

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101036200 B

(45) 授权公告日 2010.12.29

(21) 申请号 200580033837.5

G09F 9/30 (2006.01)

(22) 申请日 2005.08.10

H01M 14/00 (2006.01)

(30) 优先权数据

H05B 33/14 (2006.01)

236125/2004 2004.08.13 JP

H05B 33/28 (2006.01)

044873/2005 2005.02.21 JP

(56) 对比文件

(85) PCT申请进入国家阶段日

JP 特开 2003-281947 A, 2003.10.03, 全文.

2007.04.04

CN 1158429 A, 1997.09.03, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

JP 平 2-191330 A, 1990.07.27, 全文.

PCT/JP2005/014660 2005.08.10

JP 特开 2004-160661 A, 2004.06.10, 权利

(87) PCT申请的公布数据

要求 4、说明书第 0009 段, 第 0014-0016 段.

W02006/016608 JA 2006.02.16

JP 特开 2002-212463 A, 2002.07.31, 全文.

CN 1336566 A, 2002.02.20, 全文.

(73) 专利权人 财团法人神奈川科学技术研究院

审查员 孙玉帅

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 古林宽 长谷川哲也 一杉太郎

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018

代理人 陆弋 宋志强

(51) Int. Cl.

H01B 5/14 (2006.01)

G02F 1/1343 (2006.01)

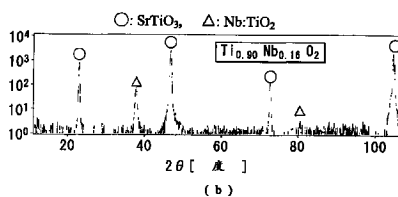
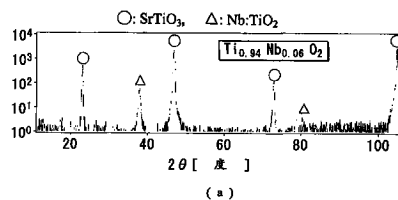
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 15 页

(54) 发明名称

透明导体、透明电极、太阳电池、发光元件及显示板

(57) 摘要

本发明涉及透明且具有导电性的透明电极用基材及透明导电性薄膜, 提供一种由能够稳定供给且有良好耐化学药品性等的原料构成的透明金属材料及透明电极。在基板 (11) 上形成锐钛矿型结晶结构的金属氧化物层 (12), 通过由 M:TiO<sub>2</sub> 构成金属氧化物层 (12), 从而维持内部透过率的同时, 呈现低电阻率。即, 通过用其它原子 (Nb、Ta、Mo、As、Sb、W 等) 置换锐钛矿型 TiO<sub>2</sub> 中的 Ti 位置所得到的 M:TiO<sub>2</sub>, 从而能够在维持透明度的同时, 显著提高导电率。



1. 一种透明导体,所述透明导体由金属氧化物构成,其特征在于,所述金属氧化物为具有锐钛矿型结晶结构的  $M:TiO_2$ , 并且,所述金属氧化物在室温中的电阻率为  $10^{-3} \Omega \text{ cm}$  以下,其中,  $M$  为 Ta 或 Nb 之中的任意一个。

2. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Nb_xO_2$  化学式表示,其中,  $0.001 \leq x \leq 0.2$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Nb_xO_2$  化学式表示,其中,  $0.01 \leq x \leq 0.2$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Nb_xO_2$  化学式表示,其中,  $0.01 \leq x \leq 0.03$ 。

5. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Nb_xO_2$  化学式表示,其中,  $0.01 \leq x \leq 0.06$ 。

6. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Nb_xO_2$  化学式表示,其中,  $0.02 \leq x \leq 0.06$ 。

7. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Ta_xO_2$  化学式表示,其中,  $0.001 \leq x \leq 0.2$ 。

8. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Ta_xO_2$  化学式表示,其中,  $0.005 \leq x \leq 0.2$ 。

9. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Ta_xO_2$  化学式表示,其中,  $0.01 \leq x \leq 0.1$ 。

10. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Ta_xO_2$  化学式表示,其中,  $0.03 \leq x \leq 0.1$ 。

11. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Ta_xO_2$  化学式表示,其中,  $0.05 \leq x \leq 0.1$ 。

12. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x-y}Nb_xTa_yO_2$  化学式表示,其中,  $0 < x+y \leq 0.4$ 。

13. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x-y}Nb_xTa_yO_2$  化学式表示,其中,  $0 < x+y \leq 0.3$ 。

14. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物形成于钙钛矿型结晶基板上。

15. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物的电阻率,在室温中为  $2 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ ,或在极低温中为  $8 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 。

16. 一种透明电极,所述透明电极具有权利要求 1 所述的透明导体。

17. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述透明导体形成于 GaN 系列化合物膜上。

18. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,基板上形成有定向膜,所述透明导体形成于所述定向膜上。

19. 根据权利要求 18 所述的透明导体,其特征在于,所述定向膜为 ZnO 膜、 $ZrO_2$  膜、 $SrTiO_3$  膜、MgO 膜、 $LaAlO_3$  膜、 $CeO_2$  膜或  $Al_2O_3$  膜。

20. 根据权利要求 18 所述的透明导体,其特征在于,所述定向膜为 ZnO 膜。

21. 根据权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,d 电子对导电作贡献。
22. 一种太阳电池,所述太阳电池具有权利要求 1 所述的透明导体。
23. 一种发光元件,所述发光元件具有权利要求 1 所述的透明导体。
24. 一种显示板,所述显示板具有权利要求 1 所述的透明导体。

## 透明导体、透明电极、太阳电池、发光元件及显示板

### 技术领域

[0001] 本发明涉及透明导体,特别是指应用于液晶板和太阳电池、有机 EL(Electro Luminescence) 的电极等的透明导体。

### 背景技术

[0002] 近年来,对液晶显示板的大型化和小型便携化的需求逐步升高。为实现这需求,要求显示元件具有低功耗,而且可见光透过率高、电阻值低的透明电极的应用变得不可缺少。

[0003] 特别是最近正在开发的有机电致发光元件属于自发光类型,虽然该元件在小型携带终端的应用中有效,但由于电流驱动存在功耗大的问题。并且,目前市场上正在普及的等离子显示板(PDP)、作为下一代显示器正在开发的场致发射显示器(FED),这些也存在高功耗的问题。因此,对透明导电性薄膜低电阻化的期待非常大。

[0004] 因此,为进一步降低透明导电膜的电阻值,提出了在玻璃板等的透明基材表面上设置了由掺杂数%锡的氧化铟构成的铟锡氧化膜(以下称ITO膜)(例如,参考专利文献1)。

[0005] 但是,该ITO膜虽然具有良好的透明性和高导电性,但In在地壳中的含有率很少,只有50ppb,随着资源的枯竭存在原料成本上升的缺点。

[0006] 另外,特别是近年来,提出了氧化锌系列材料,所述材料的耐等离子性强且廉价。

[0007] 但是,氧化锌系列材料在耐酸耐碱方面弱,在二氧化碳环境中也渐渐被腐蚀,因此不仅难以应用到液晶板,特别是难以应用到太阳电池。另外,为了改善耐化学药品性,也考虑到通过涂敷加工处理氧化锌表面,但必须增加一次涂敷工程,存在制造成本提高的问题。

[0008] 即,为了扩大透明导体的应用范围,需要用能够稳定供给的原料构成透明导体的同时,还需要用兼备耐化学药品性和耐久性的原料构成透明导体。

[0009] 专利文献:日本专利特开2004-95240号公报

### 发明内容

[0010] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种透明且具有导电性的透明导体,所述透明导体能够稳定供给,且由具有良好的耐化学药品性等的原料构成。

[0011] 本发明的第1方面在于透明导体,所述透明导体由金属氧化物构成,其特征在于,所述金属氧化物为具有锐钛矿型结晶结构的M:TiO<sub>2</sub>。

[0012] 本发明的第2方面在于透明导体,所述透明导体由金属氧化物构成,其特征在于,所述金属氧化物为具有锐钛矿型结晶结构的M:TiO<sub>2</sub>,其中,M为Nb、Ta、Mo、As、Sb或W之中的任意一个。

[0013] 本发明的第3方面在于透明导体,所述透明导体由金属氧化物构成,其特征在于,所述金属氧化物为具有锐钛矿型结晶结构的M:TiO<sub>2</sub>,其中,M为V、Mn、Tc、Re、P或Bi之中的任意一个。

[0014] 本发明的第 4 方面在于透明导体,所述透明导体由金属氧化物构成,其特征在于,所述金属氧化物为具有锐钛矿型结晶结构的  $M:TiO_2$ ,其中,M 为 Ta 或 Nb 之中的任意一个。

[0015] 本发明的第 5 方面在于权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物进一步具有金属导电性。

[0016] 本发明的第 6 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Nb_xO_2$  化学式表示,其中, $0.001 \leq x \leq 0.2$ 。

[0017] 本发明的第 7 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Nb_xO_2$  化学式表示,其中, $0.01 \leq x \leq 0.2$ 。

[0018] 本发明的第 8 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Nb_xO_2$  化学式表示,其中, $0.01 \leq x \leq 0.03$ 。

[0019] 本发明的第 9 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Nb_xO_2$  化学式表示,其中, $0.01 \leq x \leq 0.06$ 。

[0020] 本发明的第 10 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Nb_xO_2$  化学式表示,其中, $0.02 \leq x \leq 0.06$ 。

[0021] 本发明的第 11 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Ta_xO_2$  化学式表示,其中, $0.001 \leq x \leq 0.2$ 。

[0022] 本发明的第 12 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Ta_xO_2$  化学式表示,其中, $0.005 \leq x \leq 0.2$ 。

[0023] 本发明的第 13 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Ta_xO_2$  化学式表示,其中, $0.01 \leq x \leq 0.1$ 。

[0024] 本发明的第 14 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Ta_xO_2$  化学式表示,其中, $0.03 \leq x \leq 0.1$ 。

[0025] 本发明的第 15 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x}Ta_xO_2$  化学式表示,其中, $0.05 \leq x \leq 0.1$ 。

[0026] 本发明的第 16 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x-y}Nb_xTa_yO_2$  化学式表示,其中, $0 < x+y \leq 0.4$ 。

[0027] 本发明的第 17 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物用  $Ti_{1-x-y}Nb_xTa_yO_2$  化学式表示,其中, $0 < x+y \leq 0.3$ 。

[0028] 本发明的第 18 方面在于权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物形成于钙钛矿型结晶基板上。

[0029] 本发明的第 19 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物的电阻率,在室温中为  $2 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ ,或在极低温中为  $8 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 。

[0030] 本发明的第 20 方面在于权利要求 4 所述的透明导体,其特征在于,所述金属氧化物的电阻率,在室温中为  $2 \times 10^{-4} \sim 1.8 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$ ,或在极低温中为  $5 \times 10^{-5} \sim 7 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 。

[0031] 本发明的第 21 方面在于透明电极,所述透明电极具有权利要求 1 所述的透明导体。

[0032] 本发明的第 22 方面在于权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,所述透明导体形成于 GaN 系列化合物膜上。

[0033] 本发明的第 23 方面在于权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,基板上形成有

定向膜,所述透明导体形成于所述定向膜上。

[0034] 本发明的第 24 方面在于权利要求 23 所述的透明导体,其特征在于,所述定向膜为 ZnO 膜、ZrO<sub>2</sub> 膜、SrTiO<sub>3</sub> 膜、MgO 膜、LaAlO<sub>3</sub> 膜、CeO<sub>2</sub> 膜或 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜。

[0035] 本发明的第 25 方面在于权利要求 23 所述的透明导体,其特征在于,所述定向膜为 ZnO 膜。

[0036] 本发明的第 26 方面在于权利要求 1 所述的透明导体,其特征在于,d 电子对导电作贡献。

[0037] 本发明的第 27 方面在于太阳电池,所述太阳电池具有权利要求 1 所述的透明导体。

[0038] 本发明的第 28 方面在于发光元件,所述发光元件具有权利要求 1 所述的透明导体。

[0039] 本发明的第 29 方面在于显示板,所述显示板具有权利要求 1 所述的透明导体。

[0040] 本发明中,通过制作用其它金属原子等(Nb、Ta、Mo、As、Sb、W 等)置换锐钛矿型 TiO<sub>2</sub> 的 Ti 位置所得到的 M:TiO<sub>2</sub>,从而能够维持透明度的同时,显著提高导电率。该物质的结晶形态不仅可以是单晶,也可以是多晶体。

[0041] 特别是,在该金属氧化物中,将 Nb 的置换量设为 0.1%~20% (Ti 原子数比) 时,能够将电阻率控制到 10<sup>-4</sup> Ω cm 数量级。

[0042] 另外,在该金属氧化物中,将 Nb 的置换量设为 1%~20% (Ti 原子数比) 时,能够维持高的内部透过率的同时,能够将电阻率控制到 10<sup>-4</sup> Ω cm 数量级。

[0043] 另外,在该金属氧化物中,将 Nb 的置换量设为 1%~6% (Ti 原子数比) 时,能够使内部透过率提高到 95%~98% (使用薄膜试样时。膜厚为 50nm 左右)。

