

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 21/336

H01L 29/786



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00108644.8

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 31 日

[11] 授权公告号 CN 1144275C

[22] 申请日 2000.5.9 [21] 申请号 00108644.8

[30] 优先权

[32] 1999.5.10 [33] JP [31] 128121/1999

[71] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本国大阪府

[72] 发明人 古田守 相马功儿

审查员 张 莉

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

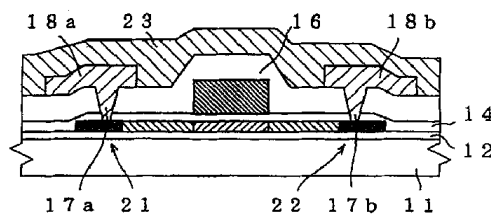
代理人 张政权

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

[54] 发明名称 薄膜晶体管制造方法及薄膜晶体管

[57] 摘要

作为薄膜晶体管的栅绝缘膜形成第一绝缘膜，在栅绝缘膜上形成栅极。然后，注入杂质以形成源和漏区。作为层间绝缘膜，形成折射率为 n_1 且膜厚为 d_2 的第二绝缘膜覆盖第一绝缘膜和栅极。其后，加上波长为 λ 的激光以激活杂质。第一和第二绝缘膜的膜厚 d_1 和 d_2 满足相对于激光波长 λ 的情况，以在需要激活的区域处形成防反射膜。同时，设定膜厚 d_1 和 d_2 使栅极上的层间绝缘膜形成反射膜。这减少了杂质激活期间激光对栅极的热破坏。



ISSN 1008-4274

1. 一种薄膜晶体管的制造方法，其特征在于所述方法包括以下步骤：
 在透明衬底上形成半导体薄膜；
 在所述半导体薄膜上形成折射率为 n_1 且膜厚为 d_1 的第一绝缘膜；
 在所述第一绝缘膜上形成栅极；
 把杂质注入所述半导体薄膜中；
 形成折射率为 n_2 且膜厚为 d_2 的第二绝缘膜，以覆盖所述第一绝缘膜和所述栅极；以及

施加波长为 λ 的激光来激活所注入的杂质；

其中所述膜厚 d_1 和 d_2 的厚度足以把所述激光反射离栅极并被远离所述栅极的所述薄膜晶体管所吸收，所述厚度 d_1 和 d_2 落在满足一组公式(5)和(6)的范围内， m 和 m_1 为任意给定的正整数：

$$\text{abs}\{d_2 \cdot n_2 - 2 \cdot m \cdot \lambda / 4\} < \lambda / 8 \quad (5); \text{ 以及}$$

$$\text{abs}\{(d_2 \cdot n_2 + d_1 \cdot n_1) - (2 \cdot m_1 - 1) \cdot \lambda / 4\} < \lambda / 8 \quad (6).$$

2. 如权利要求 1 所述的薄膜晶体管的制造方法，其特征在于所述厚度 d_1 和 d_2 满足一组公式(1)和(2)， m 和 m_1 为任意给定的正整数：

$$d_2 \cdot n_2 = 2 \cdot m \cdot \lambda / 4 \quad (1); \text{ 以及}$$

$$d_1 \cdot n_1 + d_2 \cdot n_2 = (2 \cdot m_1 - 1) \cdot \lambda / 4 \quad (2).$$

3. 如权利要求 1 所述的薄膜晶体管的制造方法，其特征在于所述第一绝缘膜为栅绝缘膜。

4. 如权利要求 1 所述的薄膜晶体管的制造方法，其特征在于所述第二绝缘膜的折射率 n_2 等于所述第一绝缘膜的折射率 n_1 。

5. 如权利要求 1-4 中任一项所述的薄膜晶体管的制造方法，其特征在于所述第一绝缘膜为通过等离子体分解至少包含有机硅的气体材料而制成的氧化硅。

6. 如权利要求 1-4 中任一项所述的薄膜晶体管的制造方法，其特征在于所述半导体薄膜为多晶硅制成的非单晶半导体薄膜。

7. 如权利要求 1-4 中任一项所述的薄膜晶体管的制造方法，其特征在于在把杂质注入所述半导体薄膜中的所述步骤中，注入用于形成所述薄膜晶体管的源和漏区的杂质及用于形成轻掺杂区的杂质。

8. 一种薄膜晶体管，其特征在于包括：

在透明衬底上形成的半导体薄膜；

在所述半导体薄膜上形成的折射率为 n_1 且膜厚为 d_1 的第一绝缘膜；

在所述第一绝缘膜上形成的栅极；

注入所述半导体薄膜中的杂质，所述杂质通过施加波长为 λ 的激光而激活；

以及

形成的覆盖所述第一绝缘膜和所述栅极的折射率为 n_2 且膜厚为 d_2 的第二绝缘膜；

其中所述膜厚 d_1 和 d_2 的厚度足以把所述激光反射离栅极并被远离所述栅极的所述薄膜晶体管所吸收，所述厚度 d_1 和 d_2 落在满足一组公式(5)和(6)的范围内， m 和 m_1 为任意给定的正整数：

$$\text{abs}\{d_2 \cdot n_2 - 2 \cdot m \cdot \lambda / 4\} < \lambda / 8 \quad (5); \text{ 以及}$$

$$\text{abs}\{(d_2 \cdot n_2 + d_1 \cdot n_1) - (2 \cdot m_1 - 1) \cdot \lambda / 4\} < \lambda / 8 \quad (6)。$$

