



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105209651 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 30

---

(21) 申请号	201480025682. X	(51) Int. Cl.	
(22) 申请日	2014. 05. 02	<i>G22C 38/00</i> (2006. 01)	
(30) 优先权数据		<i>G21D 1/76</i> (2006. 01)	
	2013-100592 2013. 05. 10 JP	<i>G21D 9/46</i> (2006. 01)	
(85) PCT国际申请进入国家阶段日		<i>G22C 38/38</i> (2006. 01)	
	2015. 11. 06	<i>G22C 38/58</i> (2006. 01)	
(86) PCT国际申请的申请数据		<i>G23C 8/18</i> (2006. 01)	
	PCT/JP2014/062152 2014. 05. 02	<i>H01L 31/0392</i> (2006. 01)	
(87) PCT国际申请的公布数据			
	W02014/181768 JA 2014. 11. 13		
(71) 申请人	新日铁住金不锈钢株式会社		
	地址 日本东京		
(72) 发明人	秦野正治 石丸咏一郎 服部宪治		
(74) 专利代理机构	永新专利商标代理有限公司		
	72002		
	代理人 吴倩 张楠		

权利要求书1页 说明书14页

---

(54) 发明名称

绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板及其制造方法

(57) 摘要

本发明的不锈钢制太阳能电池用基板在不锈钢材的表面上形成有氧化皮膜,所述不锈钢材具有下述组成:以质量%计,包含Cr:9~25%、C:0.03%以下、Mn:2%以下、P:0.05%以下、S:0.01%以下、N:0.03%以下、Al:0.005~5.0%、Si:0.05~4.0%,剩余部分包含Fe及不可避免的杂质,还包含Al:0.5%以上及/或Si:0.4%以上,且满足下述(1)式,所述氧化皮膜含有50%以上的(i)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,或含有合计50%以上的(i)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和(ii)SiO<sub>2</sub>,Cr+10Si+Mn+Al>24.5(1)。

1. 一种绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板,其特征在于,其在不锈钢材的表面上形成有氧化皮膜,所述不锈钢材具有下述组成:以质量%计,包含 Cr : 9 ~ 25%、C : 0.03% 以下、Mn : 2% 以下、P : 0.05% 以下、S : 0.01% 以下、N : 0.03% 以下、Al : 0.005 ~ 5.0%、Si : 0.05 ~ 4.0%, 剩余部分包含 Fe 及不可避免的杂质,还包含 Al : 0.5% 以上及 / 或 Si : 0.4% 以上,且满足下述 (1) 式,

所述氧化皮膜含有 50% 以上的 (i)  $Al_2O_3$ , 或含有合计 50% 以上的 (i)  $Al_2O_3$  和 (ii)  $SiO_2$ ,  
 $Cr+10Si+Mn+Al>24.5$  (1)

其中, (1) 式中的元素符号意味着该元素在钢中的含有质量%。

2. 根据权利要求 1 所述的绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板,其特征在于,所述不锈钢材包含 Al : 2.0% 以上及 Si : 0.3% 以上。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板,其特征在于,所述不锈钢材以质量%计,进一步含有 Sn : 1% 以下、Zr : 0.5% 以下、Mg : 0.005% 以下、Ni : 1% 以下、Cu : 1% 以下、Co : 0.5% 以下、Mo : 2% 以下、V : 0.5% 以下、B : 0.005% 以下、Ca : 0.005% 以下、La : 0.1% 以下、Y : 0.1% 以下、Hf : 0.1% 以下、REM : 0.1% 以下、Nb : 1% 以下、Ti : 1% 以下中的 1 种或 2 种以上。

4. 根据权利要求 3 所述的绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板,其特征在于,所述氧化皮膜包含 (iii)  $MgAl_2O_4$ 。

5. 根据权利要求 4 所述的绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板,其特征在于,所述氧化皮膜中的 (iii)  $MgAl_2O_4$  的含量为 5% 以上。

6. 一种绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板的制造方法,其特征在于,具有形成皮膜工序,其在含有水蒸气的气氛中在 300 ~ 1000°C 的温度范围内对具有权利要求 1 ~ 3 中任一项所述的组成的不锈钢材进行热处理,由此在所述不锈钢材的表面形成氧化皮膜。

7. 根据权利要求 6 所述的绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板的制造方法,其特征在于,在所述形成皮膜工序中,在露点为 40°C 以上的含有水蒸气的气氛中进行所述热处理。

## 绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板 及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及具有不通过涂布在表面上形成的绝缘性氧化皮膜的热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池基板及其制造方法。

[0002] 本申请基于 2013 年 5 月 10 日在日本提出申请的特愿 2013-100592 号并主张优先权,在此引用其内容。

### 背景技术

[0003] 以往,对于绝缘性基板,除了热膨胀系数小的陶瓷及玻璃以外,研究了便宜且耐热性优异的不锈钢的应用。

[0004] 例如专利文献 1、2 中,公开了在平滑的不锈钢板的表面上涂布了氧化铝、氧化硅或氮化硅膜的绝缘性材料。原材料使用通用的铁素体系不锈钢 SUS430(17Cr 钢)。

[0005] 另外,在专利文献 3 中,作为成膜性良好的不锈钢表面,公开了规定了表面粗糙度参数的 Rz 及 Rsk 两者的材料。原料使用添加了 Nb 和 Cu 的 SUS430J1L(18Cr-0.4Cu-0.4Nb)及通用的奥氏体系不锈钢 SUS304(18Cr-8Ni)。

[0006] 近年来,太阳光发电正在发展成替代化石燃料的主要能源之一,太阳能电池的技术开发正在加速。其中,CIS 系(黄铜矿系)太阳能电池作为兼顾低成本与高效率的太阳能电池,期待将来的普及。CIS 系太阳能电池是在基板上形成由 Mo 层形成的电极层,且在该电极层上形成黄铜矿型化合物层作为光吸收层而成的。所谓黄铜矿型化合物,是以  $\text{Cu}(\text{InGa})(\text{SeS})_2$  为代表的 5 元系合金。

[0007] 很长一段时间,太阳能电池基板广泛使用为绝缘体且热膨胀系数小的玻璃。但是,由于玻璃脆且重,因此不容易大量生产在玻璃表面上形成了光吸收层的太阳能电池基板。因此,近年来,在指向轻量化及大量生产方面,使用了耐热性及强度-延展性平衡优异的不锈钢的太阳能电池基板的开发也在进展。

