

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H03H 9/145

H03H 9/25

H03H 3/08



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98801385.1

[45] 授权公告日 2005 年 6 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1205744C

[22] 申请日 1998.7.2 [21] 申请号 98801385.1

[30] 优先权

[32] 1997. 9. 22 [33] JP [31] 275173/1997

[32] 1997. 10. 1 [33] JP [31] 284443/1997

[86] 国际申请 PCT/JP1998/002981 1998. 7. 2

[87] 国际公布 WO1999/016168 日 1999. 4. 1

[85] 进入国家阶段日期 1999. 5. 21

[71] 专利权人 TDK 株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 木村悟利 中野正洋 佐藤胜男

审查员 贾彦飞

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

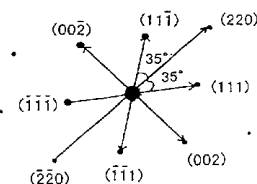
代理人 王以平

权利要求书 1 页 说明书 15 页 附图 11 页

[54] 发明名称 声表面波器件及其制造工艺

[57] 摘要

提供一种声表面波器件及其制造工艺。该声表面波器件，包括由 64° 旋转 Y - 切割铌酸锂 (64LN) 或 36° 旋转 Y - 切割的钽酸锂 (36LT) 构成的压电衬底和在其上形成的叉指电极。叉指电极包括钛缓冲金属膜和在其上形成的铝膜。在 64LN 衬底上，仅从选区电子衍射结果看，钛缓冲金属膜和铝膜都是单晶薄膜；在 36LT 衬底上，通过在钛缓冲金属膜上形成铝膜可获得取向能力强的、在 (111) 方向上取向的多晶铝膜。当铝膜转化成单晶或取向强的 (111) 取向多晶体时，都可以阻止铝原子的迁移，提高功率寿命。



电子束入射轴 [110]

1.一种声表面波器件，包括 64° 旋转 Y-切割的铌酸锂压电衬底和在其上形成的叉指电极，其特征在于：

5 所述叉指电极包括钛缓冲金属膜和在其上形成的铝膜，仅从选区电子衍射的斑点来看该钛缓冲金属膜和该铝膜都是单晶膜。

2.如权利要求 1 所述的声表面波器件，其中：所述钛缓冲金属膜（001）面的法线方向垂直于所述衬底；所述铝膜的（110）面或其晶体学上的等同面的法线方向垂直于所述衬底。

10 3.一种制造声表面波器件的方法，包括下列步骤：

用 64° 旋转 Y-切割铌酸锂作压电衬底；在该衬底上通过溅射或沉积形成钛缓冲金属膜，仅从选区电子衍射的斑点来看是所述钛缓冲金属膜是单晶薄膜；在所述钛缓冲金属膜上通过溅射或沉积形成铝膜，仅从选区电子衍射的斑点来看所述铝膜是单晶薄膜；以及
15 以叉指电极的形状形成包括所述钛缓冲金属膜和所述铝膜的多层膜。

4.一种声表面波器件，包括 36° 旋转 Y-切割钽酸锂压电衬底和在其上形成的叉指电极，其特征在于：

所述叉指电极包括钛缓冲金属膜和在其上形成的铝膜，
20 所述钛缓冲金属膜的厚度至少为 330 埃，并且

所述铝膜是在其（111）方向上取向的多晶膜，在 X 射线衍射时其（111）峰 1/2 高度的起伏曲线全宽度为 2.1° 或更低。

5.一种制造声表面波器件的方法，包括下列步骤：

用 36° 旋转 Y-切割钽酸锂作为压电衬底；在所述衬底上通过
25 溅射或沉积形成厚为至少 330 埃的钛缓冲金属膜；在所述钛缓冲金属膜上通过溅射或沉积形成铝膜，所述铝膜是在其（111）方向上取向的多晶膜，在 X 射线衍射时其（111）峰 1/2 高度的起伏曲线全宽度为 2.1° 或更低；以及以叉指电极的形状形成包括所述钛缓冲金属膜和所述铝膜的多层膜。

声表面波器件及其制造工艺

5 技术领域

本发明一般地涉及声表面波器件及其制造工艺，更具体地涉及具有功率寿命（power durability）增加的电极薄膜的声表面波器件及其制造工艺。

背景技术

10 目前，作为与移动通讯设备如手提电话、无绳电话等一起使用的射频带滤波器所用的介电滤波器的替代物，声表面波器件，即声表面波滤波器和声表面波谐振器，得到了日益广泛的应用。原因之一在于声表面波器件，尤其是声表面波滤波器在尺寸上小于介电滤波器。另一个原因是，在尺寸相同的情况下，声表面波滤波器的电学行为优
15 于介电滤波器。

声表面波器件至少包括：压电衬底、在压电衬底表面上形成的梳形金属薄膜电极图案，以及收存压电衬底和电极图案的封套。压电衬底常采用铌酸锂、钽酸锂、石英等。铌酸锂和钽酸锂机电耦合系数大，尤其应用在射频带滤波器上。电极图案采用铝等。

20 图 13 是制作现有技术的声表面波器件的一般工艺步骤。首先，在步骤（b）中，在经步骤（a）预先清洗过的压电衬底 50 上用汽相淀积或溅射形成作为电极材料的金属薄膜 51，之后，用旋涂法在金属薄膜 51 上涂光刻胶。然后，如步骤（c）所述，用曝光系统按照要获得的图案对光刻胶曝光，并显影获得光刻胶图案 52。接着，在步
25 骤（d）中用干法或湿法把金属薄膜蚀刻成想要的电极图案 53。在步骤（e）用冲洗溶液或灰化工艺去除用以形成图案的光刻胶。这样，称作光刻工艺的预处理工艺就结束了。此后，在步骤（f）将在其上形成了电极图案的压电衬底切片得到分离的芯片。在步骤（g）中用键合剂将每个芯片装入封套，接着在步骤（h）中将键合导线互连。
30 最后，在步骤（i）用焊接向封套加盖子以确保气密性，之后在步骤（j）进行检查。这样就结束了后处理工艺。

当声表面波器件在约 1GHz 的射频带使用时的的问题是, 由于梳形电极的电极指宽和电极指的间距变得非常小, 为约 $1\mu\text{m}$, 声表面波器件的寿命变短。声表面波器件寿命的关键因素是电极薄膜的功率寿命。起初由于其比重小, 电阻低, 采用铝。然而采用铝的电极薄膜的问题在于, 随所加频率增加, 电极薄膜的老化变得更加显著。声表面波器件在使用时, 向压电衬底上的电极薄膜施加与频率成正比的重复应力。施加在电压薄膜上的重复应力造成铝原子的迁移, 这又造成电极薄膜缺陷如小丘和空穴的产生, 从而导致声表面波器件性能的显著降低。随所加频率增加和所加功率变大, 电极薄膜的老化更加显著。基于设计上的考虑, 频率越高, 电极薄膜应当越薄, 电极宽度应当越窄。由于这些及其它的因素, 所加频率越高, 电极薄膜就越易出现缺陷。换言之, 声表面波器件的功率寿命越低。

作为减少或防止铝原子迁移造成的电极薄膜老化的方法, J. I. Latham 等人公开了一种铝铜合金的使用, 该铝铜合金是通过向铝中加微量的不同类型的金属如铜获得的(固体薄膜, 64, pp9- 15, 1979), 还说明通过这样一种铝合金的采用可防止在电极薄膜上产生小丘或空穴, 从而提高声表面波器件的功率寿命。

在出版物如 JP-B-7-10796(Al-Ti 合金)、专利号 2555072 (Al-Ge 合金)、JP-A 64-80113(Al-Cu-Mg 合金)和 1-128607 (Al-Zn 合金)等中公开了通过采用铝合金提高电极功率寿命的其它例子。这些合金都是通过向铝中加入微量不同类型金属而获得的。在上述各种情况下, 都是向铝中添加微量的不同金属以防止铝原子的迁移, 由此防止电极的老化。然而, 向铝中添加不同的金属并不是优选的, 因为电极薄膜电阻的不可避免要增加, 使声表面波器件的损失增加。

还有, 要考虑到铝原子在晶界处的扩散速度比在晶粒中高, 即, 择优发生晶界迁移。因此, 可以相信, 如在现有技术中指出的那样, 因在声表面波器件上施加重复应力造成的铝原子的迁移主要在晶界上发生。

图 10 是表示由于在声表面波器件上施加重复应力铝电极薄膜是如何退化的扫描电镜照片。在铝电极薄膜晶界上发现空穴的事实也证实铝原子主要在晶界处迁移。

因此，如果从铝电极薄膜中去除晶界或者如果晶界大量减少，即如果获得接近单晶体的铝电极薄膜，就有可能大大提高功率寿命。如在本领域公知的，电极薄膜的电阻的一个来源是晶界引起的电子散射。从这方面考虑，去除晶界是优选的，因为如果没有晶界，电阻减少，从而声表面波器件的损失减小。

