



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119604738 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 11

(21) 申请号 202380056014.2

(22) 申请日 2023.08.01

(30) 优先权数据

2022-125250 2022.08.05 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.01.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/028168 2023.08.01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/029538 JA 2024.02.08

(71) 申请人 美蓓亚三美株式会社

地址 日本长野县

(72) 发明人 户田慎也 浅川寿昭 北村厚

丹羽真一

(74) 专利代理机构 北京伊普嘉知识产权代理事

务所(普通合伙) 16325

专利代理师 李海龙 张小珣

(51) Int.Cl.

G01B 7/16 (2006.01)

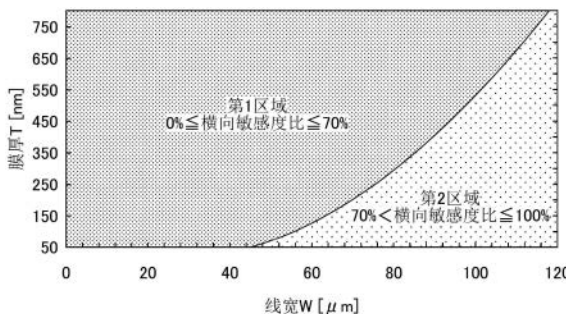
权利要求书1页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

应变计

(57) 摘要

本应变计具有基材和在所述基材上形成的电阻体,所述电阻体由以Cr为主成分的材料形成,所述电阻体的线宽W和膜厚T满足下式(1)的关系,以使横向敏感度比为70%以下且灵敏系数为5以上。 $w \leq 0.0177t^2 + 0.1521t + 2.9541 \cdots$ (1), 这里,式(1)中, $w = \log W$ 、 $t = \log T$ 。



1. 一种应变计,具有基材和在所述基材上形成的电阻体,
所述电阻体由以Cr为主成分的材料形成,
所述电阻体的线宽W和膜厚T满足下式(1)的关系,以使横向敏感度比为70%以下且灵敏系数为5以上,
$$w \leq 0.0177t^2 + 0.1521t + 2.9541 \cdots (1)$$

此处式(1)中, $w = \log W$ 、 $t = \log T$ 。
2. 根据权利要求1所述的应变计,所述电阻体的膜厚T为800nm以下,以使横向敏感度比为70%以下,灵敏系数为5以上,且应变极限为 6000×10^{-6} 以上。
3. 根据权利要求2所述的应变计,所述电阻体的膜厚T为200nm以下。
4. 根据权利要求2或3所述的应变计,所述应变极限与所述电阻体的膜厚T具有负相关性,所述电阻体的膜厚T越厚则越低。
5. 根据权利要求1至4的任意一项所述的应变计,所述灵敏系数不依赖所述电阻体的线宽W,且所述横向敏感度比与所述电阻体的线宽W的对数具有正相关性,所述电阻体的线宽W越窄则越低。
6. 根据权利要求1至5的任意一项所述的应变计,所述灵敏系数不依赖所述电阻体的膜厚T,且所述横向敏感度比与所述电阻体的膜厚T具有负相关性,所述电阻体的膜厚T越厚则越低。
7. 根据权利要求1至6的任意一项所述的应变计,所述电阻体的线宽W为40 μm 以下。
8. 根据权利要求1至7的任意一项所述的应变计,所述电阻体由含Cr、CrN和Cr₂N的膜形成。

应变计

技术领域

[0001] 本发明涉及应变计。

背景技术

[0002] 以往已知有贴在测定对象物上使用的应变计。应变计的灵敏系数通常为2左右,但具备以Cr为主成分的电阻体的应变计中,有灵敏系数为10左右的(例如,参照专利文献1)。

[0003] 还已知,具备以Cr为主成分的电阻体的应变计中,不仅作为主轴方向的敏感度的纵向敏感度大,作为与主轴方向垂直的方向的敏感度的横向敏感度也与纵向敏感度同程度地大,该性质不依赖电阻体的形状(参照非专利文献1)。

[0004] 【现有技术文献】

[0005] 【专利文献】

[0006] 【专利文献1】专利第6084393号

[0007] 【非专利文献】

[0008] 【非专利文献1】应变传感器用Cr-N薄膜中的灵敏系数的各向同性,电气学会2013年度全国大会讲演论文集3(2013):240-241

发明内容

[0009] 【发明要解决的课题】

[0010] 但是,用应变计检测应变时,优选灵敏系数大的,但相对于纵向敏感度的横向敏感度的比例,即横向敏感度比大时,会产生检测误差。因此需要灵敏系数高于以往的灵敏系数(2左右),且横向敏感度比低的应变计。

[0011] 本发明鉴于上述的点,目的在于提供一种应变计,其比以往灵敏系数高,且横向敏感度比低。

[0012] 【解决课题的手段】

[0013] 本发明的一个实施方式涉及的应变计具有,基材和在所述基材上形成的电阻体,所述电阻体由以Cr为主成分的材料形成,所述电阻体的线宽W和膜厚T为满足下式(1)的关系,以使横向敏感度比为70%以下且灵敏系数为5以上。 $w \leq 0.0177t^2 + 0.1521t + 2.9541 \cdots (1)$,这里,式(1)中, $w = \log W$ 、 $t = \log T$ 。

[0014] 【发明的效果】

[0015] 根据公开的技术,可提供一种应变计,其比以往灵敏系数高,且横向敏感度比低。

附图说明

[0016] 【图1】示例第1实施方式涉及的应变计的平面图。

[0017] 【图2】示例第1实施方式涉及的应变计的截面图(其1)。

[0018] 【图3】示例第1实施方式涉及的应变计的截面图(其2)。

[0019] 【图4】关于横向敏感度比进行说明的图。

- [0020] 【图5】表示实施例1的研究结果的图(其1)。
[0021] 【图6】表示实施例1的研究结果的图(其2)。
[0022] 【图7】表示实施例1的研究结果的图(其3)。
[0023] 【图8】表示实施例1的研究结果的图(其4)。
[0024] 【图9】表示实施例1的研究结果的图(其5)。
[0025] 【图10】表示实施例2的研究结果的图。

具体实施方式

[0026] 以下,参照附图,关于具体实施方式进行说明。各附图中,同一构成部件有时赋予同一符号。

[0027] 〈第1实施方式〉

[0028] 图1为示例第1实施方式涉及的应变计的俯视图。图2为示例第1实施方式涉及的应变计的截面图(其1),表示沿图1的A-A线的截面。

[0029] 参照图1和图2,应变计1具有基材10、电阻体30、配线40、电极50和覆盖层60。覆盖层60可根据需要来设置。此外,图1和图2中,出于方便,仅覆盖层60的外缘以虚线表示。首先关于构成应变计1的各部分进行详细说明。

[0030] 此外,本实施方式中,出于方便,在应变计1中,将设有基材10的电阻体30的一侧称为“上侧”,未设置电阻体30的一侧称为“下侧”。此外,位于各部位的上侧的面称为“上表面”,位于各部位的下侧的面称为“下表面”。这里,应变计1也能以上下颠倒的状态使用。此外,应变计1也能以任意的角度配置。此外,俯视是指,在从相对于基材10的上表面10a的上侧朝向下侧的法线方向上观察对象物。然后,平面形状是指,在所述法线方向上观察对象物时的对象物的形状。

[0031] 基材10是用于形成电阻体30等的基层的部件。基材10具有可挠性。基材10的厚度没有特别限制,可根据应变计1的使用目的等适宜决定。例如,基材10的厚度可以是 $5\mu\text{m}$ ~ $500\mu\text{m}$ 左右。应变计1的下表面侧通过粘着层等与应变体接合。此外,基于从应变体的表面向受感部的应变传达性,以及相对于环境变化的尺寸稳定性的观点考虑时,基材10的厚度优选 $5\mu\text{m}$ ~ $200\mu\text{m}$ 的范围内。此外,基于绝缘性的观点考虑时,基材10的厚度优选 $10\mu\text{m}$ 以上。

[0032] 基材10例如由PI(聚酰亚胺)树脂、环氧树脂、PEEK(聚醚醚酮)树脂、PEN(聚萘二甲酸乙二醇酯)树脂、PET(聚乙烯对苯二甲酸酯)树脂、PPS(聚苯硫醚)树脂、LCP(液晶聚合物)树脂、聚烯烃树脂等的绝缘树脂膜形成。此外,膜是指厚度 $500\mu\text{m}$ 以下的程度,且具有可挠性的部件。

