



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101171530 B

(45) 授权公告日 2011.01.05

(21) 申请号 200680015600.9

(22) 申请日 2006.03.03

(30) 优先权数据

062794/2005 2005.03.07 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007.11.07

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2006/304137 2006.03.03

(87) PCT申请的公布数据

W02006/095659 JA 2006.09.14

(73) 专利权人 独立行政法人科学技术振兴机构

地址 日本埼玉县

专利权人 公立大学法人大阪府立大学

(72) 发明人 佐藤和朗 四谷任 石田武和

三木茂人

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 浦柏明 王忠忠

(51) Int. Cl.

G01T 3/04 (2006.01)

H01L 39/00 (2006.01)

G01T 1/26 (2006.01)

审查员 韩德凯

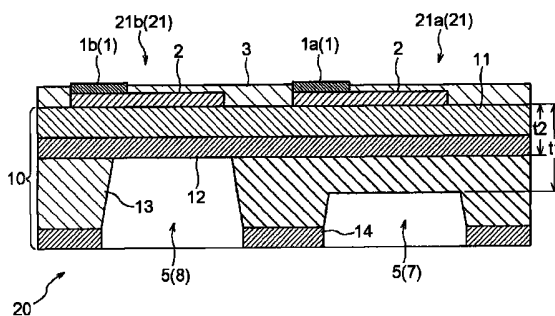
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 8 页

(54) 发明名称

中子检测装置和中子成像传感器

(57) 摘要

本发明提供一种可通过简单的装置结构变更来设定灵敏度和时间分辨能力的中子检测装置。具备多个中子检测元件部,该中子检测元件部具有:超导元件(20),其具有至少一个表面由电介质材料(11)形成的基体材料(10)、在表面上形成的超导材料的带状线(2)、以及在带状线(2)的两端部分形成的电极部(1);电阻测定单元,利用带状线(2)的电阻值的变化来测定因带状线(2)中的超导元素与中子的核反应引起的发热;以及散热设定单元(5),在与形成有带状线(2)的表面相反一侧的基体材料的背面部,设定由核反应引起的发热的散热性,在中子检测元件部之间,使散热性互不相同。



1. 一种中子检测装置,其中,具备多个中子检测元件部,
该中子检测元件部具有:
超导元件,其具有至少一个表面由电介质材料形成的基体材料、在上述表面上形成的超导材料的带状线、以及在上述带状线的两端部分形成的电极部;
电阻测定单元,利用上述带状线的电阻值的变化来测定因上述带状线中的超导元素与中子的核反应引起的发热;以及
散热设定单元,在与形成有上述带状线的上述表面相反一侧的上述基体材料的背面部,设定因上述核反应引起的发热的散热性,
通过上述基体材料的上述背面部厚度的设定,来构成上述散热设定单元,
在上述中子检测元件部之间,使上述散热性不同。
2. 如权利要求 1 所述的中子检测装置,其中,
上述多个中子检测元件部设置在同一上述基体材料上。
3. 如权利要求 1 所述的中子检测装置,其中,
具备 3 个以上的上述中子检测元件部,在上述中子检测元件部之间使上述散热性按 3 个以上的等级呈现不同。
4. 如权利要求 1 所述的中子检测装置,其中,
在上述中子检测元件部之间上述基体材料的上述背面部的厚度互不相同。
5. 如权利要求 1 所述的中子检测装置,其中,
上述电阻测定单元对上述多个中子检测元件部的各元件部独立测定电阻值。
6. 如权利要求 1 所述的中子检测装置,其中,
上述多个中子检测元件部中的一部分是使由上述散热设定单元得到的上述散热性比其它的上述中子检测元件部优良并使时间分辨能力提高的分辨能力优先型的中子检测元件部。
7. 如权利要求 1 所述的中子检测装置,其中,
上述多个中子检测元件部中的一部分是使由上述散热设定单元得到的上述散热性比其它的上述中子检测元件部差并使灵敏度提高的灵敏度优先型的中子检测元件部。
8. 如权利要求 1 所述的中子检测装置,其中,
上述超导材料包含 MgB_2 , 构成为上述带状线中的 ^{10}B 与中子发生核反应。
9. 如权利要求 1 所述的中子检测装置,其中,
上述带状线被成为曲折形状。
10. 一种中子成像传感器,其中,
将多个根据权利要求 1 ~ 9 任一项所述的中子检测元件部排列配置成阵列状。

中子检测装置和中子成像传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及包括多个中子检测元件部的中子检测装置 (neutron detector) 和中子成像传感器 (neutron imaging sensor)。

背景技术

[0002] 以往,进行了利用超导转变温度高的材料的装置的开发。作为超导转变温度高的超导材料,公知有超导转变温度为 39K 的 MgB_2 。而且,例如,以将包含 ^{10}B 作为结构材料的能隙大的 ^{10}B 进行了浓缩的 MgB_2 作为中子检测板,在该检测板上,检测由在中子入射时所发生的 α 射线产生的声子 (例如,参照专利文献 1)。

[0003] 另外,还提出了可采用闪烁体板以二维方式检测中子的中子成像传感器。这样的中子成像传感器包括当中子入射时发光的闪烁体板和面向闪烁体板以二维方式设置的波长移动纤维,从而二维的中子检测成为可能 (例如,参照专利文献 2)。

[0004] 专利文献 1:特开 2003-14861 号公报

[0005] 专利文献 2:特开 2002-71816 号公报

[0006] 现有的中子检测装置是单纯以检测中子为目的的通用的检测装置。因此,该中子检测装置并不是根据各种用途,诸如以检测灵敏度为代价而要求时间分辨能力 (time resolution) 的用途或以时间分辨能力为代价而要求检测灵敏度的用途等而构成的。

[0007] 作为本申请的中子检测装置的用途,例如,往往用中子衍射来分析物质的结构等等。在该用途中,当使用低强度的中子源进行长时间的观测时,要求尽管时间分辨能力低但检测灵敏度高的中子检测装置。另外,当使用高强度的中子源进行短时间的观测时,由于中子源本身为高强度,故要求是时间分辨能力高的中子检测装置,即使其检测灵敏度低亦可。

[0008] 这样,在现有的中子检测装置中,并非针对中子检测的高灵敏度和高时间分辨能力的用途,也不清楚用何种结构能够简单地实现中子检测的高灵敏度和高时间分辨能力。另外,虽然也要求以二维方式进行中子检测,但存在无法以良好的灵敏度和时间分辨能力来实施二维的中子检测的问题。

发明内容

[0009] 本发明是鉴于上述课题而进行的,其目的在于,提供一种可通过简单的装置结构变更来设定 (set) 灵敏度和时间分辨能力的中子检测装置和中子成像传感器。

[0010] 为了达到上述目的的本发明的中子检测装置的特征结构是下述方面:其中,具备多个中子检测元件部,该中子检测元件部具有:超导元件,其具有至少一个表面由电介质材料形成的基体材料、在上述表面上形成的超导材料的带状线 (strip line)、以及在上述带状线的两端部分形成的电极部;电阻测定单元,利用上述带状线的电阻值的变化来测定因上述带状线中的超导元素与中子的核反应引起的发热;以及散热设定单元,在与形成有上述带状线的上述表面相反一侧的上述基体材料的背面部,设定因上述核反应引起的发热的散热性,在上述中子检测元件部之间,使上述散热性互不相同。