9. 如权利要求 8 所述的薄膜晶体管，其特征在于所述厚度 d_1 和 d_2 满足一组公式(1)和(2)， m 和 m_1 为任意给定的正整数：

$$d_2 \cdot n_2 = 2 \cdot m \cdot \lambda / 4 \quad (1); \text{ 以及}$$

$$d_1 \cdot n_1 + d_2 \cdot n_2 = (2 \cdot m_1 - 1) \cdot \lambda / 4 \quad (2)。$$

10. 如权利要求 8 所述的薄膜晶体管，其特征在于所述第一绝缘膜为栅绝缘膜。

薄膜晶体管制造方法及薄膜晶体管

本发明涉及多晶硅薄膜晶体管的制造方法及在液晶显示器件和包括图象传感器等输入和输出器件中所使用的薄膜晶体管这一领域。

多晶硅薄膜晶体管的电子迁移率比无定形硅薄膜晶体管的电子迁移率大 100 倍。使用多晶硅薄膜晶体管使得可把元件减到最少且使得可更密集地在衬底上安装驱动电路。在液晶显示器件的领域中，近来已在具有内置驱动电路的薄膜晶体管阵列中使用了多晶硅薄膜晶体管。通过开发在可容易扩大的玻璃衬底上制造阵列这一技术，使得这些具有内置驱动电路的薄膜晶体管阵列成为可能。

为了在低温下形成多晶硅薄膜晶体管，开发在低温下把杂质注入多晶硅薄膜的激活方法以及在低温下形成多晶硅薄膜的技术是重要的。通常利用使用准分子激光退火的低温结晶化，在低温下在大的衬底上形成良好的多晶硅薄膜。

例如，1986 年 5 月第 5 期 IEEE 电子器件公报的第 EDL-7 卷，第 276-278 页揭示了涉及准分子激光退火技术。一般，使用热退火来激活，但激活速率随处理温度的降低而明显下降。

提出把快速热退火 (RTA) 和准分子激光激活作为提高低温下的杂质激活速率以克服以上缺点的方法。SID97 M/52: 多晶硅 TFT LCD 的快速热处理的最新进展中揭示了 RTA 激活，第 18 届 (1986) 固态器件和材料国际会议的全文摘要第 225-228 页揭示了准分子激光激活。

图 3A 到 3D 示出描述制造液晶显示器件中所使用的有源矩阵阵列的多晶硅薄膜晶体管的常规方法的流程图。如图 3A 所示，使用等离子体 CVD 方法在透明玻璃衬底 11 上形成变为缓冲层 12 的氧化硅膜。然后，使用等离子体 CVD 方法淀积无定形硅 (a-Si) 膜，而其上形成缓冲层 12 的衬底 11 不暴露于空气。

接着，应用热处理来减少 a-Si 膜中的氢。通过准分子激光退火对 a-Si 进行多晶硅化，以形成多晶-Si 膜 13a。最后，把多晶-Si 膜 13a 处理成为 TFT 所需的尺寸和形状。

接着，形成变为栅绝缘膜 14 的氧化硅膜。形成通常由 Al 合金构成的栅极 15，并且，如图 3A 的箭头 100 所示，在薄膜晶体管中注入杂质以形成轻掺

杂漏 (LDD) 区 13b。如图 3B 所示, 然后使用覆盖薄膜晶体管的 LDD 区 13b 的光致抗蚀剂 25, 形成把杂质注入源和漏区中的掩模。如图 3B 的箭头 100 所示, 通过离子注入把大量磷离子 (即杂质) 注入源区 21 和漏区 22 中。把杂质浓度高的源区 21 和漏区 22 叫做 SD 区 13C。

由于注入的杂质在电气上是不活泼的, 所以如图 3C 的箭头 101 所示应用准分子激光来激活它。

然后, 如图 3D 所示, 形成变为层间绝缘膜 16 的氧化硅膜, 并在源区 21 和漏区 22 中的绝缘膜上开出接触孔 17a 和 17b。并形成 Ti 和 Al 构成的分层膜, 并对它进行处理以形成 SD 布线 18a 和 18b。

最后, 形成由氮化硅制成的保护绝缘膜 23, 并在氢气中进行退火。氢气退火以氢填充多晶硅薄膜中的空离子键, 使得可提高薄膜晶体管的特性。

然而, 使用准分子激光的常规激活方法对栅极 15 产生程度高的热破坏。更具体来说, 如图 3C 所示, 通过薄膜晶体管源区 21 和漏区 22 处的栅绝缘膜 14 把所照射的准分子激光加到多晶硅上, 被多晶硅所吸收。加到栅极 15 区的激光还被栅金属直接吸收, 使得栅极的温度升高。如果把诸如 W、Mo 和 Cr 等具有高熔点的金属用于栅极 15, 则可能因激光照射所产生的热冲击 (shock) 而引起栅极 15 开裂或剥离。如果把 Al 合金用于栅极 15, 则可能发生诸如小丘 (hillock) 增加等质量问题。小丘是因温度升高而使材料表面变得不平的现象。