[0033] 基材10形成绝缘树脂膜时,该绝缘树脂膜可含有填料、杂质等。例如,基材10可由含有二氧化硅、氧化铝等的填料的绝缘树脂膜形成。

[0034] 作为基材10的树脂以外的材料,可举例如 SiO_2 、 ZrO_2 (也包括YSZ)、 Si 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 (也包括蓝宝石)、 ZnO 、钙钛矿系陶瓷(CaTiO_3 、 BaTiO_3)等的结晶性材料。此外,在前述的结晶性材料以外,也可将非晶质的玻璃等作为基材10的材料。此外,作为基材10的材料,可使用铝、铝合金(杜拉铝)、不锈钢、钛等的金属。使用金属时,以覆盖金属制的基材10的上表面和下表面的方式设置绝缘膜。

[0035] 电阻体30是在基材10的上侧以指定的图案形成的薄膜。在应变计1中,电阻体30是

受应变产生电阻变化的受感部。电阻体30可在基材10的上表面10a直接形成,也可以在基材10的上表面10a介由其他层而形成。此外,图1中,出于方便,将电阻体30用密度高的梨皮图纹表示。

[0036] 电阻体30含多个细长状部和多个折回部。电阻体30中,多个细长状部将长度方向朝向同一方向并列。然后,多个折回部将在多个细长状部的中相邻的细长状部的端部交替连接,将各细长状部串联连接。由此,电阻体30作为整体,是之字形折回的结构。多个细长状部的长度方向为网格方向,与网格方向垂直的方向为网格宽度方向。

[0037] 位于网格宽度方向的最外侧的2个的细长状部的长度方向的一端部向网格宽度方向弯曲,形成电阻体30的网格宽度方向各终端 $30e_1$ 和 $30e_2$ 。电阻体30的网格宽度方向各终端 $30e_1$ 和 $30e_2$ 通过配线40与电极50电连接。换言之,配线40将电阻体30的网格宽度方向各终端 $30e_1$ 和 $30e_2$ 与各电极50电连接。

[0038] 应变计1中,灵敏系数优选5以上。应变计1的灵敏系数不依赖电阻体30的线宽W。这里,灵敏系数不依赖电阻体30的线宽W是指,电阻体30的线宽W在 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $70\mu\text{m}$ 以下的范围中的灵敏系数的最大值和最小值的差为2以下的情况。此外,应变计1的横向敏感度比与电阻体30的线宽W的对数具有正相关性,电阻体的线宽W越窄则越低。

[0039] 此外,应变计1的灵敏系数不依赖电阻体30的膜厚T。这里,灵敏系数不依赖电阻体30的膜厚T是指,电阻体30的膜厚T在 30nm 以上 800nm 以下的范围中的灵敏系数的最大值和最小值的差为2以下的情况。此外,应变计1的横向敏感度比与电阻体30的膜厚T具有负相关性,电阻体30的膜厚T越厚则越低。

[0040] 此外,应变计1的横向敏感度比受电阻体30的线宽W和膜厚T两者的影响,值会变化。此外,关于横向敏感度比的定义、电阻体30的线宽W和膜厚T、灵敏系数和横向敏感度比的关系,另行详述。

[0041] 此外,应变极限与电阻体30的膜厚T具有负相关性,电阻体30的膜厚T越厚则越低。这里,应变极限是指,向应变计施加应变时,裂开或断线开始产生的机械应变的值。此外,关于电阻体30的膜厚T和应变极限的关系,另行详述。

[0042] 电阻体30例如可由以Cr(铬)为主成分的材料形成。这里,“主成分”是指,占构成电阻体30的全部物质的50重量%以上的成分。作为以Cr为主成分的材料,可举例如Cr多相膜。Cr多相膜是指Cr、CrN和 Cr_2N 等的多相膜。Cr多相膜可含有氧化铬等的不可避杂质。

[0043] 例如,电阻体30为Cr多相膜时,通过以稳定结晶相的 α -Cr(阿尔法铬)为主成分,可提高灵敏特性的稳定性。又例如,电阻体30为Cr多相膜时,由于电阻体30以 α -Cr为主成分,可使应变计1的灵敏系数为10以上,且灵敏系数温度系数TCS和电阻温度系数TCR在 $-1000\text{ppm}/^\circ\text{C} \sim +1000\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 的范围内。若基于提高灵敏特性的观点考虑,电阻体30优选含80重量%以上的 α -Cr。进一步来说,基于相同观点考虑时,电阻体30更优选含90重量%以上的 α -Cr。此外, α -Cr为bcc结构(体心立方晶格结构)的Cr。

[0044] 此外,电阻体30为Cr多相膜时,Cr多相膜所含的CrN和 Cr_2N 优选20重量%以下。通过Cr多相膜所含的CrN和 Cr_2N 在20重量%以下,可抑制应变计1的灵敏系数的降低。

[0045] 此外,Cr多相膜中的CrN和 Cr_2N 的比例优选,相对于CrN和 Cr_2N 的重量的合计, Cr_2N 的比例为80重量%以上、不足90重量%。进一步来说,该比例更优选相对于CrN和 Cr_2N 的重量的合计, Cr_2N 的比例为90重量%以上、不足95重量%。 Cr_2N 具有半导体的性质。因此,通过

让前述的 Cr_2N 的比例为90重量%以上、不足95重量%,TCR的降低(负的TCR)进一步地显著。进一步地,通过让前述的 Cr_2N 的比例为90重量%以上、不足95重量%,可降低电阻体30的陶瓷化,难以引起电阻体30的脆性破坏。

[0046] 另一方面, CrN 具有化学稳定的优点。通过在 Cr 多相膜中更多含有 CrN ,可降低产生不稳定的 N 的可能性,因而可得到稳定的应变计。这里“不稳定 N ”是指,可在 Cr 多相膜的膜中存在的微量的 N_2 或原子状的 N 。这些不稳定的 N 由于外部环境(例如高温环境),有时会向膜外脱离出去。不稳定的 N 向膜外脱离出去时, Cr 多相膜的膜应力可变化。

[0047] 应变计1中,作为电阻体30的材料使用 Cr 多相膜时,可实现高敏感度化和小型化。例如,以往的应变计的输出变化量为 $0.04\text{mV}/2\text{V}$ 左右,与之相对地,作为电阻体30的材料使用 Cr 多相膜时,可得到 $0.3\text{mV}/2\text{V}$ 以上的输出变化量。此外,以往的应变计的大小(仪器长度 $\times$ 仪器宽度)为 $3\text{mm}\times 3\text{mm}$ 左右,与之相对地,作为电阻体30的材料使用 Cr 多相膜时的大小(仪器长度 $\times$ 仪器宽度),可以小型化为 $0.3\text{mm}\times 0.3\text{mm}$ 左右。

[0048] 配线40设于基材10上。配线40一端侧与电阻体30的两端电连接,另一端侧与电极50电连接。配线40不限于直线状,可以是任意的图案。此外,配线40可以是任意的宽度和任意的长度。此外,图1中,出于方便,将配线40用比电阻体30密度低梨皮图纹表示。

[0049] 电极50设在基材10上。电极50通过配线40与电阻体30电连接。电极50在俯视下,相比配线40拓宽,形成大致矩形状。电极50是一对电极,其用于将根据应变产生的电阻体30的电阻值变化向外部输出。电极50上接有例如外部连接用的导线等。电极50的上表面可层叠铜等电阻低的金属层,或金等焊接性良好的金属层。出于方便,电阻体30、配线40和电极50符号不同,但两者可在同一工序中通过同一材料一体形成。此外,图1中出于方便,将电极50用与配线40相同密度的梨皮图纹表示。

[0050] 覆盖层60根据需要设置为,在基材10的上表面10a覆盖电阻体30和配线40,露出电极50。作为覆盖层60的材料,可举例如,PI树脂、环氧树脂、PEEK树脂、PEN树脂、PET树脂、PPS树脂、复合树脂(例如硅酮树脂、聚烯烃树脂)等的绝缘树脂。此外,覆盖层60也可含有填料、颜料。覆盖层60的厚度没有特别限制,可根据目的适宜选择。例如,覆盖层60的厚度可以为 $2\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ 左右。通过设置覆盖层60,可抑制电阻体30上产生的机械损伤等。此外,通过设置覆盖层60,可保护电阻体30免于湿气等。

[0051] [应变计的制造方法]

[0052] 本实施方式涉及的应变计1中,在基材10上形成电阻体30、配线40、电极50和覆盖层60。此外,基材10和这些部件的层之间也可形成别的层(后述的功能层等)。