[0011] 按照上述特征结构, 散热设定单元以设定因带状线中的超导元素与中子的核反应引起的发热的散热性的方式而被构成。通过用散热设定单元来设定散热性, 从而即使因核反应发生的热量相同, 在带状线附近滞留的热量的大小和滞留时间也不相同。而且, 通过改善散热性, 从而虽然减小了在带状线附近滞留的热量, 但由于热的滞留期间缩短, 故可使带状线中的超导元素与中子的核反应的时间分辨能力提高。另外, 通过使散热性变差, 从而虽然在带状线附近的热滞留期间变长, 但由于滞留的热量增大, 故可提高带状线中的超导元素与中子的核反应的检测灵敏度。

[0012] 进而, 由于在中子检测元件部之间因核反应引起的发热的散热性互不相同, 故可得到兼有因散热性佳而时间分辨能力优越的超导元件和因散热性差而检测灵敏度优越的超导元件的中子检测装置。

[0013] 在此处, 理想情况是, 上述多个中子检测元件部设置在同一上述基体材料上。

[0014] 按照该结构, 通过采用例如硅基板等作为上述基体材料, 从而在同一基体材料上利用半导体制造工艺, 可得到以高密度集成了中子检测元件部的中子检测装置。

[0015] 另外, 也可以是具备 3 个以上的上述中子检测元件部、在上述中子检测元件部之间使上述散热性按 3 个以上等级呈现不同的结构。

[0016] 按照该结构, 能够以 3 个以上等级的时间分辨能力和检测灵敏度进行中子的检测。因此, 即使是检测对象的中子的量和强度发生种种变化的情形, 也可用单一的装置恰当地进行中子的检测。

[0017] 另外, 理想情况是, 通过上述基体材料的上述背面部的厚度的设定, 来构成上述散热设定单元。

[0018] 按照该结构, 例如在用半导体制造工艺来制造中子检测元件部时, 通过设定对上述基体材料的背面部进行刻蚀的深度, 能够比较容易地形成上述散热设定单元。

[0019] 另外, 理想情况是, 在上述中子检测元件部之间上述基体材料的上述背面部的厚度互不相同的结构。

[0020] 进而, 理想情况是, 上述电阻测定单元对上述多个中子检测元件部的各元件部独立 (individual) 测定电阻值的结构。

[0021] 另外, 理想情况是, 上述多个中子检测元件部中的一部分是使由上述散热设定单元得到的上述散热性比其它的上述中子检测元件部优良并使时间分辨能力提高的分辨能力优先型的中子检测元件部的结构。

[0022] 另外, 理想情况是, 上述多个中子检测元件部中的一部分是使由上述散热设定单元得到的上述散热性比其它的上述中子检测元件部差并使灵敏度提高的灵敏度优先型的中子检测元件部的结构。

[0023] 按照这些结构, 可得到兼有时间分辨能力优越的超导元件和检测灵敏度优越的超导元件的中子检测装置。因此, 即使是检测对象的中子的量和强度发生变化的情形, 也可用单一的装置恰当地进行中子的检测。

[0024] 另外, 理想情况是, 上述超导材料包含 MgB_2 , 上述带状线中的 ^{10}B 与中子发生核反应。

[0025] 按照该结构, 由于构成带状线的超导材料包含在高温下呈现超导转变温度的 MgB_2 , 故具有无需使用于冷却带状线的冷却装置为大规模装置的优点。

[0026] 另外,理想情况是,上述带状线被形成为曲折 (meandering) 形状。

[0027] 按照该结构,由于带状线被形成为曲折形状,故宽度窄的带状线被形成为面状。其结果是,可提高构成带状线的超导材料与中子进行核反应的几率。

[0028] 为了达到上述目的的本发明的中子成像传感器的特征结构在于,将具备上述结构的多个中子检测元件部排列配置成阵列状。

[0029] 按照该特征结构,由于中子检测元件部以二维方式被排列配置成阵列状,故在很宽的二维范围内,能够以高的检测灵敏度和高的时间分辨能力来检测中子。

附图说明

[0030] 图 1 是中子检测元件部的概略立体图。

[0031] 图 2 是沿图 1 的线段 A-A 的纵剖面图。

[0032] 图 3 是表示带状线中的温度与电阻值的关系的图。

[0033] 图 4 是说明超导元件的制造工序的图。

[0034] 图 5 是说明超导元件的制造工序的图。

[0035] 图 6 是说明超导元件的制造工序的图。

[0036] 图 7 是说明超导元件的制造工序的图。

[0037] 图 8 是说明超导元件的制造工序的图。

[0038] 图 9 是说明超导元件的制造工序的图。

[0039] 图 10 是说明超导元件的制造工序的图。

[0040] 图 11 是说明中子检测元件部的工作例的曲线图。

[0041] 图 12 是表示基体材料的背面部的厚度与输出信号的衰减期间的关系的曲线图。

[0042] 图 13 是表示基体材料的背面部的厚度与输出信号峰值电压的关系的曲线图。

[0043] 图 14 是中子检测装置的纵剖面图。

[0044] 图 15 是中子成像传感器的示意图。

[0045] 图 16 是中子成像传感器中的中子检测元件部的配置说明图。

[0046] 附图标记说明

[0047] 1 电极部

[0048] 2 带状线

[0049] 5 散热设定单元

[0050] 10 基体材料

[0051] 11 SiN 层 (电介质材料)

[0052] 16 电流部 (电阻测定单元)

[0053] 17 电压部 (电阻测定单元)

[0054] 18 信号处理部 (电阻测定单元)

[0055] 20 超导元件

[0056] 30 中子成像传感器

具体实施方式

[0057] 本申请的中子检测装置具备多个中子检测元件部 21。因而,首先从单个中子检测

元件部 21 的结构进行说明。

[0058] 图 1 所示的是具有超导元件 20 的中子检测元件部 21 的概略图,图 2 所示的是沿图 1 的线段 A-A 的纵剖面图。

[0059] 如图 1 和图 2 所示,超导元件 20 具有:至少一个表面由电介质材料形成的基体材料 10、在该表面上形成的包含 MgB_2 的超导材料的带状线 2 和在该带状线 2 的两端部分形成的电极部 1。而且,当带状线 2 中的 ^{10}B 与中子进行核反应,则由于该核反应引起的发热使上述带状线 2 出现电阻值的变化。当电流部 16 在将带状线 2 冷却到超导转变温度 T_c 附近或其以下的温度的状态下在上述电极部 1 间流过电流,通过电压部 17 测定带状线 2 的电位差,从而带状线 2 的电阻值的变化由信号处理部 18 导出。或者,当电压部 17 在将上述带状线 2 冷却到超导转变温度 T_c 附近或其以下的温度的状态下在上述电极部 1 间施加恒定电压,通过电流部 16 测定带状线 2 的电流,从而带状线 2 的电阻值的变化由信号处理部 18 导出。因而,电流部 16、电压部 17 和信号处理部 18 具有作为电阻测定单元的功能。

