



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109715552 B

(45) 授权公告日 2022.05.13

(21) 申请号 201780057606.0

(22) 申请日 2017.08.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109715552 A

(43) 申请公布日 2019.05.03

(30) 优先权数据
2016-185565 2016.09.23 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.03.19

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2017/029127 2017.08.10

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/055946 JA 2018.03.29

(73) 专利权人 国立研究开发法人产业技术综合
研究所

地址 日本东京

(72) 发明人 山田保诚 吉村和记

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限
公司 11018

专利代理师 辛雪花 周艳玲

(51) Int.Cl.

G01B 3/00 (2006.01)

B01J 23/46 (2006.01)

G02F 1/19 (2019.01)

审查员 苗文博

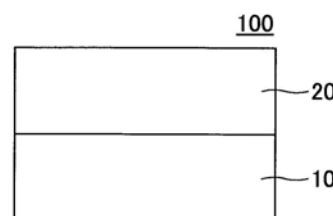
权利要求书1页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

吸氢体、气致变色式调光元件、氢敏元件及
氢传感器

(57) 摘要

本发明的一个方式的吸氢体中具有：吸氢层，包含光学特性可藉由氢化和脱氢化发生可逆变化的材料；及催化层，包含钨·钨合金。



1. 一种吸氢体,其特征在于,具有:
吸氢层,包含光学特性可藉由氢化和脱氢化发生可逆变化的材料;及
催化层,包含钯·钌合金,
其中,所述钯·钌合金由通式 $Pd_{1-x}Ru_x$ 表示,
其中, $0.15 < x < 0.55$ 。
2. 如权利要求1所述的吸氢体,其特征在于,
所述光学特性发生可逆变化的材料为镁·钇合金。
3. 如权利要求1所述的吸氢体,其特征在于,
在所述吸氢层和所述催化层之间还具有扩散防止层,所述扩散防止层由从铌、钒、钛、
及钽组成的群中选出的材料构成。
4. 如权利要求1所述的吸氢体,其特征在于,
所述催化层的厚度为1nm以上且20nm以下。
5. 如权利要求1所述的吸氢体,其特征在于,
在所述催化层的与所述吸氢层相反的一侧还具有保护层。
6. 一种气致变色式调光元件,其特征在于,
具有如权利要求1所述的吸氢体。
7. 一种氢敏元件,其特征在于,
具有如权利要求1所述的吸氢体。
8. 一种氢传感器,其特征在于,
具有如权利要求1所述的吸氢体。

吸氢体、气致变色式调光元件、氢敏元件及氢传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及吸氢体 (hydrogen-absorbing body)、气致变色式调光元件 (gasochromic dimming element)、氢敏元件 (hydrogen sensing element)、及氢传感器 (hydrogen sensor)。

背景技术

[0002] 具有光学特性藉由氢化和脱氢化能发生可逆变化的吸氢层和用于对吸氢层的氢化和脱氢化进行促进的催化层的吸氢体可在常温·常压下使用。

[0003] 为此,上述吸氢体可应用于能对光和/或热的流入和流出进行控制的气致变色式调光元件(例如,参照专利文献1~5)、氢敏元件(例如,参照专利文献6、7)、氢传感器(例如,参照专利文献8、9)等。

[0004] 作为构成催化层的材料,熟知有钯、白金(铂)等(例如,参照专利文献1)。

[0005] 此外,作为构成吸氢层的材料,熟知有氧化钨、稀土类元素、镁和稀土类金属的合金、镁和过渡金属的合金等(例如,参照专利文献2~7)。

[0006] 专利文献1:美国专利第5635729号说明书

[0007] 专利文献2:美国专利第5905590号说明书

[0008] 专利文献3:美国专利第6647166号说明书

[0009] 专利文献4:(日本)特开2010-66747号公报

[0010] 专利文献5:(日本)特开2013-83911号公报

[0011] 专利文献6:(日本)特开2011-219841号公报

[0012] 专利文献7:(日本)特开2013-245370号公报

[0013] 专利文献8:美国专利第6006582号说明书

[0014] 专利文献9:美国专利第6596236号说明书

[0015] 然而,上述吸氢体存在构成催化层的材料的价格非常高,所以会导致制造成本变高这样的问题。

发明内容

[0016] 鉴于上述问题,本发明的一个方式的目的在于,提供一种不仅可降低制造成本,而且在常温·常压下也可使用的吸氢体。

[0017] 本发明的一个方式的吸氢体具有:

[0018] 吸氢层,包含光学特性可藉由氢化和脱氢化发生可逆变化的材料;及

[0019] 催化层,包含钯·钌合金。其中,所述钯·钌合金由通式 $Pd_{1-x}Ru_x$ 表示,其中, $0.1 < x < 0.6$ 。

[0020] 根据本发明的一个方式,能提供一种不仅可降低制造成本,而且在常温·常压下也可使用的吸氢体。

附图说明

- [0021] 图1表示本发明的第1实施方式的吸氢体的构成例的剖面图。
- [0022] 图2表示本发明的第1实施方式的吸氢体的变形例的剖面图。
- [0023] 图3表示本发明的第2实施方式的吸氢体的构成例的剖面图。
- [0024] 图4表示本发明的第3实施方式的气致变色式调光元件的构成例的剖面图。
- [0025] 图5表示本发明的第3实施方式的气致变色式调光元件的变形例的剖面图。
- [0026] 图6表示透光率的测定装置的构成的剖面图。
- [0027] 图7A表示比较例1的气致变色式调光元件的透光率的测定结果的图。
- [0028] 图7B表示比较例1的气致变色式调光元件的透光率的测定结果的图。
- [0029] 图8A表示实施例2的气致变色式调光元件的透光率的测定结果的图。
- [0030] 图8B表示实施例2的气致变色式调光元件的透光率的测定结果的图。
- [0031] 图9A表示实施例4的气致变色式调光元件的透光率的测定结果的图。
- [0032] 图9B表示实施例4的气致变色式调光元件的透光率的测定结果的图。
- [0033] 图10表示相对于钇·钆合金的组成比的从反射状态至透明状态的切换时间的关系的图。
- [0034] 图11表示相对于钇·钆合金的组成比的从透明状态至反射状态的切换时间的关系的图。

具体实施方式

[0035] 以下,结合附图对用于实施本发明的方式进行说明,但本发明并不限于下述实施方式,在不脱离本发明的范围的条件下,还可对下述实施方式进行各种各样的变形和置换。

[0036] [第1实施方式]