[0053] 以下,关于应变计1的制造方法进行说明。为了制造应变计1,首先准备基材10,在基材10的上表面10a上形成金属层(出于方便,称为金属层A)。金属层A是最终图案化为电阻体30、配线40和电极50的层。因此,金属层A的材料、厚度与前述的电阻体30等的材料、厚度相同。

[0054] 金属层A可通过例如将可形成金属层A的原料作为靶材的磁控溅射法成膜。金属层A除了磁控溅射法,也可使用反应性溅射法、蒸镀法、电弧离子镀法或脉冲激光堆积法等成膜。金属层A成膜时,可将金属层A的膜厚调整为期望的值。

[0055] 在基材10的上表面10a上将金属层A成膜后,通过公知的光刻法,将金属层A图案化为与图1的电阻体30、配线40和电极50同样的平面形状。在基于光刻法进行图案化时,可将

电阻体30的线宽调整为期望的值。电阻体30包含并列的多个细长状部,和将多个细长状部中相邻的细长状部的端部交替连接,将各细长状部串联连接的折回部的结构。

[0056] 此外,可在基材10的上表面10a上形成基底层后形成金属层A。例如,可在基材10的上表面10a上,将指定的膜厚的功能层通过常规溅射法真空成膜。通过如此设置基底层,可使应变计1的灵敏特性稳定化。

[0057] 本申请中,功能层是指至少具有以下功能的层:促进作为上层的金属层A(电阻体30)的结晶成长。功能层优选进一步具备,防止基材10所含的氧或水分导致金属层A氧化的功能,和/或提高基材10和金属层A的密闭性的功能。功能层还可进一步具备其他功能。

[0058] 构成基材10的绝缘树脂膜有时含有氧、水分,此外,Cr有时形成自氧化膜。因此,特别是在金属层A含Cr时,优选成膜出具有防止金属层A氧化的功能的功能层。

[0059] 如此,通过在金属层A的下层设置功能层,可促进金属层A的结晶成长,可制作由稳定结晶相构成的金属层A。其结果是,在应变计1中,灵敏特性的稳定性提高。此外,构成功能层的材料扩散至金属层A,由此,在应变计1中,灵敏特性提高。

[0060] 作为功能层的材料,可举例如,从由Cr(铬)、Ti(钛)、V(钒)、Nb(铌)、Ta(钽)、Ni(镍)、Y(钇)、Zr(锆)、Hf(铪)、Si(硅)、C(碳)、Zn(锌)、Cu(铜)、Bi(铋)、Fe(铁)、Mo(钼)、W(钨)、Ru(钌)、Rh(铑)、Re(铼)、Os(锇)、Ir(铱)、Pt(白金)、Pd(钯)、Ag(银)、Au(金)、Co(钴)、Mn(锰)、Al(铝)构成的群中选择的1种或多种金属、该群中的某几种金属的合金,或者该群中某几种金属的化合物。

[0061] 图3为示例第1实施方式涉及的应变计的截面图(其2)。图3表示作为电阻体30、配线40和电极50的基底层,设置功能层20时的应变计1的截面形状。

[0062] 功能层20的平面形状可图案化为例如,与电阻体30、配线40和电极50的平面形状大致相同。但是,功能层20和电阻体30、配线40和电极50的平面形状也可以不为大致相同。例如,功能层20由绝缘材料形成时,可将功能层20图案化为与电阻体30、配线40和电极50的平面形状不同的形状。此时,功能层20可在例如形成有电阻体30、配线40和电极50的区域均匀平坦地形成。或者功能层20可在基材10的上表面整体上均匀平坦地形成。

[0063] 形成电阻体30、配线40和电极50后,根据需要,在基材10的上表面10a形成覆盖层60。覆盖层60覆盖电阻体30和配线40,但电极50也可从覆盖层60露出。例如,可在基材10的上表面10a上,以覆盖电阻体30和配线40、露出电极50的方式,层叠半固化状态的热固性的绝缘树脂膜,然后加热该绝缘树脂膜使之固化,由此形成覆盖层60。通过以上的工序,完成应变计1。

[0064] [横向敏感度比的降低]

[0065] 首先关于横向敏感度比进行说明。图4是关于横向敏感度比进行说明的图。图4中,轴M表示测定应变的方向。图4中,网格方向朝向轴M方向的应变计1A,以及网格方向朝向与轴M垂直的方向的应变计1B被贴到应变体100上。此外,图4中的x轴、y轴和z轴表示相互垂直相交的轴。轴M和y轴平行,与轴M垂直的方向和x轴平行。

[0066] 图4中,轴M的方向上产生拉伸应变时,应变计1A的电阻体在轴M的方向上延伸,应变计1B的电阻体在和轴M垂直的方向上,基于泊松比收缩。图4的箭头N表示基于泊松比的收缩方向。

[0067] 这里,轴M的方向上产生的应变所对应的敏感度为纵向敏感度 F_a ,与轴M垂直的方

向上产生的应变所对应的敏感度为横向敏感度 F_t 时,式(1)和式(2)成立。此外,横向敏感度 F_t 和纵向敏感度 F_a 的比所定义的横向敏感度比 K 如式(3)所示。

[0068] 此外,式(1)和(2)中, ε_y 为轴M的方向产生的应变, ε_x 为与轴M垂直的方向产生的应变。此外, R_A 是未产生应变时的应变计1A的电阻体的电阻值。此外, R_B 是未产生应变时的应变计1B的电阻体的电阻值。此外, ΔR_A 是在应变 ε_x 和 ε_y 产生时,应变计1A的电阻体上产生的电阻值变化。此外, ΔR_B 是应变 ε_x 和 ε_y 产生时,应变计1B的电阻体上产生的电阻值变化。

[0069] 【数1】

$$[0070] \quad \Delta h_A/R_A = F_a \varepsilon_y + F_t \varepsilon_x \cdots (1)$$

[0071] 【数2】

$$[0072] \quad \Delta R_B/R_B = F_t \varepsilon_y + F_a \varepsilon_x \cdots (2)$$

[0073] 【数3】

$$[0074] \quad K = F_t/F_a \cdots (3)$$

[0075] 一般市售的应变计中形成电桥电路时,输出变化量为0.10mV/V的程度。为了能有与市售的应变计同等以上的输出变化量,横向敏感度比为70%以下,且灵敏系数为5以上即可。

[0076] 横向敏感度比更优选50%以下,进一步优选40%以下,特别优选30%以下。此外,灵敏系数更优选8以上,更优选11以上,特别优选14以上。越是横向敏感度比小且灵敏系数大,越能提高应变计中形成电桥电路时的输出变化量。

[0077] 以下,关于实施例进行说明,但本发明不受以下的实施例任何限制。

[0078] [实施例1]

[0079] (电阻体的线宽和横向敏感度比及灵敏系数的关系)

[0080] 发明人们制作应变计的样品,关于电阻体的线宽和横向敏感度比及灵敏系数的关系进行研究。

[0081] 首先,在由厚度25 μm 的聚酰亚胺树脂构成的基材10的上表面10a,通过常规溅射法,作为功能层20,将膜厚3nm的Ti真空成膜。接下来,在功能层20的上表面整体上通过磁控溅射法,作为电阻体30、配线40和电极50,将膜厚为200nm的Cr多相膜成膜。然后,将功能层20、电阻体30、配线40和电极50通过光刻,如图1那样图案化,制作应变计的样品。该样品中,图案化使得电阻体30的线宽W为500 μm 。

[0082] 接下来,用同样的方法,使电阻体30的线宽W分别为200 μm 、100 μm 、50 μm 、40 μm 、20 μm 、10 μm 、5 μm ,制作图案化的应变计的样品。然后,在20 $^{\circ}\text{C}$ 的环境中,测定应变计的各样品的横向敏感度比和灵敏系数,汇总于图5。

[0083] 如图5所示,制作的样品的灵敏系数不依赖电阻体30的线宽W。图5中,电阻体30的线宽W变化时的灵敏系数的最大值和最小值的差为1.5左右。对此,横向敏感度比与电阻体30的线宽W的对数具有正相关性,电阻体30的线宽越窄则越低。此外,图6中给出用同样的方法制作灵敏系数约为9的样品时的、电阻体的线宽和横向敏感度比及灵敏系数的关系。此时也是灵敏系数不依赖电阻体30的线宽W,与之相对地,横向敏感度比与电阻体30的线宽W的对数具有正相关性,电阻体30的线宽越窄则越低。此外,虽省略图示等,灵敏系数5以上的其他样品中呈现出同样的特性。