[0008] 例如专利文献 4 中,公开了对 0.2mm 以下的不锈钢箔,形成由氧化铝被膜构成的绝缘被膜,且在该绝缘被膜上形成由 Mo 层构成的电极,并且在该电极上形成  $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$  的被膜作为光吸收层的太阳能电池基板材的制造方法。不锈钢箔的原材料使用 SUS430、SUS444(18Cr-2Mo)、SUS447J1(30Cr-2Mo)。

[0009] 另外,专利文献 5 及 6 中,公开了在具有 Cu 被覆层的 Cu 被覆钢板中,在 Cu 被覆层上形成 Mo 被膜,且在 Mo 被膜上形成了  $\text{Cu}(\text{InGa})(\text{SeS})_2$  型化合物层的 CIS 太阳能电池用电极基板。专利文献 5 及 6 中,公开了作为 Cu 被覆钢板的基材,使用 C : 0.0001 ~ 0.15%、Si : 0.001 ~ 1.2%、Mn : 0.001 ~ 1.2%、P : 0.001 ~ 0.04%、S : 0.0005 ~ 0.03%、Ni : 0 ~ 0.6%、Cr : 11.5 ~ 32.0%、Mo : 0 ~ 2.5%、Cu : 0 ~ 1.0%、Nb : 0 ~ 1.0%、Ti : 0 ~ 1.0%、Al : 0 ~ 0.2%、N : 0 ~ 0.025%、B : 0 ~ 0.01%、V : 0 ~ 0.5%、W : 0 ~ 0.3%、Ca、Mg、Y、REM(稀土类元素)的合计 : 0 ~ 0.1%、剩余部分包含 Fe 及不可避免的杂质的铁素体系不锈钢。但是,在实施例中使用铁素体系不锈钢限定于 SUS430。

[0010] 专利文献 7 中公开了形成了耐热性良好的绝缘皮膜的不锈钢材及其制造方法。在专利文献 7 中,作为成为基材的不锈钢,使用 C:0.0001 ~ 0.15%、Si:0.001 ~ 1.2%、Mn:0.001 ~ 2.0%、P:0.001 ~ 0.05%、S:0.0005 ~ 0.03%、Ni:0 ~ 2.0%、Cu:0 ~ 1.0%、Cr:11.0 ~ 32.0%、Mo:0 ~ 3.0%、Al:1.0 ~ 6.0%、Nb:0 ~ 1.0%、Ti:0 ~ 1.0%、N:0 ~ 0.025%、B:0 ~ 0.01%、V:0 ~ 0.5%、W:0 ~ 0.3%、Ca、Mg、Y、REM(稀土类元素)的合计:0 ~ 0.1%、剩余部分包含 Fe 及不可避免的杂质的不锈钢,在该基材表面上,隔着 Al 氧化物层,形成厚度 1.0 μm 以上的 NiO 及 NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的混合层。在实施例 1 中使用的钢是 Si: 小于 0.4% 的含 Al 铁素体系不锈钢。另外,专利文献 7 中记述了钢的 Si 含量可以管理到 0.5% 以下。另外,在通过电镀形成 Ni 镀层后,通过大气中的热处理在钢与 Ni 镀层的界面形成 Al 氧化物层且使 Ni 镀层变质为氧化物层,由此生成 NiO 等的混合层及 Al 氧化物层。

[0011] 另一方面,专利文献 8 及 9 中公开了不通过涂料的涂布在不锈钢表面赋予绝缘性的不锈钢的制造方法。专利文献 8 中记载了将 2% 以上的含 Al 铁素体系不锈钢板加热到 850℃ 以上而形成氧化铝层的方法。但是,在实施例 1 中,将在含有 C 或 N 的杂质的 SUS430 中添加了 Al 的钢的热处理时间限定为 60 分钟。另外,专利文献 9 中示出了在 1000℃ 实施 1 小时以上的氧化处理,且全部表面以由等轴晶及 / 或柱状晶形成的 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 被覆的不锈钢。但是,在实施例 1 中使用的不锈钢限定于 20Cr-5Al。

[0012] 现有技术文献

[0013] 专利文献

[0014] 专利文献 1:日本特开平 6-299347 号公报

[0015] 专利文献 2:日本特开平 6-306611 号公报

[0016] 专利文献 3:日本特开 2011-204723 号公报

[0017] 专利文献 4:日本特开 2012-169479 号公报

[0018] 专利文献 5:日本特开 2012-59854 号公报

[0019] 专利文献 6:日本特开 2012-59855 号公报

[0020] 专利文献 7:日本特开 2012-214886 号公报

[0021] 专利文献 8:日本特开昭 63-155681 号公报

[0022] 专利文献 9:日本特开 2002-60924 号公报

## 发明内容

[0023] 发明所要解决的问题

[0024] 如上所述,在指向轻量化及大量生产而普及太阳能电池方面,应用不锈钢的基板是有效的。将来,为了继续扩大作为主要的太阳光发电的 CIS 系太阳能电池的普及,省略涂布等烦杂的表面处理而节省成本是重要的课题。

[0025] 前述课题的解决与基板所使用的不锈钢的绝缘性有关。

[0026] 即,对于上述课题,希望不利用涂布或镀覆而达成不损害太阳能电池的转换效率的绝缘性表面。关于此点,如在专利文献 1 ~ 7 中所公开的,迄今为止,利用涂布或镀覆的不锈钢的应用技术是主流。另外,关于不利用涂布赋予绝缘性的技术,目前,限定于专利文献 8 所公开的对于在 SUS430 中添加了 Al 的不锈钢实施 850℃ 以上 60 分钟的热处理、或专利文献 9 所公开的对 20Cr-5Al 的不锈钢实施 1000℃ 以上、1 小时以上的热处理的方法。

[0027] 因此,本发明的目的在于,提供一种能够将太阳能电池的转换效率持续在高位的在表面上形成有绝缘性优异的氧化皮膜的不锈钢制太阳能电池用基板、及可不通过涂布在表面上形成绝缘性优异的氧化皮膜的太阳能电池用基板的制造方法。