本发明提供了一种薄膜晶体管的制造方法及薄膜晶体管, 它减少了在薄膜晶体管制造期间 (包括通过激光照射来进行杂质激活的工艺) 因照射激光而对栅极所产生的热破坏。

依据本发明一个示例实施例的薄膜晶体管制造方法包括以下步骤: 在透明衬底上形成半导体薄膜; 作为栅绝缘膜在半导体薄膜上形成折射率为 n_1 且膜厚为 d_1 的第一绝缘膜; 在第一绝缘膜上形成栅极; 把杂质注入半导体薄膜中; 形成折射率为 n_2 且膜厚为 d_2 的第二绝缘膜, 以覆盖第一绝缘膜和栅极; 在形成第二绝缘膜后, 通过加上波长为 λ 的激光来激活所注入的杂质。在此结构中, 膜厚 d_1 和 d_2 实际上满足以下的一组公式 (1) 和 (2):

$$d_2 * n_2 = 2 * m * \lambda / 4 \quad (1)$$

$$d_1 * n_1 + d_2 * n_2 = (2 * m_1 - 1) * \lambda / 4 \quad (2)$$

这里, m 和 m_1 为任意给定的正整数。

这些膜厚使得激光被反射出栅极，并在栅极以外的部分被吸收。这使得减少了激光照射对栅极的热破坏，还实现了通过激光的有效的杂质激活。

本发明的另一个示例实施例指一种薄膜晶体管的制造方法，该方法包括以下步骤：在透明衬底上形成半导体薄膜；作为栅绝缘膜在半导体薄膜上形成折射率为 n_1 且膜厚为 d_1 的第一绝缘膜；在第一绝缘膜上形成栅极；在形成栅极后把杂质注入半导体薄膜中；形成折射率为 n_2 且膜厚为 d_2 的第二绝缘膜，以覆盖第一绝缘膜和栅极；在形成第二绝缘膜后，通过波长为 λ 的激光照射来激活所注入的杂质。

在此结构中，第一绝缘膜的膜厚 d_1 和第二绝缘膜的膜厚 d_2 实际上满足一组公式 (5) 和 (6)， m 和 m_1 为任意给定的正整数。

$$\text{abs}\{d_2 \cdot n_2 - 2 \cdot m \cdot \lambda / 4\} < \lambda / 8 \quad (5); \text{ 以及}$$

$$\text{abs}\{(d_2 \cdot n_2 + d_1 \cdot n_1) - (2 \cdot m_1 - 1) \cdot \lambda / 4\} < \lambda / 8 \quad (6)$$

以上膜厚 d_1 和 d_2 的可接受范围使得减少了激光照射对栅极的热破坏，还实现了通过激光的有效的杂质激活。

在这些薄膜晶体管制造方法中，第一绝缘膜是通过由等离子体分解至少包含有机硅材料的气体材料而制造的氧化硅。

本发明的薄膜晶体管包括在透明衬底上形成的半导体薄膜；作为栅绝缘膜在半导体薄膜上形成的折射率为 n_1 且膜厚为 d_1 的第一绝缘膜；在第一绝缘膜上形成的栅极；注入半导体薄膜中的杂质；形成的覆盖第一绝缘膜和栅极的折射率为 n_2 且膜厚为 d_2 的第二绝缘膜。通过加上波长为 λ 的激光来激活所注入的杂质。在此结构中，膜厚 d_1 和 d_2 实际上满足一组公式 (1) 和 (2)， m 和 m_1 为任意给定的正整数。

图 1A 到 1D 是示出本发明较佳实施例中的薄膜晶体管制造方法的工艺的剖面图。

图 2A 示出绝缘膜的膜厚与激光的反射率之间的关系的特性曲线图；

图 2B 是薄膜晶体管中的区域 A 和 B 的剖面图。

图 3A 到 3D 是示出薄膜晶体管的常规制造方法的工艺的剖面图。

以下参考图 1A 到 1D 来描述本发明较佳实施例中的薄膜晶体管制造方法。如图 1A 所示，使用等离子体 CVD 方法在透明玻璃衬底 11 上形成 400nm 厚的氧化硅膜，以形成缓冲层 12。然后，使用等离子体 CVD 方法淀积达到 50nm 厚的无定形硅 (a-Si)，而其上形成氧化硅薄膜的玻璃衬底 11 不暴露于空气。

为了减少 a-Si 膜中的氢，在 1 托的还原氮气中，在 450℃ 下把玻璃衬底 11 热处理 90 分钟。通过准分子激光退火对 a-Si 膜进行多晶硅化，以形成多晶-Si 膜 13a，它是一非单晶半导体薄膜。对于准分子激光，使用波长为 308nm 的 XeCl 准分子激光，并在真空下照射。其能量密度为 350mJ/cm²，平均照射量为 35 射(shot)/点。