[0044] 另外,在该金属氧化物中,将 Nb 的置换量设为 2%~6% (Ti 原子数比) 时,能够更加提高内部透过率的同时,进一步将电阻率在室温中降到 5×10<sup>-4</sup> Ω cm 程度,在极低温(5K 左右)中降到 1×10<sup>-4</sup> Ω cm。

[0045] 另外,在该金属氧化物中,将 Ta 的置换量设为 0.1%~20% (Ti 原子数比) 时,能够将电阻率控制到 10<sup>-4</sup> Ω cm 数量级~10<sup>-3</sup> Ω cm 数量级。

[0046] 另外,在该金属氧化物中,将 Ta 的置换量设为 0.5%~20% (Ti 原子数比) 时,能够维持高的透过率的同时,将电阻率控制到 10<sup>-4</sup> Ω cm 数量级~10<sup>-3</sup> Ω cm 数量级。

[0047] 另外,在该金属氧化物中,将 Ta 的置换量设为 1%~5% (Ti 原子数比) 时,即使在红色区域也能实现稳定的高透过率。

[0048] 另外,在该金属氧化物中,将 Ta 的置换量设为 1%~3% (Ti 原子数比) 时,即使在红色区域也能实现稳定的高透过率的同时,进一步将电阻率在室温中降到 5×10<sup>-4</sup> Ω cm 程度,在极低温(5K 左右)中降到 1×10<sup>-4</sup> Ω cm~2×10<sup>-4</sup> Ω cm。

[0049] 另外,将该金属氧化物形成于钙钛矿型结晶基板上,从而能够更加有选择性的生成锐钛矿结晶。

[0050] 另外,将金属氧化物的电阻率在室温中设为 2×10<sup>-4</sup>~5×10<sup>-4</sup> Ω cm 或在极低温中设为 8×10<sup>-5</sup>~2×10<sup>-4</sup> Ω cm,或者在室温中设为 3×10<sup>-4</sup>~1.8×10<sup>-3</sup> Ω cm 或在极低温中设为 1×10<sup>-4</sup>~7×10<sup>-4</sup> Ω cm,从而能够飞跃地扩大从显示板开始到各种器件的应用可能性。特别是在本发明中,运用 TiO<sub>2</sub> 的制膜技术,能够谋求大面积化、大量生产化。因此,能够将该

透明电极用基材应用于现有的太阳电池的电极以外,还能够应用于使用光催化剂  $\text{TiO}_2$  的太阳电池的电极。进而,将该透明电极用基材应用于液晶显示板,从而能够谋求这些显示元件的低功耗化,进一步能够促进液晶显示板的大型化和小型便携化。

[0051] 另外,在本发明中,由于上述理由,不仅能够谋求原料供应的容易化、制造工程的简化所带来的成本降低,而且能够大幅地减轻制造所需的劳力。

[0052] 进一步,在本发明中,对化学药品、外界气体有高耐久性的  $\text{TiO}_2$  作为母相,从而能够扩大对设想野外利用的太阳电池等的应用可能性。进而,不需要涂敷加工,因此能够降低工程的增加所带来的成本。

[0053] 本发明的进一步其它目的、特征或优点,基于下面描述的本发明实施方式和附图,进行详细的说明,这样会变得更加清楚。

### 附图说明

[0054] 图 1 是基板上层积金属氧化物层的透明电极用基材的示意图;

[0055] 图 2 是说明 PLD 装置的结构图;

[0056] 图 3 是对金属氧化物层进行 X 射线衍射检测的结果图;

[0057] 图 4 是对金属氧化物层进行 X 射线衍射检测的结果图;

[0058] 图 5 是对金属氧化物层进行 X 射线衍射检测的结果图;

[0059] 图 6 是对金属氧化物层进行 X 射线衍射检测的结果图;

[0060] 图 7 是对金属氧化物层进行晶格常数检测的结果图;

[0061] 图 8 是检测制作的金属氧化物层的内部透过率的结果图;

[0062] 图 9 是检测制作的金属氧化物层的电阻率的温度依赖性图;

[0063] 图 10 是对金属氧化物层进行 X 射线衍射检测的结果图;

[0064] 图 11 是对金属氧化物层进行 X 射线衍射检测的结果图;

[0065] 图 12 是对金属氧化物层进行载流子浓度的温度变化的检测结果图;

[0066] 图 13 是对金属氧化物层进行霍尔迁移率的温度变化的检测结果图;

[0067] 图 14 是对金属氧化物层进行晶格常数检测的结果图;

[0068] 图 15 是检测制作的金属氧化物层的透过率的结果图;

[0069] 图 16 是检测制作的金属氧化物层的电阻率的温度依赖性图;

[0070] 图 17 是 Ta 掺杂量与电阻率、透过率之间的关系图;

[0071] 图 18 是  $\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_2$  单晶薄膜的 Nb 量在室温中的迁移率、载流子的散射时间及载流子的有效质量相关的依赖性图;

[0072] 图 19 将散射时间的 Nb 浓度依赖性用双对数坐标图表示的图。符号的说明

[0073] 1 透明金属

[0074] 11 基板

[0075] 12 金属氧化物层

[0076] 30 PLD 装置

[0077] 31 室

[0078] 32 光振荡器

[0079] 33 反射镜

- [0080] 34 透镜
- [0081] 36 红外线灯
- [0082] 39 靶
- [0083] 40 油旋转泵
- [0084] 41 逆流防止阀
- [0085] 42 涡轮分子泵
- [0086] 43 压力阀
- [0087] 45 氧气流量调整阀

### 具体实施方式

[0088] 下面参照附图详细说明本发明的实施方式。

[0089] 本发明适用于透明金属（透明导体）1，所述透明金属 1 应用于例如显示板和有机 EL、太阳电池的电极等。如图 1 所示，所述透明金属 1 有在多晶或单晶基板 11 上形成的金属氧化物层 12。

[0090] 在此，透明金属 1 是指，在所谓的透明导体中，直到极低温（5K）也呈现金属导电性（这里定义为，在室温中的电阻率在  $10^{-2} \Omega \text{ cm}$  以下、电阻率 的温度依赖性为  $dR/dT > 0$ （R 为电阻率，T 为温度））的金属。另外，从增加用途普遍性的观点考虑，较佳的，金属导电性在室温中的电阻率为  $10^{-3} \Omega \text{ cm}$  以下。

[0091] 基板 11 例如由钛酸锶（ $\text{SrTiO}_3$ ）构成，所述钛酸锶（ $\text{SrTiO}_3$ ）使基板表面 11a 成为（100）面。

[0092] 该基板 11 可以由  $\text{SrTiO}_3$  的单晶基板构成，如果由其它钙钛矿（perovskite）型结晶或由具有类似结构的岩石型结晶构成，则也可以由其它任何材料构成。即，由钙钛矿型或岩石型结晶构成该基板 11，从而有可能形成锐钛矿单晶薄膜。

[0093] 另外，该基板 11 也可以采用玻璃、水晶等非晶材料，或可以采用塑性材料。此时，会形成锐钛矿多晶薄膜，但几乎不会影响到基本的物理性质（电阻率等）。

[0094] 在以下说明的实施方式中，将该基板 11 的厚度设为 50nm 的情况为例进行说明，但并不局限于此，例如，较佳的，可以设为 1000nm 以下，但如果寻求低的电阻值，在多少能够牺牲透过率时，也可以设为 1000nm 以上。

[0095] 该基板 11 上层积形成的金属氧化物层 12 由  $\text{Nb}:\text{TiO}_2$  构成。该  $\text{Nb}:\text{TiO}_2$  为，用 Nb 置换锐钛矿（ $\text{TiO}_2$ ）的 Ti 位置所得到的物质。代替该置换的 Nb，可以使用例如 Ta、Mo、As、Sb 或 W。并且也可以是其它元素。金属氧化物层 12 是在基板表面 11a 上外延生长形成。该金属氧化物层 12 的厚度为 40 ~ 50nm，但并不局限于此。

[0096] 下面，说明该透明金属 1 的制作方法。

[0097] 首先，将使基板表面成为（100）面所切出的  $\text{SrTiO}_3$  基板，使用例如金刚石研磨浆（diamond slurry）进行机械研磨。此机械研磨中，将使用的金刚石研磨浆的粒径渐渐细化，最后用粒径约  $0.5 \mu\text{m}$  的金刚石研磨浆进行镜面研磨。此时，也可以通过进一步使用硅胶（colloidal silica）进行研磨，使基板平坦，直到表面粗糙度的 rms 成为  $10 \text{ \AA}$  以下。

[0098] 接着，根据物理气相沉积（PVD, Physical vapor deposition）法，在基板 11 的  $\text{SrTiO}_3$ （100）面上沉积  $\text{Nb}:\text{TiO}_2$ 。在以下的实施方式中，说明根据脉冲激光沉积（PLD, Pulsed

Laser Deposition) 法进行相关沉积的情况。

[0099] 该 PLD 法中,使用例如图 2 所示的 PLD 装置 30,将金属氧化物层 12 沉积到基板 11 上。该 PLD 装置的室 31 内配置基板 11 和靶 39;该室 31 的外部,包括:光振荡器 32,该光振荡器 32 配置在面向上述靶 39 表面的一侧;反射镜 33,用于调节由光振荡器 32 所振荡的脉冲激光的位置;透镜 34,用于控制激光的光斑直径;该室 31 的外部进一步包括:气体供给部 44,用于向室 31 内注入氧气。

[0100] 室 31 的设置是为了维持适当的真空度的同时,通过防止从外部混入杂质,制作高品质的薄膜。室 31 内,设置有用于加热基板的红外线灯 36。基板温度通过窗 31b,由设置在室 31 外部的放射温度计 37 监控,被控制为总是在一定温度。还有,该室设置有用于调节氧气流量的阀 45。为了在减压条件下实现制膜,室 31 连接有涡轮分子泵 (turbo molecular pump) 42 及压力阀 43。利用氧气流量调整阀 45 及压力阀 43,室 31 的压力得到控制,例如在氧环境中成为  $10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4}$  托。另外,涡轮分子泵 42 连接有油旋转泵 40 和逆流防止阀 41,涡轮分子泵 42 的排气侧的压力总是保持在  $10^{-3}$  托以下。

[0101] 该室 31 在面向靶 39 的面进一步设置有窗 31a,从光振荡器 32 发出的脉冲激光通过窗 31a 射入室 31。光振荡器 32 将例如脉冲频率为  $1 \sim 10\text{Hz}$ 、激光能量为  $50\text{mJ/pulse}$ 、波长为  $248\text{nm}$  的 KrF 准分子激光 (excimer laser) 作为上述脉冲激光而振荡。通过反射镜 33 及透镜 34,对该振荡的脉冲激光的光斑进行调整,使其焦点位置在上述靶 39 的附近,该振荡的脉冲激光通过窗 31a 以相对设置在室 31 内的靶 39 表面约  $45^\circ$  角度入射。

[0102] 靶 39 由例如 Nb:TiO<sub>2</sub> 烧结体构成。置换的金属,在这里以 Nb 为例,但也可以使用 Ta、Mo、As、Sb、W 的任何一种,或者也可以合并使用多种类的金属。该 Nb:TiO<sub>2</sub> 烧结体的制作方法为,混合按照所希望的原子比称量的 TiO<sub>2</sub> 粉末和 Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 粉末,进一步将该混合的粉末加热成形。该靶 39 相对基板 11 的 (100) 面略平行地设置。

[0103] 基于该 PLD 法的制膜过程如下。

[0104] 首先,将研磨的基板 11 设置在室 31 内。接着,为了除去表面的杂质,得到原子级别上平坦的表面,在氧环境为  $10^{-5}$  托,基板温度为  $650^\circ\text{C}$  的基础上进行热处理。热处理时间最少需要 1 个小时。

[0105] 然后,分别将氧环境设置为例如  $10^{-5}$  托,将基板温度设置为  $550^\circ\text{C}$ ,并利用电机 35 使基板旋转驱动的同时制膜。进一步,通过旋转轴 38 使靶 39 旋转驱动的同时,断断续续地照射上述脉冲激光,从而使靶 39 的表面温度急剧上升,产生烧蚀等离子 (Ablation Plasma)。该烧蚀等离子中包含的 Ti、Nb、O 各原子与室 31 中的氧气重复进行碰撞反应的同时,渐渐变化状态并移向基板 11。于是,到达基板 11 的包含 Ti、Nb、O 原子的粒子,原封不动地扩散到基板 11 上的 (100) 面上,以晶格相容性最稳定的状态形成薄膜。其结果,制作出具有上述结构的透明金属 1。

[0106] 另外,该透明金属 1 的制作并不局限于上述说明的 PLD 法,也可以基于例如分子束外延 (MBE) 法、溅射法等其它的物理气相沉积 (PVD) 法、或者 PLD 以外的方法,如利用 MOCVD 法的化学气相沉积 (CVD) 法制作。还有,也可以基于溶胶凝胶法、化学溶液法以及溶液合成工艺制作透明金属 1。