[0028] 用于解决问题的手段

[0029] 本发明人等为了解决前述课题,着眼于合金元素(Cr、Si、Al等)对通过热处理形成于铁素体系不锈钢表面的氧化皮膜的绝缘性的作用效果,重复进行锐意实验和研究,从而完成了本发明。以下对在本发明中得到的见解进行说明。

[0030] (a) Al 是通过热处理在不锈钢表面形成氧化铝( $Al_2O_3$ )皮膜而赋予绝缘性的有效元素。为了形成由氧化铝皮膜所构成的绝缘性表面,作为原材料,考虑使用以SUH21(18Cr-3Al)或20Cr-5Al为代表的含3~6% Al的铁素体系不锈钢。但是,这些含高Al铁素体系不锈钢的热膨胀系数在成膜 CIS 系太阳能电池的电极层及光吸收层时的温度上升时不一定小,在成膜性和电池耐久性方面存在问题。特别是,在Al含量为2.0%以上的不锈钢中,热膨胀系数显著较大。另外,关于在杂质多的SUS430中的Al添加,除了包含热膨胀系数的材质方面的问题以外,在形成氧化铝皮膜的热处理条件(850°C、1小时以上)方面也有限制。

[0031] 本发明人等发现:通过不利用过度的Al添加,而形成添加Si、且调整了Cr量的不锈钢,得到可通过热处理形成适合于提高太阳能电池的耐久性的具有表面绝缘性的氧化皮膜的显著效果。关于在如此的热膨胀系数小的添加Si含Al铁素体系不锈钢的表面上,通过热处理形成的氧化皮膜的绝缘性的提高作用,虽然不明白的地方还有很多,但是依据如以下所述的研究结果,推测其作用机理。

[0032] (b) 除了Cr以外,Si也是对铁素体系不锈钢的热膨胀系数降低有效的元素。特别是,通过使含有2.0%以上的Al的不锈钢中含有0.3%以上的Si,可有效地抑制因含有Al造成热膨胀系数上升。另外,Si除了降低热膨胀系数以外,对形成绝缘性氧化皮膜也有效地作用。通过对添加了Si的不锈钢进行热处理,在表面上形成 $SiO_2$ 连续皮膜。该 $SiO_2$ 连续皮膜即使不到赋予绝缘性的程度,也具有使作为半导体的 $Cr_2O_3$ 的电阻显著提高,且促进具有绝缘性的 $Al_2O_3$ 皮膜的形成的作用。发现:由上述的Si带来的氧化皮膜的改性效果会通过含有0.4%以上的Si而显现出来。

[0033] (c) 根据对上述添加Si含Al铁素体系不锈钢通过热处理在表面形成的氧化皮膜的详细表面分析,发现下述新见识:适合于太阳能电池的基板的绝缘性可通过含有50%以上的(i) $Al_2O_3$ ,或含有合计50%以上的(i) $Al_2O_3$ 及(ii) $SiO_2$ 的氧化皮膜来赋予。另外,发现下述新见识:上述氧化皮膜除了(i) $Al_2O_3$ 、或(i) $Al_2O_3$ 及(ii) $SiO_2$ 以外,还含有(iii)含Al尖晶石氧化物( $MgAl_2O_4$ )时,可得到更优异的绝缘性。此外,以往,为了使(i) $Al_2O_3$ 的厚度或健全性( $\gamma, \theta \rightarrow \alpha$ 化)的性状最优化,实施镀覆或长时间热处理。与此相对,在上述氧化皮膜中(iii) $MgAl_2O_4$ 存在于皮膜中时,不论(i) $Al_2O_3$ 的性状为何均表现出表面绝缘性升高的显著效果。

[0034] (d) 发现:为了得到促进形成上述的含有(i) $Al_2O_3$ 的氧化皮膜、或含有(i) $Al_2O_3$ 与(ii) $SiO_2$ 及/或(iii) $MgAl_2O_4$ 的氧化皮膜的效果,限定Cr、Si、Mn、Al各元素的含量,并且调整成满足 $Cr+10Si+Mn+Al>24.5$ (其中,式中的元素符号意味着该元素在钢中的含有质量%)的合金组成是有效的。Mn在不锈钢的热处理时抑制Fe的氧化且促进含有含Al的氧

化物及含 Si 的氧化物的绝缘性氧化皮膜的形成。

[0035] 除了 Cr、Si、Mn、Al 的主要构成元素以外,微量的 Mg 也具有促进 Al 系尖晶石氧化物的生成且提高绝缘性的作用。另外,复合添加 Sn 及 Zr 时,促进 (i) ~ (iii) 的形成。另外,了解到上述合金组成的调整除了氧化皮膜的形成以外,对于抑制含 Al 铁素体系不锈钢的热膨胀系数上升也是有效的。

[0036] (e) 为了提高利用前述氧化皮膜改善表面绝缘性的效果,通过减少 C、N、P、S 谋求钢的高纯度化,另外,添加 Nb 或 Ti 作为稳定化元素是有效的。

[0037] (f) 为了形成在 (c) 中所述的氧化皮膜,优选进一步在含有水蒸气及氧的气氛中在 300 ~ 1000°C 下热处理通过公知的退火及酸洗或研磨得到的具有上述合金组成的不锈钢材。特别是,除了 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 以外,为了促进 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的生成,将气氛的露点提高到 40°C 以上进行热处理是有效的。

[0038] 依据上述 (a) ~ (f) 的见识而完成的本发明的要旨如下所述。

[0039] (1) 一种绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板,其特征在于,在不锈钢材的表面上形成有氧化皮膜,所述不锈钢材具有下述组成:以质量%计,包含 Cr :9 ~ 25%、C :0.03% 以下、Mn :2% 以下、P :0.05% 以下、S :0.01% 以下、N :0.03% 以下、Al :0.005 ~ 5.0%、Si :0.05 ~ 4.0%,剩余部分包含 Fe 及不可避免的杂质,还包含 Al :0.5% 以上及 / 或 Si :0.4% 以上,且满足下述 (1) 式,所述氧化皮膜含有 50% 以上的 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,或含有合计 50% 以上的 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 (ii) SiO<sub>2</sub>,

[0040]  $Cr+10Si+Mn+Al>24.5$  (1)

[0041] 其中,(1) 式中的元素符号意味着该元素在钢中的含有质量%。

[0042] (2) 根据 (1) 所述的绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板,其特征在于,所述不锈钢材包含 Al :2.0% 以上及 Si :0.3% 以上。