在对 a-Si 膜进行多晶硅化以形成多晶-Si 膜 13a 后，把多晶-Si 膜 13a 处理成为 TFT 所需的尺寸和形状。淀积 50nm 厚的氧化硅膜，以形成栅绝缘膜 14，它是第一绝缘膜。采用等离子体 CVD 方法从氧气和 TEOS（原硅酸四乙酯，Si(OCH₂CH₃)₄）气体的混合气体（它是有机硅材料）中形成此氧化硅膜。膜厚设定为 45nm。

然后形成由 Al 合金构成的栅极 15。把栅极 15 用作掩模，通过注入杂质来形成薄膜晶体管的 LDD 区 13b。以 70keV 的加速电压来激励磷离子，并以 10¹³/cm² 的剂量率沿箭头 100 注入。在形成 LDD 区 13b 后，如图 1B 所示，加上覆盖薄膜晶体管的 LDD 区 13b 的光致抗蚀剂 25，以形成把杂质注入源区 21 和漏区 22 的掩模。LDD 区不是必不可少的，而是有利于减少薄膜晶体管的 OFF 状态电流。

在注入杂质后，如图 1C 所示，形成 215nm 厚的氧化硅膜作为第二绝缘膜，以形成层间绝缘膜 16。然后，如图 1C 中的箭头 101 所示，加上短波准分子激光以激活所注入的杂质。用于激活的激光为 XeCl 准分子激光，它的波长 λ 为 308nm，半宽度为 30nm。其能量密度为 300mJ/cm²，平均照射量为 20 射/点。

栅绝缘膜 14（第一绝缘膜）的膜厚 $d_1=50\text{nm}$ ，折射率 $n_1=1.46$ 。在栅绝缘膜 14 上形成的层间绝缘膜 16（第二绝缘膜）的膜厚 $d_2=215\text{nm}$ ，折射率 $n_2=1.46$ 。相应地，需要杂质激活的薄膜晶体管的源区 21 和漏区 22 上的绝缘膜的膜厚为 $d_1+d_2=265\text{nm}$ 。折射率 n_1 都是 1.46。

图 2A 示出在激光从空气进入绝缘膜（SiO₂）时的激光反射率对绝缘膜的膜厚的关系曲线。图 2B 示出在激光激活期间薄膜晶体管的剖面图。此图相应于图 1C 中的剖面图。如图 2A 所示，当激光波长为 λ 且绝缘膜的折射率为 n 时，从空气进入绝缘膜的激光的反射率以 $\lambda/(4*n)$ 的周期重复最大和最小反射率。

图 2A 示出当准分子激光的波长 λ 为 308nm 且绝缘膜（SiO₂）的折射率 n 为 1.46 时的情况。在此情况下，反射率的半周期 $\lambda/(4*n)$ 为 52.7nm。相应地，自从激光进入图 2B 所示区域 A（栅极）上的层间绝缘膜（ $d_2=215\text{nm}$ ）后，薄

膜晶体管的栅极 15 几乎不吸收入射激光能量。

另一方面，在图 2B 所示的区域 B(晶体管的源区 21、漏区 22 和 LDD 区 13b) 中，激光进入厚度为栅绝缘膜的膜厚 $d_1=50\text{nm}$ 与层间绝缘膜的膜厚 $d_2=215\text{nm}$ 之和(即 $d_1+d_2=265\text{nm}$)的膜。相应地，如图 A 所示反射率几乎最小，入射激光能量最有效地达到底部的多晶-Si 膜 13a。因而，多晶-Si 膜 13a 被最有效地退火，且令人满意地激活所注入的杂质。

以上结论可采用以下的数字形式。

当层间绝缘膜厚 d_2 为反射率半周期的偶数倍，即

$$d_2=2*m*\lambda/(4*n_1); \text{ 以及}$$

两个绝缘膜厚之和 d_1+d_2 为反射率半周期的奇数倍，即

$$d_1+d_2=(2*m_1-1)*\lambda/(4*n_1)$$

时实现了理想情况。这里 m 和 m_1 是任意给定的正整数。

然后，可如下重新排列这些公式：

$$d_2*n_1=2*m*\lambda/4; \text{ 以及}$$

$$(d_1+d_2)*n_1=(2*m_1-1)*\lambda/4。$$

对于层间绝缘膜的折射率 n_2 不同于栅绝缘膜的折射率 n_1 的情况，可如下归纳这些公式：

$$d_2*n_2=2*m*\lambda/4 \quad (1); \text{ 以及}$$

$$d_2*n_2+d_1*n_1=(2*m_1-1)*\lambda/4 \quad (2)。$$

换句话说，在满足一组公式(1)和(2)时，激光理想地激活了杂质。

在杂质激活后，如图 1D 所示，在层间绝缘膜 16 上开出接触孔 17a 和 17b，然后分别形成 Ti 和 Al 分层膜构成的 SD 布线 18a 和 18b。最后，形成由氮化硅制成的保护绝缘膜 23，并在氢气中进行退火。相应地，由氢来填充多晶硅薄膜中的空离子键，以提高薄膜晶体管的特性。

以上描述中的退火最好在 250°C 和 400°C 之间进行 30 分钟到 3 小时。这里，退火温度为 350°C ，退火时间为 1 小时。使用本发明的制造方法所制造的薄膜晶体管表现出的迁移率为 $150\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 及 $V_{th}=2.0\text{V}$ 。即使把 Al 合金用于栅极 15，在通过激光的杂质激活工艺中也未观察到小丘的增加。