[0060] 图 3 所示的是表示形成带状线 2 之前的 MgB_2 的温度与电阻值的关系的图。

[0061] 带状线 2 的超导材料在超导转变温度 T_c 以下时电阻大致为零,当受到热能的影响温度上升 ΔT_c 、达到超导转变温度 T_c 以上,则产生电阻 R_N 。另外,当将带状线 2 的超导材料冷却到超导转变温度 T_c 以下,则电阻再次大致为零。例如,在将带状线 2 冷却到超导转变温度 T_c 以下的状态下,在因带状线 2 中的 ^{10}B 与中子进行核反应而发热时,就会产生电阻,直至带状线 2 再次达到超导转变温度 T_c 以下为止。也就是说,通过测定带状线 2 的电阻值,可检测带状线 2 中的 ^{10}B 与中子是否进行了核反应。换言之,通过测定带状线 2 的电阻值,可进行中子的检测。

[0062] 另外,如图 2 所示,在该超导元件 20 中,在与形成有带状线 2 的表面相反一侧的基体材料 10 的背面部,设置设定因上述核反应引起的发热的散热性的散热设定单元 5。如图 3 所示,从带状线 2 中的温度与电阻值的关系可知,如因带状线 2 中的核反应而发热,则带状线 2 的温度上升,从而电阻值上升。然后,如因核反应所发出的热散去,则带状线 2 的温度降低,从而电阻值减少。也就是说,如用散热设定单元 5 进行设定,使带状线 2 中所产生的热的散热性得到改善,则因核反应所发出的热快速散去,于是带状线 2 的温度也快速降低,所以中子检测的时间分辨能力得到提高。另外,如用散热设定单元 5 进行设定,使带状线 2 中所产生的热的散热性变差,则因核反应所发出的热局部滞留,于是带状线 2 的温度也易于长时间上升,所以中子检测的灵敏度得到提高。

[0063] 接着,参照图 4 至图 10,说明在图 1 和图 2 中所例示的超导元件 20 的制造工序。

[0064] 图 4 所示的是形成超导元件 20 的基体材料 10 的结构。该基体材料 10 是在用 SiO_2 层 12、14(厚度 300nm)夹持了 Si 层 13(厚度 400 μm) 的两面的结构上将 SiN 层(厚度 1 μm)成膜后的产物。因而, SiO_2 层 12 和 SiN 层 11 的层叠结构具有使带状线 2 的热在下方通过而散去的作为隔膜层的作用。

[0065] 接着,如图 5 所示,在上述 SiN 层 11 上,使作为超导材料的 MgB_2 层(厚度 170nm)成膜。通过溅射形成该 MgB_2 层,主要含 ^{10}B 。该 MgB_2 层的一部分成为带状线 2。然后,如图 6 所示,对 MgB_2 层进行刻蚀,使之成为图 1 所示的曲折形状。此时,通过用电子束对 MgB_2 层上所形成的抗蚀剂进行描绘,用 ECR 等离子体进行刻蚀,得到图 1 所示的线宽和线间隔约为 1 μm 的曲折形状。接着,如图 7 所示,形成用于保护 MgB_2 层的保护层 (SiO_3)。之所以形成

该保护层 3,是因为可防止构成带状线 2 的超导材料在常温的空气中自然氧化而使超导特性差的缘故。其后,为了制作图 1 所示的电极部 1,对保护层 3 部分地进行刻蚀,使 MgB_2 层露出。然后,通过在 MgB_2 层的露出部分淀积电极材料,得到图 8 所示的结构。

[0066] 如上所述,在构成中子检测元件部 21 的超导元件 20 中,制作检测中子一侧即基体材料 10 的表面侧的结构。

[0067] 接着,参照图 2、图 9 和图 10,说明基体材料 10 的背面部的结构。如上所述,在与形成有带状线 2 的表面相反一侧的基体材料 10 的背面部,设置设定因带状线 2 中的超导元素与中子的核反应引起的发热的散热性的散热设定单元 5。图 9 示出了在图 8 所示的结构表面侧和背面侧涂敷了抗蚀剂层 15 后,除去在背面部所涂敷的抗蚀剂层 15 的一部分而形成了掩模的状态。此时,之所以也在表面侧涂敷抗蚀剂层 15,是因为在以后的刻蚀工序中可使在基体材料 10 的表面侧所形成的保护层 3、电极部 1、带状线 2 免受损伤的缘故。

[0068] 图 10 所示的是通过刻蚀除去了图 9 所示的背面部的 SiO_2 层 14 的一部分的结构。该刻蚀工序可利用反应性离子刻蚀 (RIE:Reactive IonEtching) 等干法刻蚀或使用了 BHF 溶液的湿法刻蚀进行。其后,如图 9 所示,采取使用了 EDP(乙二胺邻苯二酚)的各向异性湿法刻蚀以除去空出了窗部分的 Si 层 13。其结果是,在图 2 所示的基体材料 10 的背面部形成除去了 Si 层 13 的凹部。此时,通过刻蚀除去 Si 层 13 的范围与在基体材料 10 的表面侧形成了曲折形状的带状线 2 的范围相对应。

[0069] 如上所述,可形成图 1 和图 2 所示的超导元件 20。

[0070] 接着,说明具备上述超导元件 20 的中子检测元件部 21 的特性。

[0071] 如图 1 所示,在电极部 1 之间,连接能够使电流流到带状线 2 的电流源或可用作能够测定所流过的电流的电流计的电流部 16、与能够对带状线 2 施加电压的电压源或可用作能够测定所生成的电位差的电压计的电压部 17。另外,设置可根据用电流部 16 和电压部 17 所得到的电流值和电位差来导出带状线 2 的电阻值的电阻测定单元。从而,电阻测定单元可用电流部 16、电压部 17 和信号处理部 18 实现。

[0072] 在后面将要述及的本发明的中子检测装置中,通过设定刻蚀深度,可适当地变更中子检测元件部 21 的基体材料 10 的背面部的厚度,即在本例中是通过刻蚀 Si 层 13 所设定的 SiN 层 11、 SiO_2 层 12 和 Si 层 13(其中, Si 层 13 的厚度也可定为零)的厚度。而且,通过改变 Si 层 13 的厚度,可使因带状线 2 中的核反应引起的发热的散热性发生变化。在此处,通过基体材料 10 的背面部的厚度(图 14 中的 t_1 和 t_2)的设定来构成散热设定单元 5。而且,通过增厚基体材料 10 的背面部,可改善上述散热性;通过减薄基体材料 10 的背面部,可使上述散热性差。即,当增厚基体材料 10 的背面部,则被该背面部夺取的带状线附近的热量增多。其结果是,在因核反应而产生的热量之中,虽然在带状线附近滞留的热量减少,但可缩短热的滞留时间,改善散热性。由此,可使带状线中的超导元素与中子的核反应的时间分辨能力提高。另一方面,当减薄基体材料 10 的背面部,则被该背面部夺取的带状线附近的热量减少。其结果是,在因核反应而产生的热量之中,虽然在带状线附近的热滞留期间延长,散热性差,但可增大所滞留的热量。由此,可提高带状线中的超导元素与中子的核反应的检测灵敏度。