[0084] 基于这些结果可知,通过由以Cr为主成分的材料形成电阻体30,且使电阻体30的

线宽W变细,可在保持高灵敏系数的同时,减小横向敏感度比。即可知,由以Cr为主成分的材料形成电阻体30,且控制电阻体的线宽W,由此可实现相比以往灵敏系数提高,且横向敏感度比低的应变计。如此,通过在保持高灵敏系数的同时,减小横向敏感度比,可谋求应变检测的精度提高。

[0085] 图7是表示电阻体的线宽、横向敏感度比和应变计的输出变化量的关系的图。图7中,关于灵敏系数为5的应变计和灵敏系数为15的应变计,发明人们通过实验,求出线宽、横向敏感度比和应变计的输出变化量的关系。此外,图7中,作为比较例,还给出市售的灵敏系数为2的应变计的输出变化量。此外,如图7所示的输出变化量为应变计中形成电桥电路时的输出变化量。

[0086] 如图7所示,可知,若灵敏系数为5、横向敏感度比为70%以上,能得到与市售的应变计同等以上的输出变化量。通过让电阻体30的线宽W为70 μm 以下,可使横向敏感度比为70%以下,因此,使电阻体30的线宽为70 μm 以下,以使横向敏感度比为70%以下且灵敏系数为5以上,由此,可实现与市售的应变计同等以上的输出变化量的应变计。例如,使电阻体30的线宽为70 μm ,以使横向敏感度比为70%且灵敏系数15,由此,可实现市售的应变计的3倍左右的输出变化量的应变计。

[0087] 此外,如前述,横向敏感度比更优选50%以下,进一步优选40%以下,特别优选30%以下。基于图5,通过使电阻体30的线宽W为20 μm 以下,可使横向敏感度比为50%以下。此外,基于图5,通过使电阻体30的线宽W为10 μm 以下,可使横向敏感度比为40%以下。此外,基于图5,通过使电阻体30的线宽W为5 μm 以下,可使横向敏感度比为30%以下。

[0088] 此外,为了得到与市售的应变计同等以上的输出变化量,灵敏系数为5以上即可,但电阻体30中使用Cr多相膜的各样品的灵敏系数为14以上,得到充分大的值。此外,在电阻体30中使用Cr多相膜,通过改变电阻体30中的 α -Cr的含量,也能将灵敏系数调整至5以上的各种值。此外,在电阻体30中使用Cr多相膜,提高 α -Cr的结晶性,由此,灵敏系数为5以上10以下的程度。

[0089] 如此可实现如下的应变计,由以Cr为主成分的材料形成电阻体30,灵敏系数为5以上,不依赖电阻体30的线宽,且横向敏感度比与电阻体30的线宽的对数具有正相关性,电阻体30的线宽越窄则越低。这样的特性,至少在电阻体30的线宽为0.1 μm 以上70 μm 的范围内能实现即可。

[0090] (电阻体的膜厚和横向敏感度比及灵敏系数的关系)

[0091] 接下来,发明人们制作应变计的样品,关于电阻体的膜厚和横向敏感度比及灵敏系数的关系进行研究。

[0092] 首先,在厚度25 μm 的由聚酰亚胺树脂构成的基材10的上表面10a上,通过常规溅射法,作为功能层20将膜厚为3nm的Ti真空成膜。接下来,在功能层20的上表面整体上,通过磁控溅射法,作为电阻体30、配线40和电极50,将膜厚为800nm的Cr多相膜成膜。然后,将功能层20、电阻体30、配线40和电极50通过光刻,图案化为图1那样,制作应变计的样品。此外,图案化使电阻体30的线宽W为50 μm 。

[0093] 接下来用同样的方法,制作以电阻体30的膜厚T分别为500nm、200nm、100nm、50nm、30nm的方式成膜的应变计的样品。然后,在20 $^{\circ}\text{C}$ 的环境中,测定应变计的各样品的横向敏感度比和灵敏系数,汇总于图8。

[0094] 如图8所示,制作的样品的灵敏系数不依赖电阻体30的膜厚T。图8中,电阻体30的膜厚T变化时的灵敏系数的最大值和最小值的差为1.5左右。对此,可认为横向敏感度比与电阻体30的膜厚T具有负相关性,随着电阻体30的膜厚T变厚,横向敏感度比的值有变低的倾向。

[0095] 此外,图8中,灵敏系数虽为15左右,但在5以上的各种灵敏系数的样品中,虽省略图示等,也确认到呈现出与图8同样的特性。

[0096] 基于这些结果可知,由以Cr为主成分的材料形成电阻体30,且加厚电阻体30的膜厚T,由此,可在保持高灵敏系数的同时,缩小横向敏感度比。即可知,由以Cr为主成分的材料形成电阻体30,且控制电阻体的膜厚T,由此可实现,比以往灵敏系数高,且横向敏感度比低的应变计。如此,通过在保持高灵敏系数的同时缩小横向敏感度比,可谋求应变检测的精度提高。

[0097] 如前述,若横向敏感度比为70%以下,可得到与市售的应变计同等以上的输出变化量,而根据图8,通过让电阻体30的膜厚T为200nm以上,可使横向敏感度比为70%以下。即,可实现一种应变计,其电阻体30的膜厚为200nm以上,以使横向敏感度比为70%以下且灵敏系数为5以上。

[0098] 此外,为了得到与市售的应变计同等以上的输出变化量,灵敏系数为5以上即可,而电阻体30中使用Cr多相膜的各样品的灵敏系数为14以上,可得到充分大的值。此外,电阻体30中使用Cr多相膜时,通过改变电阻体30中的 α -Cr的含量,可将灵敏系数调整为5以上的各种值。此外,电阻体30中使用Cr多相膜,提高 α -Cr的结晶性,由此,灵敏系数为5以上10以下的程度。

[0099] 如此可实现一种应变计,其中,由以Cr为主成分的材料形成电阻体30,灵敏系数为5以上,不依赖电阻体30的膜厚,且横向敏感度比与电阻体30的膜厚具有负相关性,电阻体30的膜厚越厚则越低。

[0100] (电阻体的线宽及膜厚,与横向敏感度比及灵敏系数的关系)

[0101] 发明人们进一步研究的结果是得到以下发现,应变计1的横向敏感度比受到电阻体30的线宽W和膜厚T两者的影响,值会变化。

[0102] 即,上述的实验中显示,电阻体30的膜厚T为200nm时,为了让横向敏感度比为70%以下,可使电阻体30的线宽W为70 μ m以下。此外,上述的实验中显示,电阻体30的线宽W为50 μ m时,为了让横向敏感度比为70%以下,可使电阻体30的膜厚T为200nm以上。

[0103] 但是,应变计1的横向敏感度比受到电阻体30的线宽W和膜厚T两者的影响,值会变化,因此,可在比上述的实验中得到的线宽W、膜厚T更宽的范围,使横向敏感度比为70%以下。即,即便电阻体30的线宽W比70 μ m宽,通过调整膜厚T为适当的值,也能让横向敏感度比为70%以下。同样,即便电阻体30的膜厚T比200nm薄,也能通过调整线宽W为适当的值,让横向敏感度比为70%以下。

[0104] 图9是表示相对于线宽和膜厚的横向敏感度比的等高图,汇总了发明人们所进行的实验的结果。图9中,在高密度的点状图案所示的第1区域中, $0\% \leq \text{横向敏感度比} \leq 70\%$ 。此外,在低密度的点状图案所示的第2区域中, $70\% < \text{横向敏感度比} \leq 100\%$ 。

[0105] 第1区域和第2区域的分界线可近似为, $w = 0.0177t^2 + 0.1521t + 2.9541$ 。这里,以电阻体的线宽为W,膜厚为T时, $w = \log W$ 、 $t = \log T$ 。即,通过 $w = \log W$ 和 $t = \log T$ 满足 $w \leq$

$0.0177t^2+0.1521t+2.9541\cdots$ (1), 可使横向敏感度比为70%以下。换言之, 可实现一种应变计, 其中, 电阻体30的线宽W和膜厚T为满足上述式(1)的关系, 以使横向敏感度比为70%以下且灵敏系数为5以上。

[0106] 此外, 由图9可知, 通过让电阻体30的线宽W为40 μm 以下, 可几乎不依赖膜厚T, 使横向敏感度比为70%以下。

[0107] 此外, 实施例1中, 将聚酰亚胺树脂用于基材10, 但如图5~图9所示的特性不依赖基材10的材料。例如, 基材10中使用树脂以外的材料时, 也能得到与图5~图9同样的特性。