[0043] (3) 根据 (1) 或 (2) 所述的绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板,其特征在于,所述不锈钢材以质量%计,进一步含有 Sn :1% 以下、Zr :0.5% 以下、Mg :0.005% 以下、Ni :1% 以下、Cu :1% 以下、Co :0.5% 以下、Mo :2% 以下、V :0.5% 以下、B :0.005% 以下、Ca :0.005% 以下、La :0.1% 以下、Y :0.1% 以下、Hf :0.1% 以下、REM :0.1% 以下、Nb :1% 以下、Ti :1% 以下中的 1 种或 2 种以上。

[0044] (4) 根据 (3) 所述的绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板,其特征在于,所述氧化皮膜包含 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>。

[0045] (5) 根据 (4) 所述的绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板,其特征在于,所述氧化皮膜中的 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的含量为 5% 以上。

[0046] (6) 一种绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板的制造方法,其特征在于,具有形成皮膜工序,其在含有水蒸气的气氛中在 300 ~ 1000°C 的温度范围内对具有 (1) ~ (3) 中任一项所述的组成的不锈钢材进行热处理,由此在所述不锈钢材的表面形成氧化皮膜。

[0047] (7) 根据 (6) 所述的绝缘性优异且热膨胀系数小的不锈钢制太阳能电池用基板的制造方法,其特征在于,在所述形成皮膜工序中,在露点为 40°C 以上的含有水蒸气的气氛中进行所述热处理。

[0048] 发明效果

[0049] 本发明的不锈钢制太阳能电池用基板在具有包含 Al :0.5% 以上及 / 或 Si :0.4% 以上、且满足上述 (1) 式的组成的不锈钢材的表面上,形成含有 50% 以上的 (i)  $Al_2O_3$ 、或含有合计 50% 以上的 (i)  $Al_2O_3$  和 (ii)  $SiO_2$  的氧化皮膜,且不利用涂布或镀覆形成高位地持续太阳能电池的转换效率的绝缘性表面。因此,本发明的不锈钢制太阳能电池用基板适合作为太阳能电池基板。

[0050] 另外,本发明的不锈钢制太阳能电池用基板的不锈钢材包含 Al :2.0% 以上及 Si :0.3% 以上时,在热处理时得到通过 Al 及 Si 促进绝缘性氧化皮膜的形成的协同效果,并且因含有 Al 带来的热膨胀系数的上升可通过 Si 有效地抑制。其结果是,成为适合于具有更具优异绝缘性的氧化皮膜,且热膨胀系数小的太阳能电池基板的不锈钢制太阳能电池用基板。

### 具体实施方式

[0051] 以下,对本发明的实施方式涉及的各要件进行详细说明。此外,各元素含量的“%”表示是指“质量%”。

[0052] 本实施方式的不锈钢制太阳能电池用基板在不锈钢材的表面上形成上述含有 (i)  $Al_2O_3$  的氧化皮膜或含有 (i)  $Al_2O_3$  和 (ii)  $SiO_2$  及 / 或 (iii)  $MgAl_2O_4$  的氧化皮膜。

[0053] 本实施方式的不锈钢制太阳能电池用基板中包含的不锈钢材具有以下所示的组成,因此通过进行热处理,在表面上形成上述含有 (i)  $Al_2O_3$  的氧化皮膜或含有 (i)  $Al_2O_3$  和 (ii)  $SiO_2$  及 / 或 (iii)  $MgAl_2O_4$  的氧化皮膜。

[0054] (I) 以下说明不锈钢材成分的限定理由。

[0055] 本实施方式的不锈钢制太阳能电池用基板中包含的不锈钢材是铁素体系不锈钢。Cr 是在本实施方式中使用的铁素体系不锈钢的主要构成元素。Cr 是通过与 Si 及 Al 同时添加,促进形成含有 (i)  $Al_2O_3$  的氧化皮膜、或含有 (i)  $Al_2O_3$  和 (ii)  $SiO_2$  及 / 或 (iii)  $MgAl_2O_4$  的上述绝缘性氧化皮膜,且使热膨胀系数降低的必要元素。为得到上述效果,Cr 含量的下限设为 9%,优选设为 10%,更优选设为 11%。Cr 含量的上限从抑制因添加 Si 及 Al 而降低钢的韧性或加工性的观点出发,设为 25%,优选设为 20%,更优选设为 18%。

[0056] C 阻碍耐蚀性的提高且阻碍上述绝缘性氧化皮膜的形成。因此,C 含量越少越好,上限设为 0.03%,优选设为 0.02%。但是,过度减少导致精炼成本增加,因此 C 含量的下限优选设为 0.001%,更优选设为 0.002%。

[0057] Mn 抑制不锈钢的热处理时 Fe 的氧化,促进上述绝缘性氧化皮膜的形成。为了得到促进形成上述绝缘性氧化皮膜的效果,Mn 含量优选设为 0.06% 以上,更优选设为 0.3% 以上,进一步优选设为 0.4% 以上。另一方面,过度的 Mn 添加会造成耐蚀性或抗氧化性降低及热膨胀系数上升,因此将上限设为 2%,优选设为 1.5%,更优选设为 1.0%。

[0058] P 是损害制造性或焊接性的元素,因此其含量越少越好。为了抑制制造性或焊接性的降低,P 含量的上限设为 0.05%,优选设为 0.04%。但是,过度减少导致精炼成本增加,因此 P 含量的下限优选设为 0.005%,更优选设为 0.01%。

[0059] S 阻碍上述绝缘性氧化皮膜的生成,因此其含量越少越好。因此,S 含量的上限设为 0.01%,优选设为 0.002%。但是,过度减少导致精炼成本增加,因此 S 含量的下限优选设为 0.0001%,更优选设为 0.0002%。

[0060] N与C同样地阻碍上述绝缘性氧化皮膜的形成,因此,其含量越少越好。因此,N含量的上限设为0.03%,优选设为0.015%。但是,过度减少导致精炼成本增加,因此N含量的下限优选设为0.001%,更优选设为0.005%。