[0073] 图 11 所示的是说明中子检测元件部 21 的工作例的曲线图。具体地说,是在电流部 16 中一边流过恒定电流一边用电压部 17 测定电压(电位差)的结果,特性 A 是改善了

散热设定单元 5 的散热性时的结果,以及特性 B 是使散热设定单元 5 的散热性差时的结果。具体地说,对于相当于图 14 中的用 t_1 或 t_2 所示的部分的基体材料 10 的背面部的厚度,特性 A 是使该厚度为 $380[\mu\text{m}]$ 时的结果,特性 B 是使该厚度为 $100[\mu\text{m}]$ 时的结果。从图 11 可知,在特性 A 中,虽然所检测的电压的绝对值减小,但检测电压的期间却缩短,从而可以说时间分辨能力得到提高。另外,在特性 B 中,虽然检测电压的期间延长,但所检测的电压的绝对值却增大,从而可以说检测灵敏度得到提高。

[0074] 另外,图 12 是表示基体材料 10 的背面部的厚度与输出信号的衰减期间的关系的曲线图。另外,图 13 是表示基体材料 10 的背面部的厚度与输出信号峰值电压的关系的曲线图。如这些曲线图所示,可知基体材料 10 的背面部的厚度越厚,输出信号的衰减时间就越短,从而呈现时间分辨能力优越的特性。另一方面,可知基体材料 10 的背面部的厚度越薄,输出信号的峰值电压就越大,从而呈现检测灵敏度优越的特性。再有,在这些曲线图中,2 个黑圆点为实测值,虚线表示这些关系的推测值。

[0075] 图 14 所示的中子检测装置在同一基体材料 10 上具备与上述装置有同样结构的 2 个中子检测元件部 21a、21b。而且,在这些中子检测元件部 21a、21b 间,由于基体材料 10 的背面部的厚度互不相同,故使因带状线 2 中的核反应引起的发热的散热性互不相同。具体地说,在图 14 中,右侧的中子检测元件部 21a 的基体材料 10 的背面部的厚度 t_1 比左侧的中子检测元件部 21b 的基体材料 10 的背面部的厚度 t_2 厚 ($t_1 > t_2$)。由此,右侧的中子检测元件部 21a 成为由散热设定单元 5 得到的散热性比左侧的中子检测元件部 21b 良好且时间分辨能力得到提高的分辨能力优先型的中子检测元件部 21。即,该右侧的中子检测元件部 21a 的散热设定单元 5 具有作为按照基体材料 10 的背面部的厚度 t_1 的设定而设定时间分辨能力的时间分辨能力设定部 7 的功能。另一方面,左侧的中子检测元件部 21b 被构成为其基体材料 10 的背面部的厚度 t_2 比右侧的中子检测元件部 21a 的基体材料 10 的背面部的厚度 t_1 薄。由此,左侧的中子检测元件部 21b 成为由散热设定单元 5 得到的散热性比右侧的中子检测元件部 21a 差且使灵敏度得到提高的灵敏度优先型的中子检测元件部 21。即,该左侧的中子检测元件部 21b 的散热设定单元 5 具有作为通过基体材料 10 的背面部的厚度 t_2 的设定而设定灵敏度的灵敏度设定部 8 的功能。再有,这 2 个中子检测元件部 21a、21b 除基体材料 10 的背面部的厚度 t_1 、 t_2 以外的结构互相相同。

[0076] 通过形成为图 14 所示的结构,中子检测装置可进行由分辨能力优先型的中子检测元件部 21a 得到的时间分辨能力优越的中子检测、以及由灵敏度优先型的中子检测元件部 21b 得到的检测灵敏度优越的中子检测这两方面。

[0077] 图 15 所示的是将多个上述中子检测元件部 21 排列配置成二维阵列状的中子成像传感器 30 的概略图。该中子成像传感器 30 由多个中子检测元件部 21 以及垂直传送用 CCD22 和水平传送用 CCD23 构成。多个中子检测元件部 21 在使因带状线 2 中的核反应引起的发热的散热性发生变化时输出因电阻变化而产生的电流信号或电压信号。垂直传送用 CCD22 和水平传送用 CCD23 传送这些信号。如图 14 所示,在多个中子检测元件部 21 间,其散热性互不相同。各中子检测元件部 21 的结构与图 1 所示的结构相同。因此,电流部 16、电压部 17 和信号处理部 18 是被独立地设置在多个中子检测元件部 21 的各个上以测定其电阻值的结构。而且,信号处理部 18 用噪声滤波器、放大器等检测电流信号或电压信号,当检测出电流信号或电压信号,则在一定时间的期间输出恒定的电流,而不管该信号强度如

何。由此,电荷被蓄积在垂直传送用 CCD22 中。或者,信号处理部 18 通过噪声滤波器检测电流信号或电压信号,并将其放大至一定的信号强度,在一定时间的期间输出恒定的电流,而不管该信号强度如何。由此,电荷被蓄积在垂直传送用 CCD22 中。而且,被蓄积在垂直传送用 CCD22 中的电荷被传送到水平传送用 CCD23,最终作为表示二维图像的数据被输出。其结果是,二维的中子检测成为可能。再有,理想情况是,构成该中子成像传感器 30 的多个中子检测元件部 21、垂直传送用 CCD22 和水平传送用 CCD23 采取被设置在同一基体材料 10 上的结构。

[0078] 图 16 所示的是将多个上述中子检测元件部 21 排列配置成二维阵列状的中子成像传感器 30 的说明图,其中,示出了在中子检测元件部 21 间使其散热性按 4 个等级 (level) 呈现不同的情况下的配置。在图中,作出不同模样阴影线的中子检测元件部 21 具有不同的散热性。因此,该中子成像传感器 30 能够以 4 个等级的时间分辨能力和检测灵敏度进行中子的检测。在本例中,以配置成 2 行 2 列的 4 个散热性不同的中子检测元件部 21 为一组检测单元 24,按二维配置多组检测单元 24,构成中子成像传感器 30。再有,在中子检测元件部 21 间使其散热性按多个等级呈现不同而构成的情况下,也有可能将该散热性定为 2 个等级或 3 个等级,或者定为 5 个等级以上。在这些情况下,关于各等级的中子检测元件部 21 的配置,具有相同等级的散热性的中子检测元件部 21 彼此之间最好不要局部化配置。

[0079] <其它实施方式>

[0080] <1>

[0081] 在上述实施方式中,图示的超导元件的材料、形状、尺寸、电极部 10 的配置等也可改变。例如,在上述实施方式中,形成了包含作为超导材料的 MgB_2 的带状线 2,但也可在 Nb、NbN 等超导材料上或超导材料下形成蒸镀了含 ^{10}B 薄膜的化合物薄膜的曲折形状的带状线。另外,在上述实施方式中,示出了作为超导材料包含 MgB_2 、上述带状线 2 中的 ^{10}B 与中子进行核反应的例子,但也可以是这二个组合以外的组合。