[0108] 此外, 除了Cr多相膜, 使用其他材料, 也能得到5以上的灵敏系数。作为能得到5以上的灵敏系数的材料, 可举出Ge、Pt、Si、Ni、Cu、C、Ti、Cr或包含它们的材料。具体地为Cr-N、Ge、Ge-In、Ge-Ga、Ge-P、Pt、Pt-In、Cu、Ni-C、Si、Ti-C-O等。此外, 通过调整使用这些材料的电阻体30的线宽W和/或膜厚T, 可得到期望的横向敏感度比。

[0109] 即, 使用这些材料也能实现一种应变计, 其中, 电阻体30的线宽W和膜厚T为满足上述式(1)的关系, 以使横向敏感度比为70%以下且灵敏系数为5以上。此外, 可实现一种应变计, 其中, 灵敏系数为5以上, 不依赖电阻体30的线宽, 且横向敏感度比与电阻体30的线宽的对数具有正相关性, 电阻体30的线宽越窄则越低。或者, 可实现一种应变计, 其中, 由这些材料形成电阻体30, 灵敏系数为5以上, 不依赖电阻体30的膜厚, 且横向敏感度比与电阻体30的膜厚具有负相关性, 电阻体30的膜厚越厚则越低。

[0110] [实施例2]

[0111] 发明人们将与实施例1的“电阻体的膜厚和横向敏感度比及灵敏系数的关系”中所使用的同一规格的应变计的样品, 按各膜厚各制作多个, 关于电阻体的膜厚和应变极限的关系进行研究。这里, 电阻体的膜厚的种类为1100nm、800nm、500nm、200nm、100nm、50nm、30nm。此外, 电阻体的线宽定为50 μm , 应变极限几乎不依赖电阻体的线宽。

[0112] 图10是表示实施例2的研究结果的图, 绘制多个应变计样品的应变极限的各膜厚下的最小值。如图10所示, 应变极限与电阻体30的膜厚T具有负相关性, 可确认随着电阻体30的膜厚T变厚, 应变极限的值变低的倾向。特别地, 电阻体30的膜厚T为30nm以上200nm以下的范围中, 应变极限值大幅减少。与之相对地, 电阻体30的膜厚T若超过200nm, 应变极限值缓慢减少。

[0113] 实际使用应变计1时, 有时需要 6000×10^{-6} 左右的应变极限。因此, 基于图10的结果可知, 电阻体30的膜厚T优选, 应变极限为 6000×10^{-6} 以上的800nm以下。

[0114] 应变计1贴在应变体上, 追随应变体的移动而伸缩, 由此, 检测应变体的应变量。因此, 为了检测更大应变量, 伸缩的过程中, 需要应变计1自身不会破损(断线等)的, 更高的应变极限。应变计1中, 通过让电阻体30的膜厚T为800nm以下, 可实现应变极限的提高。

[0115] 此外, 根据图10, 基于应变极限的观点, 更优选让膜厚T为600nm以下, 进一步优选400nm以下, 特别优选200nm以下。由图10可知, 通过让膜厚T为200nm以下, 可将应变极限大幅提高, 通过让膜厚T为100nm以下, 可将应变极限进一步提高。此外, 根据图9可知, 膜厚T为100nm/200nm, 也能通过调整线宽W, 使横向敏感度比为70%以下。例如, 让电阻体30的线宽W为40 μm 以下, 且膜厚T为200nm以下, 由此, 可使横向敏感度比为70%以下, 且能将应变极限大幅提高。

[0116] 此外, 实施例2中, 基材10中使用聚酰亚胺树脂, 但如图10所示的特性不依赖基材

10的材料。例如,基材10中使用树脂以外的材料,也能得到与图10同样的特性。

[0117] 此外,除了Cr多相膜外,使用其他材料,也能得到与图10同样的特性。作为其他材料,可举出Ge、Pt、Si、Ni、Cu、C、Ti、Cr或含有它们的材料。具体地为Cr-N、Ge、Ge-In、Ge-Ga、Ge-P、Pt、Pt-In、Cu、Ni-C、Si、Ti-C-O等。

[0118] [电阻体30的膜厚T合适的范围]

[0119] 基于实施例2的结果,若着眼于应变极限,优选电阻体30的膜厚T为800nm以下,以使应变极限为 6000×10^{-6} 以上。因此,若实施例1的结果加上实施例2的结果,可认为在膜厚T为800nm以下的范围,电阻体30的线宽W和膜厚T优选满足上述式(1),以使横向敏感度比为70%以下且灵敏系数为5以上。

[0120] 由此,可实现一种应变计,其中,调整电阻体30的线宽W和膜厚T,以使横向敏感度比为70%以下,灵敏系数为5以上,且应变极限为 6000×10^{-6} 以上。然后,可通过该应变计谋求应变检测的精度提高,同时能检测更大的应变量。

[0121] 此外,根据所需规格,有时应变极限可以不足 6000×10^{-6} ,因而电阻体30的膜厚T不必为800nm以下。

[0122] 以上,关于优选实施方式等进行了详述。但是,本发明涉及的应变计不受上述实施方式和变形例等限制。例如,关于上述实施方式等涉及的应变计,不脱离专利权利要求记载的范围,可施加各种的变形和置换。

[0123] 本国际申请主张基于2022年8月5日申请的日本专利申请2022-125250号的优先权,将日本专利申请2022-125250号的全部内容援引至本国际申请。