[0107] 对基于上述方法制作出的透明金属 Nb:TiO<sub>2</sub> (化学式  $\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_2$ ) 中的 Nb 的置换率设为  $x = 0, 0.01, 0.02, 0.03$  时的金属氧化物层 12,进行 X 射线衍射 (XRD) 检测的结果,如

图 3(a)、(b),图 4(a)、(b) 所示。同样,对制作出的透明金属 Nb:TiO<sub>2</sub>(化学式 Ti<sub>1-x</sub>Nb<sub>x</sub>O<sub>2</sub>) 中的 Nb 的置换率设为  $x = 0.06, 0.1, 0.15, 0.2$  时的金属氧化物层 12,进行 X 射线衍射 (XRD) 检测的结果,如图 5(a)、(b),图 6(a)、(b) 所示。根据图 3~6 所示的 XRD 光谱可知,图中用○记号表示的 SrTiO<sub>3</sub> 的峰值在  $2\theta = 23.1^\circ, 46.8^\circ, 72.6^\circ, 104.2^\circ$  的位置出现,在此中间用△记号表示的 Nb:TiO<sub>2</sub> 的峰值在  $2\theta = 37.8^\circ, 80.4^\circ$  的位置出现。从而,与 Nb 的置换量无关,能够确认 Nb:TiO<sub>2</sub> 稳定生成。

[0108] 另外,对于制作的金属氧化物层 12,根据 XRD 光谱检测 Nb 的置换量为  $x = 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.06, 0.1, 0.15, 0.20$  对应的晶格常数关系,如图 7 所示,可以知道,随着 Nb 添加率的增加,晶格常数增大。这暗示着制作的金属氧化物层 12 由所谓的固溶体构成。

[0109] 另外,检测 Nb 的置换量设为  $x = 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.06, 0.1, 0.15, 0.2$  时制作的金属氧化物层 12 的内部透过率(由于原意的透过率将反射量必须看作损失,因此以下将扣除金属氧化物层 12 的反射量的情况下成为 100%的透过率,称为内部透过率),如图 8 所示,可以知道,在可见光区域(波长 400~800nm)内,得到 80%以上的良好结果,如图 8 所示。特别是, Nb 置换量为  $x \leq 0.06$  的试样表现出,在可见光区域内能够实现 95%以上的内部透过率。随着 Nb 置换量的增加,内部透过率下降的原因认为是, Nb 置换量增加的同时 Ti<sup>3+</sup> 的量增加,在可见光区域具有吸收边的  $t_{2g}-e_g$  带之间的跃迁概率增大所致。

[0110] 但是,向实际的器件应用时,将该金属氧化物层 12 的膜的厚度设为 100nm 以上的情况较多,特别是目前的 ITO 要求的规格为,对于 100nm 以上的膜的厚度,内部透过率被视为 80%以上。为满足该规格,对于膜的厚度 50nm,需要 95%以上的内部透过率。如图 8 所示,通过将 Nb 置换量控制在  $x \leq 0.06$ ,能满足上述规格,因此也有可能制作超过现有 ITO 薄膜的内部透过率的透明导体薄膜。

[0111] 另外,用上述 Nb 的置换量制作的金属氧化物层 12 的电阻率的温度依赖性表示在图 9。从该图 9 可知,与没有置换 Nb 的情况相比较, Nb 的置换量  $x$  设为  $0.01 \leq x \leq 0.2$  的金属氧化物层 12 在室温中得到了  $10^{-4} \Omega \text{ cm}$  数量级的良好传导特性。

[0112] 另外,应用本发明的透明金属 1 中,不仅在将该金属氧化物层 12 的 Nb 置换量  $x$  设为  $0.01 \leq x \leq 0.2$  的情况,通过将 Nb 置换量  $x$  设为  $0.001 \leq x \leq 0.2$ ,也能够得到  $10^{-4} \Omega \text{ cm}$  数量级的电阻率。

[0113] 将该金属氧化物层 12 的 Nb 置换量  $x$  设为  $0.01 \leq x \leq 0.06$  时,在膜的厚度为 50nm 时,能够使内部透过率提高到 95%~98%(膜的厚度为数 100nm 时也有 80%以上)。

[0114] 还有,将该金属氧化物层 12 的 Nb 置换量  $x$  设为  $0.02 \leq x \leq 0.06$  时,更加提高内部透过率的同时,进一步能够将电阻率在室温(280K~300K)中降到  $5 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$  程度,并且在极低温(5K~20K)中降到  $1 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 。

[0115] 即,应用本发明的透明金属 1 中,将锐钛矿(TiO<sub>2</sub>)的 Ti 位置用 Nb 置换而得到的 Nb:TiO<sub>2</sub> 作为金属氧化物层 12,从而不但能够提高透明度,而且进一步能够得到与设置铟锡氧化膜(ITO)时等效的低电阻率( $10^{-4} \Omega \text{ cm}$  数量级的传导率)。

[0116] 另外,通过置换 Nb,使金属氧化物层的电阻率在室温中为  $2 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ ,或者在极低温中成为  $8 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ ,从而能够飞跃地扩大向液晶板以及各种器件的应用可能性。

[0117] 还有,对基于与上述方法同样的方法制作的透明金属 Ta:TiO<sub>2</sub>(化学式 Ti<sub>1-x</sub>Ta<sub>x</sub>O<sub>2</sub>)

中的 Ta 的置换率设为  $x = 0.002, 0.005, 0.15, 0.20$  时的金属氧化物层 12, 进行 X 射线衍射 (XRD) 检测的结果, 如图 10(a)、(b), 图 11(a)、(b) 所示。根据图 10 及图 11 所示的 XRD 光谱可确认, 与上述 Nb:TiO<sub>2</sub> 一样地, 与 Ta 的置换量无关, Ta:TiO<sub>2</sub> 能够稳定生成。

[0118] 图 12 是载流子 (career) 浓度的温度变化的检测结果图。对 Ta 的置换量为  $x = 0.005, 0.01, 0.03, 0.05, 0.10$  时进行检测。如图 12 所示, 对于这些任意的置换量, 几乎没有观测到载流子浓度的温度依赖。这意味着 Ta:TiO<sub>2</sub> 成了简并半导体, 这是在 ITO 等的透明导电膜也能看得到的物理性质。

[0119] 图 13 是霍尔迁移率的温度变化检测结果图。此时, 也对 Ta 的置换量为  $x = 0.005, 0.01, 0.03, 0.05, 0.10$  时进行检测。如图 13 所示, 对于这些任意的置换量, 随着温度上升霍尔迁移率都减少, Ta 的置换量越小其减少的程度越大。此霍尔迁移率的温度依赖性是在 ITO 中看不到的物理性质, 成为随着温度上升电阻率增大的现象的原因。此温度依赖性的起源在现阶段是不清楚的, 但随着温度的上升电阻率增大的性质是普通金属中常见的物理性质, 是将 Ta:TiO<sub>2</sub> 称为透明金属的原因。

[0120] 同时, 对于制作的金属氧化物层 12, 根据 XRD 光谱检测 Ta 的置换量  $x = 0.005, 0.1, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20$  所对应的晶格常数的关系, 如图 14 所示, 可以知道, 随着 Ta 添加率的增加, 晶格常数增大。即可以知道, 晶格按照维加德定律 (Vegard 定律: 晶格常数与用重量百分比表示的固溶体合金组成之间的直线关系) 扩张。这暗示着, 制作的金属氧化物层 12 由所谓的固溶体组成。另外, 在图 14 中三角形表示 a 轴, 圆形表示 c 轴。

[0121] 另外, 检测将 Ta 的置换量设为  $x = 0.01, 0.03, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20$  制作的金属氧化物层 12 的透过率, 如图 15 所示, 可以知道, 在可见光区域 (波长 400 ~ 800nm) 内, 得到 60% 以上的良好结果。特别是, Ta 置换量为  $x \leq 0.05$  的试样表现出, 即使在可见光长波长区域 (红色区域) 也能够实现稳定的高透过率。随着 Ta 的置换量的增加, 透过率下降的原因认为是, Ta 置换量增加的同时 Ti<sup>3+</sup> 的量增加, 在可见光区域具有吸收边的 t<sub>2g</sub>-e<sub>g</sub> 带之间的跃迁概率增大所致。

[0122] 另外, 用上述 Ta 的置换量制作的金属氧化物层 12 的电阻率的温度依赖性表示在图 16。如图 16 所示, 可以知道, 将 Ta 的置换量  $x$  设为  $0.005 \leq x \leq 0.2$  的金属氧化物层 12, 在室温中得到 10<sup>-4</sup> Ω cm 数量级 ~ 10<sup>-3</sup> Ω cm 数量级的良好传导特性。进而, 从良好的传导特性考虑, 较佳的, 将 Ta 的置换量  $x$  设为  $0.01 \leq x \leq 0.1$ 。特别是从极低温到室温附近的大范围中的良好的传导特性考虑, 更较佳的, 将 Ta 的置换量  $x$  设为  $0.03 \leq x \leq 0.1$ 。

[0123] 图 17 是 Ta 掺杂量与电阻率、透过率之间的关系图。在图 17 中, ● 记号表示电阻率, ■ 记号表示透过率。如图 17 所示, 可以知道, 电阻率小且透过率大的区域为 Ta 置换量  $x$  为  $0.03 \leq x \leq 0.1$  的区域。并且, 可以知道, 电阻率更小且透过率更大的区域为 Ta 置换量  $x$  为  $0.05 \leq x \leq 0.1$  的区域。也就是说, 这些区域是暗示 Ta 掺杂量的最佳值的区域。

[0124] 另外, 应用本发明的透明金属 1, 不仅在将该金属氧化物层 12 的 Ta 置换量  $x$  设为  $0.005 \leq x \leq 0.2$  的情况, 通过将相关的 Ta 置换量  $x$  设为  $0.001 \leq x \leq 0.2$  时, 也能够得到 10<sup>-4</sup> Ω cm 数量级 ~ 10<sup>-3</sup> Ω cm 数量级的电阻率。

[0125] 在该金属氧化物层 12 中, 将 Ta 置换量  $x$  设为  $0.01 \leq x \leq 0.05$  时, 即使在红色区域也能够实现稳定的高透过率。

[0126] 并且, 在该金属氧化物层 12 中, 将 Ta 置换量  $x$  设为  $0.01 \leq x \leq 0.05$  时, 在红色

区域实现稳定的高透过率的同时,进一步能够将电阻率在室温(280K ~ 300K)中下降到 $5 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 程度,并且在极低温(5K ~ 20K)中下降到 $5 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm} \sim 2 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 。

[0127] 即,应用本发明的透明金属 1 中,将锐钛矿( $\text{TiO}_2$ )的 Ti 位置用 Ta 置换得到的 Ta: $\text{TiO}_2$  作为金属氧化物层 12,从而不但能够提高透明度,而且还能得到与设置铟锡氧化膜(ITO)时等效的低电阻率。

[0128] 另外,通过置换 Ta,使金属氧化物层的电阻率在室温中为 $2 \times 10^{-4} \sim 1.8 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$ ,或者在极低温中成为 $5 \times 10^{-5} \sim 7 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ ,从而能够飞跃地扩大向液晶面板以及各种器件的应用可能性。

[0129] 还有,该透明金属 1 通过利用已在光催化剂等中应用的 $\text{TiO}_2$ 制膜技术,能够谋求大面积化、大量生产化。因此,不仅能将该透明金属 1 应用于现有的太阳能电池的电极,而且能够应用于使用 $\text{TiO}_2$ 光催化剂的太阳能电池的电极。进一步,将具有低电阻率的透明金属 1 应用于液晶显示板,从而能够谋求这些显示元件的低功耗化,甚至能够促进液晶显示板的大型化和小型便携化。并且,由于上述理由,该透明金属 1 不仅能够谋求原料供应的容易化、制造工程的简易化所带来的成本降低,而且能够大幅度地减轻制造所需的劳力。

[0130] 即,通过将应用本发明的透明金属 1 作为电极使用,能够使生产具有现有性能的透明电极的价格更低,所以,能够扩大应用范围。并且,作为构成该透明金属 1 的金属氧化物层 12,使用不被酸和碱腐蚀的 Nb: $\text{TiO}_2$ 、Ta: $\text{TiO}_2$  等,因此不会受周围环境的影响,能够扩大应用范围。

[0131] 另外,在上述实施方式中,将基板 11 上形成金属氧化物层 12 的整体定义为透明金属 1,但并不局限于此,也可以只将金属氧化物层 12 定义为透明金属 1。

[0132] 应用本发明的透明金属 1 并不局限于作为电极的用途,作为其它用途,当然也可以应用于其它要求透明且高传导性的部件、薄膜、器件等。

[0133] 接着,说明散射时间及有效质量等。

[0134] 图 18 示出 $\text{Ti}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_2$ 单晶薄膜的 Nb 量,与室温中的迁移率、载流子的散射时间及载流子的有效质量相关的依赖性。图 19 中将散射时间的 Nb 浓度依赖性用双对数坐标图表示。