[0037] 本实施方式中,对本发明的第1实施方式的吸氢体进行说明。

[0038] 本发明的第1实施方式的吸氢体具有:吸氢层,包含光学特性可藉由氢化和脱氢化进行可逆变化的材料(以下称“吸氢材料”);及催化层,包含钇·钆合金。

[0039] 图1示出了本发明的第1实施方式的吸氢体的构成例。

[0040] 吸氢体100具有吸氢层10和催化层20。

[0041] 吸氢层10包含吸氢材料,催化层20包含钇·钆合金。为此,可在常温·常压下使用吸氢体100。

[0042] 这里,钆与钇相比,价格仅为其十分之一左右。为此,具有包含钇·钆合金的催化层20的吸氢体100与具有包含钇的催化层的吸氢体相比,可降低制造成本。

[0043] 催化层20中包含的钇·钆合金具有对吸氢层10中包含的吸氢材料的氢化和脱氢化进行促进的功能。为此,藉由催化层20可缩短吸氢层10的光学特性的变化所需的时间、即、切换时间。

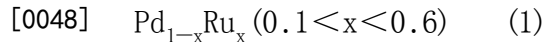
[0044] 需要说明的是,作为微量成分(不可避成分),催化层20还可包含钇·钆合金之外的元素。

[0045] 接着,对钇·钆合金进行说明。

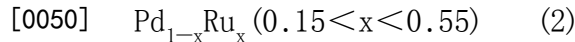
[0046] 就钇·钆合金而言,钆的组成比(组成成分之比)越大,价格越越低,但对钆的组成

比也并无特别限定。

[0047] 从缩短在大气中进行长期保管的情况下的切换时间的观点来看,钯·钌合金优选为由通式



[0049] 表示的化合物,较佳为由通式



[0051] 表示的化合物。

[0052] 催化层20的厚度可根据吸氢层10的反应性和钯·钌合金的催化能力进行适当选择,对其并无特别限定,但优选为1nm以上且20nm以下。如果催化层20的厚度为1nm以上,则可提高催化层20的功能。另一方面,如果催化层20的厚度为20nm以下,则可提高催化层20的透光率(光透过率)。

[0053] 作为催化层20的形成方法,对其并无特别限定,但例如可使用溅射法、真空蒸镀法、电子束蒸镀法、化学气相蒸镀法(CVD)、电镀法、溶胶-凝胶(sol-gel)法等一般常用的成膜方法。

[0054] 吸氢层10优选包含光学特性在常温·常压下可藉由氢化和脱氢化发生可逆变化的吸氢材料。

[0055] 接着,对吸氢材料进行说明。

[0056] 吸氢材料只要是光学特性可藉由氢化和脱氢化进行可逆变化的材料,对其并无特别限定。

[0057] 具体而言,吸氢材料只要为具有光学特性可藉由氢化和脱氢化发生可逆变化的变色特性(chromic characteristics)的材料即可。

[0058] 作为吸氢材料,优选使用状态可藉由氢化和脱氢化在着色状态和透明状态之间进行可逆变化的金属氧化物、有机聚合物、金属络合物(metal complex)、状态可在基于氢化的透明状态和基于脱氢化的反射状态(金属状态)之间进行可逆变化的合金、稀土类金属的氢化物等。

[0059] 作为金属氧化物,例如可列举出氧化钨、氧化钼、氧化钒、氧化镍、二氧化钛、氧化铌等。

[0060] 作为有机聚合物,例如可列举出聚苯胺(polyaniline)、PEDOT-PSS、多吡咯(polypyrrole)等。

[0061] 作为金属络合物,例如可列举出普鲁士蓝(prussian blue)络合物(complex)等。

[0062] 作为合金,例如可列举出Y-Mg合金、La-Mg合金、Gd-Mg合金、Sm-Mg合金等的稀土类金属·镁合金、Mg-Ni合金、Mg-Mn合金、Mg-Co合金、Mg-Fe合金等的镁·过渡金属合金、包含从第2族(IIA族)元素中选出的至少一种元素和从第3族(IIIA族)元素和稀土类元素中选出的两种以上的元素的合金等。

[0063] 作为稀土类金属的氢化物,例如可列举出 YH_2 、 LaH_2 、 GdH_2 、 SmH_2 等。

[0064] 需要说明的是,作为微量成分(不可避成分),吸氢层10还可包含吸氢材料之外的元素。

[0065] 此外,如图2所示,可在吸氢层10和催化层20之间插入扩散防止层50以作为吸氢体200。

[0066] 作为构成扩散防止层50的材料,只要是具有不仅可防止钯·钌合金扩散至吸氢层10,而且还能有效地使透过了催化层20的氢扩散至吸氢层10的能力的材料,对其并无特别限定,但优选使用铌、钒、钛、钽等。

[0067] 作为扩散防止层50的形成方法,对其并无特别限定,但例如可使用溅射法、真空蒸镀法、电子束蒸镀法、化学气相蒸镀法(CVD)、电镀法、溶胶-凝胶法等一般常用的成膜方法。

[0068] 如上所述,吸氢体100、200不仅可降低制造成本,而且还可在常温·常压下使用。

[0069] 另外,吸氢体100、200还具有光学特性可藉由氢化和脱氢化进行可逆变化、即、进行切换的变色特性。换言之,就吸氢体100、200而言,由于具有光透过率和光反射率可藉由氢化和脱氢化发生变化的功能,所以优选应用于气致变色式调光元件。此外,就吸氢体100、200而言,由于可目视判断光透过率和光反射率的变化,所以优选应用于氢敏元件。再有,就吸氢体100、200而言,由于通过使用传感器等对光透过率和光反射率的变化进行测定可估计吸氢量的变化,所以优选应用于氢传感器。

[0070] [第2实施方式]

[0071] 本实施方式中,对本发明的第2实施方式的吸氢体进行说明。

[0072] 本发明的第2实施方式的吸氢体在本发明的第1实施方式的吸氢体的表面上还具有保护层。

[0073] 图3示出了本发明的第2实施方式的吸氢体的构成例。

[0074] 吸氢体300在吸氢体200的表面上还具有保护层30。

[0075] 需要说明的是,由于氢敏元件300的保护层30之外的构成与吸氢体200相同,所以对氢敏元件300的保护层30之外的说明进行了省略。

[0076] 吸氢体300在催化层20的与吸氢层10相反侧的表面的至少一部分上具有保护层30。

[0077] 保护层30是具有相对于氢透过性(透氢性)和水的非透过性的层,并具有与催化层20配合(cooperation)可防止水和/或氧对吸氢层10进行氧化的功能。