[0124] 【附图标记说明】

[0125] 1、1A、1B应变计、10基材、10a上表面、20功能层、30电阻体、30e₁、30e₂终端、40配线、50电极、60覆盖层、100应变体。

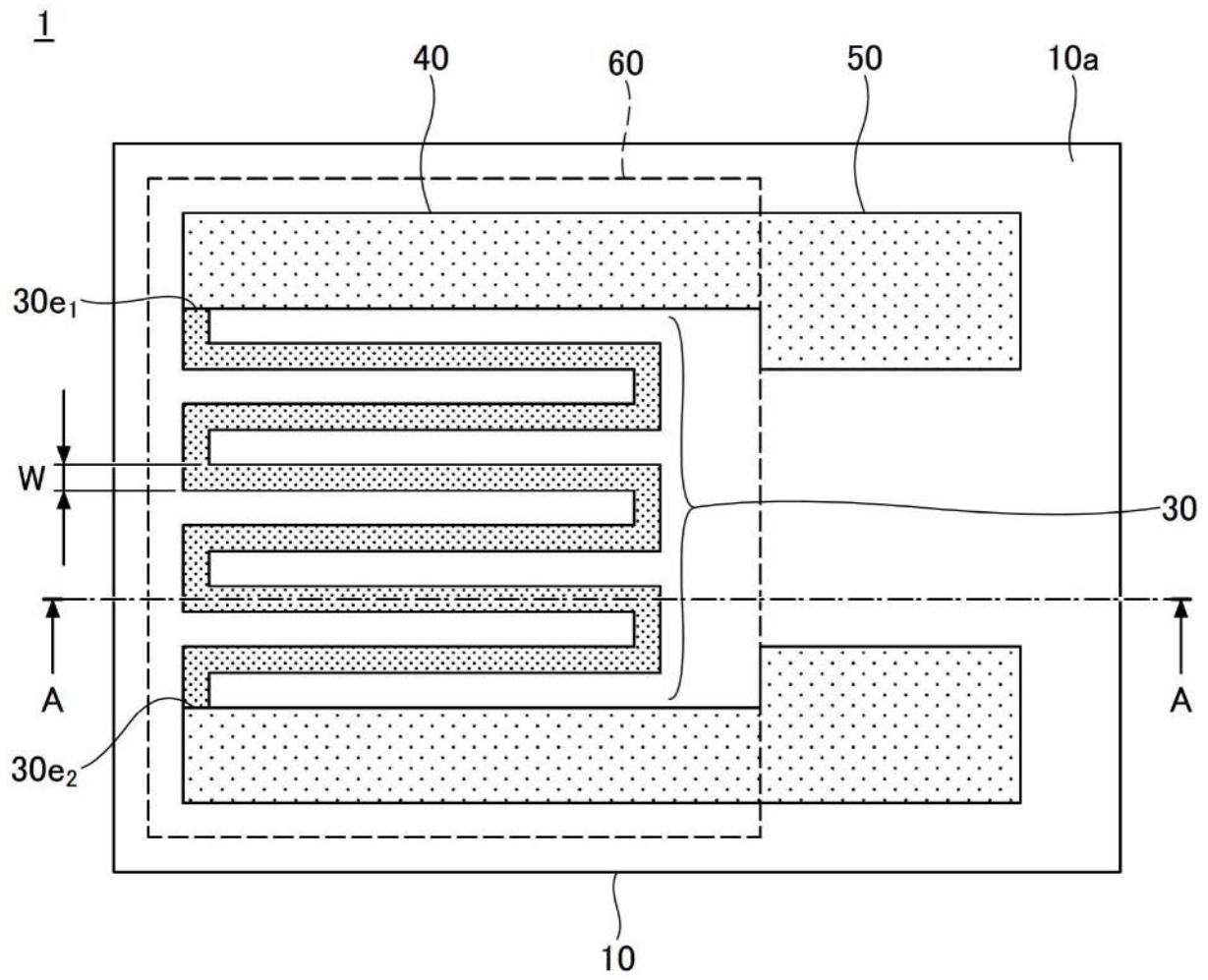


图1

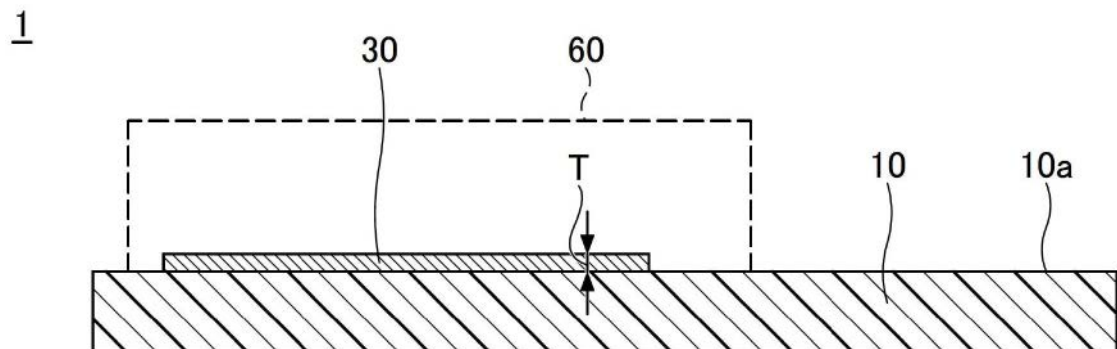


图2