[0082] 此外,也可变更位于带状线 2 的下方的构成基体材料 10 的各层的厚度和构成基体材料 10 的层数等。另外,将带状线 2 描绘成图 1 所示的曲折形状,但也可改变成只是直线之类的其它形状。

[0083] <2>

[0084] 在上述实施方式中,如图 2 和图 14 所示,按照因刻蚀 Si 层 13 而形成的凹部的深度的设定,实现了散热设定单元,但也可用其它的结构来实现。例如,通过在因刻蚀形成的凹部淀积导热性好或差的物质等等而进行埋入,从而也可设定因带状线 2 中的核反应引起的发热的散热性。

[0085] <3>

[0086] 在上述实施方式中,说明了使带状线 2 的热通过下方而散去的隔膜层由 SiO_2 层 12 和 SiN 层 11 的层叠结构形成的例子,但隔膜层的结构并不限于于此。例如,在 Si 层 13 上可形成对 SiO_2 层 12 或 SiN 层 11 成膜后的单层结构的隔膜层,也可在其上形成带状线 2。或者,也可将隔膜层形成为 3 层以上的多层结构。

[0087] 另外,构成隔膜层的材料也可以是上述 SiO_2 和 SiN 以外的材料。

[0088] 工业上的可利用性

[0089] 本发明的中子检测装置和中子成像传感器可在例如原子反应堆内的中子检测及

应用了中子衍射的物质的结构分析中得到应用。

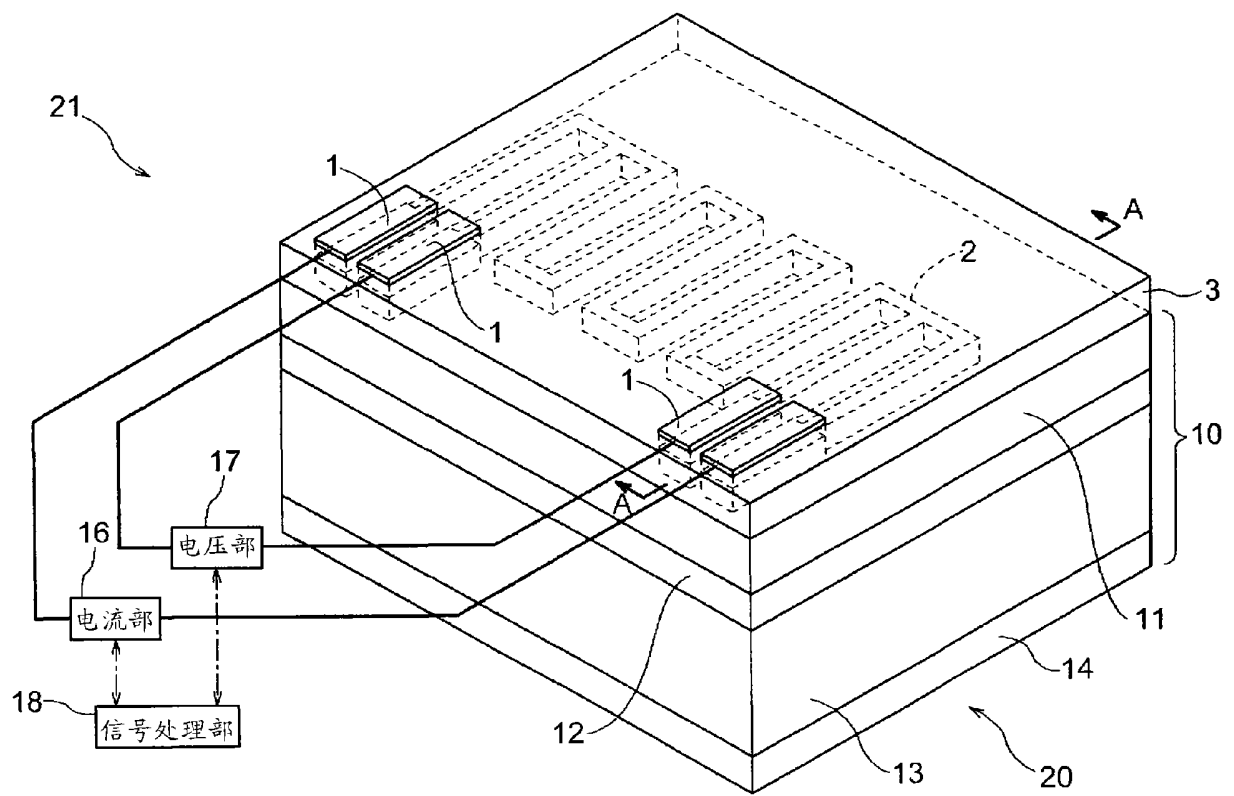


图 1

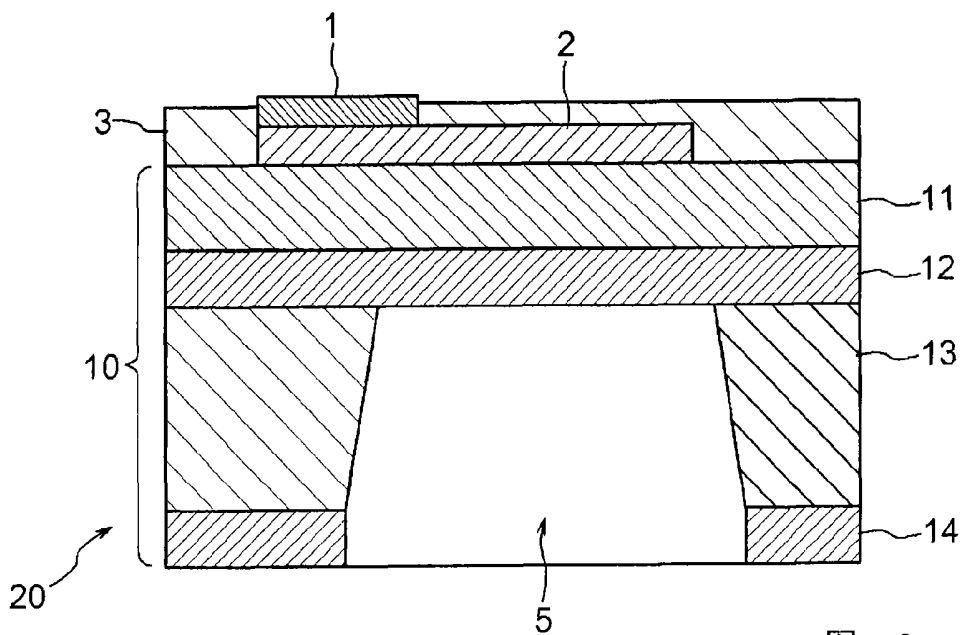