[0061] 为了得到作为脱氧元素的作用,Si含有0.05%以上,优选含有0.10%以上。

[0062] 另一方面,过度添加Si会导致钢的韧性及加工性降低。因此,Si含量的上限设为4.0%,优选设为3.5%,更优选设为2.0%。

[0063] Al与Si同样地,为了得到作为脱氧元素的作用,含有Al 0.005%以上,优选含有0.010%以上。

[0064] 另一方面,过度添加Al使钢的热膨胀系数上升,损害通过热处理而得到的氧化皮膜的耐久性。因此,Al含量的上限为5.0%,优选设为3.5%,更优选设为2.5%。Al含量超过5.0%时,热膨胀系数大,因此作为太阳能电池基板不优选。

[0065] Si及Al是促进上述绝缘性氧化皮膜的形成、提高通过热处理得到的氧化皮膜绝缘性的元素。因此,在本实施方式中使用的不锈钢材含有0.4%以上的Si及/或0.5%以上的Al。通过制成满足Si:0.4%以上和Al:0.5%以上中任一条件的不锈钢材,可通过热处理得到具有可作为太阳能电池基板使用的绝缘性的氧化皮膜。

[0066] 另外,通过制成含有0.4%以上的Si及0.5%以上的Al的不锈钢材,在热处理时,可极有效地促进 $Al_2O_3$ 或含Al尖晶石氧化物的生成。

[0067] 通过使Si含有0.4%以上,可得到促进形成上述绝缘性氧化皮膜的作用,并且可得到降低不锈钢材的热膨胀系数的作用。为了得到促进形成上述绝缘性氧化皮膜的作用,Si含量优选设为0.5%以上,更优选设为1.0%以上。

[0068] 通过使Al含有0.5%以上,可得到促进形成上述绝缘性氧化皮膜的作用。为了得到促进形成绝缘性氧化皮膜的作用,Al含量优选设为1.0%以上,更优选设为1.5%以上。

[0069] 除了上述Cr、Mn、Si、Al的含量以外,为了维持本实施方式中作为目标的低热膨胀系数,且促进利用进行热处理形成上述绝缘性氧化皮膜,设为 $Cr+10Si+Al+Mn>24.5$ (其中,式中的元素符号是指该元素在钢中的含有质量%)。在以Cr为主要构成元素的铁素体系不锈钢中,Si添加对形成绝缘性氧化皮膜及降低热膨胀系数有效地发挥功能,且复合添加Si及Al是合适的。另外,Mn添加也不使热膨胀系数上升,助长这些氧化皮膜的形成。从促进形成绝缘性氧化皮膜的方面出发, $Cr+10Si+Al+Mn$ 优选为27以上。上限没有特别规定,但是考虑因添加Si及Al对钢的制造性的影响,优选设为40,更优选为35。

[0070] 另外,在本实施方式中使用的不锈钢材也可含有Al:2.0%以上及Si:0.3%以上。

[0071] 含有Al:2.0%以上时,通过热处理得到的氧化皮膜的绝缘性更进一步提高。但是,Al的含量越增加,热膨胀系数越大。因此,使Al含有2.0%以上时,Si含量优选设为0.3%以上。通过使Si含有0.3%以上,可抑制因Al含有2.0%以上而使热膨胀系数上升。为有效地抑制热膨胀系数上升,使Al含有2.0%以上时的Si含量更优选设为0.4%以上。热膨胀系数十分小的不锈钢材在作为太阳能电池基板使用时,基板与Mo电极及CIS光吸收层的密合性高,可得到优异的耐久性。

[0072] 另外,通过使Al含有2.0%以上、且使Si含有0.3%以上,可得到通过Si及Al促进形成绝缘性氧化皮膜的协同效果。其结果是,通过热处理,成为得到绝缘性更加优异的氧化皮膜的不锈钢材。

[0073] 此外,Al 的含量小于 2.0%时,即使 Si 含量小于 0.3%,也可成为热膨胀系数十分小的不锈钢材。另外,Al 的含量超过 5.0%时,即使通过含有 Si 抑制热膨胀系数上升,也得不到热膨胀系数十分低的不锈钢材。

[0074] 另外,在本实施方式中使用的不锈钢材也可根据需要,进一步含有 Sn :1%以下、Zr :0.5%以下、Mg :0.005%以下、Ni :1%以下、Cu :1%以下、Co :0.5%以下、Mo :2%以下、V :0.5%以下、B :0.005%以下、Ca :0.005%以下、La :0.1%以下、Y :0.1%以下、Hf :0.1%以下、REM :0.1%以下、Nb :1%以下、Ti :1%以下中的 1 种或 2 种以上。

[0075] 在本实施方式中使用的铁素体系不锈钢中,为了抑制 Fe 的氧化且促进 Si 及 / 或 Al 浓化的绝缘性氧化皮膜的形成,可根据需要添加 Sn。添加 Sn 时,优选设为表现出其效果的 0.01%以上,更优选设为 0.05%以上,进一步优选设为 0.1%以上。但是,过度添加会导致钢的制造性降低或合金成本上升,因此 Sn 含量的上限设为 1%,优选设为 0.5%,更优选设为 0.3%。

[0076] 为了通过与 Si 及 Al 的协同效果促进绝缘性氧化皮膜的形成,可根据需要添加 Zr。添加 Zr 时,优选设为表现出其效果的 0.005%以上,更优选设为 0.01%以上,进一步优选设为 0.05%以上。但是,过度添加会导致钢的制造性降低或合金成本上升,因此 Zr 含量的上限设为 0.5%,优选设为 0.3%,更优选设为 0.15%。

[0077] Mg 除了是对热轧加工性或凝固组织微细化有效的元素以外,也具有通过进行热处理促进形成 Al 系尖晶石氧化物 ( $MgAl_2O_4$ ) 的作用。添加 Mg 时,优选将 Mg 的含量设为表现出其效果的 0.0001%以上,更优选设为 0.0003%以上。但是,过度的添加损害制造性,因此 Mg 含量的上限设为 0.005%,优选设为 0.0015%。

[0078] Ni、Cu、Co、Mo、V 通过与 Si 或 Al 的协同效果,对促进上述绝缘性氧化皮膜的形成或提高耐蚀性是有效的元素,可根据需要添加。添加 Ni、Cu、Mo 时,含量优选设为分别表现出其效果的 0.1%以上。添加 V、Co 时,含量优选设为分别表现出其效果的 0.01%以上。但是,过度添加导致合金成本上升或热膨胀系数上升,因此 Ni、Cu 的上限设为 1%,V、Co 的上限设为 0.5%。Mo 也是对降低热膨胀系数有效的元素,因此上限设为 2%。任一元素更优选的含量的下限为 0.1%,上限为 0.5%。