在 JP - A - 55 - 49014 中已公开在表面波器件的电极薄膜中应用基本为单晶形式的材料，在其公开中声称不论是何种材料组成该器件，使用基本为单晶形式的电极材料可以提高声表面波器件的性能。在该公开中还说明了为获得这样的电极薄膜优选采用分子束外延技术。但是，它并没有公开采用何种衬底材料，以及对于所用的电极材料如何确定成膜条件。也就是说，它的公开内容仅仅是对采用单晶电极薄膜以提高声表面波性能的效果的一般考虑。因此在其公开中对于 Q 值的大小和时效后性能的提高程度没有详细说明。而且，在用分子外延技术低成本制造声表面波器件时还存在一些问题，例如，设备昂贵、成膜速度低。

在专利 2545983 中公开了一种向声表面波器件的电极薄膜施加单晶铝膜或具有特定晶体取向的铝膜的例子。其中，为了以高的速率（淀积速率为 $40\text{\AA}/\text{秒}$ 和低温（衬底温度为 80°C ）汽相淀积获得（311）取向薄膜，选用在 $29^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 范围旋转 Y-切割的石英衬底作为压电衬底。在专利公开文本中说该薄膜是接近于单晶薄膜的外延生长膜。在低温汽相淀积的情况下，好象铝电极薄膜和底层石英衬底紧密接触会出现问题（膜粘接强度）。鉴于此，专利公开建议在石英衬底和铝膜之间的界面上设置一层非常薄的 Ti 或 Cr 膜，且这种设置不阻碍铝膜的取向能力。对于如前所述功率寿命为其主要问题的射频带滤波器来说，铌酸锂和钽酸锂因其机电耦合系数而常用作压电衬底。但是，专利公开文本中没有公开铌酸锂和钽酸锂的采用，仅仅提及当石英用作压电衬底时铝膜的（311）取向。

JP - A 5 - 90268 公开了一种在压电衬底上设置缓冲金属层并在其上形成铝或铝合金薄膜的技术，其中说明该结构使得铝或铝合金表现出强的（111）取向。迄今已知（111）取向铝膜具有强的抗迁移能力。因此，（111）取向电极薄膜可以提高声表面波器件的功率寿命。

其中给出了这样的例子，即，用石英作压电衬底得到(111)取向铝合金薄膜，用双离子束溅射系统在衬底上依次形成Ti缓冲层和Al-0.5wt%Cu合金。该公开文本讲述了基于(111)面的X射线衍射强度和起伏曲线1/2最大高度的全宽度可获得铝合金的(111)取向度。至于公开文本中给出的X射线衍射峰的宽度和起伏曲线1/2最大高度的全宽度值，好象获得的铝合金是在(111)方向上强烈取向的多晶膜。

上述公开文本给出了对构成射频带滤波器有用的铌酸锂作压电衬底的例子。在该例中，钒(V)、铁(Fe)、钴(Co)、镍(Ni)、铜(Cu)、钇(Y)、铬(Cr)、锌(Zn)、Fe₂₀Ni₈₀合金、Ti₅₀V₅₀合金和Co₉₀Ni₁₀被作用缓冲金属，并在缓冲金属上淀积300埃厚的铝。该例说明了上述金属和合金(除锌外)都导致电阻率下降和取向能力增加。但是，获得的膜实际上是(111)取向的多晶膜，因为其中所示的起伏曲线的最1/2最大高度的全宽度的最小值是2.1度。J. Appl. Phys, 77(8), pp3799-3804, 1995中A. Kamijo和T. Mitsuzuka的论文也公开了类似的结果。从该文中可知，在用离子束溅射工艺以非常低的淀积速率形成这些膜时，如以0.2nm/秒的速率形成铝膜，以0.04~0.2nm/秒的速率形成缓冲金属膜，可获得在(111)方向上强烈取向的铝膜。但是，在其面内方向上该铝膜是多晶膜，所以获得的电极膜是多晶膜而不是异质外延膜。

JP-A 5-199062说明了铝单晶膜用作声表面波器件的电极膜的情形，还公开了形成该铝单晶膜的装置。此处ST-或LSF切割石英用作压电衬底，该公开文本声称通过使该衬底表面具有其中均布半球状小岛的群岛状结构，用汽相淀积或溅射工艺可获得铝单晶薄膜。该公开文本还讲述了可用常规腐蚀工艺处理衬底表面以向其施加群岛状结构。公开文本还讲述了对于石英之外的衬底材料，如对构成射频带滤波器有用的铌酸锂，用该技术获得单晶铝膜也是有效的。然而，对于此，该公开文本未公开任何实例和数据。

JP-A 6-132777公开了与铝单晶薄膜有关的另一现有技术。该公开文本讲述了当在非常薄和非常清洁的晶面上以非常慢的淀积速度形成薄膜时，可获得铝单晶薄膜，还示出了一些例子，其中用真空

汽相淀积工艺可在 LST 切割石英衬底、 128°C Y-切割铌酸锂衬底和 112°C X-切割钽酸锂衬底上形成铝单晶膜。其中还提到, 如果衬底表面污染了, 就得不到单晶膜。淀积速率越低, 出现杂质即污染物原子到达并被衬底表面捕获的可能性就越高。因此可以认为, 淀积速率越低, 获得单晶膜越难。如果淀积时气氛的真空度和淀积速度没有被精确控制, 就不可能以高的重现性获得单晶膜。这样, 在批量生产时就会产生一些问题。为了获得单晶膜, 重要的是要降低铝原子到达衬底表面的动能。为了降低铝原子的能量, 需要对蒸发源的蒸发温度和提供薄膜的衬底被加热的温度, 而不是对取决于淀积系统构成的淀积速度进行合适的控制。但是, 上述公开文本没有对这些进行考虑。

如上述结合现有专利公开所描述的, 声表面波器件中采用的铝电极薄膜的功率寿命是非常重要的。作为解决该问题的手段, 迄今已提出了下面的三种方法: 其一中的电极薄膜由合金形成; 其二中的电极薄膜由在 (111) 方向取向的薄膜形成; 其三中的电极薄膜由单晶膜形成。但是, 合金电极薄膜不可避免地造成电阻增加, 使声表面波器件的损失增加。另一方面, 由 (111) 取向膜形成的电极膜因 (111) 取向而功率寿命增加, 但是由于在电极薄膜中仍存在太多的晶界, 不可能很好地防止铝原子在晶界上的迁移。与上述两种电极薄膜相比, 单晶电极薄膜因为无晶界, 不存在铝原子在晶界上的迁移, 且具有小的电阻。因此, 这种单晶薄膜可能最适合用作功率寿命长的电极材料。但是上述引作参考的专利中公开的单晶膜形成技术都存在着严重的问题。例如, 淀积系统耦合大, 对于声表面波器件的批量生产来说, 淀积速度太低, 以及所采用衬底仅限于石英。尤其是在最适合构成射频频带滤波器 (其中电极薄膜的功率寿命是最重要的) 的铌酸锂的情况下, 尤其是 64° 旋转 Y-切割铌酸锂衬底, 如何把铝电极薄膜转化成单晶薄膜, 以及如何制造单晶铝电极薄膜都尚未搞清楚。

形成单晶铝电极薄膜是困难的。另一方面, 从功率寿命的角度考虑, 表现出强的 (111) 取向的铝多晶电极薄膜是很有用的。如上述提及的, 通过在压电衬底上形成缓冲金属并在其上形成铝电极薄膜, 可获得具有强烈取向的 (111) 多晶膜。当对构成射频频带滤波器有用的 36° 旋转 Y-切割钽酸锂用作电衬底以获得高 (111) 取向能力时, 采用何

种缓冲膜，缓冲膜的厚度大小和在何种条件下形成都仍是未知的。

发明内容

本发明的目的在于提供一种成本低的声表面波器件，该器件包括：64°旋转 Y-切割铌酸锂压电衬底和在其上形成的电极薄膜，该薄膜包含功率寿命高的铝单晶。

本发明的另一目的在于提供一种声表面波器件，该器件包括：36°旋转 Y-切割钽化锂压电衬底和在其上形成的电极薄膜，该薄膜包含具有强的(111)取向能力的薄膜。

上述目的可通过下述(1)~(5)定义的本发明来实现。

(1)一种声表面波器件，包括64°旋转 Y-切割的铌酸锂压电衬底和在其上形成的叉指电极，其特征在于：所述叉指电极包括钛缓冲金属膜和在其上形成的铝膜，仅从选区电子衍射的斑点来看该钛缓冲金属膜和该铝膜都是单晶膜。