[0135] 载流子的散射(弛豫)时间随着 Nb 量的增加急剧增加,以 Nb 置换量 $x = 0.01$ 为分界渐渐减少。从同样是透明导体的 ZnO 薄膜试样的结果类推,认为在 $x < 0.01$ 时晶粒边界散射主要,在 $x > 0.01$ 时中性/离子化杂质引起的散射主要(参照图 19)。由此暗示着对于载流子充分存在的试样,即使是多晶试样也能忽视晶粒边界散射,因此能够维持与单晶试样同样的性能。这一点可以说是多晶薄膜在不可缺少的有机 EL 板、液晶板等的开发时非常有利。

[0136] 载流子的有效质量与 Nb 量一起单调减少,这暗示着导带的曲率随着离开底部而减少(但是,变化量与散射时间相比小)。绝对值是 $0.2-0.4m_0$ ( $m_0$ 是电子的静止质量),和现有的透明导体 $\text{SnO}_2$ ( $0.2m_0-0.3m_0$ )、ITO( $0.3m_0$ )大概相同。

[0137] 迁移率的倾向大概反映散射时间的 Nb 量变化的结果。即,室温中的转移现象可以说明,与带结构相比,随着 Nb 的添加,更强烈地依赖散射结构的变化。

[0138]  $x = 0.01-0.03$ 附近是能够将晶粒边界散射与杂质散射抑制为最小的最佳组成。

[0139] 另外,当使用 $\text{Ti}_{1-x-y}\text{Nb}_x\text{Ta}_y\text{O}_2$ 时,从实验的经验上认为 $x+y$ 到 0.3 是充分的。并且,

在用 X 射线检测进行判断的范围内,可以明确能够置换到 40% ( $x+y \leq 0.4$ )。虽然可见光的透明度会降低,但只想透过蓝 - 紫外线时,根据对红外线反射膜应用时等的用途,即使  $x+y$  大,也能充分使用,因此混合 Nb 和 Ta 时的上限是大的。

[0140] 也可以考虑预先在基板上涂 ZnO、ZrO<sub>2</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、MgO、LaAlO<sub>3</sub>、CeO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等的定向膜,在其上形成 TiO<sub>2</sub> 膜。这些作为缓冲膜(缓冲层)起作用。要在玻璃上形成锐钛矿型膜,缓冲层的存在变得非常重要。使用 ZnO 时,由于特别容易定向,所以还有容易成膜的优点。

[0141] 作为呈现透明导电性的掺杂剂(dopant),也可以应用 V、Mn、Tc、Re、P、Bi 等。并且,作为呈现透明导电性的掺杂剂,也可以应用其它所有元素。

[0142] 多数的透明导电材料以 Sn、In 或 Zn 的氧化物作为基础,透明导电膜有 ITO、SnO<sub>2</sub>、ZnO 等的氧化物薄膜。并且,对于 ZnO 膜,Al 或 Ga 成为有效的掺杂剂。这些元素是位于周期表右侧的元素。我们知道这些是基于 s 电子或 p 电子的导电结构。另一方面,本实施方式采用的 TiO<sub>2</sub> 透明导体是 d 电子对导电作贡献的新类型的透明导体。

[0143] 也可以使 TiO<sub>2</sub> 膜在 GaN 基板上生长。发明人也明确在 GaN 上 TiO<sub>2</sub> 膜外延生长的结构,具体考虑下述结构。

[0144] (1) 具有 Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>z</sub>N ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$ ) 和形成在所述 Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>z</sub>N 上的由金属氧化物构成的氧化物材料,所述金属氧化物是 TiO<sub>2</sub> 为特征的功能元件。

[0145] (2) 所述金属氧化物中掺杂有由 Nb、Ta、Mo、As、Sb、Al 及 W 构成的组中选择的 1 个或 2 个以上的元素为特征的功能元件。

[0146] (3) 所述金属氧化物中掺杂有由 Co、Fe、Cr、Sn、Ni、Mn 及 V 构成的组中选择的 1 个或 2 个以上的元素为特征的功能元件。

[0147] (4) 所述氧化物材料是单相膜为特征的功能元件。

[0148] (5) 所述氧化物材料是外延膜为特征的功能元件。

[0149] 这些并不局限于 PLD 法,也可以基于例如分子束外延(MBE)法、溅射法等其它的物理气相沉积(PVD)法、或者 PLD 以外的方法,如利用 MOCVD 法的化学气相沉积(CVD)法,形成氧化物材料膜。

[0150] 在不久的将来,预想在光通信中所使用的光的波长会移向蓝色、紫外光等的短波长带。在那样的情况下,作为在波长 400nm 附近表现大的法拉第旋转系数的光磁性器件,也能够使用该氧化物材料。特别是,目前实际使用的磁性石榴石膜以及能够获得大的法拉第旋转系数的现象表示,根据该氧化物材料,可以制作适用于下一代短波通信的光绝缘体。

[0151] 用途并不局限于作为光绝缘体的使用,在光循环器、可变光衰减器、光通信器件等的磁性光学器件、光磁性器件、光电路、非可逆光学部件、非可逆光学元件、具有循环器的半导体激光器、电流磁场传感器、磁畴观察、磁性光学检测等中,也能够使用。

[0152] 并且,光绝缘体例如有,LD 与绝缘体一体化的模块、光纤插入用光绝缘体、光放大器用光绝缘体、偏向依赖光型光绝缘体、偏向无依赖光型光绝缘体、波导型光绝缘体。波导型光绝缘体例如有,使用马赫 - 曾德尔型交叉波导的波导型光绝缘体、使用脊形波导(rib waveguide)的波导型光绝缘体。

[0153] 光循环器可以是偏向依赖光型循环器、偏向无依赖型循环器。

[0154] 如果在由 GaN 系列化合物半导体构成的发光器件中应用掺杂 Co 等的 TiO<sub>2</sub>,则在

蓝色、紫外光等的短波带也能实现对应的光绝缘体。如果通过在 TiO<sub>2</sub> 膜上进一步外延生长的方法实现光绝缘体,则 TiO<sub>2</sub> 膜不仅作为结晶生长的缓冲起作用,还能够为单片电路(monolithic) 获得功能元件。也就是说,不仅是高效发光元件、低价且大面积的显示器,单块的功能元件的开发也成为可能,例如能够实现透明电极与光器件的融合,发光器件与光磁性器件的融合。并且,也可以在光敏元件、HEMT(High Electron Mobility Transistor) 等的高频器件、电子器件中使用氧化物材料。

[0155] 进一步,作为应用也可以考虑应用到,染料敏化太阳电池的电极、显示板、有机 EL 板、发光元件、发光二极管(LED)、白色 LED 以及蓝色激光的透明电极(GaN 上的成膜)、面发光激光的透明电极、照明装置、通信装置、仅通过蓝色光。即,希望透过率在可见光全区域中达到 90% 以上,但也能够去掉长波长的红色区域,只透过蓝色。此时,Nb 掺杂量多的薄膜有效。如上所述,透过率并不是必须达到 90% 以上,根据应用或兼顾电阻率与透过率,选择 Nb 等的掺杂量即可。

[0156] 在 GaN 系列化合物上的成膜中,有折射率的匹配(matching) 这一明显优点,关系到提取效率的提高。另外,GaN 系列化合物不仅是单纯的 GaN,也包括多少含有掺杂剂的化合物。

[0157] 更详细的,作为应用本发明的透明金属 1 的用途,能够列举如下用途:液晶显示器(LCD) 中的透明导电膜、滤色器中的透明导电性膜、EL 显示器中的透明导电膜、等离子显示器(PDP) 中的透明导电膜、PDP 光学过滤器、用于电磁屏蔽的透明导电膜、用于近红外线屏蔽的透明导电膜、用于防止表面反射的透明导电膜、用于提高色再现性的透明导电膜、用于缓和破损的透明导电膜、光学过滤器、触摸屏、电阻式触摸屏、电磁诱导式触摸屏、超音波式触摸屏、光学式触摸屏、静电电容式触摸屏、面向便携式信息终端的电阻式触摸屏、与显示器成为一体的触摸屏(内触摸屏)、太阳电池、非晶硅(a-Si) 系列太阳电池、微晶 Si 薄膜太阳电池、CIGS 太阳电池、染料敏化太阳电池(DSC)、用于抵消电子部件静电的透明导电材料、用于防止带电的透明导电材料、调光材料、调光镜、发热体(面加热器、电热玻璃)、电磁屏蔽玻璃。

[0158] 以上参照特定的实施方式,对本发明进行了说明。但是,本领域技术人员在没有脱离本发明要点的范围内,显然可以作出该实施方式的修正或代替。即,只是以示例形式揭示了本发明,并不限定解释本说明书的所述内容。要想判断本发明的要点,必须参考开头所述的权利要求书一栏。

[0159] 并且,用于说明该发明的实施方式明显能够达到上述目的,但也理解本领域技术人员进行多数变更和其它实施例。将权利要求书、说明书、附图及用于说明的各实施方式的单元或部分,也可以与其它的一个或组合一起采用。权利要求书试图将相关变更和其它实施方式也包含在保护范围之内,这些都包含在该发明的技术思想及技术范围之内。