图 2

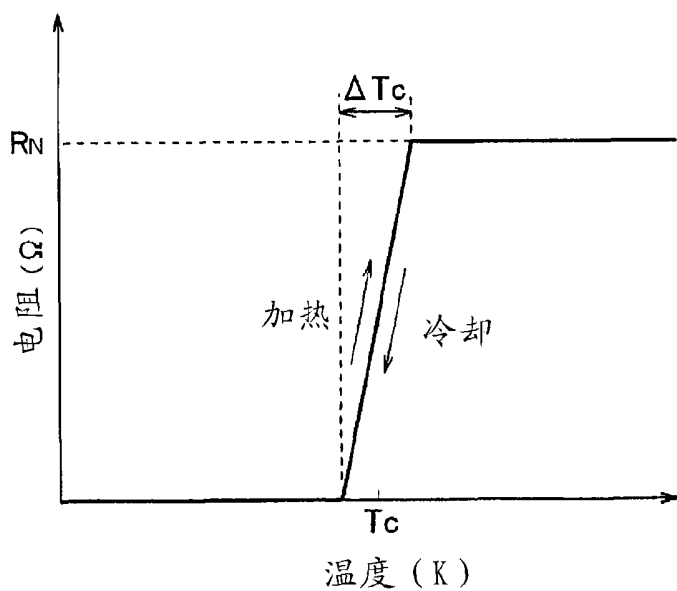


图 3

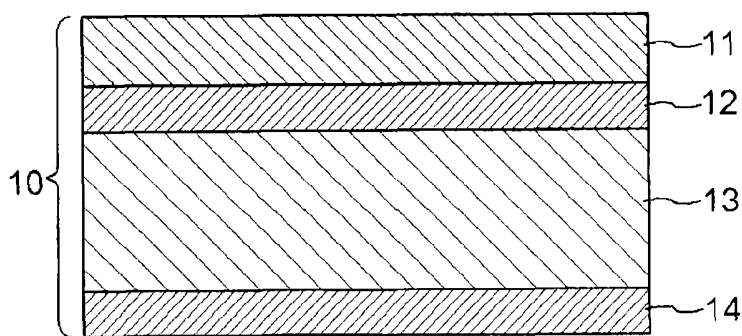


图 4

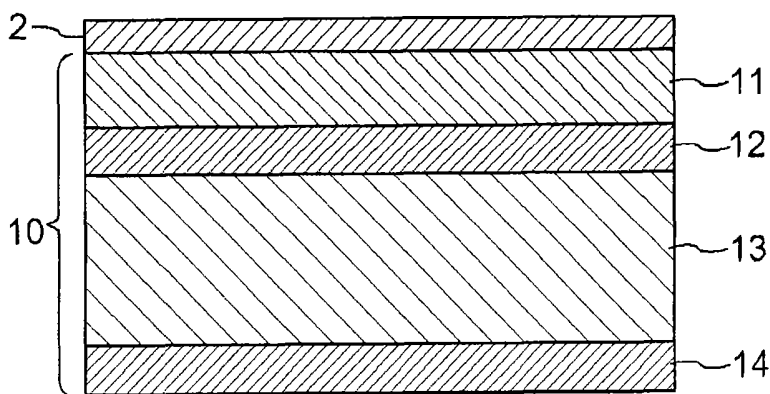


图 5

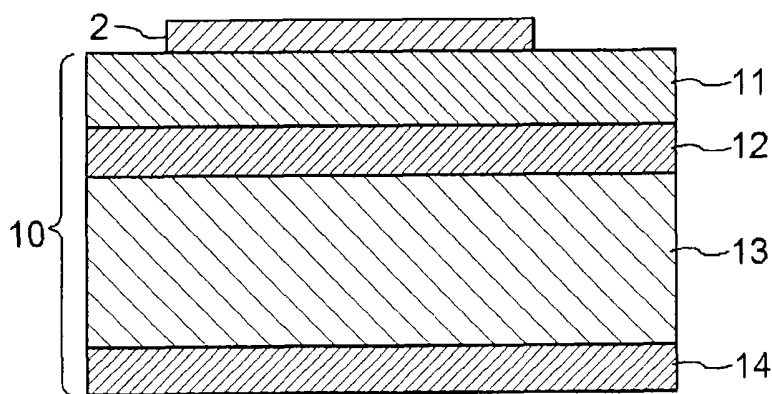


图 6

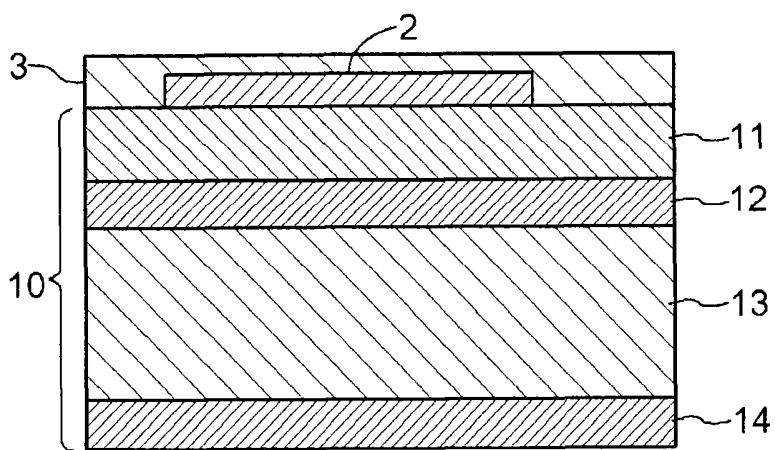


图 7

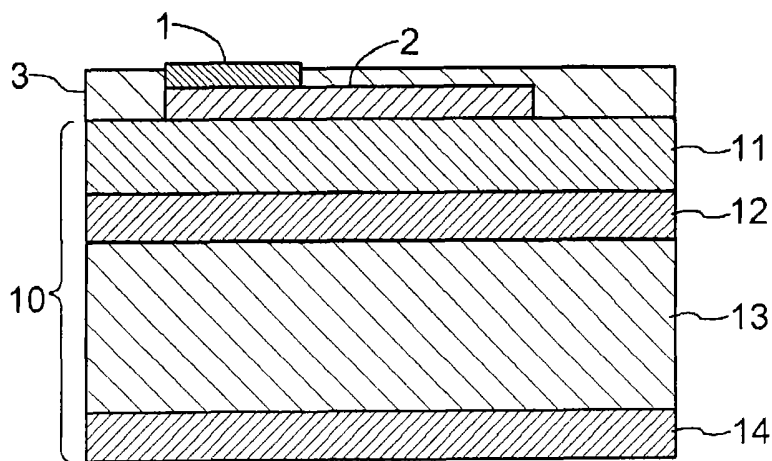


图 8