(2)如(1)所述的声表面波器件，其中：所述钛缓冲金属膜(001)面的法线方向垂直于所述衬底；所述铝膜的(110)面或其晶体学上的等同面的法线方向垂直于所述衬底。

(3)一种制造声表面波器件的方法，包括下列步骤：

用64°旋转 Y-切割铌酸锂作压电衬底；在该衬底上通过溅射或沉积形成钛缓冲金属膜，仅从选区电子衍射的斑点来看是所述钛缓冲金属膜是单晶薄膜；在所述钛缓冲金属膜上通过溅射或沉积形成铝膜，仅从选区电子衍射的斑点来看所述铝膜是单晶薄膜；以及以叉指电极的形状形成包括所述钛缓冲金属膜和所述铝膜的多层膜。

(4)一种声表面波器件，包括36°旋转 Y-切割钽酸锂压电衬底和在其上形成的叉指电极，其特征在于：

所述叉指电极包括钛缓冲金属膜和在其上形成的铝膜，

所述钛缓冲金属膜的厚度至少为330埃，并且

所述铝膜是在其(111)方向上取向的多晶膜，在X射线衍射时其(111)峰1/2最大高度的起伏曲线全宽度为2.1°或更低。

(5)一种制造声表面波器件的方法，包括下列步骤：

用36°旋转 Y-切割钽酸锂作为压电衬底；在所述衬底上通过溅射或沉积形成厚为至少330埃的钛缓冲金属膜；在所述钛缓冲金属膜

上通过溅射或沉积形成铝膜，所述铝膜是在其(111)方向上取向的多晶膜，在X射线衍射时其(111)峰1/2高度的起伏曲线全宽度为 2.1° 或更低；以及以叉指电极的形状形成包括所述钛缓冲金属膜和所述铝膜的多层膜。

5 通过试验和研究，本发明人发现，在铌酸锂衬底，尤其是用钛作为缓冲金属膜的 64° 旋转Y-切割衬底上形成铝(Al)膜，可以获得单晶膜，其中钛缓冲金属膜的(001)晶面或c面的法线方向和铝膜的(100)晶面的法线方向分别垂直于衬底。根据由此形成的声表面波器件，单晶铝薄膜用作电极薄膜，电极薄膜的功率寿命可比以前
10 大大提高。

当 36° 旋转Y-切割铌酸锂用作压电衬底时，可以在其上设置钛缓冲金属膜，由此获得高取向的多晶膜，其(111)铝峰的1/2高度的起伏曲线的全宽度是 2.1° 或更低。

附图说明

15 图1示出根据本发明当 64° 旋转Y-切割铌酸锂用作衬底时，随钛缓冲金属膜厚度变化铝膜的X-射线衍射图的变化；

图2示出根据本发明当(100)硅用作衬底时，随钛缓冲金属膜厚度变化铝膜的X-射线衍射图的变化；

图3是示出根据本发明的铝单晶膜的选区电子衍射花样的照片；

20 图4示出对图3所示的选区电子衍射花样进行晶面指数标定的结果；

图5是示出多晶铝膜的选区电子衍射花样的照片；

图6是示出根据本发明的单晶钛缓冲金属膜的选区电子衍射花样的照片；

图7示出对图6所示的选区电子衍射花样进行晶面指数标定的结果；

25 图8是用来测试声表面波器件的功率寿命的测量电路图；

图9是示出铝原子在包含单晶铝膜的电极薄膜中的迁移状态的扫描电镜照片；

图10是示出铝原子在包含多晶铝膜的电极薄膜中的迁移状态的扫描电镜照片；

30 图11是示出晶粒结构照片，即在 64° 旋转Y-切割铌酸锂衬底上形成的铝膜表面的扫描电镜照片，在它们之间还夹有钛缓冲金属膜；

图 12 是示出晶粒结构的照片，即在 64° 旋转 Y-切割铌酸锂衬底上直接形成的铝膜表面的扫描电镜照片；

图 13 是制造声表面波器件的工艺步骤。

图 14 示出根据本发明当 64° 旋转 Y-切割铌酸锂用作衬底时，
5 随钛缓冲金属膜厚度变化铝膜的 X-射线衍射图的变化；

图 15 是当 36° 旋转 Y-切割铌酸锂用作衬底时，钛缓冲金属薄膜的厚度和铝膜的 (111) 取向度的关系图。

具体实施方式

根据本发明第一方面的声表面波器件，包括 64° 旋转 Y-切割铌
10 酸锂压电衬底和在衬底表面上形成的至少一对叉指电极(梳形电极)。叉指电极对包括在衬底上设置的钛缓冲金属膜和在钛缓冲金属膜上形成的铝膜。

用常规 64° 旋转 Y-切割铌酸锂单晶形成上述压电衬底。衬底的
15 切割方向可用 X-射线衍射证实。一般地但不是绝对地，当衬底用在声表面波器件上时，其尺寸在声表面波传播方向上为 2~10mm 的数量极，在垂直于传播方向上为 1~4mm 的数量极，在厚度方向上是 0.2~0.4mm 的数量极。但是，应当指出，在电极形成的步骤中，通常采用直径为 2 英寸或 3 英寸的圆形衬底，具有上述尺寸的上述元件也一起形成在圆形衬底上。

20 关于上述的钛缓冲金属膜，其中钛的纯度应当尽可能地高。但是，只要钛纯度大于 99.9% 的钛缓冲金属膜，就可以接受。为了获得均匀薄膜，钛缓冲金属膜的厚度应优选为至少 10 埃。优选地但不是绝对地，钛缓冲金属膜的厚度的上限为约 $1\mu\text{m}$ 或更小，因为钛缓冲金属膜越厚，内应力越大，越容易产生裂纹和发生剥落。

25 可用汽相淀积工艺、溅射工艺等在衬底上形成钛缓冲金属膜。考虑到厚度控制，钛缓冲金属膜的淀积速率优选为 0.1~10 埃/秒。

根据本发明第一方面的钛缓冲金属膜是单晶膜，其中 (001) 面的法线方向垂直于衬底。通过选区电子衍射的点的相对位置关系可证实这一点。

30 铝膜可用汽相淀积工艺、溅射工艺等在钛缓冲金属膜上形成。铝膜的淀积速率应优选为 10~50 埃/秒的数量极。铝膜的厚度可能取

决于所加的频带等。然而,由于上述结合钛缓冲金属膜所解释的原因,通常优选地,铝膜的厚度在 $10 \text{ \AA} \sim 3\mu\text{m}$ 范围内。

根据本发明第一方面的铝膜是单晶膜,其中(110)面或在晶体学上与其等同的面的法线方向与衬底垂直。在选区电子衍射中通过各点间的相对位置关系可确定上述法线方向是否与衬底垂直。

根据本发明第二方面的声表面波器件包括:作为压电衬底的 36° 旋转 Y-切割钽酸锂,和至少一对在衬底表面上形成的叉指电极。叉指电极包括在衬底上形成的钛缓冲金属膜和在钛缓冲金属膜上形成的铝膜。

上述压电衬底可由常规的 36° 旋转 Y-切割钽酸锂单晶构成。衬底的切割方向可用 X 射线衍射证实。通常地但不是绝对地,衬底的尺寸与本发明第一方面中解释的相同。在下面的对本发明第二方面解释中,与第一方面相同之处不再赘述。

根据本发明第二方面的钛缓冲金属膜的厚度至少为 330 埃。如果满足了这个厚度条件,就可以在钛缓冲金属膜上形成强烈(111)取向的多晶铝膜。电极薄膜的总厚度可能取决于加在声表面波器件上的频率。但是通常地,膜厚优选为不大于归一化的声表面波波长的约 10%。

根据本发明的第二方面,在钛缓冲金属膜上形成的铝膜由在(111)方向取向的多晶膜构成。在该铝膜中,X 射线衍射的起伏曲线在(111)峰值的 $1/2$ 高度的全宽度为 2.1° 或更低。如果多晶膜具有有如以 $1/2$ 高度的全宽度为 2.1° 或更低的为代表的强烈取向,即使是多晶膜,也可以获得其功率寿命和单晶膜一样高的电极。

由包含上述钛缓冲金属膜和铝膜的多层膜构成的叉指电极的指宽,可根据声表面波器件使用的频率来选择。例如,在频带为 $10 \sim 500\text{MHz}$ 时该宽度通常为 $2 \sim 10\mu\text{m}$ 的数量级。

根据本发明的声表面波器件的制造工艺不再解释,因为它与常规制造工艺相同,不同之处在于形成上述钛缓冲金属膜。

下面,结合一些实例详细描述本发明的声表面波器件。

首先,制备 64° 旋转 Y-切割钽酸锂(简称 64LN)、 36° 旋转 Y-切割钽酸锂(简称 36LT)以及(100)硅衬底作为衬底以在其上形成电极薄膜。然后以如下顺序对每个衬底进行清洗:用中性清洁剂超声波