因而，本发明的制造方法使得可把准分子激光反射离栅极 15 上的层间绝缘膜 16。另一方面，薄膜晶体管的源区 21、漏区 22 和 LDD 区 13b 上的层间绝缘膜 16 和栅绝缘膜 14 防止了准分子激光的反射。这使得在需要杂质激活

的区域有效地吸收了激光能量，同时，防止在需要避免温度升高的栅极处吸收激光能量。相应地，可能因温度升高而引起小丘、裂缝等的材料可用于栅极布线，这些材料诸如 Al 及包括 Cr、Mo 和 Ni 等应力大且熔点高的金属。

如图 2A 所示，相对于所使用的激光的波长 λ 及绝缘膜的折射率 n_1 ，在每一 $\lambda/(4*n_1)$ [nm] 的绝缘膜厚中重复最小和最大反射率。相应地，绝缘膜膜厚的误差最好在反射率变为最大值和最小值的最小间隔的一半的范围内，即 $\pm\lambda(8*n_1)$ [nm]。如果把此条件量化，则栅绝缘膜的膜厚 d_1 和层间绝缘膜的膜厚 d_2 可满足以下的一组公式 (3) 和 (4)， m 和 m_1 为任意给定的正整数：

$$\text{abs}\{d_2*n_1-2*m*\lambda/4\} < \lambda/8 \quad (3); \text{ 以及}$$

$$\text{abs}\{(d_2+d_1)*n_1-(2*m_1-1)*\lambda/4\} < \lambda/8 \quad (4)。$$

较佳实施例对栅绝缘膜和层间绝缘膜使用相同材料，这意味着两个膜具有相同的折射率 n_1 。然而，没有必要使用折射率相同的材料。当把折射率不同材料用于栅绝缘膜和层间绝缘膜时，膜厚 d_1 和 d_2 可满足以下的一组公式 (5) 和 (6)， m 和 m_1 为任意给定的正整数：

$$\text{abs}\{d_2*n_2-2*m*\lambda/4\} < \lambda/8 \quad (5); \text{ 以及}$$

$$\text{abs}\{(d_2*n_2+d_1*n_1)-(2*m_1-1)*\lambda/4\} < \lambda/8 \quad (6);$$

这里，栅绝缘膜的膜厚为 d_1 ，其折射率为 n_1 ，层间绝缘膜的膜厚为 d_2 ，其折射率为 n_2 。

在满足以上公式 (5) 和 (6) 时，可实现较佳实施例中所述的相同结果。

如较佳实施例中所述，把有机硅材料（诸如通过等离子体分解的 TEOS 气体）用于栅绝缘膜有效地提高了薄膜晶体管的可靠性，因为在淀积该膜时对基底层的破坏极小。

如上所述，本发明使得在加上激光来激活杂质时，能够在栅极上形成防激光的光学反射膜，并在薄膜晶体管的源和漏区上形成防反射膜。这使得栅极可在激活期间反射激光束，同时，使注入杂质的区域有效地吸收能量。相应地，即使在实现足够的激活速率的激光退火条件下，也可防止栅极开裂和剥离。结果，本发明明显地提高了制造薄膜晶体管的成品率。

此外，绝缘膜使用通过等离子体分解有机硅材料而制成的氧化硅膜来覆盖薄膜晶体管的源区和漏区使得进一步提高了薄膜晶体管的可靠性。

标号

11 玻璃衬底

-
- 12 缓冲层
 - 13a 多晶-Si 膜
 - 13b LDD 区
 - 13c SD 区
 - 14 栅绝缘膜（第一绝缘膜）
 - 15 栅极
 - 16 层间绝缘膜（第二绝缘膜）
 - 17a, 17b 接触孔
 - 18a, 18b SD 布线
 - 21 源区
 - 22 漏区
 - 25 光致抗蚀剂
 - 23 保护绝缘膜