[0078] 催化层20也具有防止吸氢层10的氧化的功能,但通过形成保护层30,可提高防止吸氢层10的氧化的功能。

[0079] 此外,保护层30还具有防止水和/或氧对催化层20进行氧化的功能。

[0080] 作为构成保护层30的材料,只要是具有相对于氢(氢离子)的透过性(氢透过性)和水的非透过性的材料,对其并无特别限定,但例如可使用氟树脂、聚醋酸乙烯(polyvinyl acetate)、聚氯乙烯(polyvinyl chloride)、聚苯乙烯(polystyrene)、醋酸纤维素(cellulose acetate)等的聚合物、二氧化钛等的无机材料等。

[0081] 作为保护层30的形成方法,例如可采用使分散有聚合物的分散液进行涂敷后再使其干燥的方法、溅射法、藉由真空蒸镀法对无机薄膜进行成膜的方法等的一般常用的成膜方法。

[0082] 通过形成保护层30,可防止水和/或氧对催化层20和吸氢层10进行氧化。为此,可防止催化层20和吸氢层10的劣化,进而可提高耐久性。

[0083] 需要说明的是,与吸氢体100同样地,也可不在吸氢层10和催化层20之间插入扩散防止层50。

[0084] [第3实施方式]

[0085] 本实施方式中,对本发明的第3实施方式的气致变色式调光元件进行说明。

[0086] 本发明的第3实施方式的气致变色式调光元件在本发明的第1实施方式的吸氢体的表面上还具有基材。

[0087] 本发明的第1实施方式的吸氢体具有光学特性可藉由氢化和脱氢化进行可逆变化的功能。

[0088] 为此,就本发明的第3实施方式的气致变色式调光元件而言,藉由周围的气氛(环境气体)的变化而产生氢化或脱氢化、即、吸氢或排氢,以使吸氢材料的透光率或光反射率发生变化,可对光和热的流入或流出进行控制。

[0089] 图4示出了本发明的第3实施方式的实施方式的气致变色式调光元件的构成例。

[0090] 气致变色式调光元件400在吸氢体200的表面上还具有基材40。

[0091] 需要说明的是,就气致变色式调光元件400的基材40之外的构成而言,由于与吸氢体200相同,所以对气致变色式调光元件400的基材40之外的说明进行了省略。

[0092] 气致变色式调光元件400在吸氢体200的吸氢层10的与催化层20相反侧的表面的至少一部分上具有基材40。

[0093] 作为构成基材40的材料,只要是可使可视光透过的材料,对其并无特别限定,但例如优选使用玻璃或塑料(plastic)。

[0094] 这里,作为塑料,优选使用聚对苯二甲酸乙二醇酯乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、尼龙、丙烯等。

[0095] 需要说明的是,与吸氢体100同样地,也可不在吸氢层10和催化层20之间插入扩散防止层50。

[0096] 以上,对在本发明的第1实施方式的吸氢体的表面上还具有基材的气致变色式调光元件进行了说明,但也可为本发明的第2实施方式的吸氢体的表面上还具有基材的气致变色式调光元件。即,如图5所示,可为在氢敏元件300的吸氢层10的与催化层20相反侧的表面的至少一部分上设置了基材40的气致变色式调光元件500。

[0097] [第4实施方式]

[0098] 本实施方式中,对本发明的第4实施方式的氢传感器进行说明。

[0099] 本发明的第4实施方式的氢传感器为与本发明的第3实施方式的气致变色式调光元件相同的构成,在本发明的第1实施方式的吸氢体的表面上还具有基材。

[0100] 本发明的第1实施方式的吸氢体具有光学特性可藉由氢化和脱氢化进行可逆变化的功能。

[0101] 为此,就本发明的第4实施方式的氢传感器而言,通过对周围的气氛的变化所导致的吸氢或排氢了的吸氢体的透光率或光反射率的变化进行测定,可对气氛中的氢进行感知(sensing)。

[0102] 例如,在为与气致变色式调光元件400(参照图4)相同的构成的氢传感器的情况下,作为对吸氢层10的透光率或光反射率的变化进行检测的方法,例如可使用对来自基材40侧或催化层20侧的反射光或透过光(透射光)进行检测的方法。

[0103] 在对透过光或来自基材40侧的反射光进行检测的氢传感器的情况下,构成基材40的材料优选为相对于用来检测的光为透明、即、不妨碍用于检测的光的透过的材料。

[0104] 然而,在对来自催化层20侧的反射光进行检测的氢传感器的情况下,对基材40的

光学特性并无特别限定。

[0105] 作为构成用于检测作为透过光或来自基材40侧的反射光的可视光的氢传感器的情况下的基材40的材料,只要是可使可视光透过的材料,对其并无特别限定,但优选使用玻璃或塑料。

[0106] 这里,作为塑料,优选使用聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、尼龙、丙烯等。

[0107] 需要说明的是,与吸氢体100同样地,也可不在吸氢层10和催化层20之间插入扩散防止层50。

[0108] 以上,对本发明的第1实施方式的吸氢体的表面上还具有基材的氢传感器进行了说明,但也可为本发明的第2实施方式的吸氢体的表面上还具有基材的氢传感器。即,也可与气致变色式调光元件500(参照图5)相同的构成。

[0109] [第5实施方式]

[0110] 就本发明的第5实施方式的氢敏元件而言,由于为与本发明的第3实施方式的气致变色式调光元件相同的构成,所以对其说明进行了省略。

[0111] [实施例]

[0112] 以下,基于实施例对本发明进行详细说明,但本发明并不限定于这些实施例。

[0113] [实施例1~9]

[0114] 本实施例中,制作了作为基材40的玻璃基板上具有吸氢体200的气致变色式调光元件400,其中,吸氢体200包括依次层叠了由镁·钇合金构成的吸氢层10、由钽构成的扩散防止层50、及由钇-钽合金构成的催化层20(参照图4)。

[0115] 具体而言,在厚度为1mm的玻璃基板(基材40)上依次进行了膜厚为50nm的镁·钇合金薄膜(吸氢层10)、膜厚为2nm的钽薄膜(扩散防止层50)、及使组成比变化了的膜厚为3nm的钇·钽合金薄膜(催化层20)。

[0116] 接着,对吸氢层10、扩散防止层50、及催化层20的成膜条件进行说明。

[0117] 当对吸氢层10的镁·钇合金薄膜、扩散防止层50的钽薄膜、及催化层20的钇·钽合金薄膜进行成膜时,使用了可进行多元成膜的磁控溅射装置。此时,在五个溅射枪上作为靶材分别设置了金属镁、金属钇、金属钽、金属钇、及金属钽。