洗、用纯水漂洗、用异丙醇超声波洗、用丙酮超声波洗、用异丙醇再次超声波洗、用纯水漂洗，最后干燥处理。对于膜的淀积，此处采用电子束汽相淀积系统。但是，应当指出，对于可获得双层膜的装置可采用溅射系统等。用于膜淀积的材料是 99.999 % 纯度的铝和 99.99 % 纯度的钛。汽相淀积时达到的真空度是 1.0×10^{-4} 帕，每个衬底被加热到 100 ~ 150 °C。铝的淀积速度为约 30 埃/秒，对于钛考虑到厚度易于控制，低至约 1 埃/秒，因为要求提供的钛是非常薄的膜。

为了检验钛缓冲金属膜的效果，将上述三种衬底分别用来形成无钛缓冲金属的试样（即只包含铝层的试样）和具有不同厚度的钛缓冲金属膜的试样。作为厚度测量的结果，发现钛缓冲金属膜的厚度分别为 16 埃、56 埃、138 埃和 1065 埃。在每一个钛缓冲金属膜上形成厚度为 1800 埃的铝膜。此外同荧光 X 射线法测量钛缓冲金属膜和铝膜的厚度。用 X 射线衍射分析这样制造的电极薄膜。结果示于图 1、图 2 和图 14。

图 1 中在同一坐标轴上示出多个 X 射线衍射图，它们分别对应于在没有钛缓冲金属膜的 64LN 衬底上形成的铝膜，和在分别形成在 64LN 衬底上的厚度不同的钛缓冲金属膜上形成的铝膜。从图 1 看出，在没有钛缓冲金属膜的情况下，铝膜在 (111) 方向上强烈取向。然而在有缓冲金属膜的情况下，铝的 (111) 取向消失。在被分析的厚度范围内，不管钛缓冲金属膜厚度多少，都没有铝的峰。在有钛缓冲金属膜的情况下，只有 LiNbO_3 衬底的 X 射线衍射图上有峰值。如上述 JP - A 6 - 132777 中所说，没有发现铝晶面的衍射多少意味着铝可能转变成高质量的单晶。但关于此应当指出，仅靠 X 射线衍射预测单晶膜总是缺少可靠性的，因为尽管取决于测量条件，即使在高质量的单晶中有时也可观察非常尖锐的峰。

图 14 示出 36LT 衬底上的铝膜的 X 射线衍射花样。为防止各峰在图上互相重叠，水平轴一点一点地进行了移动。从图 14 可看出，与 64LN 衬底不同，随钛缓冲金属膜厚度增加，铝的 (111) 取向增强，从而可获得在 (111) 方向强烈取向的多晶铝膜，如在上述专利公开 JP - A 5 - 90268 中讨论的那样。

图 2 示出在硅衬底的情况下相似的 X 射线衍射结果。这时，水平轴

也进行了移动以避免各峰互相重叠。发现在其上没有形成钛缓冲金属层的衬底试样对于硅有非常强的(400)峰。因此,测量剩余的四个试样时,跳过出现该Si(400)峰的角度。从图2可以看出,随钛缓冲金属膜的厚度增加,Al(111)取向增强,从而可获得在(111)方向强烈取向的多晶铝膜。

在扫描电子显微镜下观察每个试样的铝膜的表面状态。因此,当衬底由36LT和Si构成时,无论是否存在钛缓冲金属膜都可证实晶粒的存在。然而,当衬底由64LN构成时,取决于钛缓冲金属膜的有无可观察到一些显著的变化。换言之,提供钛缓冲金属膜时,发现在试验和研究的厚度范围内,所有的铝膜都具有非常光滑的表面,没有一个晶粒。在其上没有发现晶粒的典型铝膜的扫描电镜照片附于后面如图11所示。在56埃厚的钛缓冲金属薄膜上形成厚为1800埃的该铝膜。为比较起见,对其上没钛缓冲金属膜,即在衬底上直接形成1800埃厚的铝膜的情况下,也拍摄了同样的照片,示于图12。图12中有清晰的晶界,而图11中没有什么晶界。

如上所述,通过X-射线射来判定单晶膜多少缺乏一些可靠性,因此,进行常用来判定单晶膜的选区电子衍射试验。对于典型的无晶粒试样和有晶粒试样的选区电子衍射花样分别示于图3和图5。

图3的典型试样选区电子衍射的点能表明该试样的情况。在该试样中,在64LN衬底上形成厚为56埃的钛缓冲金属膜,并在钛缓冲金属膜上形成厚为1800埃的铝膜。对于在64LN衬底上有钛缓冲金属的情况,可证实不管其厚度多少,在其表面上形成的铝膜的选区电子衍射图像都是如图3所示。此处涉及RHEED技术,判断是否转化为单晶膜的标准通常在于随点的出现,是否有条纹出现。然而,在此处所用的选区电子衍射,点的出现本身就是是否转化单晶膜的判断标准。在该试验中制造的试样中有一个是在64LN衬底上提供的钛缓冲金属膜上形成铝膜的情况,所以,可认为铝膜转化为单晶。

根据图3中的点的位置和设备中的相机内部长度,对这些点进行了指数标定,结果示于图4。此处关于图3,应当注意,电子束入射方向平行于[110]方向。因此,可看出单晶铝膜在(110)晶面或晶体学上的

等同面上生长。

另一方面，图5示出选区电子衍射后有环状花样的典型试验。在该试样中，铝淀积在其上没有钛缓冲金属膜的64LN衬底上。由X射线衍射看出，试样具有强烈的(111)取向。但在选区电子衍射分析中，观察到环状花样就表明铝膜是多晶膜。对其它在衬底，即有或没有钛缓冲金属膜的硅衬底和36LT衬底上形成铝膜的试样（在X射线衍射时都有(111)取向）的同样的分析表明：所有的铝膜或多或少都包含(111)取向的多晶铝。

另外，虽然36LT衬底的机电耦合系数比64LN衬底的小，但因其对温度的依赖性优于64LN衬底，36LT衬底也可用于射频带滤波器的衬底。因此，通过向36LT衬底上提供钛缓冲金属膜并在其上形成铝膜制备试样。然后对随钛缓冲金属膜厚度变化，铝膜的(111)取向能力的变化进行了认真研究。如在现有技术中一样，通过X射线衍射后(111)峰半高度的起伏曲线的全宽度判定取向能力的大小。结果示于图15。从这些结果中可看出，当36LT用作衬底时，随着钛缓冲金属膜的厚度增加，在铝(111)峰半高度处的X射线起伏曲线的全宽度减小，当钛缓冲金属膜的厚度大于约330埃时，等于甚至小于在迄今为止的现有技术公开的半高度的起伏典型全宽度。因此，作为试验和研究的结果，本发明人认为，通过在36°旋转切割的钽酸锂衬底上形成厚度至少为330埃的钛缓冲金属膜，并在其上形成铝膜可获得具有强烈的(111)取向且功率寿命大大增加的电极薄膜。

关于铝膜的(111)取向的程度，上述公开文本JP - A5 - 90268中公开了一些数据，其中表明，通过在钽酸锂衬底上提供Cu缓冲金属膜，并在其上形成铝膜制得的电极薄膜具有最小的半高度的起伏曲线全宽度以及最高的取向能力，并且报告说由此获得的半高度的起伏曲线全宽度是2.1°。但是该公开文本未公开任何钽酸锂切割面的细节。

为了找到在其上有钛缓冲金属膜的64LN衬底上形成的铝膜转化为单晶的原因，对于64LN衬底上只有钛缓冲金属膜的试样进行了选区电子衍射，结果示于图6和7，示出了衍射花样的晶面指数，关于图6应当指出，电子束入射方向与[001]方向平行。从图6和图7明显可见，在

64LN 衬底上提供的钛缓冲金属膜转化为单晶膜。单晶膜的 (001) 面, 即 c 面的法线方向垂直于衬底。图 6 是具有厚为 1.065 埃的钛的试样的结果。在钛的厚度不同的其它试样的相似的选区电子衍射中, 也观察只出现斑点, 这说明获得了其 (001) 面的法线方向垂直于衬底的单晶膜。

5 由上可看出, 形成单晶膜的机制可能是钛缓冲金属膜的 (001) 面在衬底上异质外延生长, 而铝膜的 (110) 面在钛的 (001) 面上异质外延生长。尽管晶格的详细位置关系还不清楚, 但是, 是本发明人首次发现了如果在 64LN 衬底上提供钛缓冲金属膜, 并在钛缓冲金属膜上形成铝膜, 可以使钛缓冲金属膜和铝膜都转化成单晶膜。