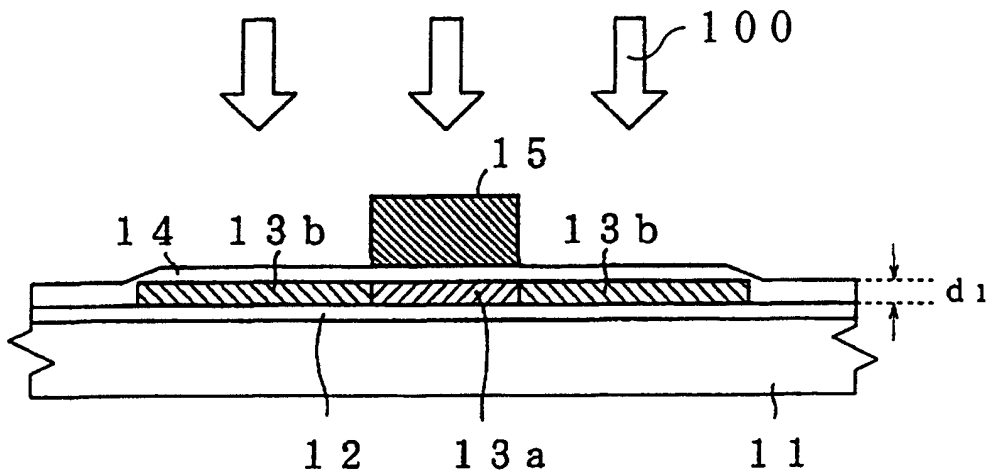


图 1A

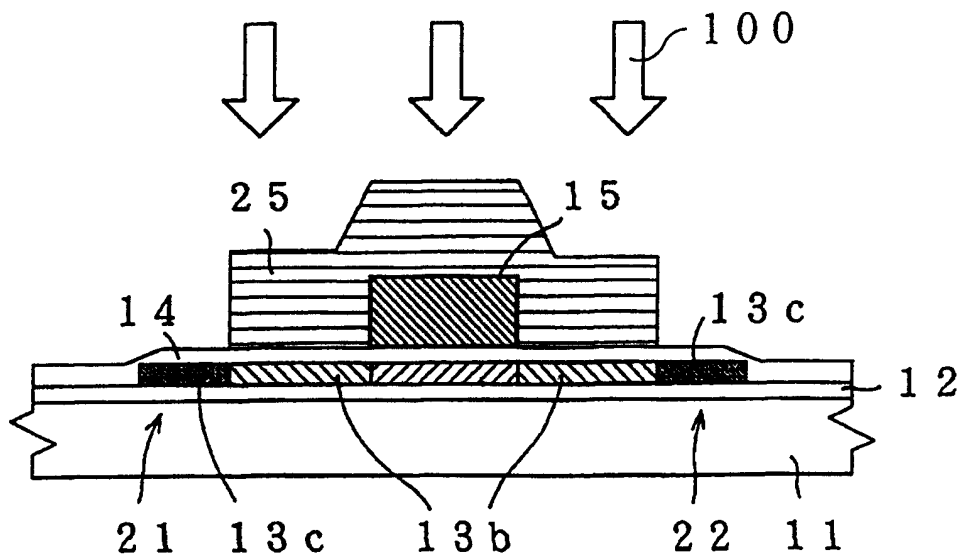


图 1B

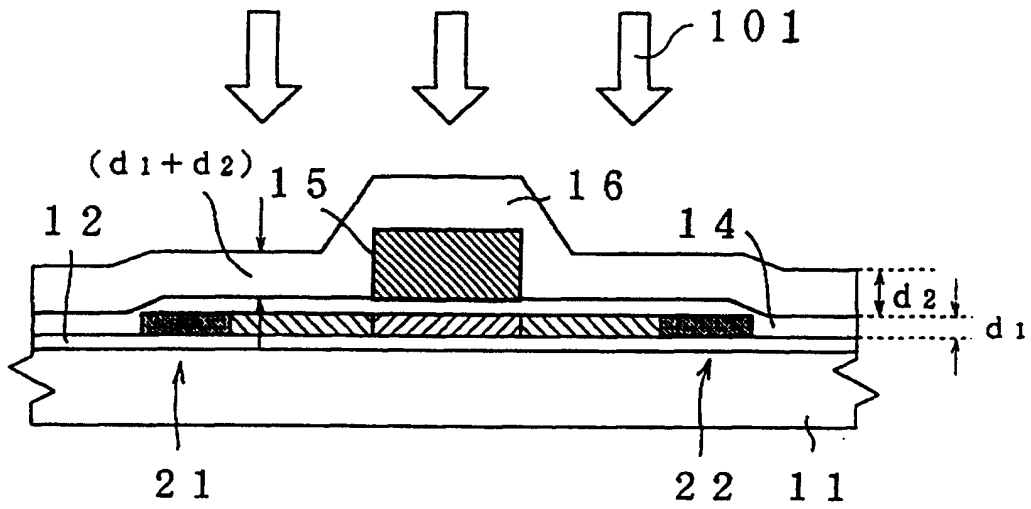


图 10