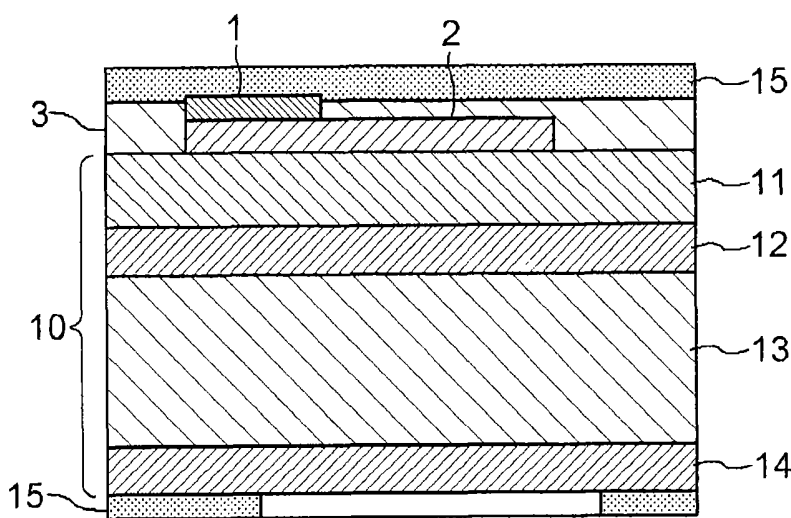


图 9

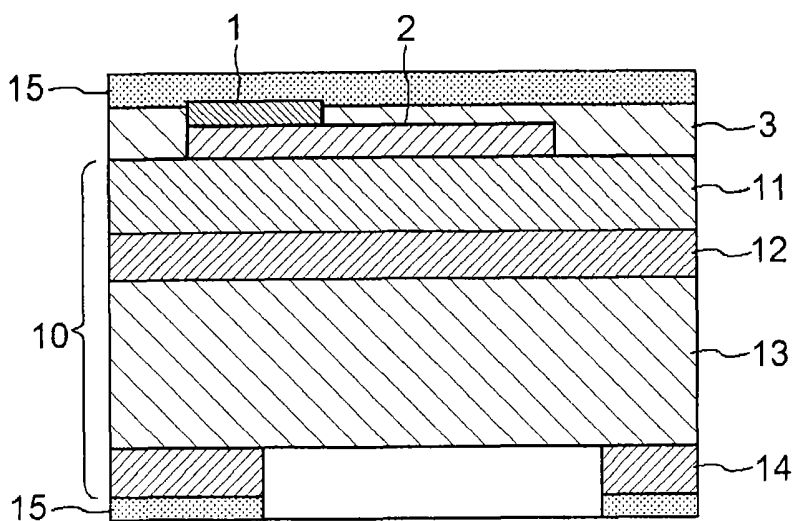


图 10

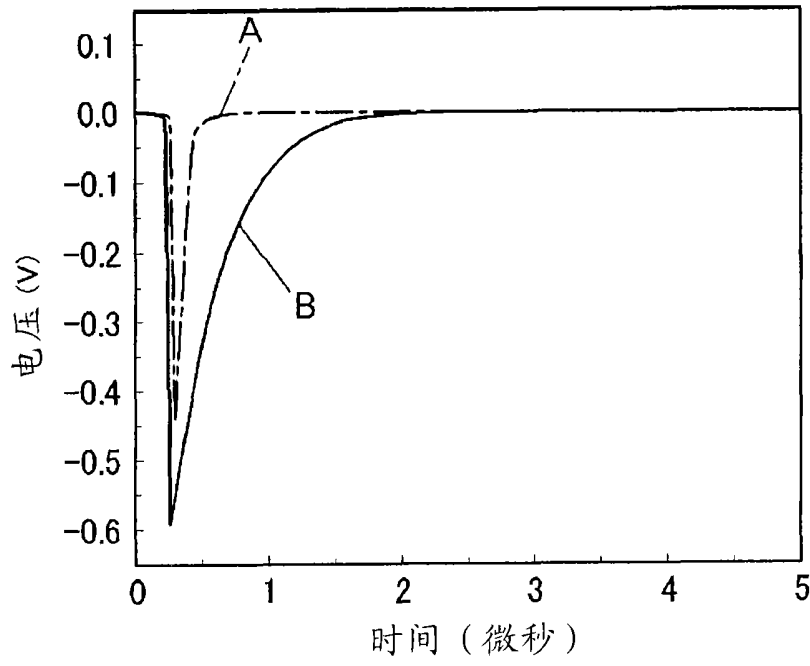


图 11

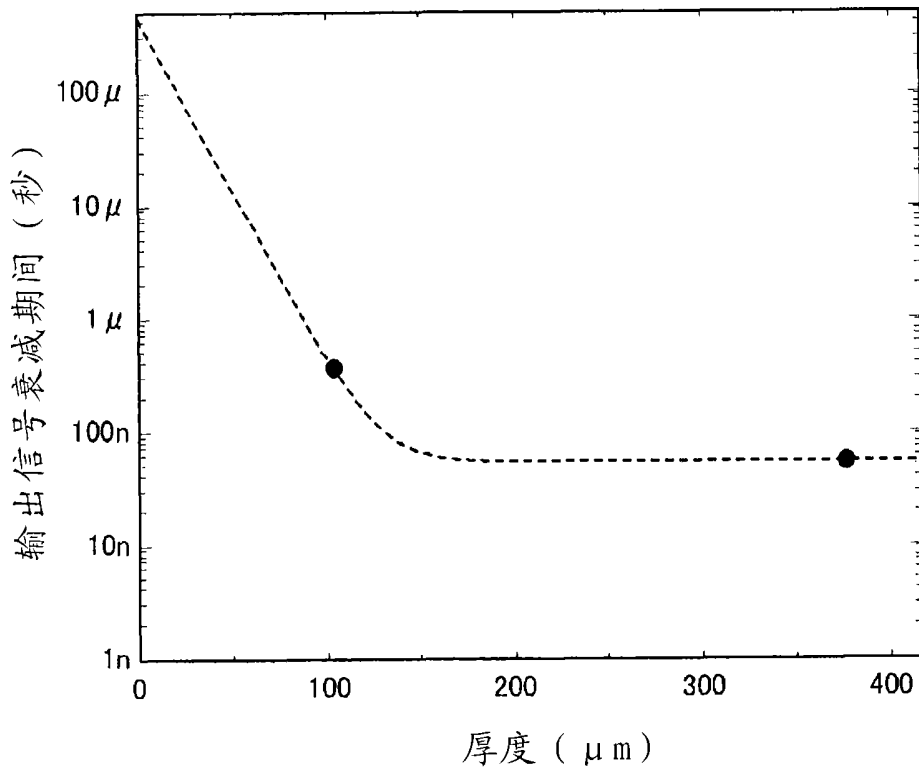


图 12

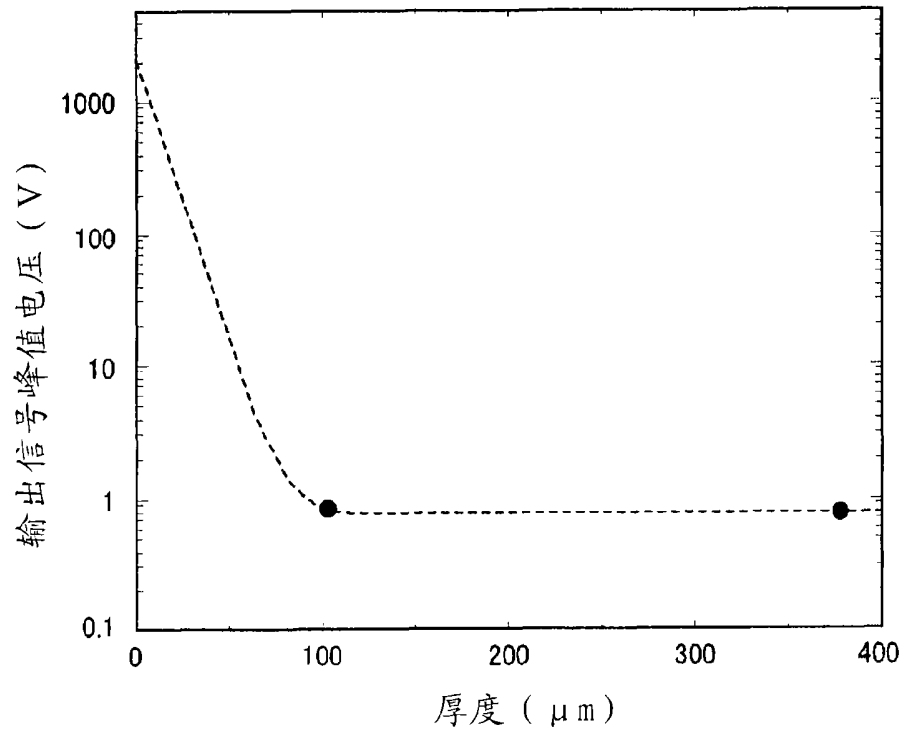


图 13

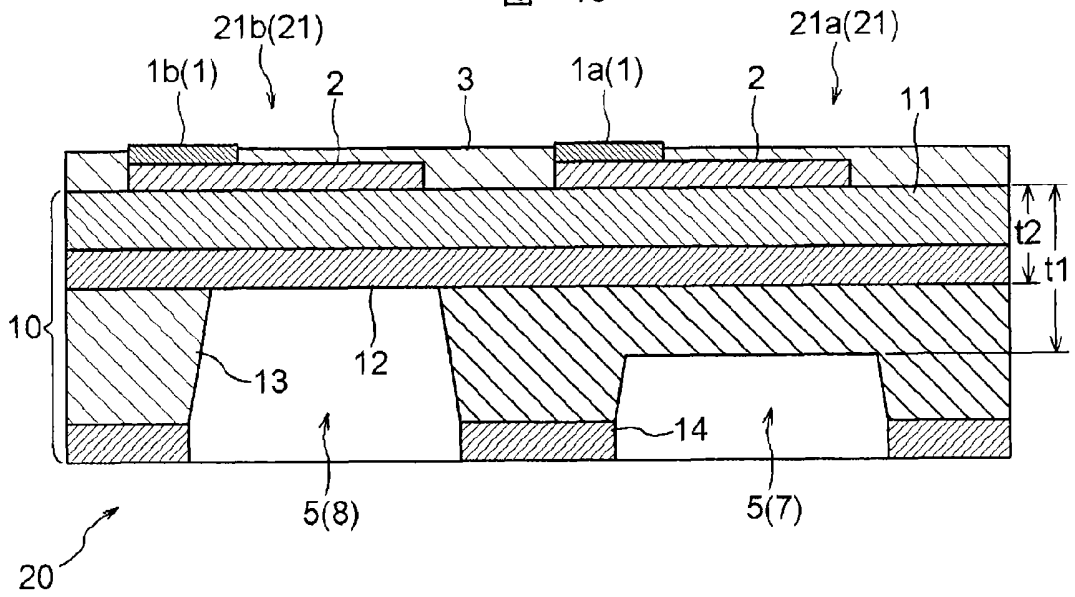


图 14

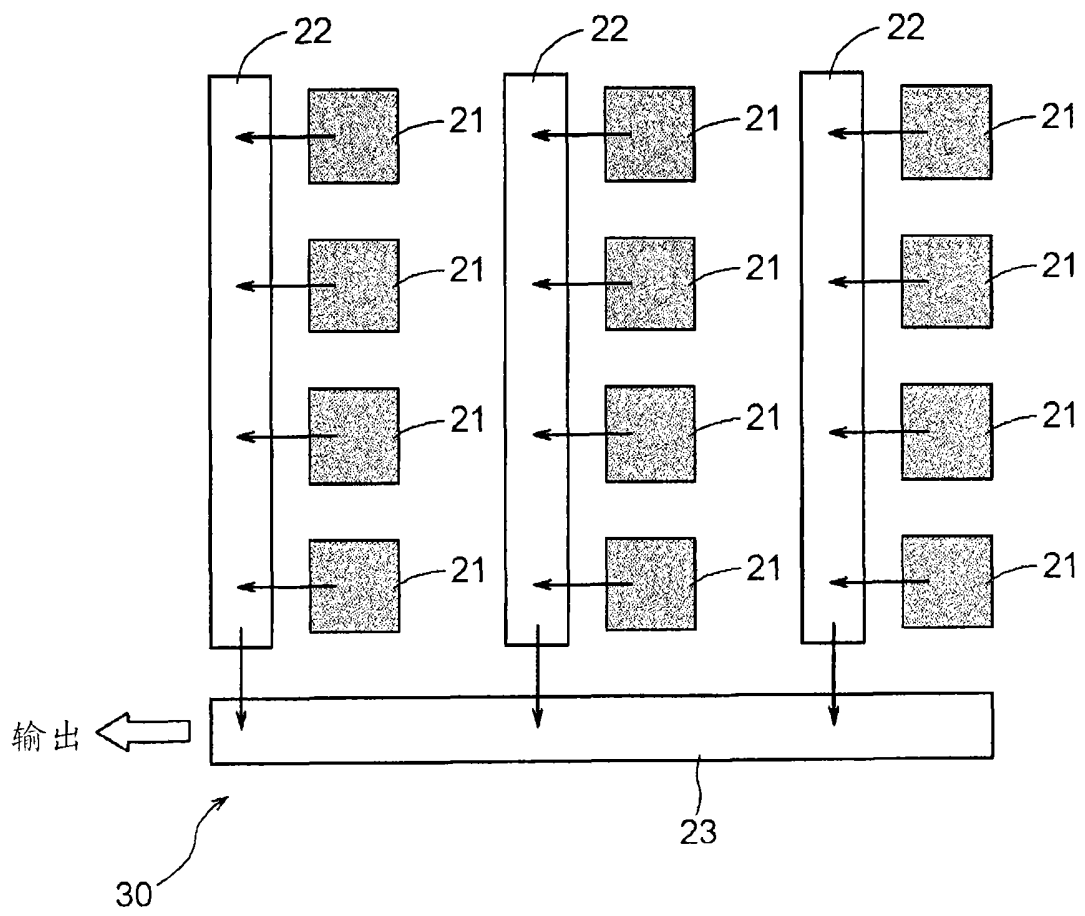


图 15