10 下面说明每个获得的电极薄膜的功率寿命估计和其结果。用来估计功率寿命的声表面波器件是根据 GSM (欧洲手提电话) 系统的接收滤波器 (中心频率: 947.5MHz) 说明书设计的 3IDT 长向耦合双模式型。64° 旋转 Y - 切割钽酸锂用作压电衬底, 每个 IDT 都采用由单晶钛缓冲金属膜和单晶铝膜构成的叉指电极。单晶钛缓冲金属膜和单晶铝膜都是
15 用电子束汽相淀积系统淀积的, 前者厚度为 56 埃, 后者为 0.17 μm 。电极指宽约 1.2 μm , 指高或声表面波波长为 4.64 μm , 指电极的对数对中心 IDT 来说是 17.5 对, 对每个外部 IDT 是 11 对。

同样地, 通过在 36° 旋转 Y - 切割钽酸锂压电衬底上提供厚为 350 埃的钛缓冲金属膜, 并在其上形成厚度为 0.35 μm 的铝膜, 该铝膜是在
20 (111) 方向取向、且 (111) 峰 1/2 高度的起伏曲线全宽度为 2.0° 度的多晶膜, 来制造长向耦合双模式型的声表面波器件。在此应注意, 该滤波器的电极图形与采用钽酸锂的滤波器中的相同。因此, 与 GSM 接收侧的相比, 由钽酸锂衬底构成的滤波器的中心频率向低频侧移动。

为比较起见, 还制备了具有在如上所述的同样的 64° 旋转 Y - 切割
25 钽酸锂上直接提供铝多晶膜构成的电极的试样, 和以 Al - 0.5wt%Cu 合金多晶膜作为电极的试样。这些试样的电极图形也都与上述相同。在试验中用来估计功率寿命即寿命测试时的频率是所涉及的通带中最高的频率, 且在该频率下功率寿命最短。所用的加速条件是环境温度为 80 °C, 输入功率为 28dBm。功率寿命试验所用的测量电路示于图 8。参见图 8,
30 由振荡器 61 产的高频信号被高频放大器 62 放大到 28dBm, 然后通过绝

缘器 68 施加到置于热静态炉 63 内保持为 80 ℃ 的声表面波器件 64 上。该声表面波器件（即声表面波器件 64）与高频功率表 69 连接。为了测量通电时的电性能，通过方向耦合器 70 和衰减器 71 将网络分析仪 65 连接到声表面波滤波器 64 的两端。为了控制振荡器 61、高频功率表 69 和网络分析仪 65，用 GP - IB 电缆 66 将控制器 67 与这些单元相连接。此外，器件的寿命定义为一段时间，即 TF（失效时间），其中在滤波器的插入损失（insertion loss）中发现有 0.5dB 的增加。

在上述加速条件下用上述测估系统进行功率寿命试验，并用上述判断标准测估试验结果。其电极薄膜由在 64LN 衬底上形成单晶钛缓冲金属膜和单晶膜而构成的试样，其寿命即 TF 长达 1900 小时；在上有钛缓冲金属膜的 36LT 衬底上形成取向能力高并在（111）方向取向的多晶铝膜的试样，其 TF 长达 170 小时，另一方面，在 64LN 衬底上直接形成多晶铝电极薄膜的比较例的功率寿命测试的 TF 仅为 0.1 小时；而电极薄膜由 Al - 0.5wt % Cu 合金构成的另一比较例的 TF 仅为 2.8 小时。结果表明，根据本发明的具有单晶铝膜的电极薄膜，其寿命为由传统多晶铝膜构成的电极膜寿命的 1900 倍，是为提高功率寿命而提出的包括 Al-0.5wt % Cu 合金多晶膜的电极薄膜寿命的约 680 倍。

然后为了确定电极老化的程度，用扫描电镜观察了其性能即插入损失在功率寿命试验中下降的试样，结果示于图 9 和 10。图 9 示出本发明的试样的结果，即在 64° 旋转 Y - 切割的铌酸锂衬底上提供单晶钛缓冲金属膜并形成单晶铝膜的试样结果。在进行了上述的 1900 小时功率寿命测试后，电极中产生了铝原子迁移形成的空穴，它们具有单晶电极中的铝原子迁移的楔形特征。这种楔形空穴的出现也表明形成电极的铝转化成电极。另一方面，图 10 示出作为比较的多晶铝电极膜中在功率寿命加速试验后的铝原子迁移状态，从图 10 看出，如在现有技术中常指出的那样，铝原子迁移主要发生在晶界上。

在上述实施例在钛缓冲金属膜上形成纯铝膜。但是，即使在铝中有微量杂质如 Cu，只要其量不阻止单晶薄膜的生长，也可获得类似的结果。除了铝的淀积速率为 10 埃/秒外，与实施例相同地淀积铝。在这种情况下也可获得与实施例相同的单晶铝膜。在上述实施例中，用真空汽相

淀积工艺形成膜。但是，也可用其它成膜工艺，如溅射来实施本发明。

在为了使电机薄膜功率寿命提高，采用 Al-0.5wt%Cu 合金电极通过现有技术制造的长向耦合双模式型声表面波器件中，插入损失为约 2.6dB。而根据本发明通过在单晶钛缓和金属膜上形成单晶铝膜制造的滤波器中，插入损失为 2.4dB。可见关于损失也改善了 0.2dB。