[0118] 首先,对玻璃基板(基材40)进行清洗后,将玻璃基板放入真空装置中,然后对腔体内进行了真空排气。

[0119] 接着,同时向金属镁和金属钇的靶材分别施加10W和30W的电力,由此进行了由组成式

[0120] $Mg_{0.4}Y_{0.6}$

[0121] 表示的镁·钇合金薄膜(吸氢层10)的成膜。此时,溅射期间的氩气的气压为0.3Pa,并藉由直流溅射法向各靶材施加预定时间的电力,由此进行了溅射。

[0122] 需要说明的是,根据向各靶材施加的电力,可对要成膜的镁·钇合金薄膜(吸氢层10)的组成比进行控制。此外,根据向靶材施加电力的时间,可对要成膜的镁·钇合金薄膜(吸氢层10)的膜厚进行控制。

[0123] 接着,在与对吸氢层10进行成膜时相同的真空条件下,向金属钽的靶材施加20W的电力,由此进行了钽薄膜(扩散防止层50)成膜。

[0124] 接着,同时对金属钯和金属钌的靶材施加电力,据此进行了由组成式

[0125] $\text{Pd}_{1-x}\text{Ru}_x$ ($x=0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9$)

[0126] 表示的钯·钌合金薄膜(催化层20)的成膜,这样就制作了具有实施例1~9的吸氢体200的气致变色式调光元件400。

[0127] [比较例1]

[0128] 仅对金属钯施加电力,并使 $x=0$,即,除了对钯薄膜(催化层20)进行了成膜之外,与实施例1~9同样地制作了具有吸氢体200的气致变色式调光元件400。

[0129] 表1中示出了对实施例1~9和比较例1的气致变色式调光元件400中的催化层20进行成膜时施加在靶材上的电力、催化层20的组成比。

[0130] [表1]

	催化层 20		
	电力[W]		组成比
	Pd	Ru	
实施例 1	27.0	4.5	$\text{Pd}_{0.90}\text{Ru}_{0.10}$
实施例 2	24.0	9.0	$\text{Pd}_{0.80}\text{Ru}_{0.20}$
实施例 3	21.0	13.5	$\text{Pd}_{0.70}\text{Ru}_{0.30}$
[0131] 实施例 4	18.0	18.0	$\text{Pd}_{0.60}\text{Ru}_{0.40}$
实施例 5	15.0	22.5	$\text{Pd}_{0.50}\text{Ru}_{0.50}$
实施例 6	12.0	27.0	$\text{Pd}_{0.40}\text{Ru}_{0.60}$
实施例 7	9.0	31.5	$\text{Pd}_{0.30}\text{Ru}_{0.70}$
实施例 8	6.0	36.0	$\text{Pd}_{0.20}\text{Ru}_{0.80}$
实施例 9	3.0	40.5	$\text{Pd}_{0.10}\text{Ru}_{0.90}$
比较例 1	30.0	0.0	Pd

[0132] [气致变色特性]

[0133] 藉由上述过程所制作的气致变色式调光元件400为金属光泽的反射状态。另外,即使在大气中放置了500个小时,气致变色式调光元件400也同样地为金属光泽的反射状态。然而,将钯·钌合金薄膜的表面暴露于被氩气稀释为4体积%的1个气压的氢气(以下称“含氢气体”)后,钯·钌合金薄膜对氢进行吸收(吸氢)、即、进行氢化,由此变化为透明状态。此状态下,将钯·钌合金薄膜的表面暴露于大气后,释放氢气(排氢)、即、进行脱氢化,藉此可返回反射状态。如上所述,藉由常温·常压下的氢的吸收和释放、即、氢化和脱氢化,气致变色式调光元件400的光学特性可发生变化。

[0134] 另一方面,就藉由吸收氢(吸氢)、即、进行氢化而变为透明状态的时间和藉由释放氢(排氢)、即、进行脱氢化而变为反射状态的时间而言,基于钯·钌合金的组成比的不同,也发生了很大变化。

[0135] [透光率]

[0136] 将气致变色式调光元件400在大气中放置了500个小时后,对气致变色式调光元件400的透光率进行了测定。

[0137] 具体而言,如图6所示,在气致变色式调光元件400上介由(隔着)间隔物(spacer)S贴合了厚度为1mm的玻璃板G1。接着,在玻璃板G1和另一个厚度为1mm的玻璃板G2之间的间隙内,藉由质量流量控制器进行了期间为95秒的预定量的含氢气体的流动后,使含氢气体的流动停止了60分钟。含氢气体的流动停止后,空气可从开口部流入两个玻璃板G1和G2之间的间隙。以该操作作为一个循环(cycle)的含氢气体的流动控制被反复进行了预定次数,其间,每隔2秒对透光率进行了一次测定。作为光源,使用了波长为940nm的发光二极管L,作为受光元件,使用了光电二极管(photo diode)P。

[0138] 图7A、图7B、图8A、图8B、图9A、及图9B示出了比较例1、实施例2、4的气致变色式调光元件400的透光率的测定结果。这里,A和B分别是反射状态变为透明状态的情况和从透明状态变为反射状态的情况。

[0139] 需要说明的是,图7A、图7B、图8A、图8B、图9A、及图9B中,“经过时间”是指从含氢气体开始流动或停止流动时开始所经过的时间。

[0140] 此外,就从第一个循环的反射状态变为透明状态的情况之外的透光率而言,除了刚刚进行了成膜时(刚结束成膜时)的反射状态的透光率,进行了使8次的反射状态的透光率中最低的值0[任意单位],并使在透明状态下为一定的透光率为100[任意单位]的标准化。

[0141] 另外,就从第一个循环的反射状态变为透明状态的情况下的透光率而言,则进行了使刚结束成膜时的透光率为0[任意单位],并使在透明状态下为一定的透光率为100[任意单位]的标准化。

[0142] 由图7A、图7B、图8A、图8B、图9A、及图9B可知,在比较例1、实施例2、4的气致变色式调光元件400中,与第一个循环相比,第二个循环的切换时间缩短了。另外,就实施例2、4的气致变色式调光元件400而言,可知,与比较例1的气致变色式调光元件400相比,从反射状态至透明状态的切换时间和从透明状态至反射状态的切换时间都缩短了。

[0143] 这里,将从含氢气体开始流动开始至透光率达到90[任意单位]为止的时间定义为从反射状态至透明状态的切换时间。此外,将从含氢气体停止流动开始至透光率达到10[任意单位]为止的时间定义为从透明状态至反射状态的切换时间。