[0160] 本发明能够实现透明且具有导电性的用于透明电极的基材,也能够应用于 各式各样的用途。

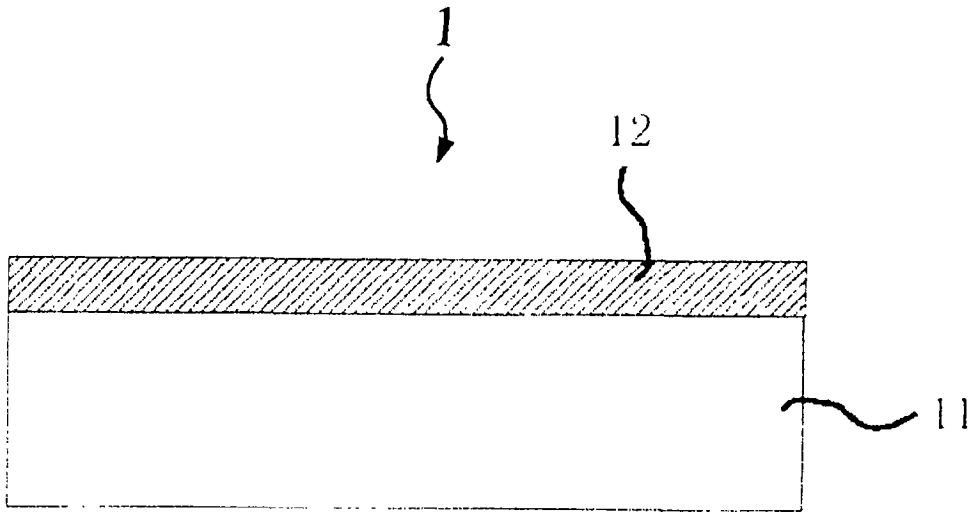


图 1

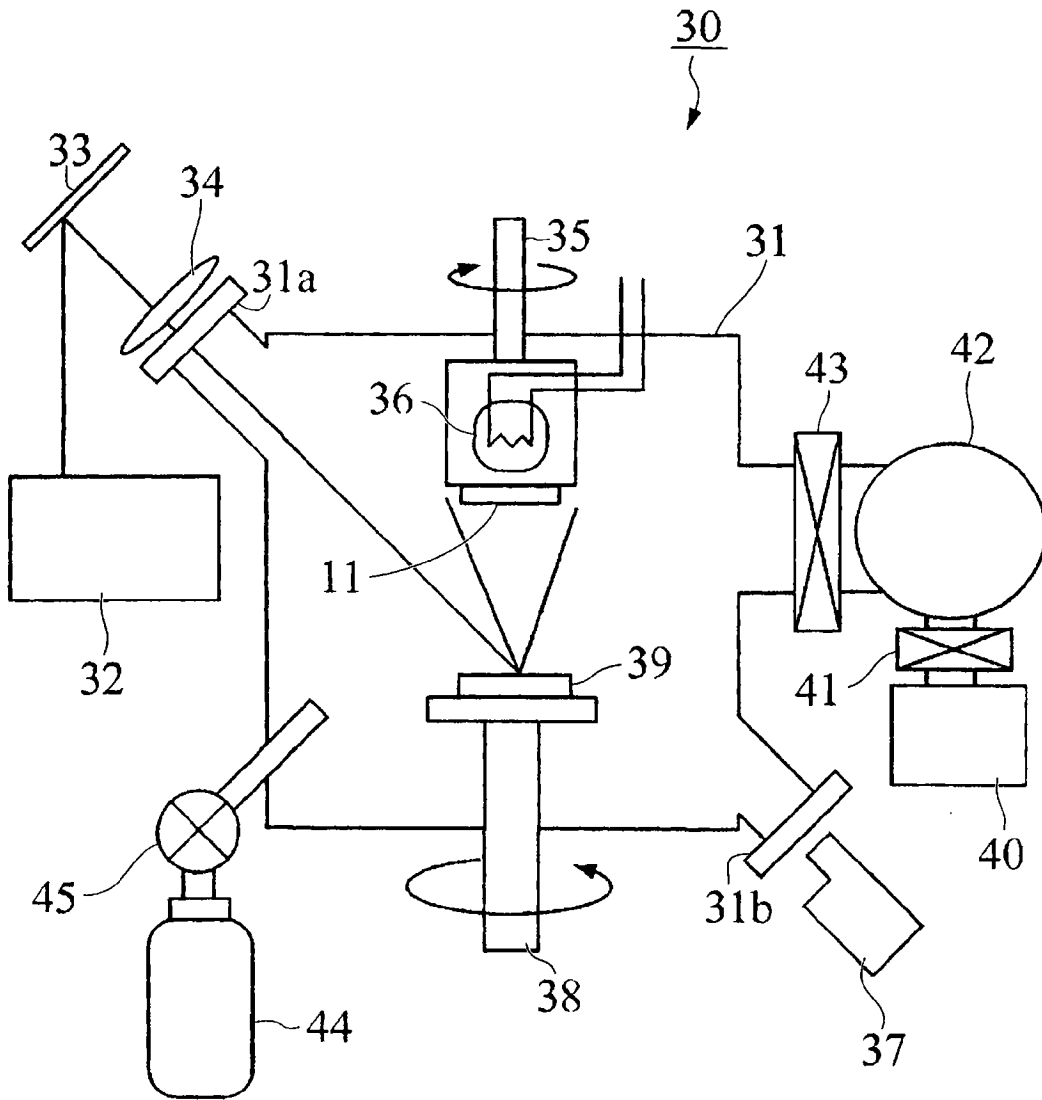
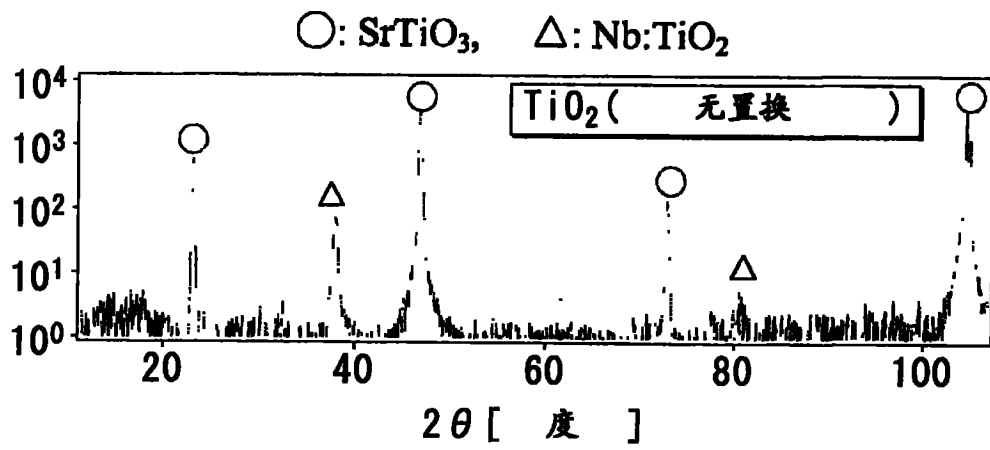
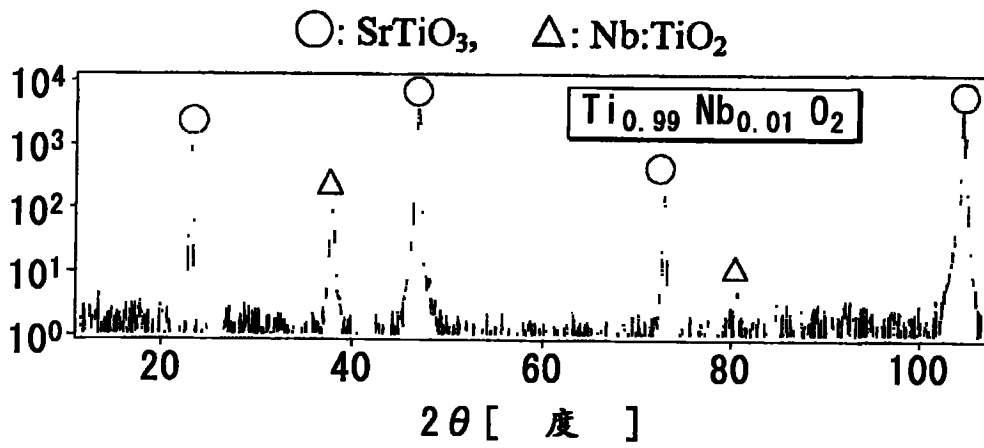


图 2

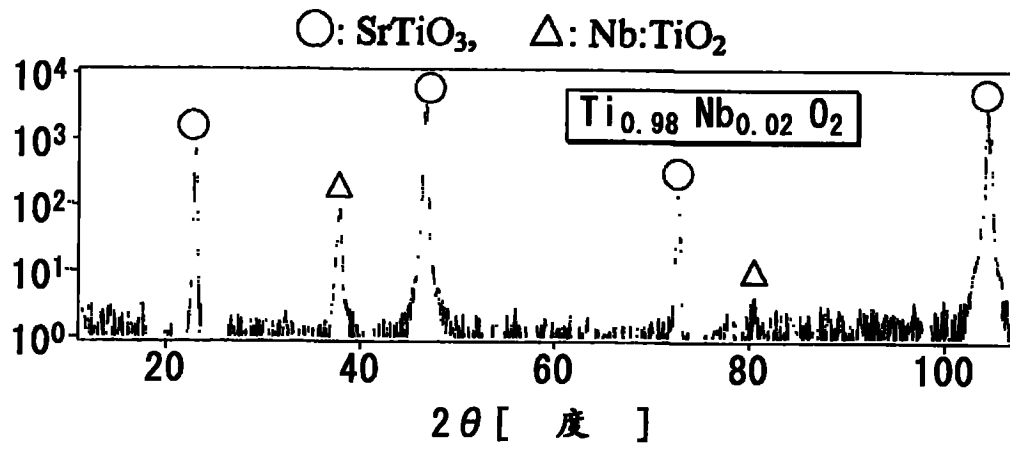


( a )

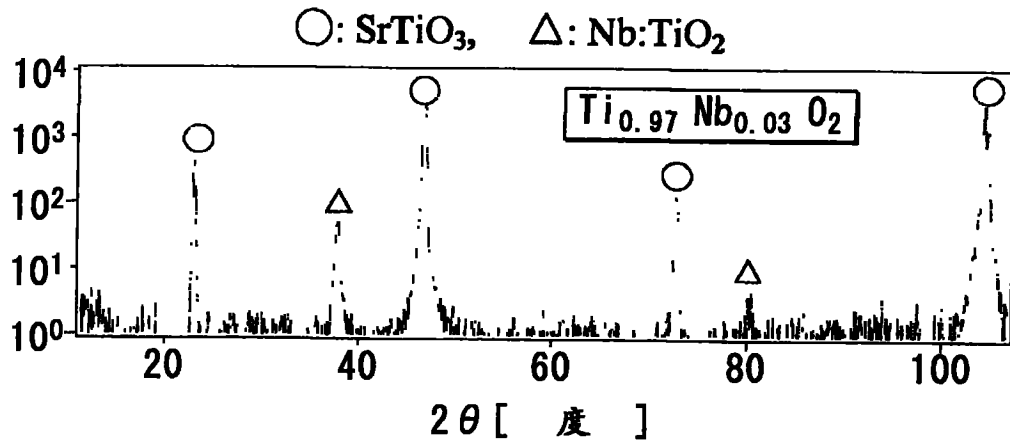


( b )

图 3



( a )



( b )

图 4

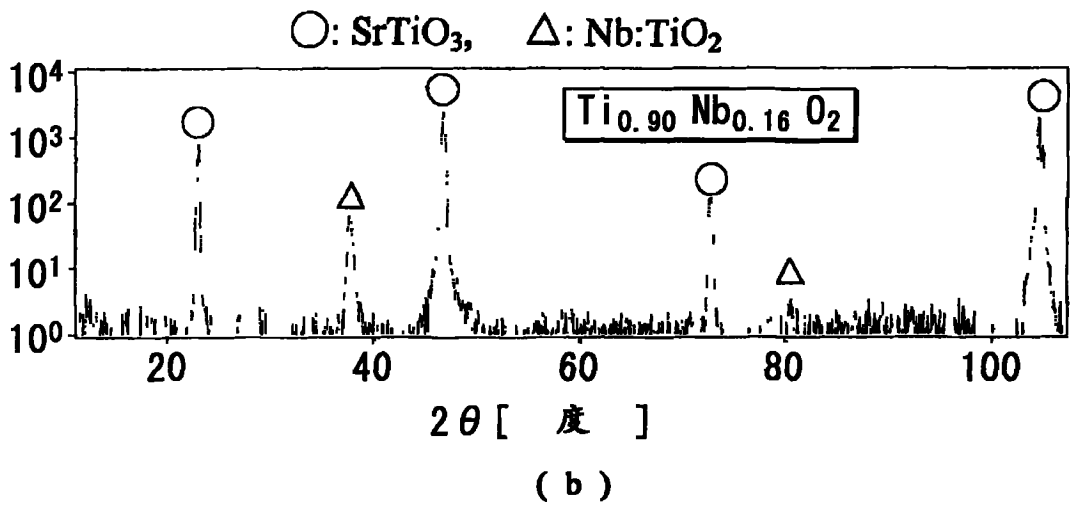
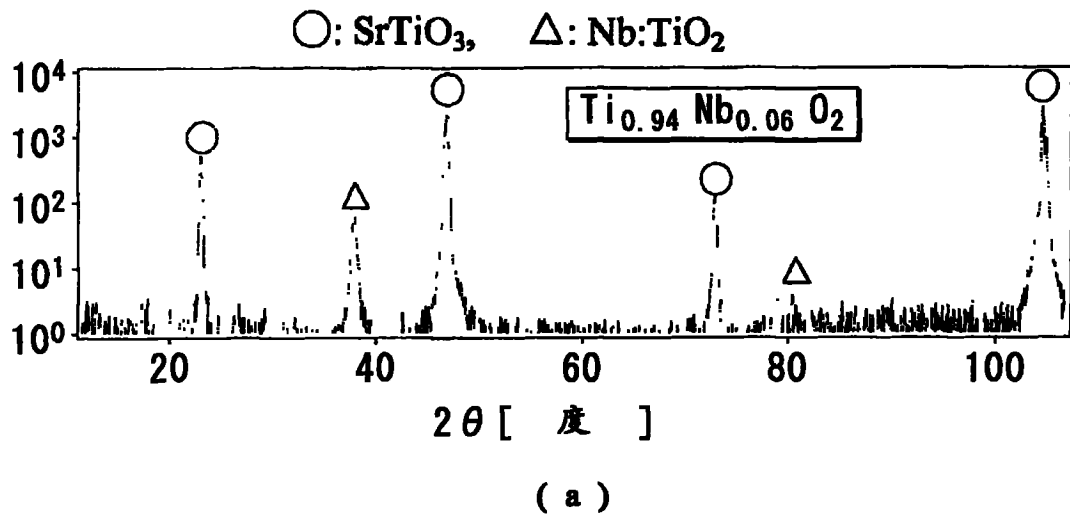