本发明的声表面波器件采用了功率寿令人满意的电极，可有效地增加必须采用精细梳形电极的滤波器，如在移动通信设备中采用的射频带滤波器的寿命。

图 1

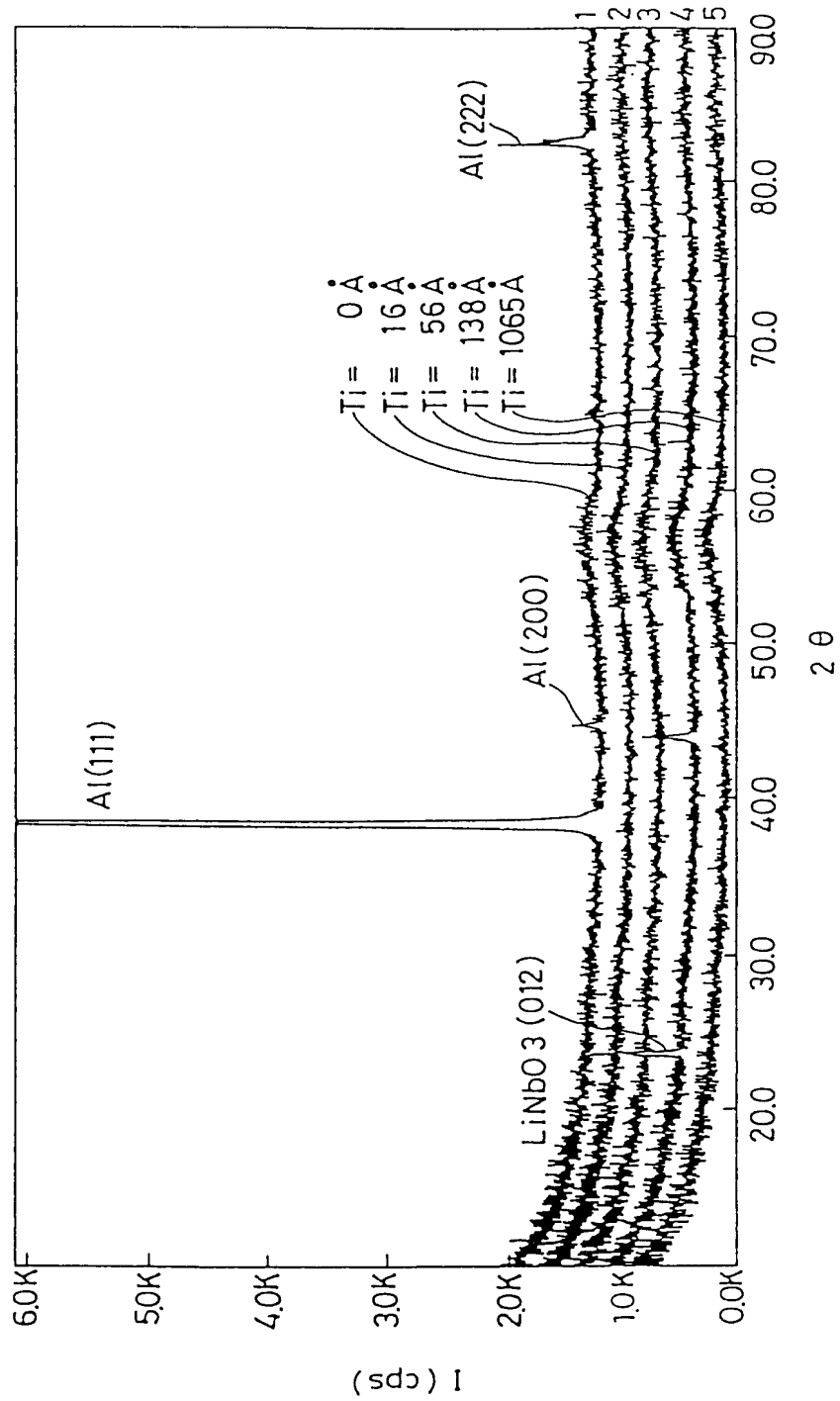


图 2

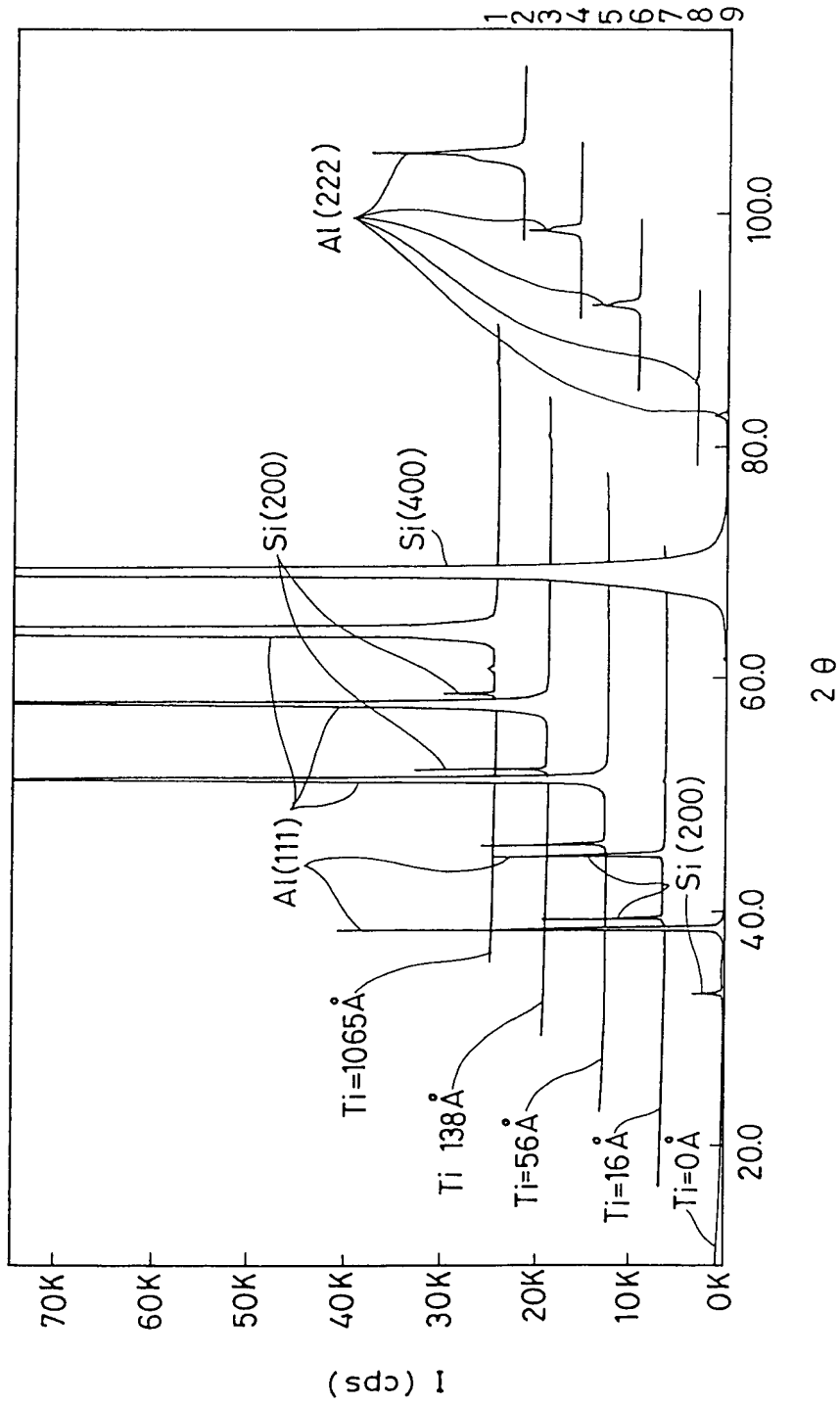


图 3

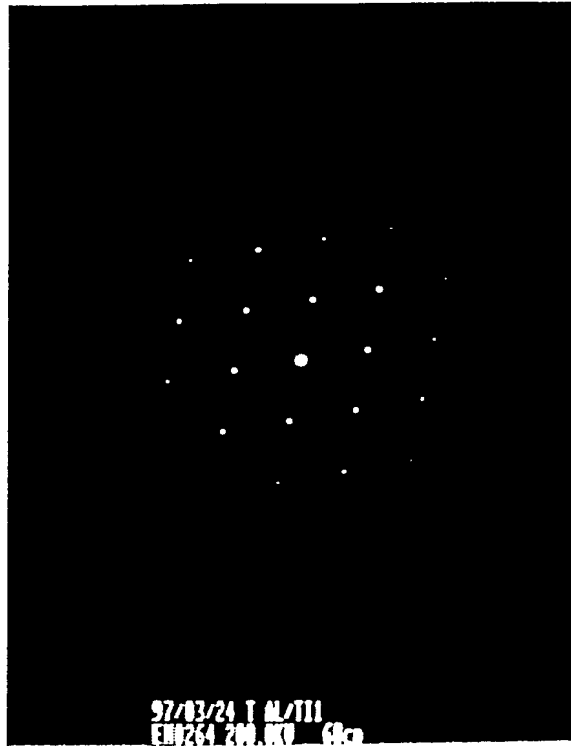
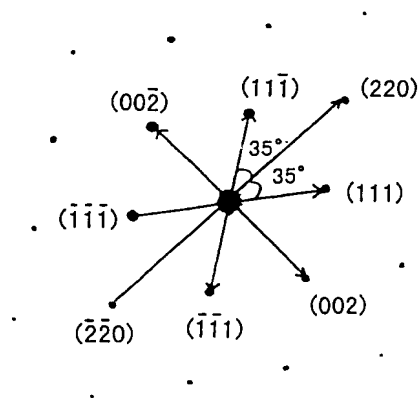