[0144] 图10和图11中分别示出了相对于上述组成式中的x的、从反射状态至透明状态的切换时间和从透明状态至反射状态的切换时间的关系。

[0145] 需要说明的是,图10和图11中,由于 $x=0.9$ 的切换时间为3600秒以上,所以进行了省略。

[0146] 此外,图11中,由于第一个循环和第二个循环的 $x=0.6、0.8$ 的切换时间为3600秒以上,所以也进行了省略。

[0147] 从图10和图11可知,满足公式

[0148] $0.1 < x < 0.6$

[0149] 时,切换时间较短。其原因可被认为是,藉由与钒进行合金化,即使在大气中进行了放置,钒的催化作用也不会发生劣化(恶化)。

[0150] 本国际申请主张基于2016年9月23日申请的日本国专利申请第2016-185565号的优先权,并将日本国专利申请第2016-185565号的内容全部引用于本国际申请。

[0151] 符号说明

- [0152] 10 吸氢层
- [0153] 20 催化层
- [0154] 30 保护层
- [0155] 40 基材
- [0156] 50 扩散防止层
- [0157] 100、200、300 吸氢体
- [0158] 400、500 气致变色式调光元件

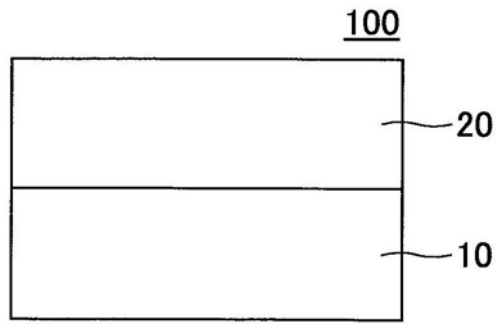


图1