图 5

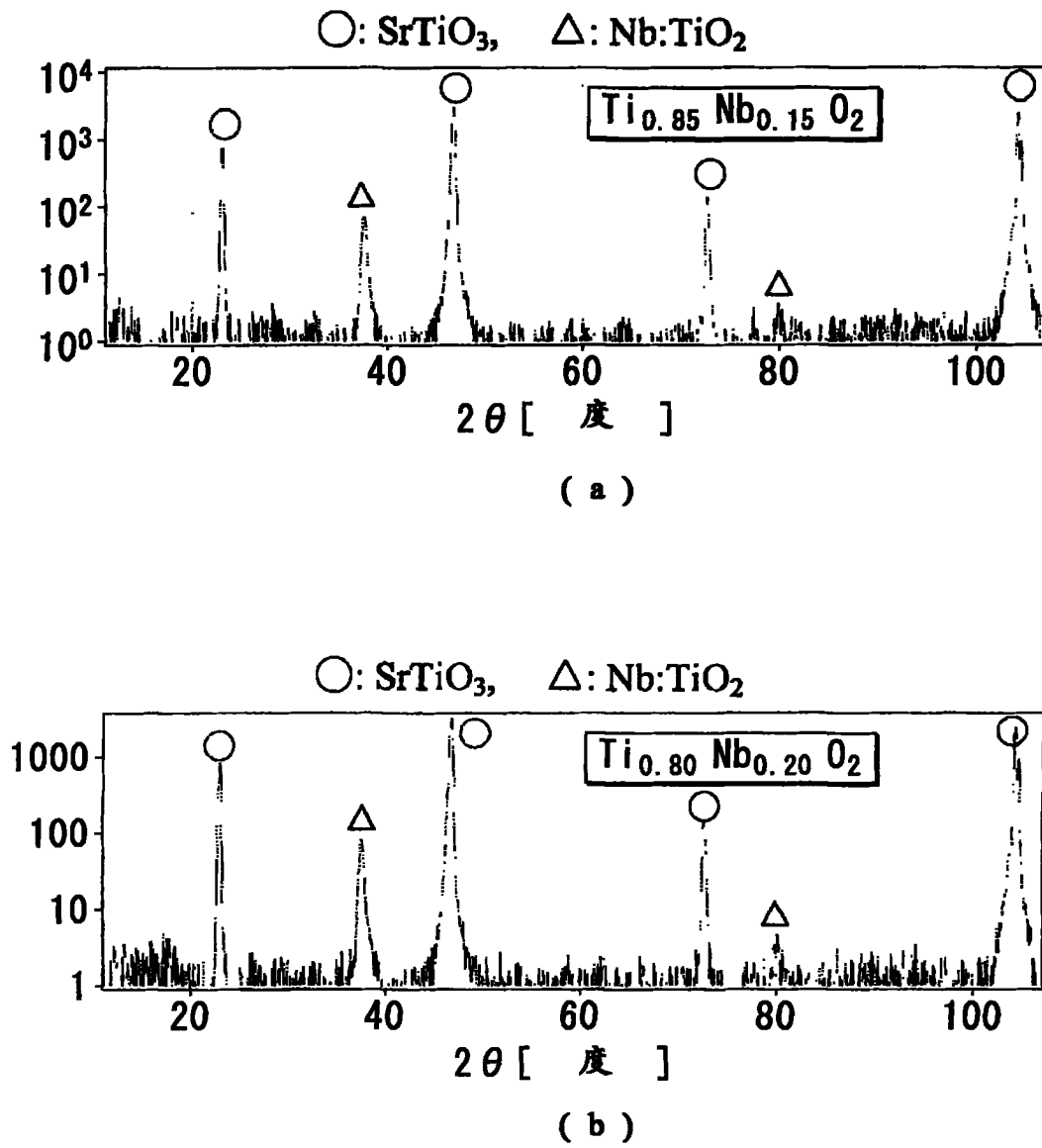


图 6

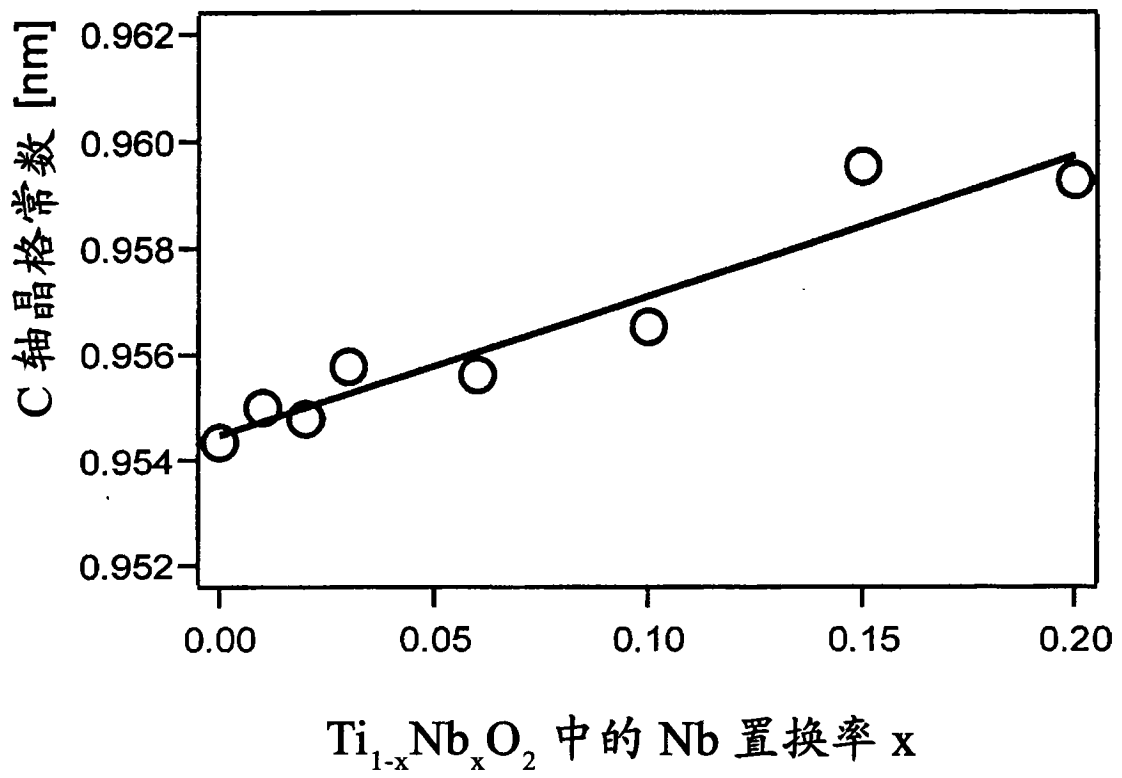


图 7

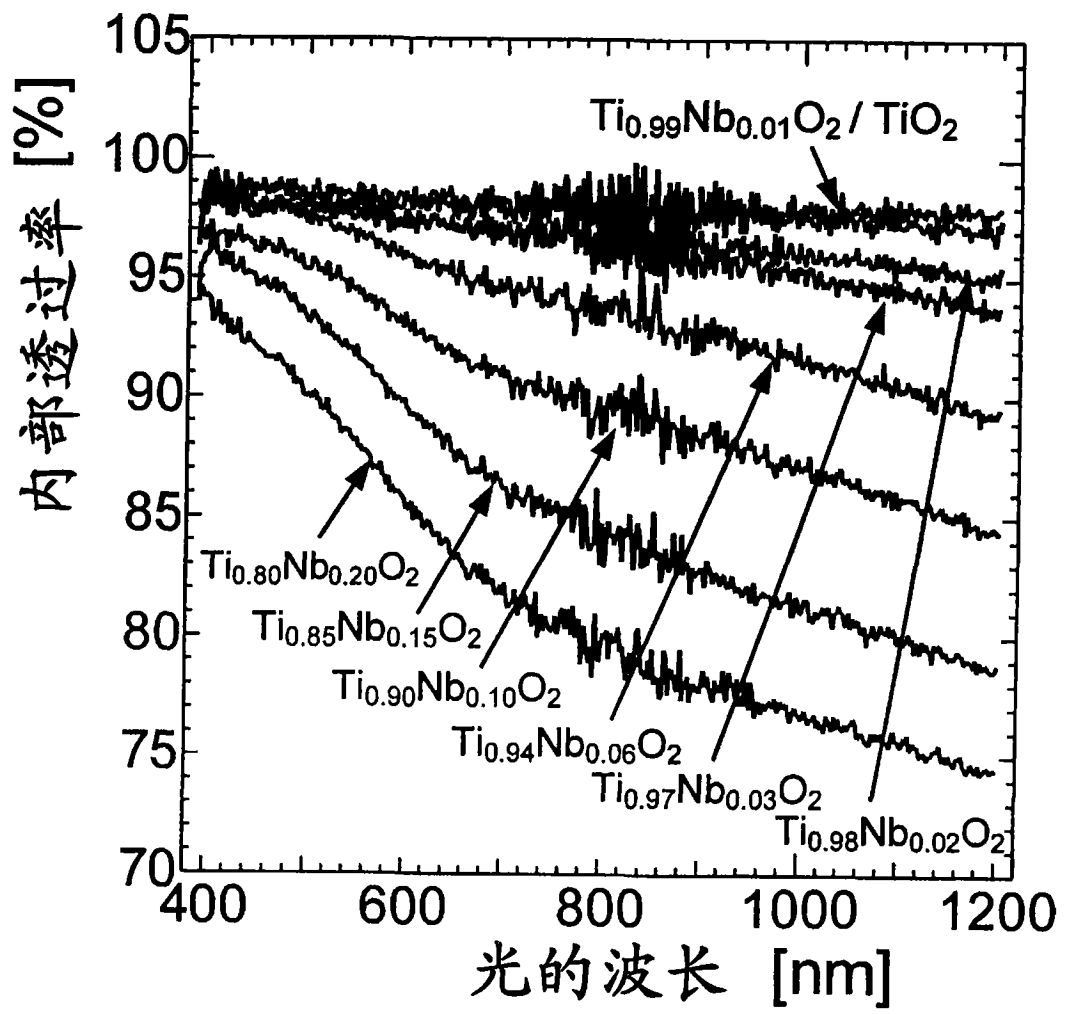


图 8

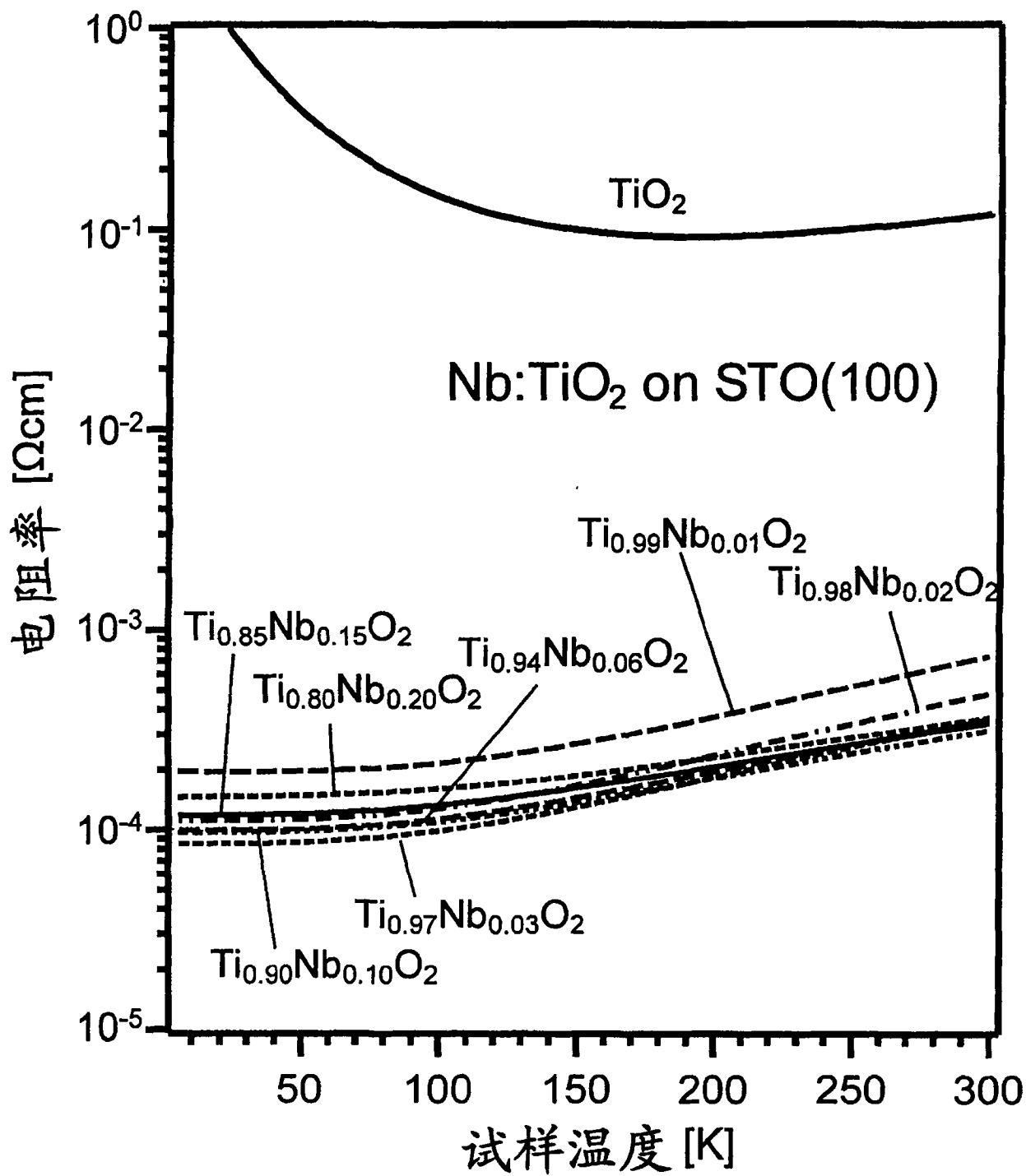
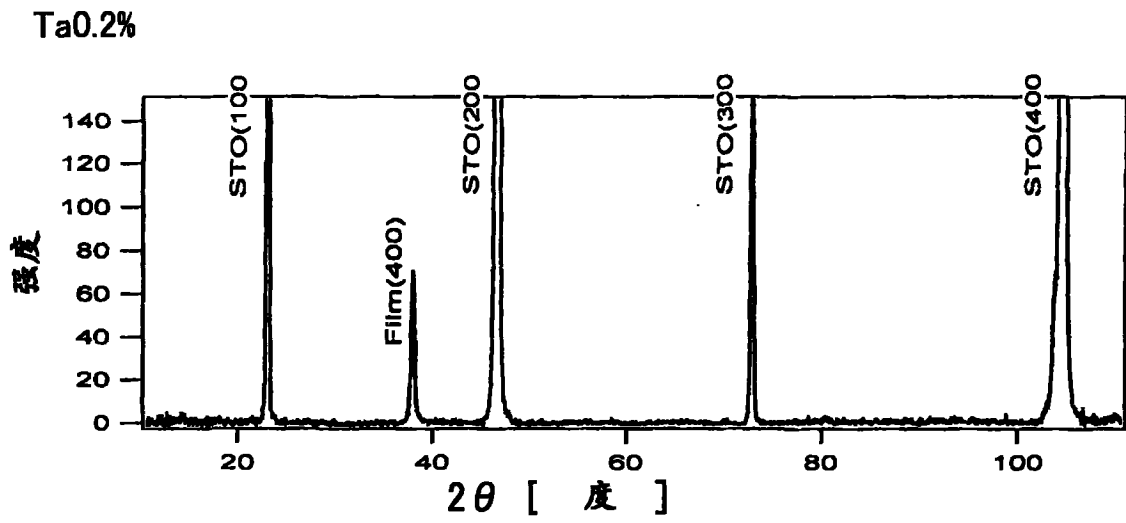
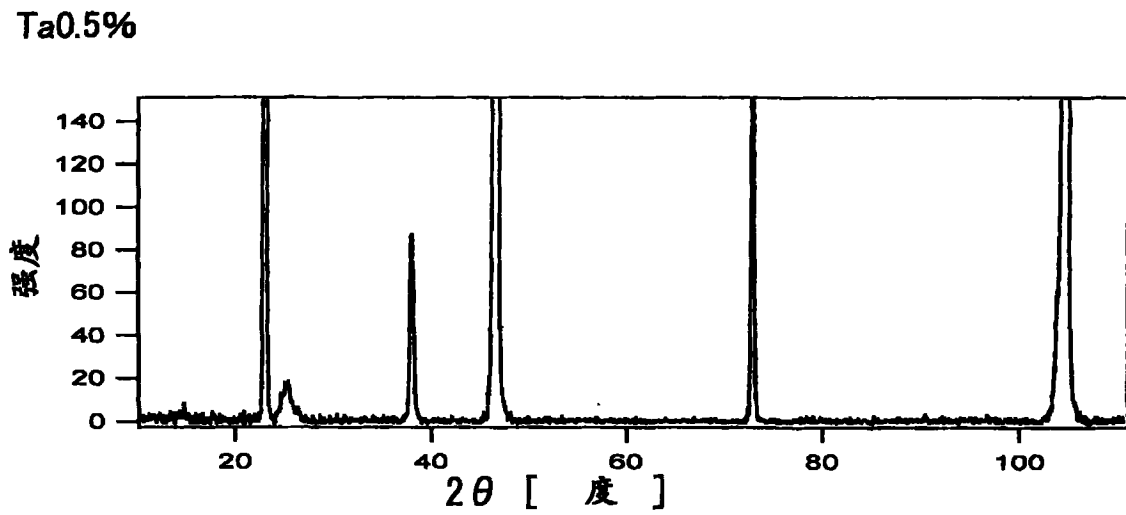