[0079] B、Ca 是提高热加工性或 2 次加工性的元素,且添加到铁素体系不锈钢中是有效的。添加 B 及 / 或 Ca 时,优选将 B、Ca 各自的含量的下限设为表现出它们的效果的 0.0003%,更优选设为 0.0005%。但是,B 及 / 或 Ca 的过度添加造成伸长率降低,因此将 B、Ca 各自的含量上限设为 0.005%,优选设为 0.0015%。

[0080] La、Y、Hf、REM 对提高热加工性或钢的清浄度、提高通过热处理得到的氧化皮膜的密合性是有效的元素,可以根据需要添加。添加 La、Y、Hf、REM 时,其含量优选设为分别表现出其效果的 0.001%以上。但是,过度添加导致合金成本上升及制造性降低,因此 La、Y、Hf、REM 的含量上限分别设为 0.1%,更优选设为 0.05%。此处,REM 是归属于原子序数 57 ~ 71 的元素,例如为 Ce、Pr、Nd 等。

[0081] Nb 通过固定 C、N 的稳定化元素的作用带来的钢的高纯度化,促进上述绝缘性氧化皮膜的生成,因此可根据需要添加。添加 Nb 时,Nb 的含量优选设为表现出其效果的 0.03%以上,优选设为 0.05%以上,更优选设为 0.1%以上。但是,过度添加导致合金成本上升或伴随再结晶温度上升的制造性降低,因此 Nb 含量的上限设为 1%,优选设为 0.5%,更优选

设为 0.3%。

[0082] Ti 除了固定 C、N 的稳定化元素的作用带来的钢的高纯度化以外,也促进上述绝缘性氧化皮膜的生成,因此可根据需要添加。添加 Ti 时,Ti 的含量优选设为表现出其效果的 0.01% 以上,优选设为 0.02% 以上,更优选设为 0.05% 以上。但是,过度添加使合金成本上升或妨碍 Al 系氧化物及 SiO<sub>2</sub> 的生成,因此 Ti 含量的上限设为 1%,更优选为 0.35%,进一步优选为 0.2%。

[0083] (II) 以下对形成在不锈钢材表面的氧化皮膜进行说明。

[0084] 在本实施方式的不锈钢制太阳能电池用基板中,在具有前述 (I) 项记载的成分的不锈钢材表面上,赋予适合于作为本实施方式目标的太阳能电池用基板的绝缘性表面,因此形成以下所示的氧化皮膜。

[0085] 在本实施方式的不锈钢制太阳能电池用基板的表面,形成含有 50% 以上的 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、或含有合计 50% 以上的 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 (ii) SiO<sub>2</sub> 的氧化皮膜。本实施方式的不锈钢制太阳能电池用基板由于在不锈钢材表面形成这样的氧化皮膜,因此具有适合于太阳能电池用基板的绝缘性表面。

[0086] 另外,前述氧化皮膜可包含 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (含 Al 尖晶石系氧化物),也可除了 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 (ii) SiO<sub>2</sub> 以外,进一步包含 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (含 Al 尖晶石系氧化物)。氧化皮膜包含 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 时,不论 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的性状为何均可提高绝缘性,所以优选。

[0087] 氧化皮膜不包含 (ii) SiO<sub>2</sub> 或 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 时,为了得到更优异的绝缘性,(i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量优选为 55% 以上,更优选为 60% 以上。氧化皮膜中的 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量上限没有特别限定。此外,氧化皮膜包含 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 时,为了通过含有 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 得到更优异的绝缘性,氧化皮膜中的 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量上限优选为 95%,更优选为 80%。

[0088] 另外,氧化皮膜包含 (ii) SiO<sub>2</sub> 时,氧化皮膜中的 (ii) SiO<sub>2</sub> 的含量优选为 5% 以上,更优选为 15% 以上。

[0089] 氧化皮膜中的 (ii) SiO<sub>2</sub> 的含量为 5% 以上时,通过形成 (ii) SiO<sub>2</sub> 充分地促进 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的形成。另外,氧化皮膜包含 (ii) SiO<sub>2</sub> 时,为确保氧化皮膜中的 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量,且确保绝缘性,氧化皮膜中的 (ii) SiO<sub>2</sub> 的含量优选为 30% 以下,更优选为 25% 以下。

[0090] 另外,氧化皮膜包含 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 时,为充分地得到通过 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 提高绝缘性的效果,氧化皮膜中的 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的含量优选为 5% 以上,更优选为 10% 以上。氧化皮膜中的 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的含量上限没有特别规定,但是为确保氧化皮膜中的 (i) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量而得到优异的绝缘性,(iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的含量优选为 50% 以下,更优选为 30% 以下。

[0091] 为了维持绝缘性表面,氧化皮膜的厚度优选设为 0.01 μm 以上。皮膜厚度的上限没有特别规定,但是考虑后述热处理的效率,优选设为 5 μm。另外,在本实施方式中,通过形成包含前述 (iii) MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 的氧化皮膜,即使在膜厚薄到 1 μm 以下时也能够确保表面的绝缘性。

[0092] (III) 以下说明不锈钢制太阳能电池用基板的制造方法。

[0093] 在本实施方式的制造方法中,为了在 (I) 项记载的成分的不锈钢材的表面形成 (II) 项记载的氧化皮膜,优选在含有水蒸气的气氛中在 300 ~ 1000℃ 的温度范围下进行热处理(形成皮膜工序)。

[0094] 此外,被热处理的不锈钢材具有 (I) 项记载的成分,且通过以往公知的制造方法

得到。被热处理的不锈钢材只要是可作为不锈钢制太阳能电池用基板使用的形状,就可以是具有任何形状者。另外,关于被热处理的不锈钢材的表面性状没有特别规定,可设为根据 JIS G 4304:2012 及 JIS G 4305:2012(对应于 ISO 16143-1:2004) 的 BA、2B、2D、No. 4、研磨等。