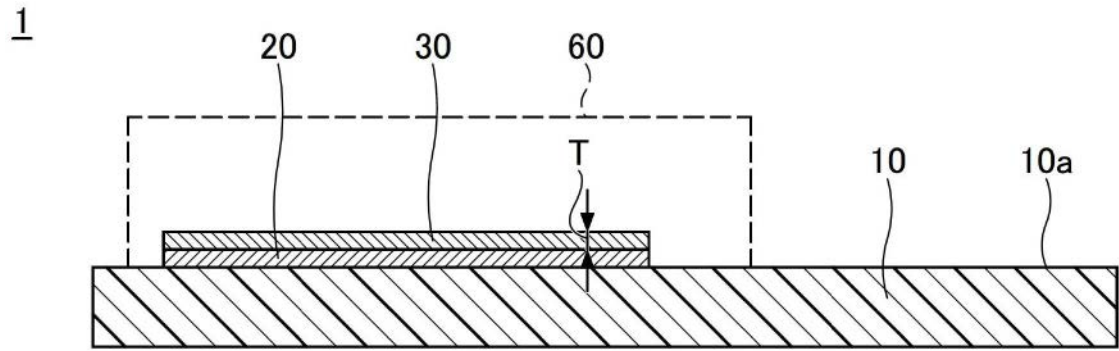


图3

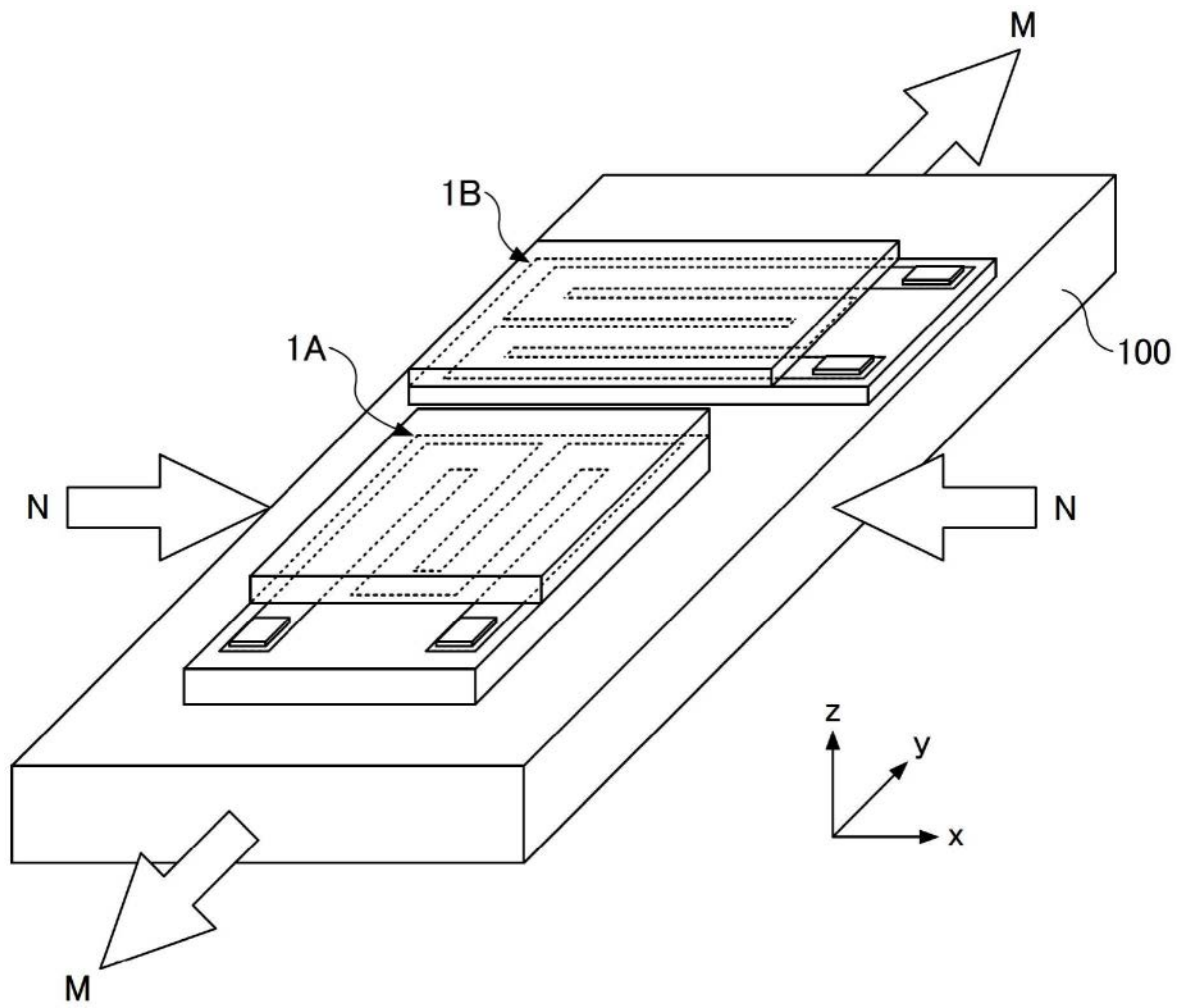


图4

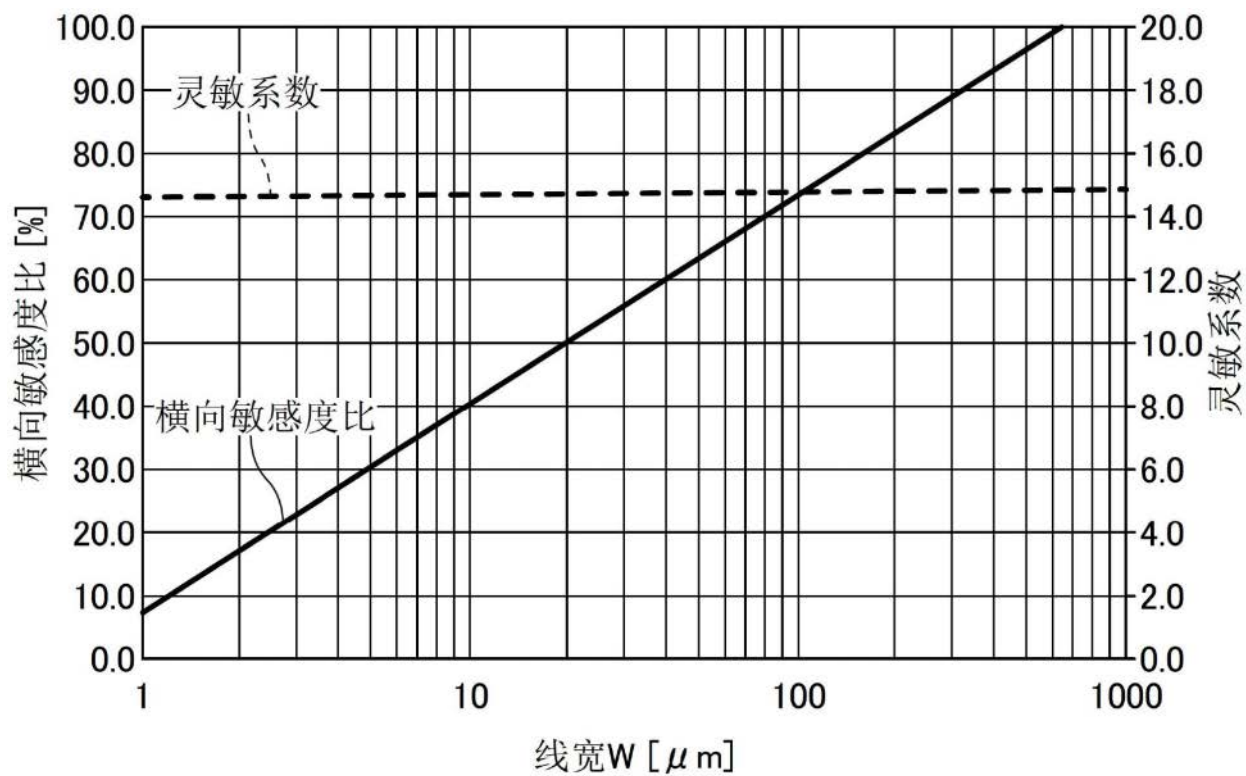


图5

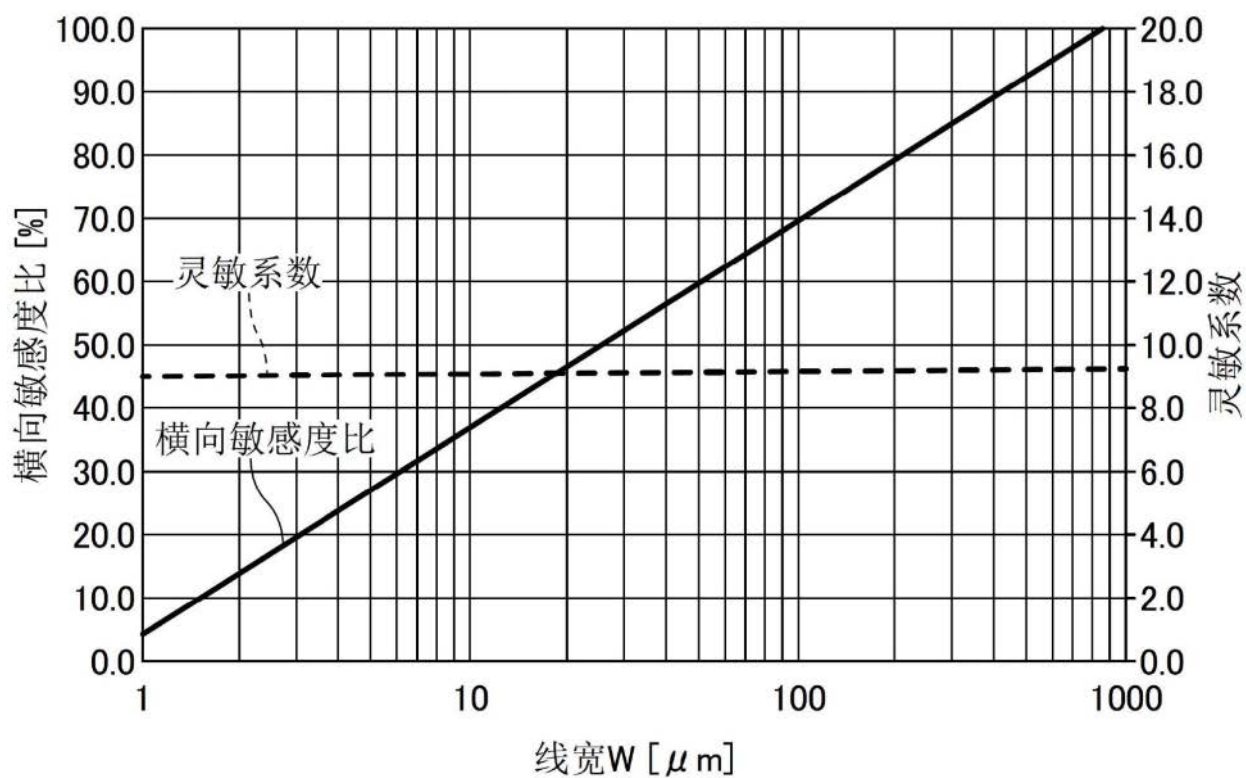


图6