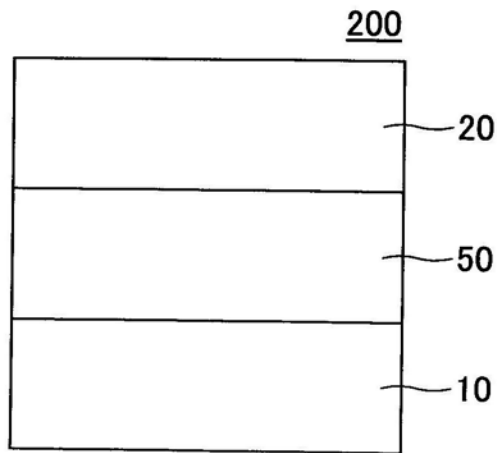


图2

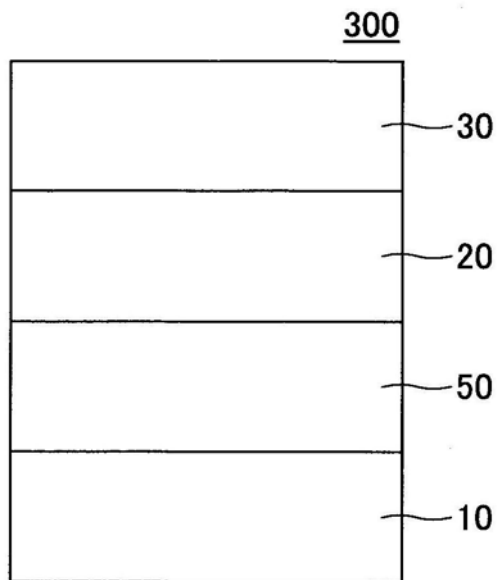


图3

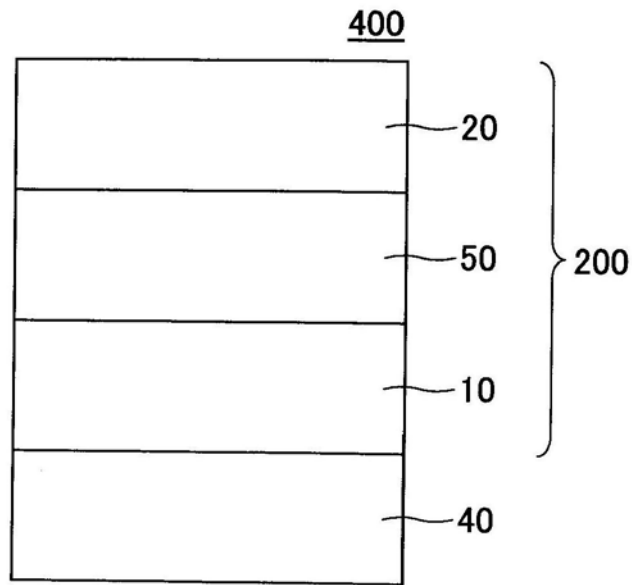


图4

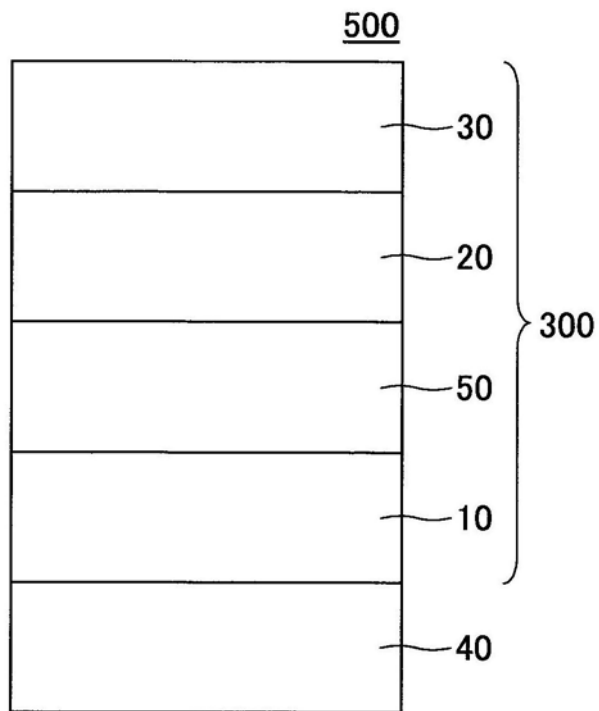


图5

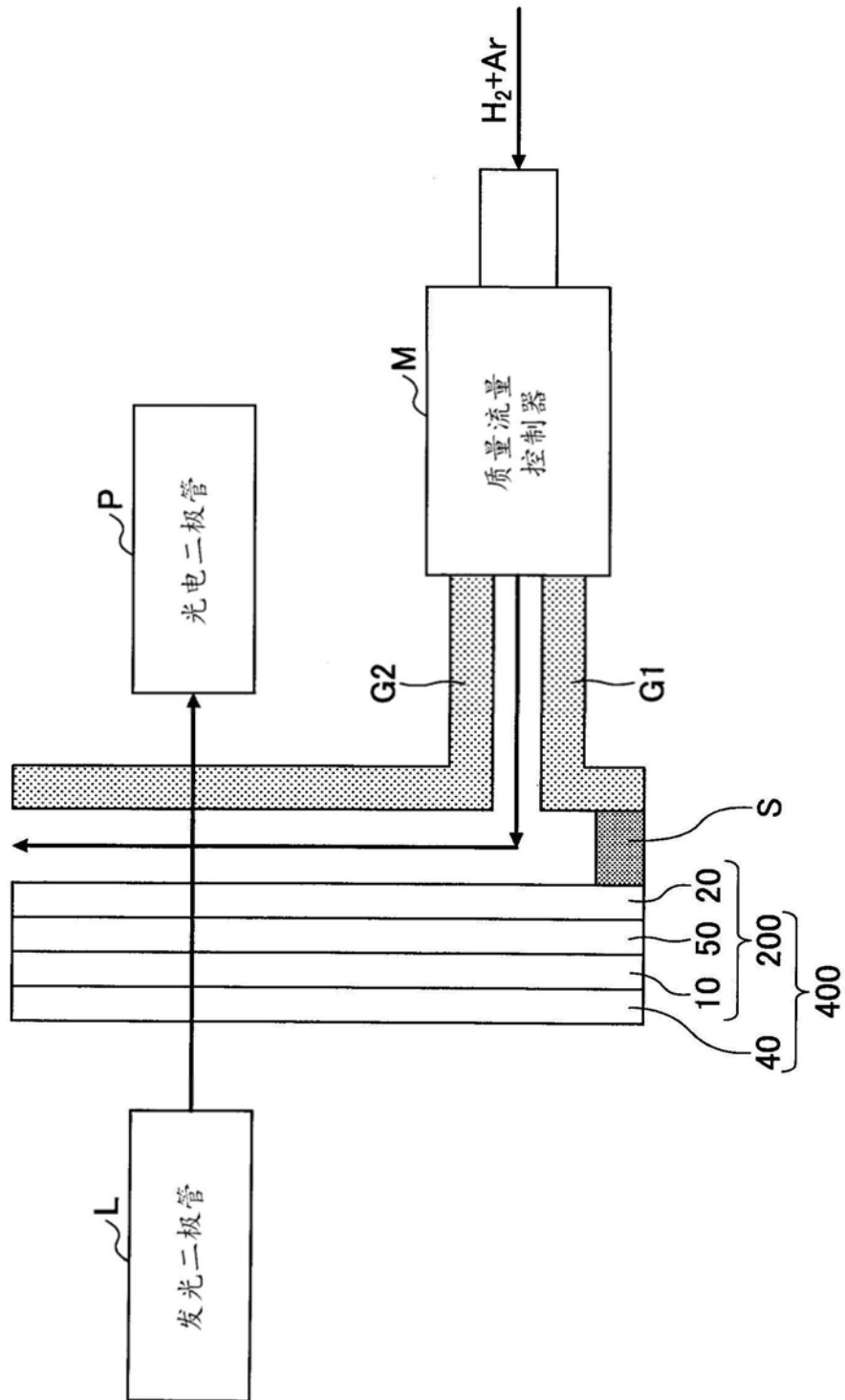


图6

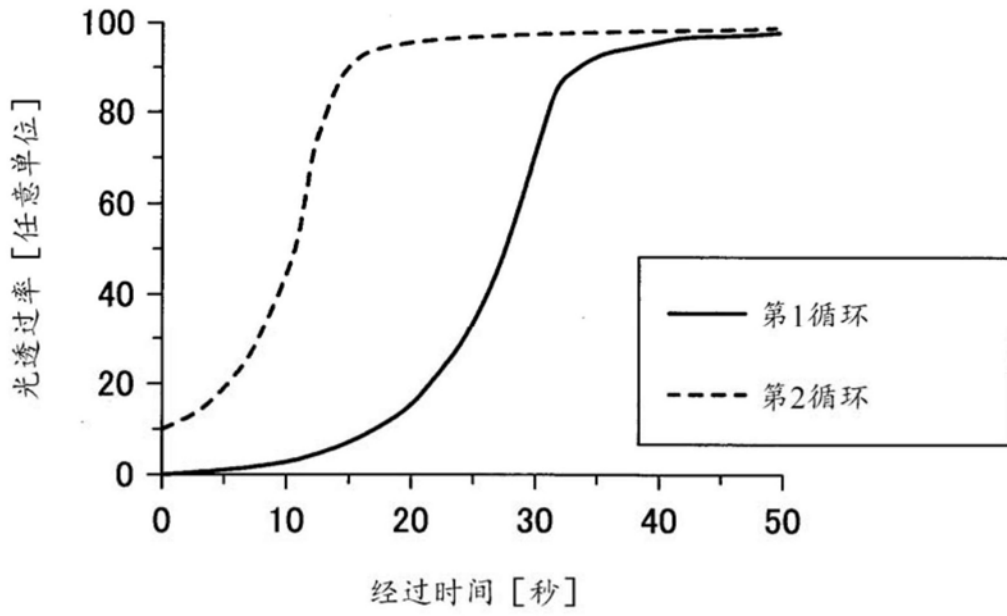


图7A

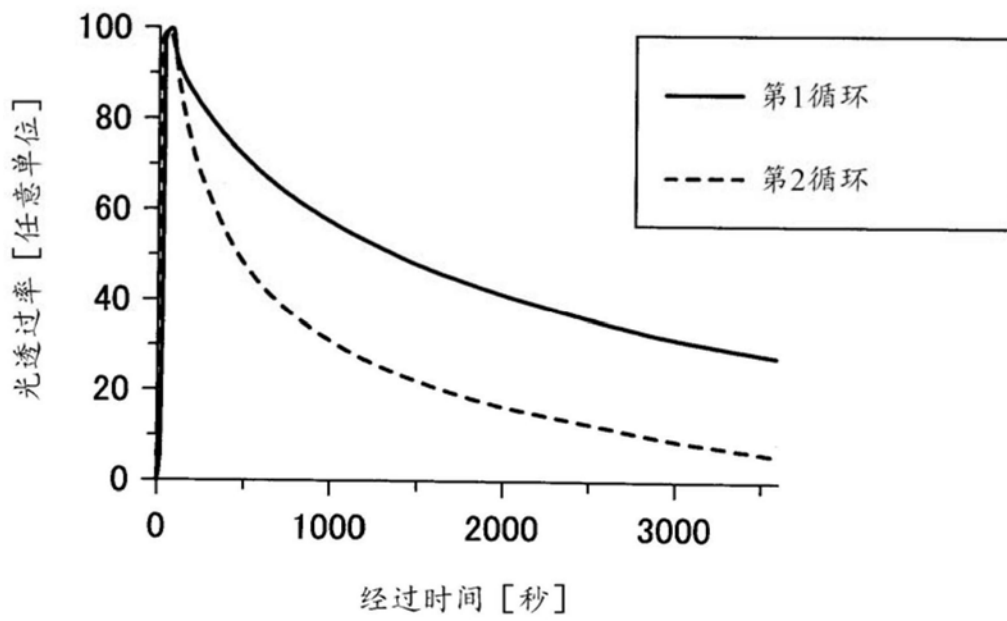