图 9



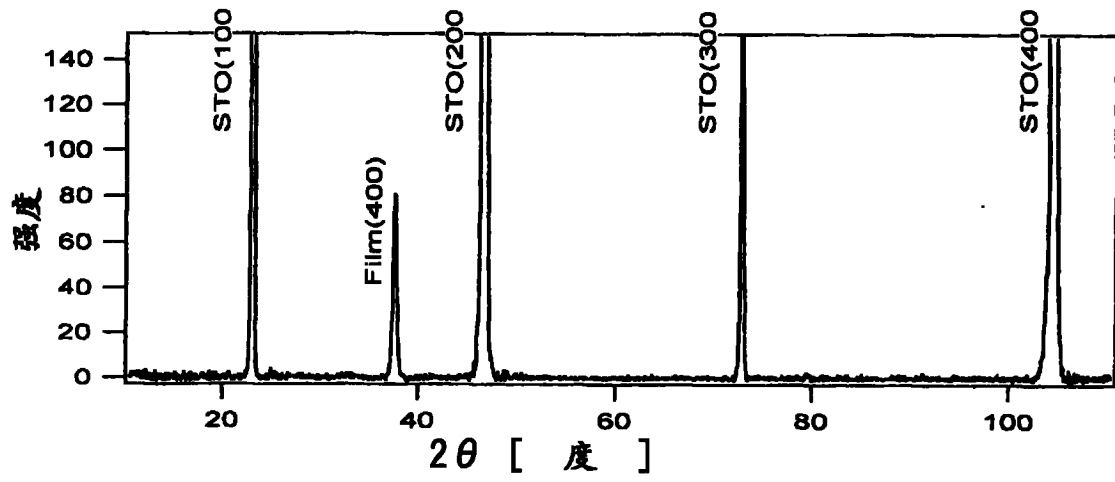
(a)



(b)

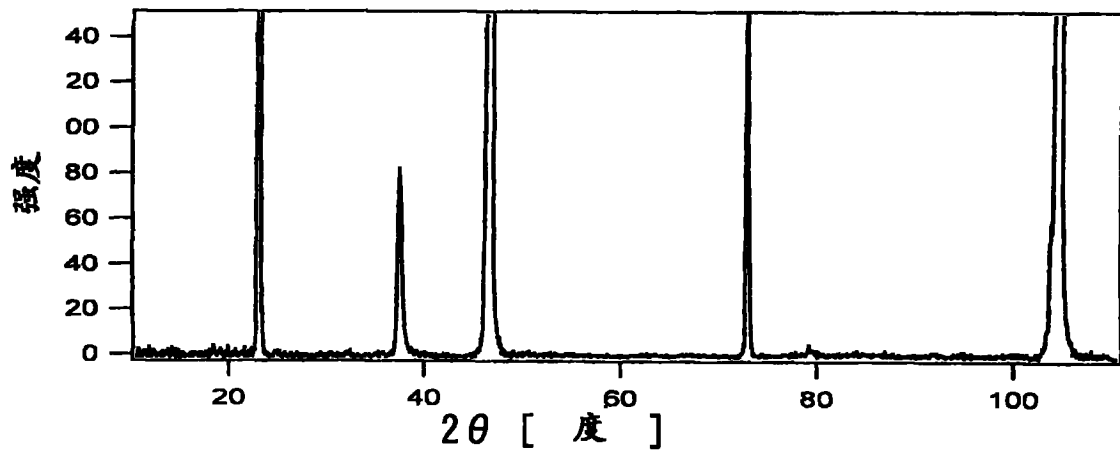
图 10

Ta15%



(a)

Ta20%



(b)