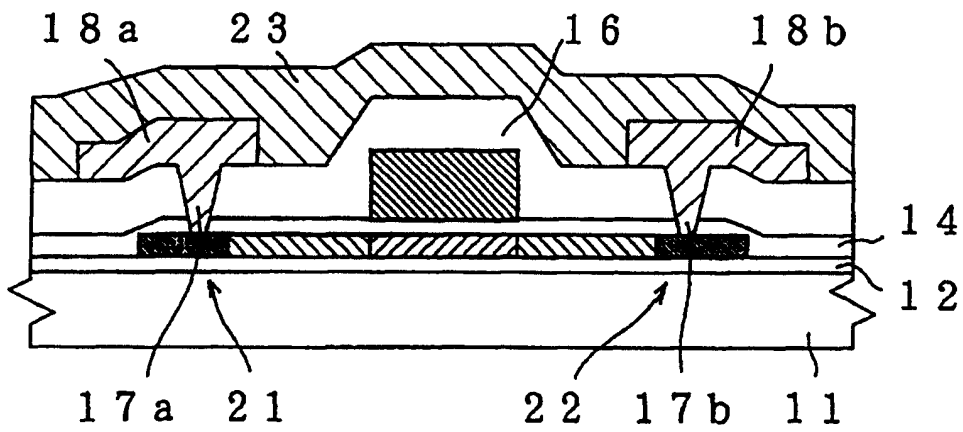


图 1D

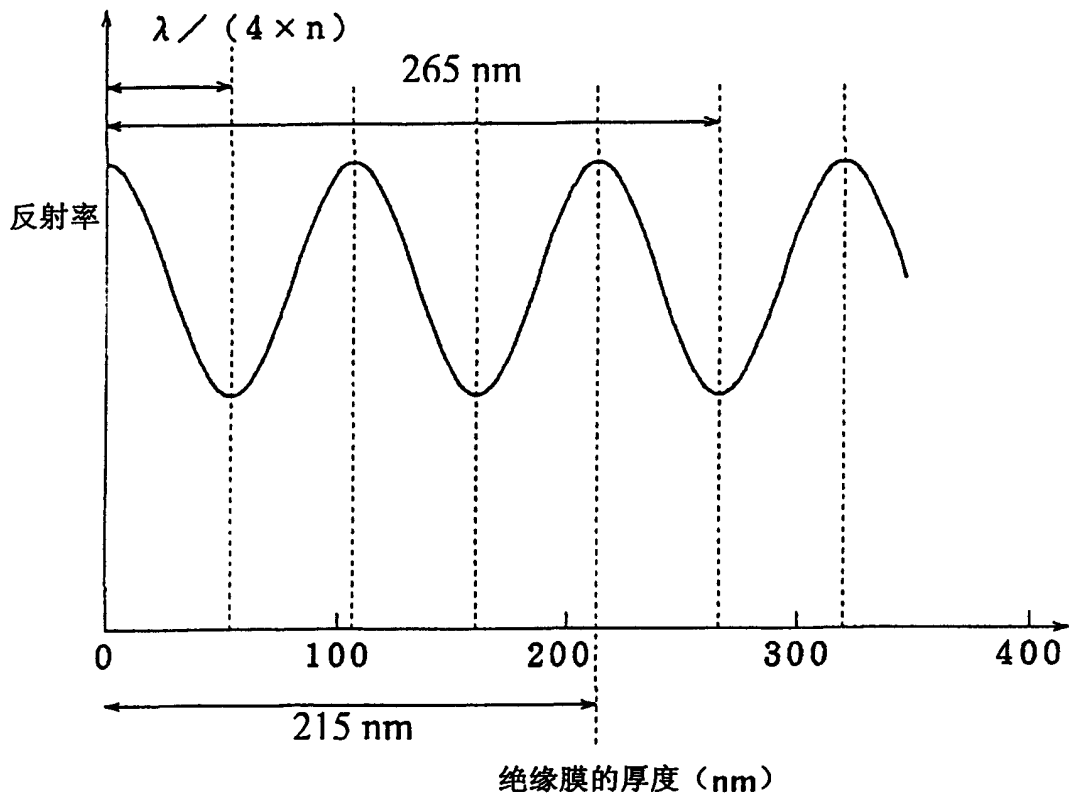


图 2A

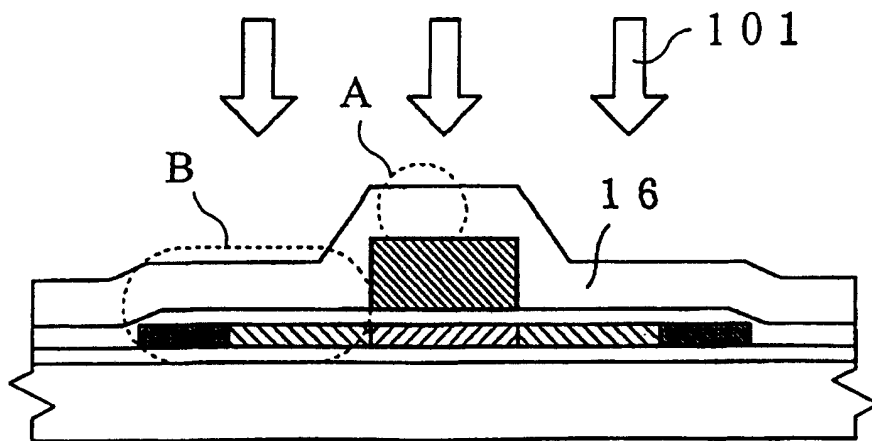


图 2B

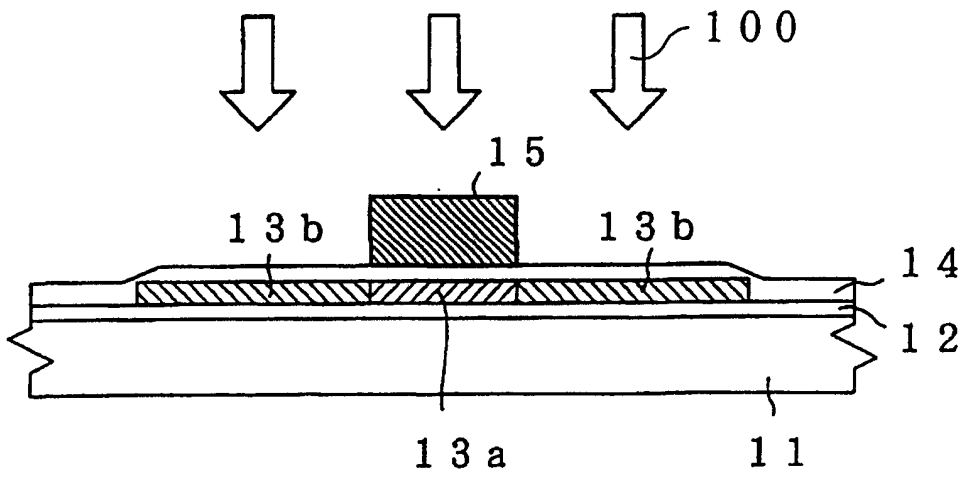