图 4



电子束入射轴 $[1\bar{1}0]$

图 5

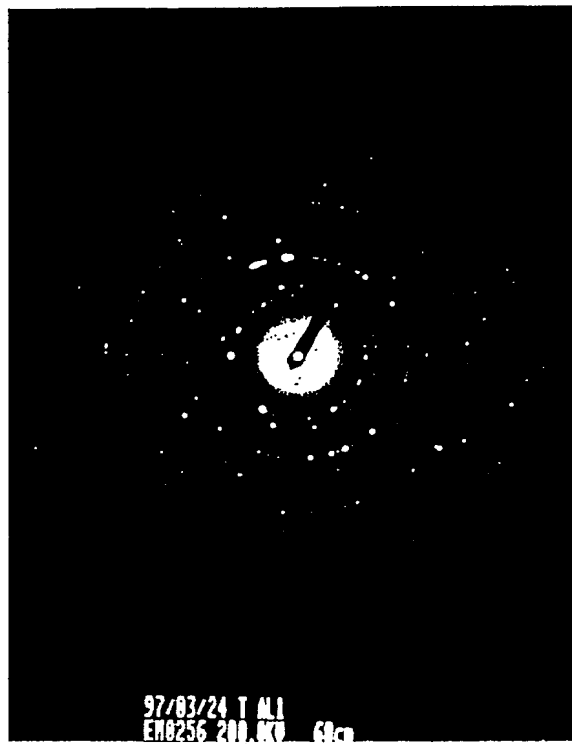


图 6

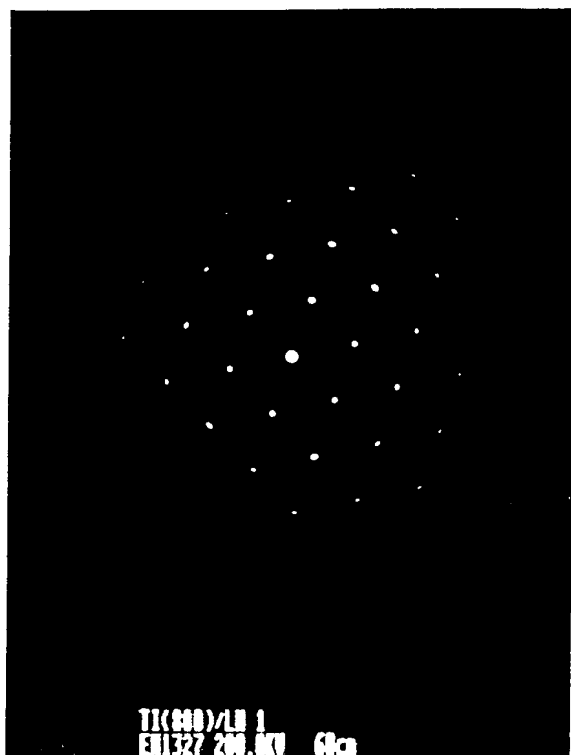
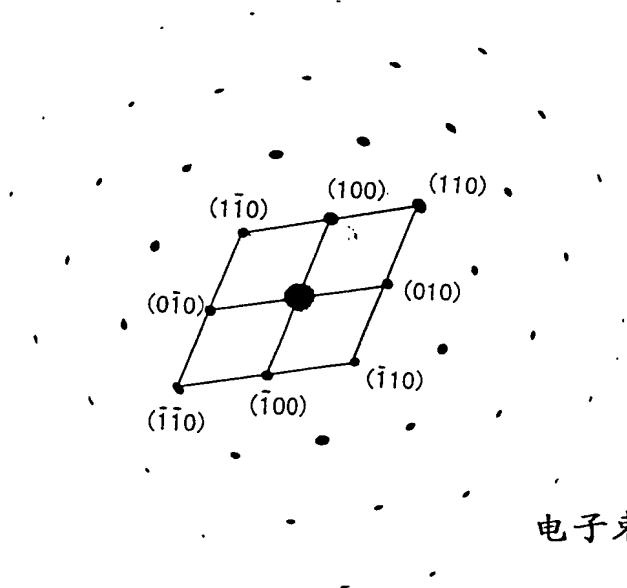


图 7



电子束入射轴 [001]

图 8

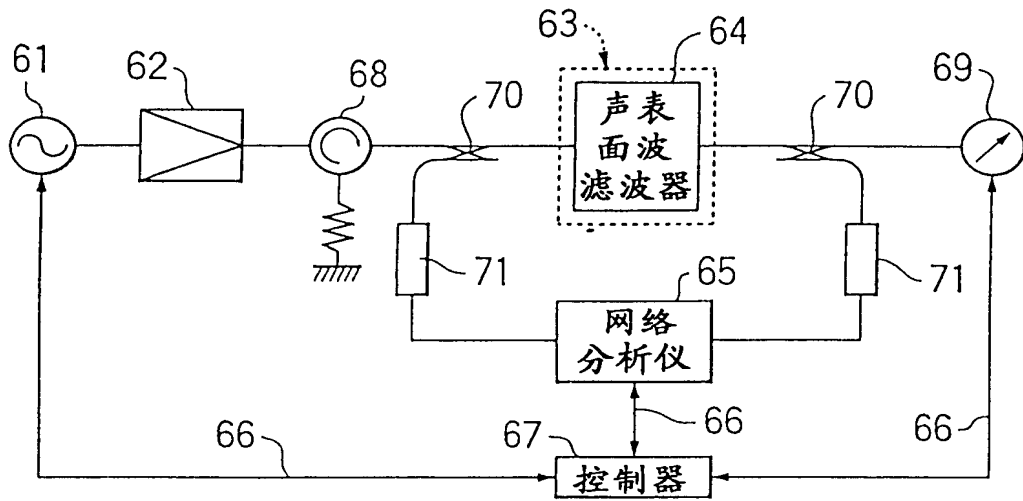
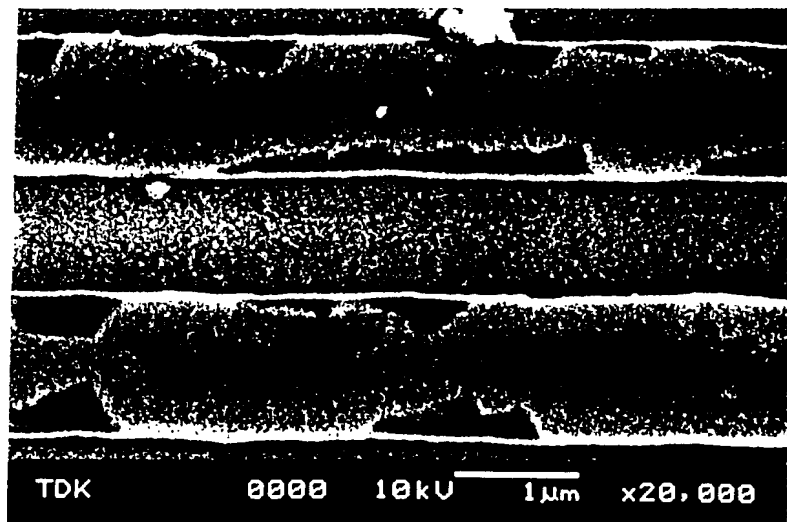
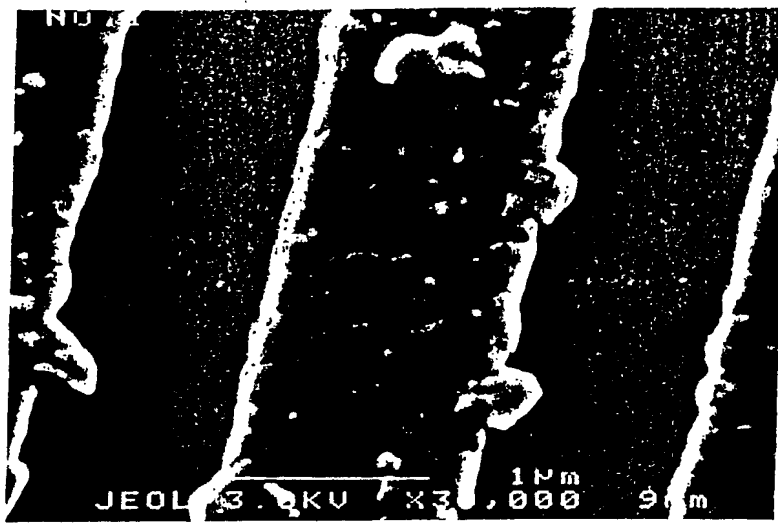