图 11

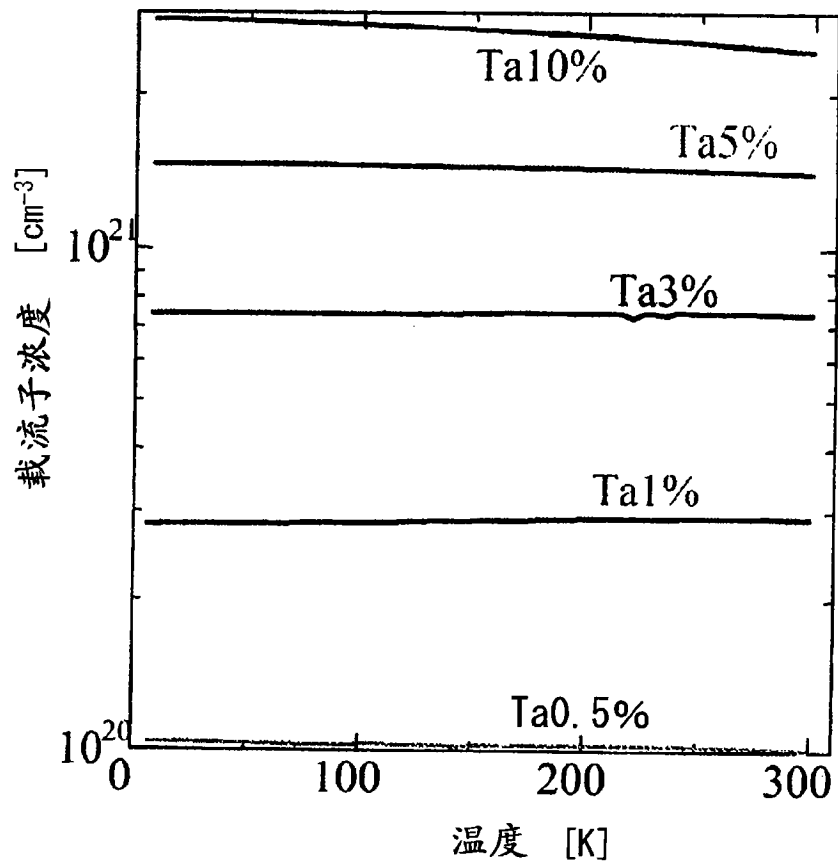


图 12

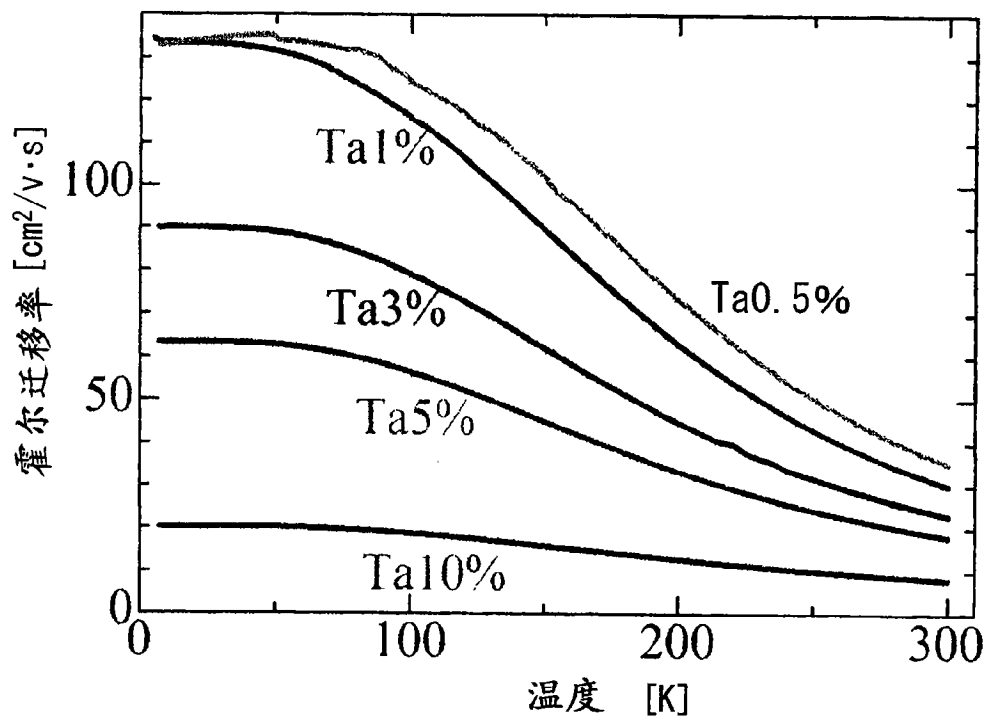


图 13

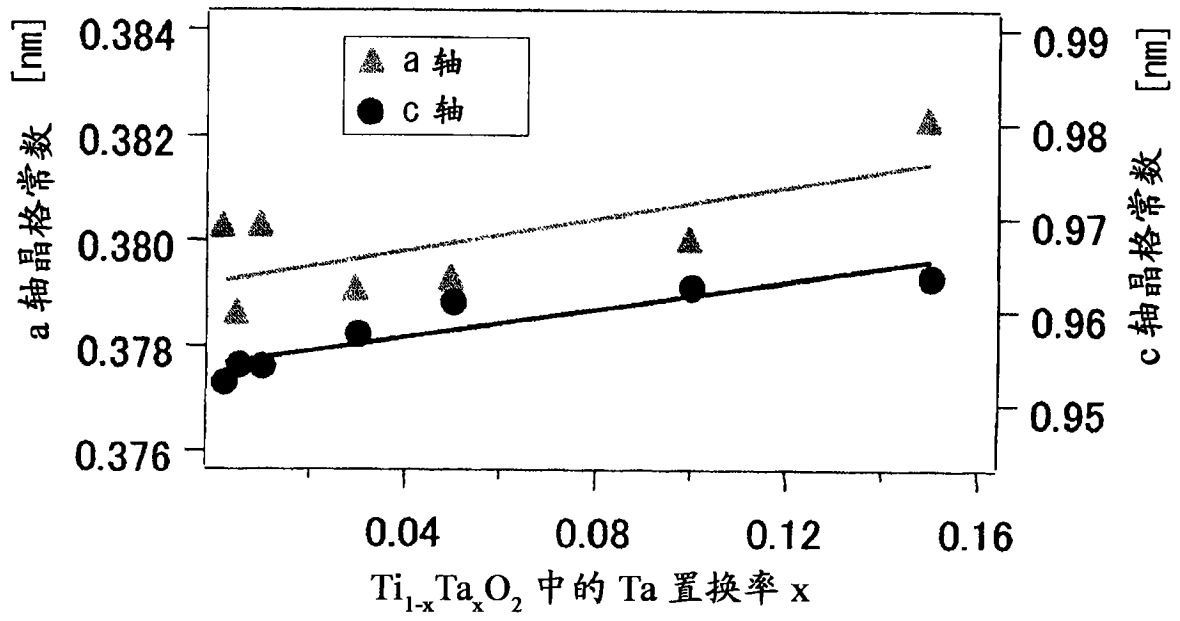


图 14

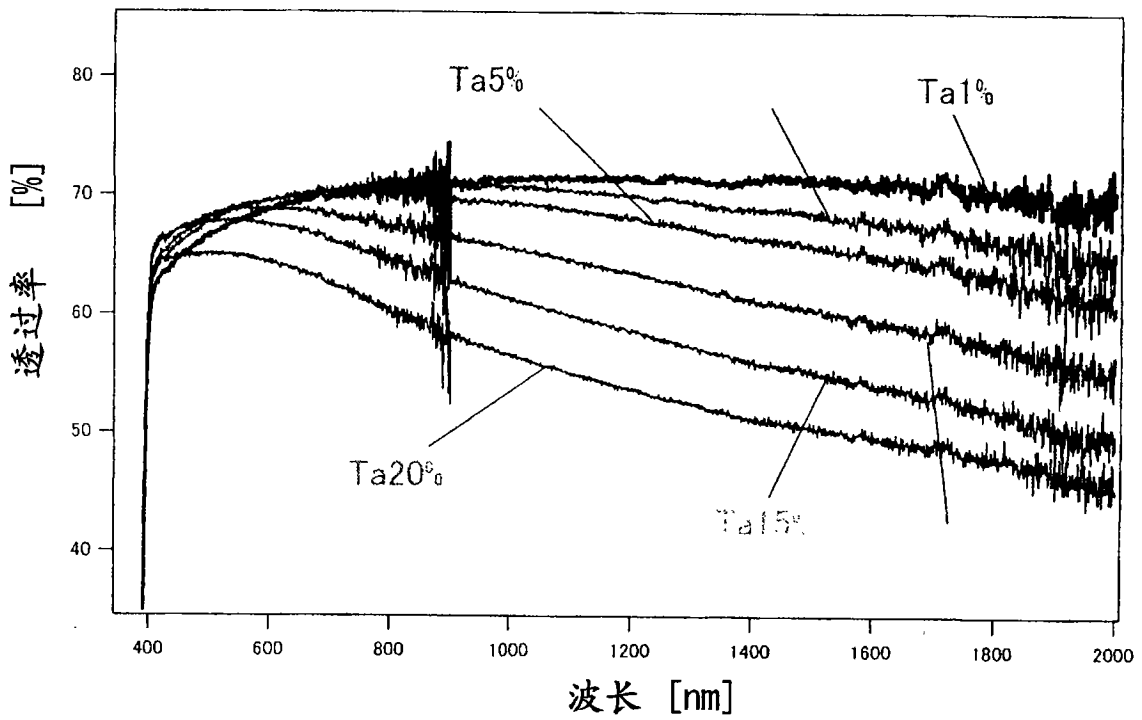


图 15

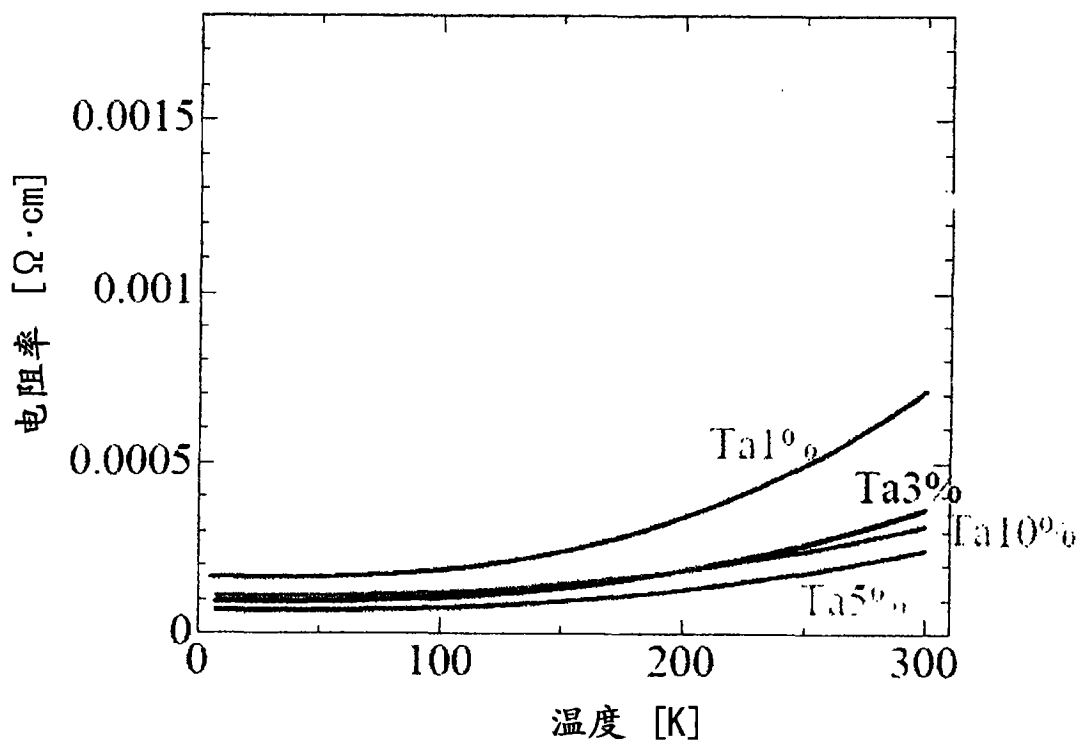


图 16

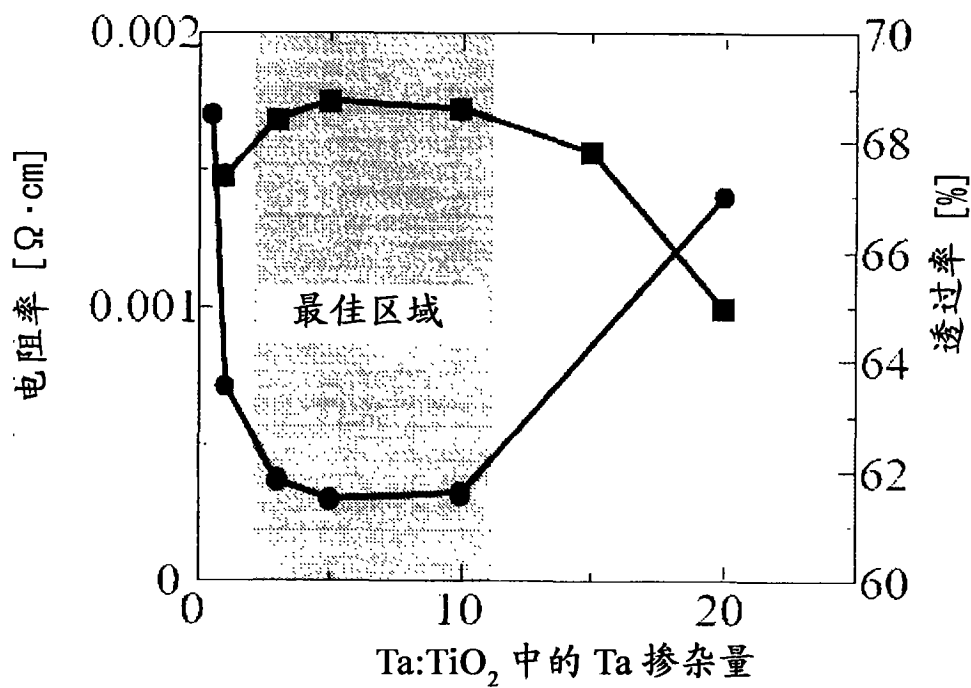


图 17

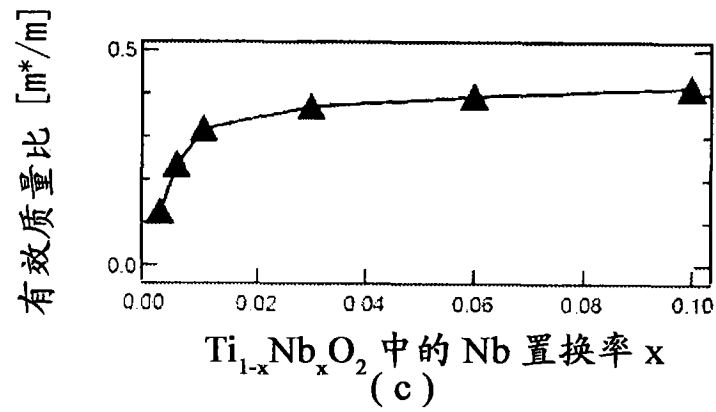
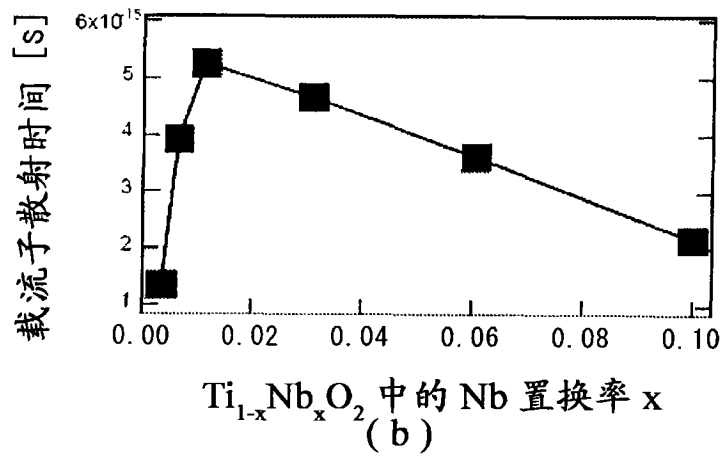
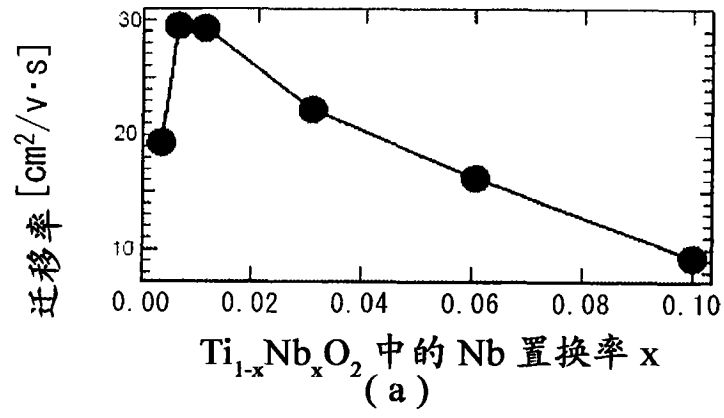


图 18

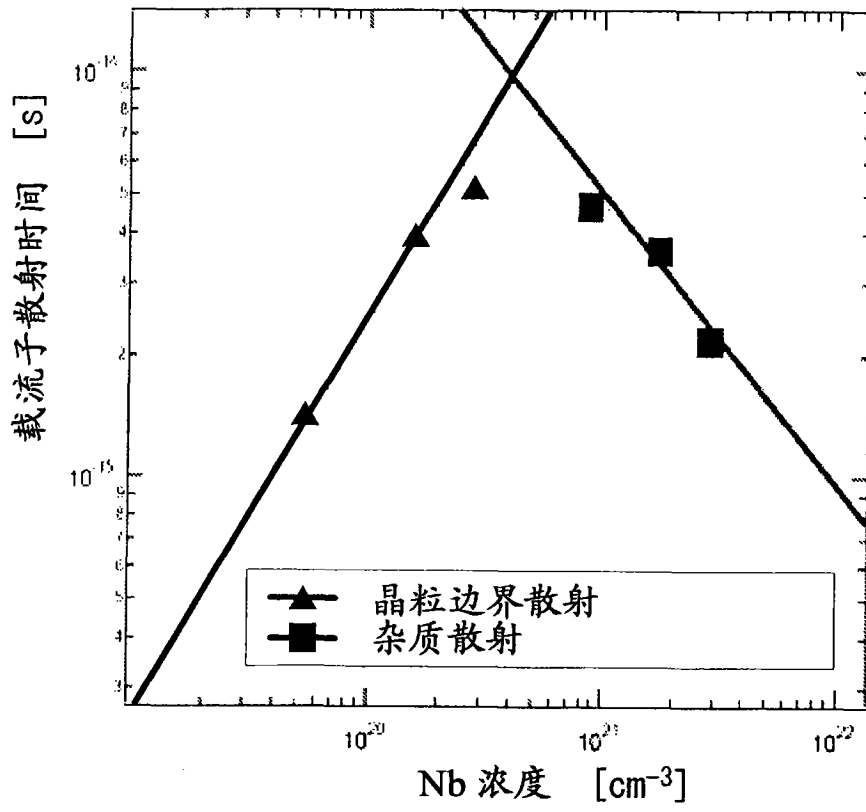


图 19