图 3A

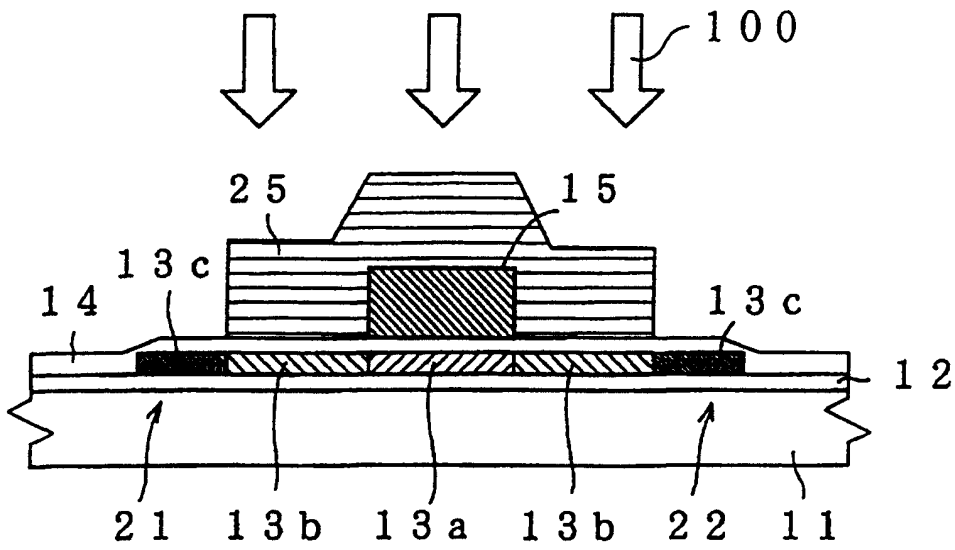


图 3B

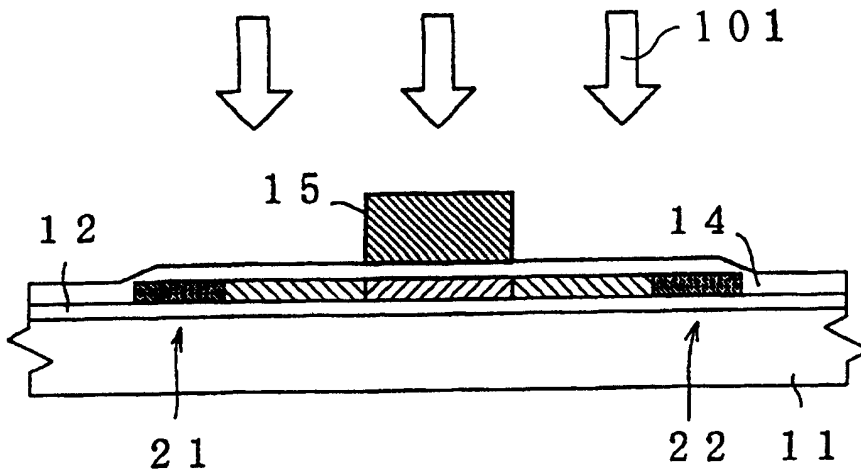


图 3C

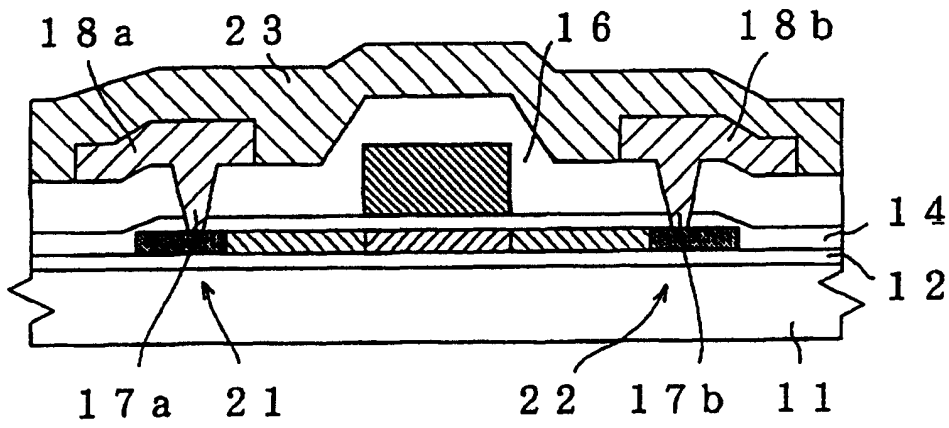


图 3D