图 9



1 μm

图 10



1 μm

图 11

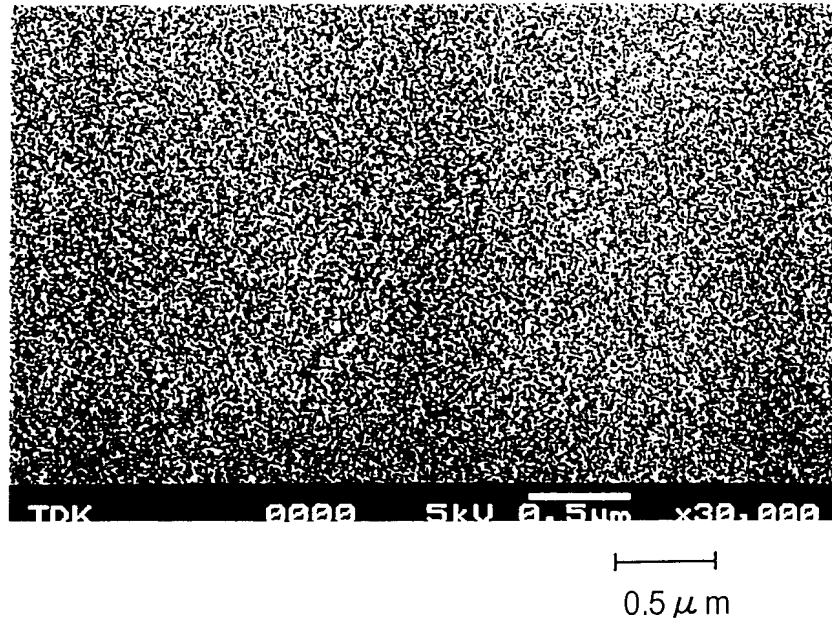


图 12

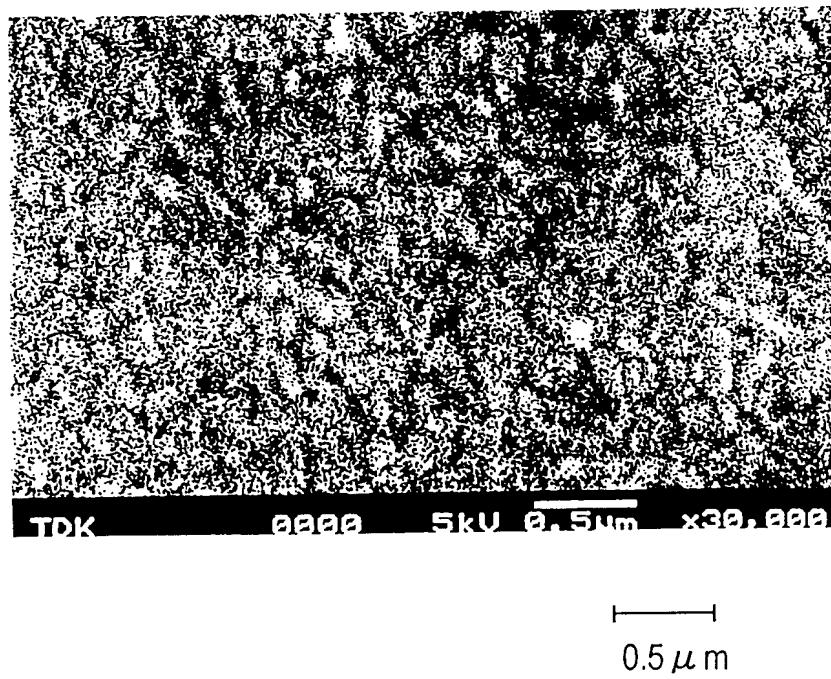


图 13

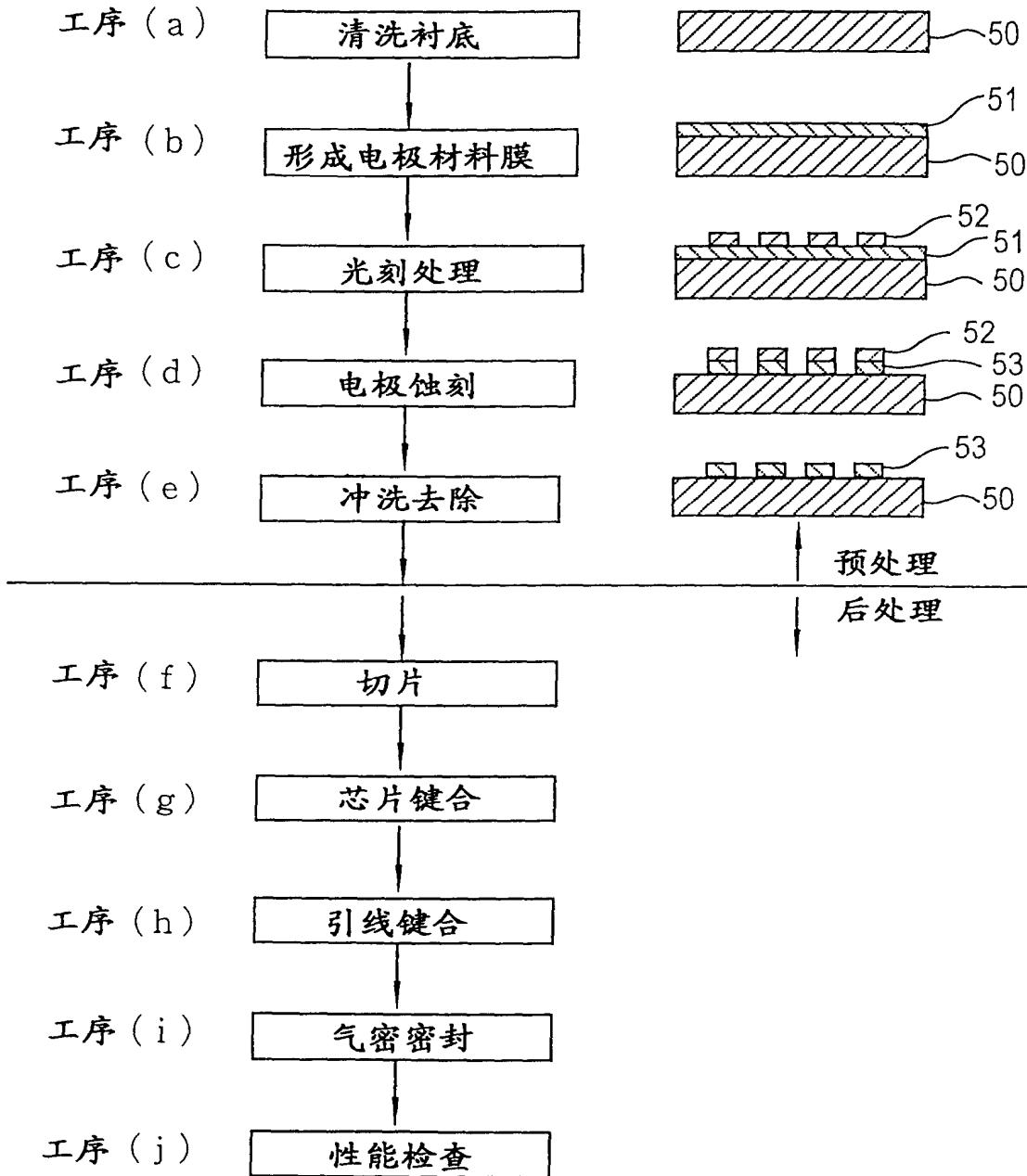


图 14

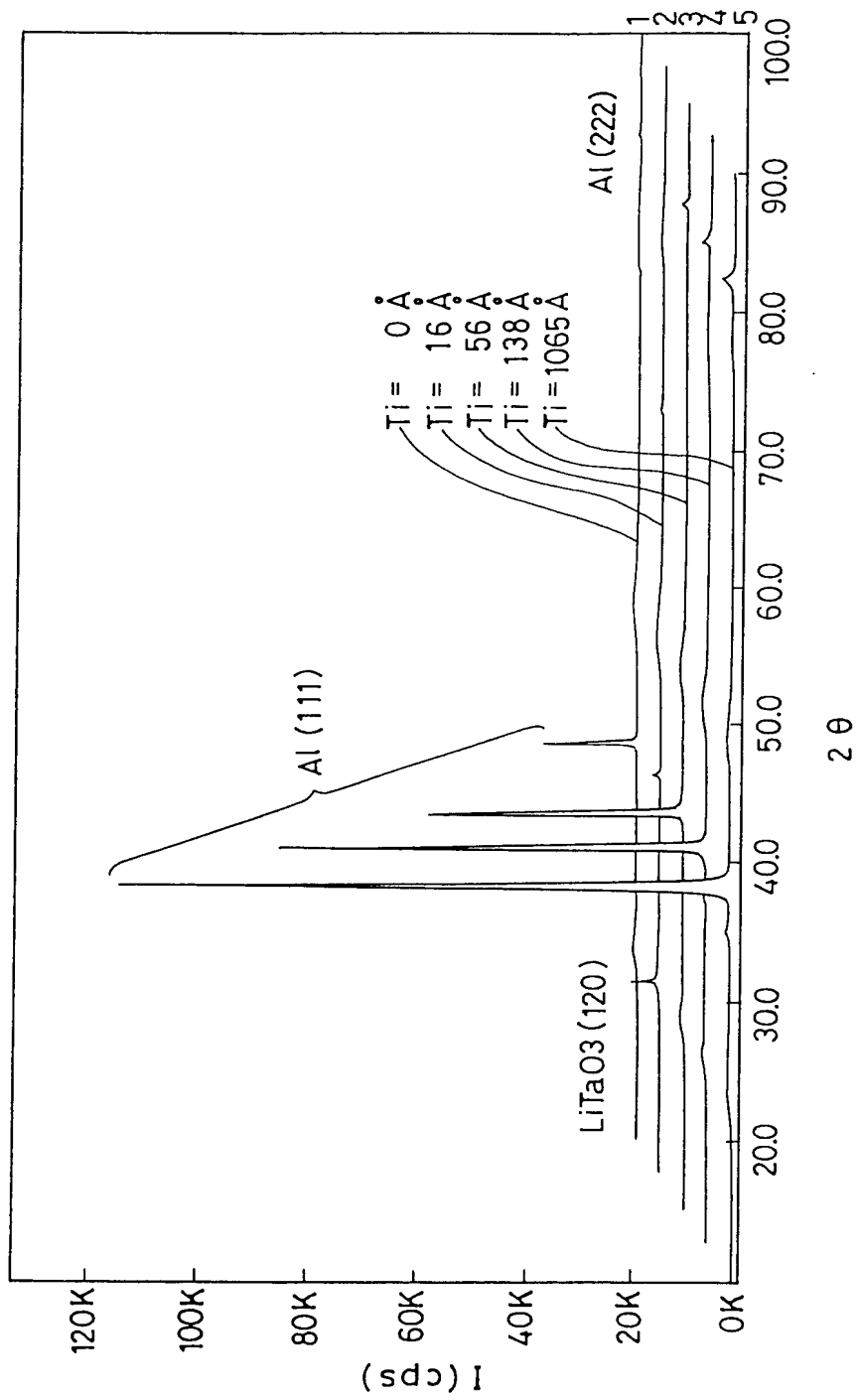


图 15

