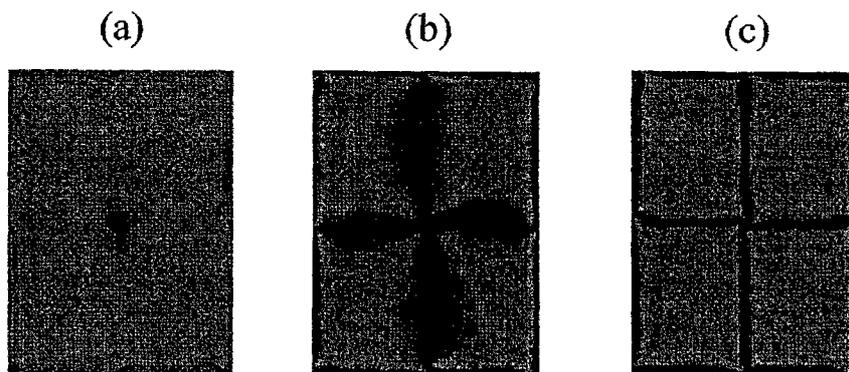


图 11