[0095] 为了形成对 (II) 项记载的绝缘性有效的氧化皮膜,优选在 300℃ 以上热处理,更优选在 400℃ 以上热处理。热处理温度过高时,氧化皮膜中的 Al 浓度或 Si 浓度降低,Fe 浓度上升,损害氧化皮膜的绝缘性或密合性。因此,热处理温度的上限优选设为 1000℃,更优选设为 900℃。

[0096] 热处理时间没有特别规定,例如,可设为 1 分钟~72 小时。

[0097] 热处理优选设为 10 分钟以下的连续退火或 24~72 小时的成批型热处理。

[0098] 形成氧化皮膜的热处理优选在含有水蒸气的气氛中进行。通过在含有水蒸气的气氛中进行热处理,可促进在不锈钢材表面中的 Al 及 Si 的氧化。作为含有水蒸气的气氛,可举出例如将干燥空气(20%氧-80%氮)加湿而含有水蒸气的气氛。另外,更优选形成氧化皮膜的热处理在纯氧气中含有 5% 以上的水蒸气的气氛中进行。通过在如此的气氛中进行热处理,能够容易地形成作为本实施方式的目标的氧化皮膜。

[0099] 形成氧化皮膜的热处理更优选在露点 40℃ 以上的含有水蒸气的气氛中进行。通过在如此的气氛中进行热处理,可有效率地形成 (iii)  $MgAl_2O_4$ 。露点的上限没有特别规定,但是考虑热处理的作业性,设为 90℃。

[0100] 氧化皮膜中包含的 (i)~(iii) 各自的含量可通过在上述范围内变更组成、并且在上述热处理气氛及热处理温度的范围内变更热处理条件来控制。

[0101] 实施例

[0102] 以下,对本实施方式的实施例进行说明。

[0103] 熔炼具有表 1 所示成分的铁素体系不锈钢,在实施热轧和退火后,经冷轧制成板厚为 0.5mm 的冷轧钢板。此处,钢的成分为在本实施方式中规定的范围及其以外。冷轧钢板全部在再结晶结束的 800~1000℃ 的范围内进行最终退火、酸洗。

[0104] 在将干燥空气加湿到表 2 所示的露点而含有水蒸气的气氛中,以表 2 所示的热处理条件(温度、保持时间、露点)适时对这些钢板进行热处理。将得到的钢板供于表面的绝缘性评价和热膨胀系数的测定。另外,算出在得到的钢板表面上形成的氧化皮膜中包含的下列 (i)~(iii) 的各成分比率(%)。将其结果示于表 2。

[0105] 构成形成在表面的氧化皮膜的氧化物通过 X 射线衍射(使用  $CuK\alpha$  线)测定如下所示的衍射峰,由此确认各氧化物的存在,求出其比率。

[0106] (i)  $Al_2O_3$ : (104) 面、 $2\theta = 35.15^\circ$

[0107] (ii)  $SiO_2$ : (101) 面、 $2\theta = 26.64^\circ$

[0108] (iii)  $MgAl_2O_4$ : (311) 面、 $2\theta = 36.85^\circ$

[0109] (iv)  $Cr_2O_3$ : (110) 面、 $2\theta = 36.16^\circ$  / (104) 面、 $2\theta = 33.6^\circ$

[0110] 首先,计数通过 X 射线衍射测定的上述 (i)~(iii) 的各衍射峰高度(cps)。然后,将氧化皮膜看作由上述 (i)~(iv) 构成,根据下列 (i)  $Al_2O_3$  的存在比率的计算方法,算出 (i)~(iii) 的各氧化物的存在比率。

[0111] 关于氧化物的存在比率,例如为 (i)  $Al_2O_3$  时,通过 (i)/

$\{(i)+(ii)+(iii)+(iv)\} \times 100$  算出。此外,上式中的 (i) ~ (iv) 分别意味着由通过上述 X 射线衍射测定的 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的 (104) 面、(ii)  $\text{SiO}_2$  的 (101) 面, (iii)  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  的 (311) 面、及 (iv)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  的 (110) 面得到的衍射峰高度 (cps)。

[0112] 上式的 (iv) 值采用作为主衍射峰的 (110) 面的衍射峰的高度。(iv)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  的存在为了与 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的衍射峰相识别,确认 (104) 面的衍射峰存在。

[0113] 在表 2 中,“比率%”表示 (i) ~ (iii) 的存在比率的合计。

[0114] 通过在表面蒸镀氧化铝膜 (10mm 见方  $\times 0.2 \mu\text{m}$  厚度) 作为电极后,在电极上放置测试机的测量头来测量电阻,评价钢板表面的绝缘性。对于测量面积测量 10 次,以其平均值作为测定值。在本实施方式中作为目标的绝缘性是适合作为 CIS 系太阳能电池基板的电阻值  $1\text{k}\Omega$  以上,将得到此值的钢板设为“B”,将稳定地显示更高的电阻值 ( $10\text{k}\Omega$  以上) 的钢板设为“A”。另外,将小于  $1\text{k}\Omega$  设为“C”。

[0115] 热膨胀系数通过作成 1mm 厚  $\times 10\text{mm}$  宽  $\times 50\text{mm}$  长的试验片、通过推杆式热膨胀测量求得。在 Ar 气氛中,弹性压缩载荷在 50g 以下进行测量。热膨胀系数通过假设 CIS 系太阳能电池的成膜,且测量温度由  $50^\circ\text{C}$  上升至  $600^\circ\text{C}$  时的热膨胀来算出。作为本实施方式的目标的热膨胀系数以  $50^\circ\text{C}$  为基点,温度上升到  $600^\circ\text{C}$  时的平均线膨胀系数在持续形成于 CIS 系太阳能电池基板上的成膜的耐久性方面为适合的  $12.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$  以下,将得到此值的钢板设为“B”,将超过  $12.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$  者设为“C”。

[0116] 表 2 中一并示出热处理条件和各评价结果。

[0117] 试验编号 No. 1 ~ 10 在具有本实施方式中规定的组成的不锈钢材表面,通过热处理形成含有 50% 以上的 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、或含有合计 50% 以上的 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和 (ii)  $\text{SiO}_2$  的氧化皮膜。

[0118] 试验编号 1 ~ 10 的钢板得到本实施方式中作为目标的表面绝缘性和热膨胀系数。

[0119] 其中,使用钢 C、D、F、G、H、I 在露点  $40^\circ\text{C}$  以上的热处理条件下热处理得到的 No. 3、4、6 ~ 9 形成含有 (iii)  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  的氧化皮膜,表面绝缘性为“A”。