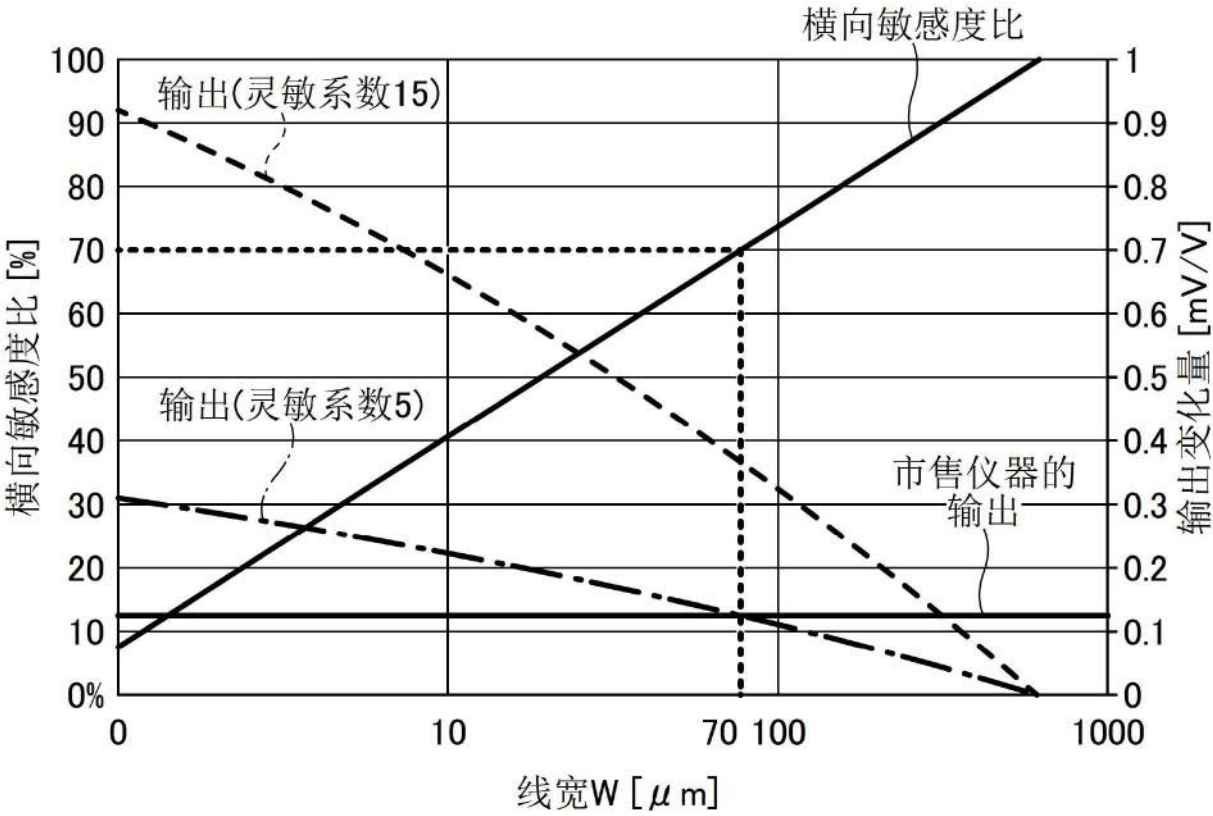


图7

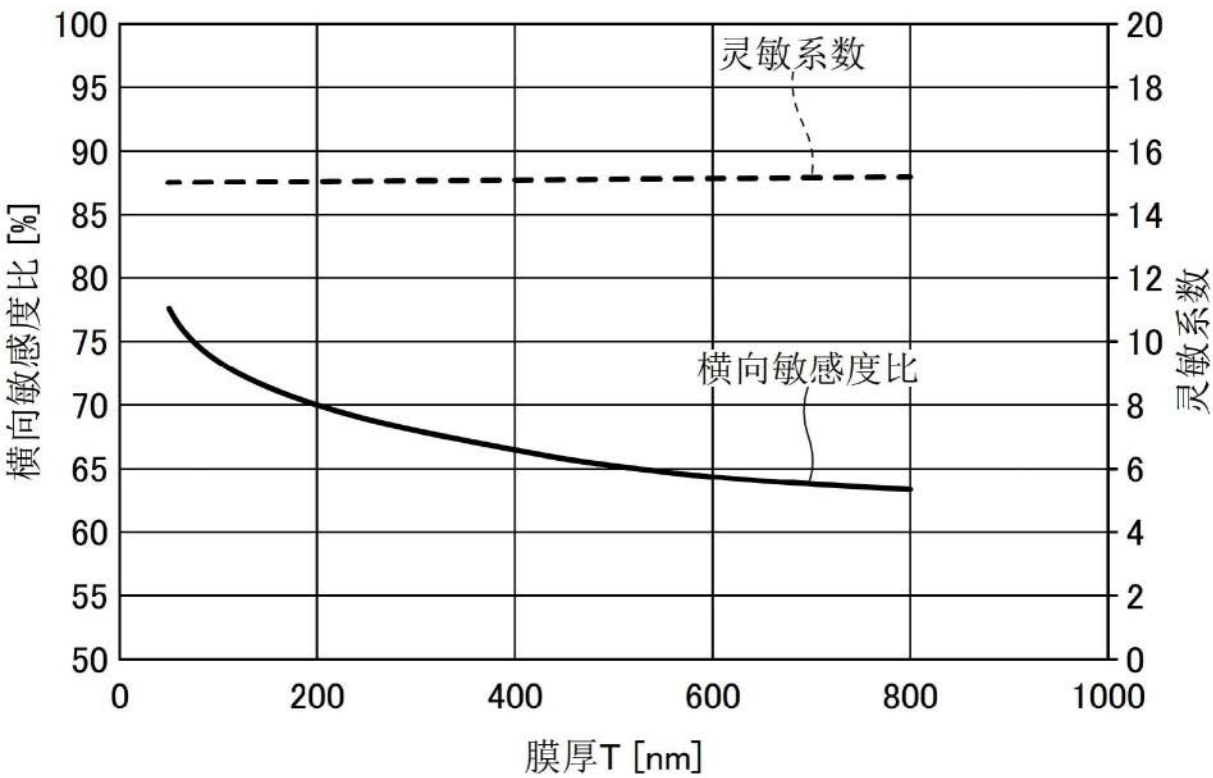


图8

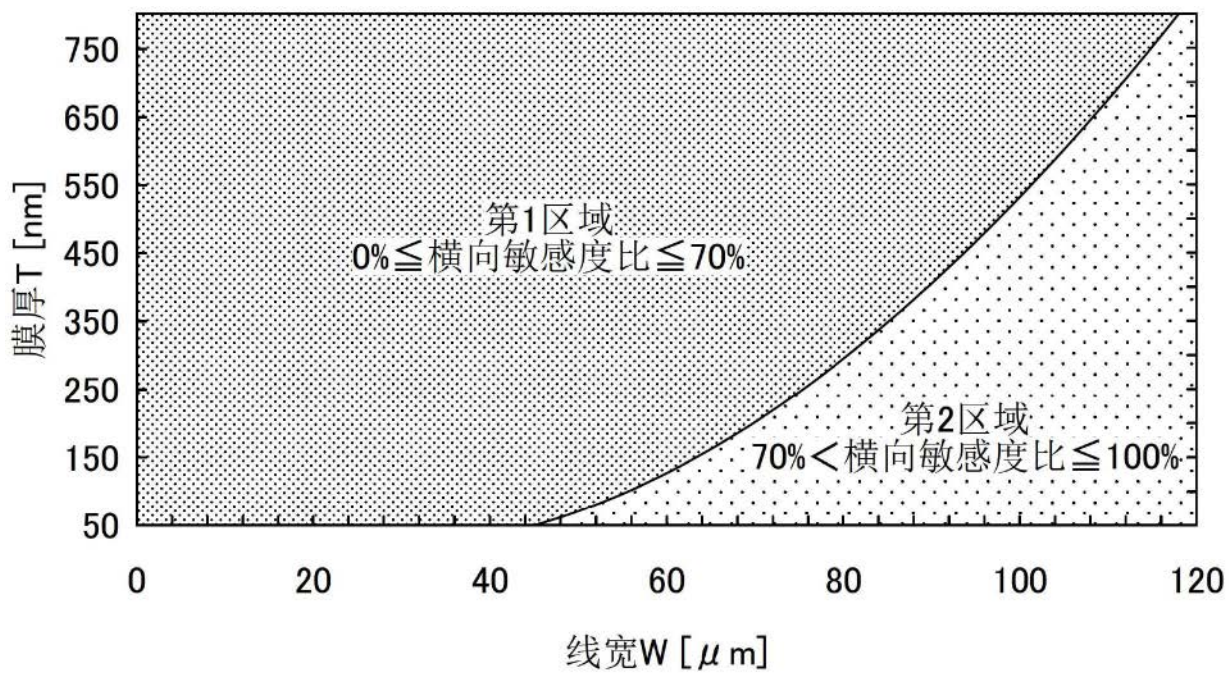


图9

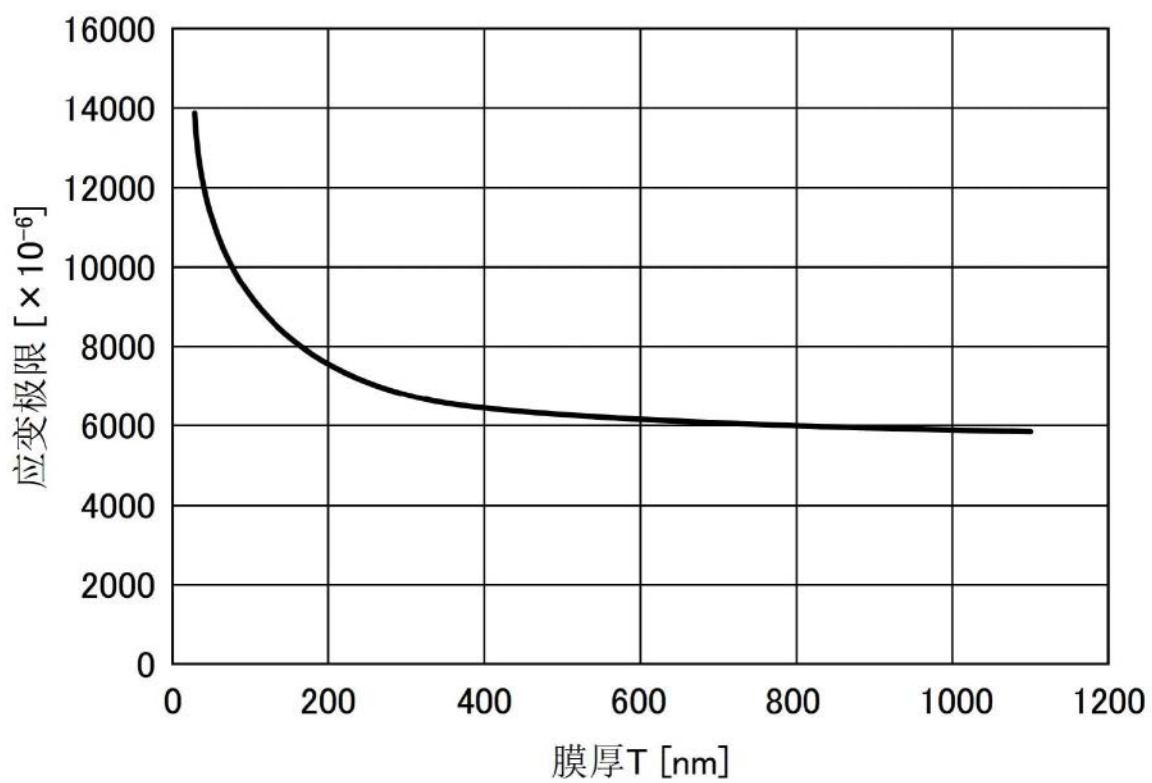


图10