图7B

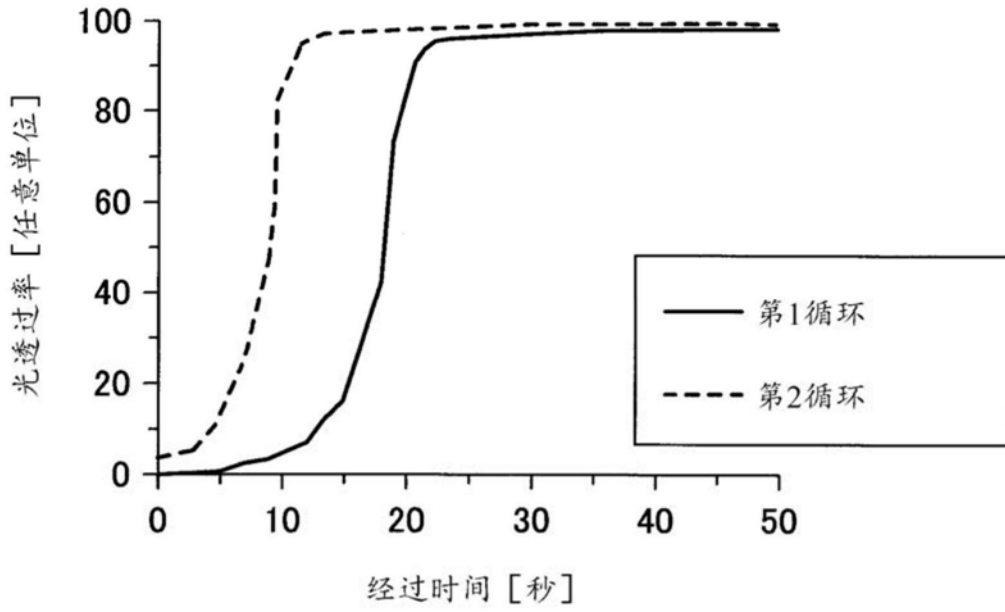


图8A

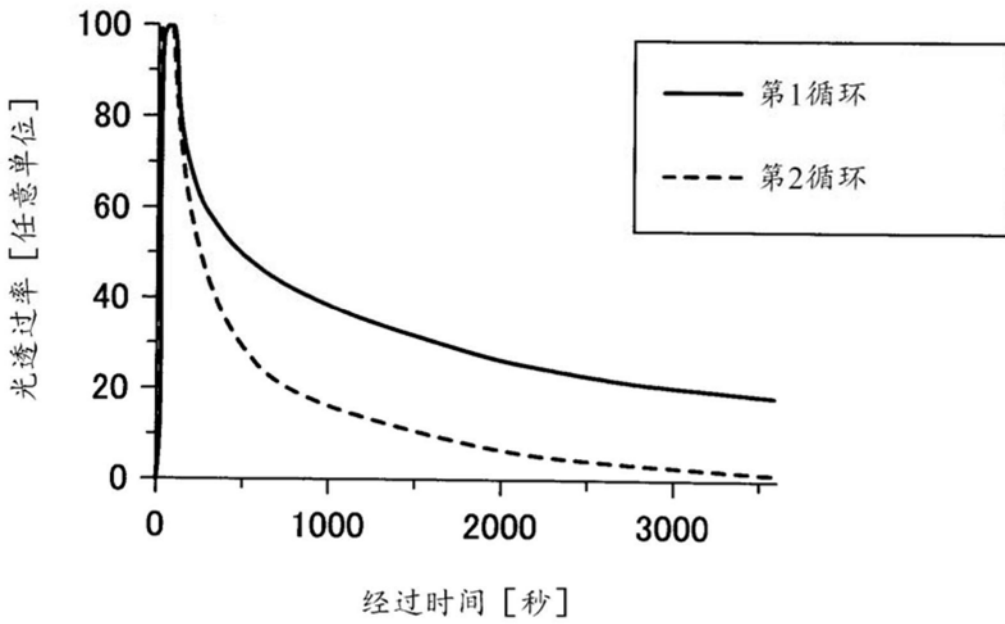


图8B

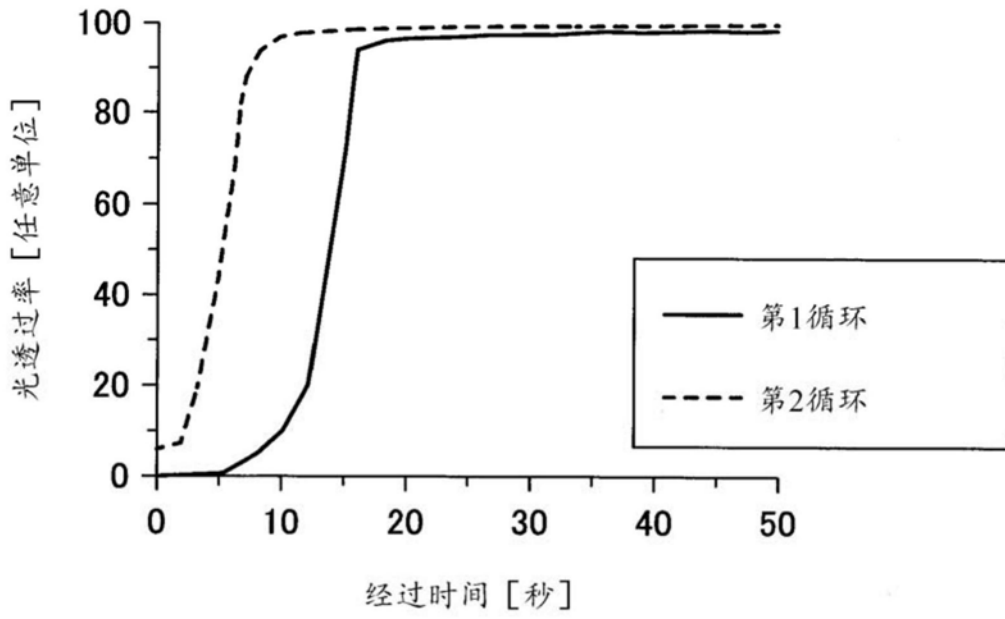


图9A

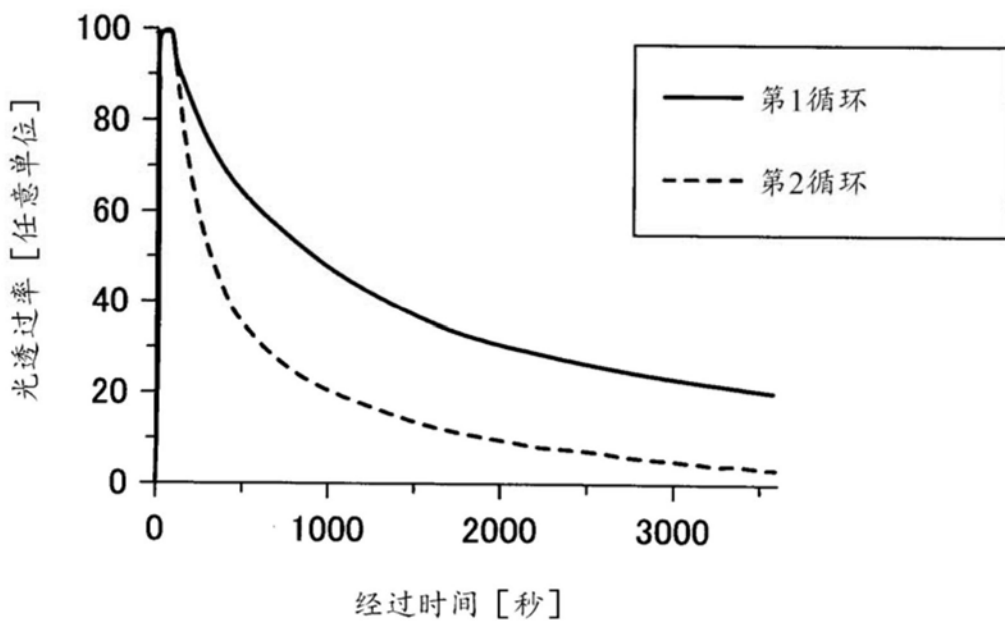


图9B

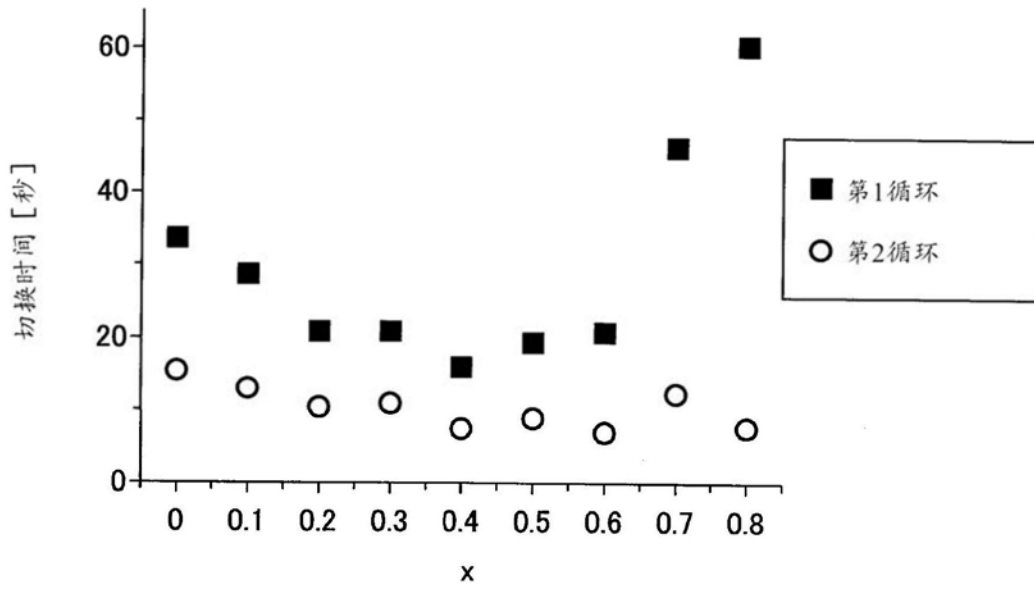


图10

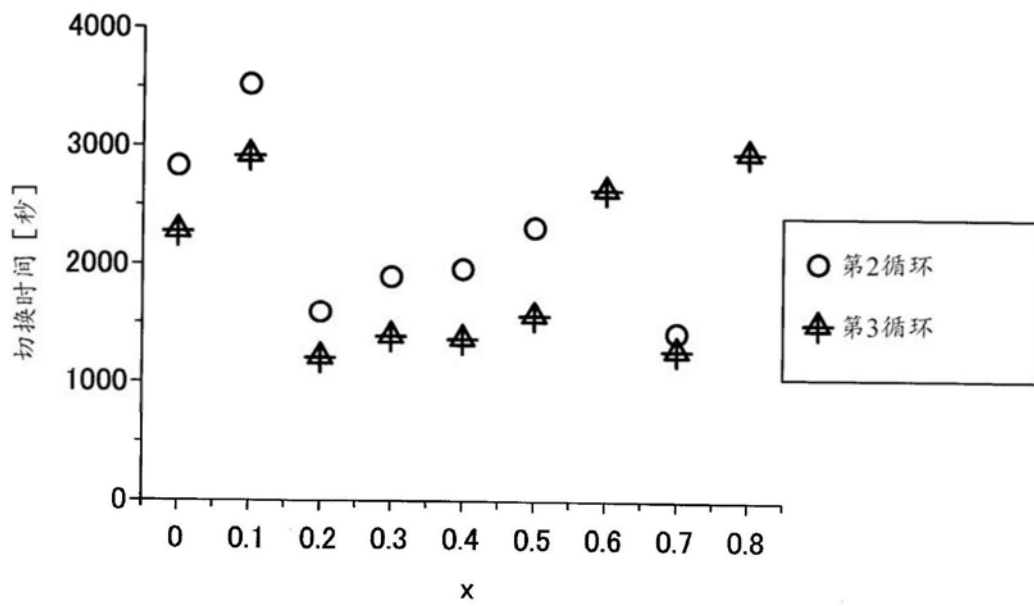


图11