[0120] 试验编号 No. 11 ~ 13、15、16 使用本实施方式中规定的组成和 (1) 式中的任一者或使用两者以外的钢。

[0121] 虽然试验编号 No. 12、15、16 的钢板通过在表 2 所示的热处理条件下进行热处理而形成氧化皮膜,但是该氧化皮膜不是含有 50% 以上的 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、或含有合计 50% 以上的 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和 (ii)  $\text{SiO}_2$  的氧化皮膜,得不到本实施方式中作为目标的表面绝缘性。

[0122] 另外,虽然试验编号 No. 11、13 的绝缘性良好,但是由于热膨胀系数非常大,所有作为太阳能电池基板不优选。

[0123] 试验编号 No. 14 是本实施方式中规定的成分以外的低 Cr 钢,且使用满足本实施方式中规定的 (1) 式的钢。试验编号 No. 14 得不到本实施方式中作为目标的热膨胀系数。另外,虽然通过在表 2 所示的热处理条件下进行热处理而形成氧化皮膜,但是该氧化皮膜不是含有 50% 以上的 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、或含有合计 50% 以上的 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和 (ii)  $\text{SiO}_2$  的氧化皮膜,得不到本实施方式中作为目标的表面绝缘性。

[0124] 由以上结果可知,在铁素体系不锈钢板中,为了赋予表面绝缘性,必须在表面形成本实施方式中规定的含有 50% 以上的 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、或含有合计 50% 以上的 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和 (ii)  $\text{SiO}_2$  的氧化皮膜。在此,为了提高表面绝缘性,在不锈钢材的表面形成除了 (i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、或 (i)

$\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 (ii)  $\text{SiO}_2$  以外还含有 (iii)  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  的氧化皮膜是有效的。另外, 为了谋求本实施方式中作为目标的热膨胀系数和表面绝缘性的兼顾, 本实施方式中规定的成分和 (1) 式的成分调整是有效的。

[0125]

表1

号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Ti	Al	N	其他	指标
A	0.028	0.45	0.80	0.032	0.008	24.0	0	0	1.20	0.025		30.5
B	0.005	2.70	0.30	0.025	0.001	18.2	0.45	0	0.30	0.010	Sn:0.05,V:0.2,Co:0.1	45.8
C	0.006	0.48	0.21	0.030	0.001	17.9	0	0.19	2.10	0.012	La:0.01,REM:0.01,Mg:0.001	25.0
D	0.025	1.55	0.10	0.035	0.002	10.9	0	0.15	1.20	0.010	Sn:0.2,Mg:0.0008	27.7
E	0.010	3.80	1.70	0.030	0.001	11.5	0.25	0.20	0.40	0.010		51.6
F	0.005	2.55	0.30	0.030	0.002	12.5	0.15	0.15	0.60	0.012	Mg:0.0005	38.9
G	0.015	0.55	0.50	0.030	0.001	14.7	0.30	0.01	4.60	0.015	Mg:0.0005,B:0.0005,Ca:0.003	25.3
H	0.008	0.95	0.30	0.028	0.001	13.2	0.42	0.03	1.60	0.015	Ni:0.15,Cu:0.15,Mg:0.001	24.6
I	0.005	0.30	0.65	0.030	0.001	18.2	0.10	0.18	3.00	0.013	Zr:0.01,Mg:0.0005,Hf:0.02	24.9
J	0.012	1.50	0.06	0.035	0.001	12.7	0	0.15	1.10	0.015	Zr:0.1,Mo:0.3,Y:0.01	28.9
K	0.004	0.10	0.14	0.022	0.001	18.2	0	0.11	2.99	0.010		22.3
L	0.005	0.32	0.15	0.020	0.001	18.0	0	0.13	1.20	0.010		22.6
M	0.005	0.36	0.20	0.020	0.001	18.2	0	0.11	5.78	0.012		27.8
N	0.010	1.50	0.50	0.030	0.001	8.8	0.15	0.20	2.10	0.010		26.4
O	0.010	0.30	0.50	0.030	0.001	18.0	0.15	0.20	0.45	0.010		22.0
P	0.010	0.30	0.35	0.030	0.001	22.0	0	0.25	0.40	0.012		25.8

(注释) 指标: Cr+10Si+Mn+Al

表2

No	钢	热处理条件			表面氧化皮膜					表面绝缘性	热膨胀系数	备注
		温度, °C	时间, min	露点, °C	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (%)	比率%				
1	A	980	10	35	55	0	0	55	B	B	本发明例	
2	B	900	1	45	25	25	0	50	B	B	本发明例	
3	C	850	10	50	80	0	10	90	A	B	本发明例	
4	D	380	55	55	60	5	5	70	A	B	本发明例	
5	E	450	10	45	20	35	0	55	B	B	本发明例	
6	F	500	10	55	35	15	15	65	A	B	本发明例	
7	G	600	50	40	55	0	35	90	A	B	本发明例	
8	H	550	30	45	60	5	10	75	A	B	本发明例	
9	I	920	55	70	75	0	20	95	A	B	本发明例	
10	J	500	30	35	60	10	0	70	B	B	本发明例	
11	K	930	50	50	80	0	0	80	B	C	比较例	
12	L	600	50	45	45	0	0	45	C	B	比较例	
13	M	980	10	45	90	0	0	90	B	C	比较例	
14	N	380	55	55	20	5	0	25	C	C	比较例	
15	O	900	1	45	20	0	0	20	C	B	比较例	
16	P	930	1	45	25	0	0	25	C	B	比较例	

(注释1) 表面绝缘性: 作为本发明目标的1kΩ以上为“B”, 小于其为“C”

(注释2) 热膨胀系数: 作为本发明目标的600°C, 12.5×10<sup>-6</sup>/°C以下为“B”, 超过其为“C”

[0127] 产业上的可利用性

[0128] 根据本发明, 能够不通过涂布或镀覆得到具有可高位地持续太阳能电池的转换效

率的绝缘性表面、热膨胀系数小的适合于太阳能电池基板的不锈钢制太阳能电池用基板。  
本发明特别适合于在绝缘性基板上形成电极及光吸收层的 CIS 系太阳能电池基板。