



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102684693 B

(45)授权公告日 2017.05.03

(21)申请号 201210064093.5

(22)申请日 2012.03.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 102684693 A

(43)申请公布日 2012.09.19

(30)优先权数据

2011-055656 2011.03.14 JP

(73)专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 诹道幸治

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉 黄纶伟

(51)Int.Cl.

H03L 7/26(2006.01)

G04F 5/14(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开2007-36556 A,2007.02.08,

CN 1033481 C,1996.12.04,

US 2009/0315629 A1,2009.12.24,

Peter D.D.Schwindt,Brad Lindseth,

Svenja Knappe,etc.Chip-scale atomic magnetometer with improved sensitivity by use of the Mx technique.《Applied physics letters》.2007,

审查员 叶璇

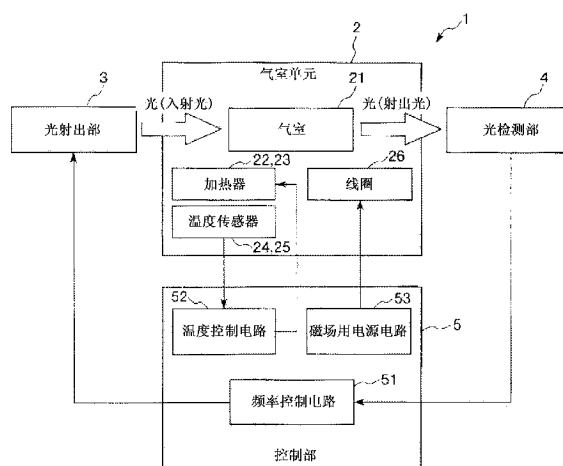
权利要求书1页 说明书15页 附图13页

(54)发明名称

气室单元、原子振荡器及电子装置

(57)摘要

本发明提供气室单元、原子振荡器及电子装置,能够提高频率精度。本发明的气室单元(2)具有:气室(21),其封入有气体状的碱金属原子;加热器(22),其对气室(21)进行加热;以及加热器(23),其隔着气室(21)与加热器(22)相对设置,对气室(21)进行加热,加热器(22、23)具有:第1发热电阻体及第2发热电阻体,该第1发热电阻体及第2发热电阻体分别彼此相对设置,在通过通电而发热的同时,使伴随于通电而产生的磁场相互抵消。



1. 一种气室单元,其特征在于,该气室单元具有:
气室;
第1加热器,其具有第1电阻体及第2电阻体,对所述气室进行加热;以及
第2加热器,其具有与所述第1加热器相同的结构,
所述气室单元具有所述气室被夹在所述第1加热器与所述第2加热器之间的结构,
所述第1电阻体与所述第2电阻体相互连接,
所述第1电阻体与所述第2电阻体重叠配置在所述气室的表面上,
流过所述第1电阻体的电流的方向与流过所述第2电阻体的电流的方向为彼此相反的方向,
所述第1加热器或所述第2加热器具有基板,在该基板的一面侧与另一面侧上分别设置有所述第1电阻体和所述第2电阻体,所述第1电阻体与所述气室的表面接触,
流过所述第1加热器的所述第1电阻体的电流的方向与流过所述第2加热器的所述第1电阻体的电流的方向为彼此相同的方向,
所述第1加热器的所述第1电阻体与所述第2加热器的所述第1电阻体配置成隔着所述气室对称,
所述第1电阻体及第2电阻体都具有具备多个带状部的结构,所述带状部彼此隔开间隔而排列设置。
2. 根据权利要求1所述的气室单元,其特征在于,
所述第1电阻体与所述基板的一面接合,所述第2电阻体与所述基板的另一面接合。
3. 根据权利要求1所述的气室单元,其特征在于,
所述第1电阻体与所述气室的表面接合,所述第2电阻体与所述基板的另一面接合。
4. 根据权利要求1所述的气室单元,其特征在于,
关于所述多个带状部,流过彼此相邻的带状部的电流的方向为彼此相反的方向。
5. 一种原子振荡器,其特征在于,该原子振荡器具有:
权利要求1所述的气室单元;
光射出部,其射出对所述气室中的碱金属原子进行激励的激励光;以及
光检测部,其检测透过所述气室的所述激励光的强度。
6. 一种电子装置,其特征在于,该电子装置具有权利要求5所述的原子振荡器。

气室单元、原子振荡器及电子装置

技术领域

[0001] 本发明涉及气室单元、原子振荡器及电子装置。

背景技术

[0002] 关于基于铷、铯等碱金属的原子的能量转移而进行振荡的原子振荡器,一般大致区分为利用基于光及微波的双共振现象的振荡器(例如,参照专利文献1)、以及利用基于波长不同的两种光的量子干涉效应(CPT:Coherent Population Trapping)的振荡器(例如,参照专利文献2)。

[0003] 无论在何种原子振荡器中,一般都将碱金属与缓冲气体一起封入气室内,为了将该碱金属保持为气体状,需要将气室加热到规定温度。

[0004] 例如,在记载于专利文献3的原子振荡器中,在封入了气体状金属原子的气室的外表面上设置有由ITO构成的膜状发热体,通过通电来使该发热体发热。由此,能够加热气室,将气室内的金属原子保持为气体状。

[0005] 在这样的原子振荡器中,通常调整供给到发热体的电流,以使气室内的温度恒定。因此,例如随着外界温度变化,流过发热体的电流会变化。

[0006] 当如上所述流过发热体的电流变化时,从发热体产生的磁场也变化。

[0007] 当从发热体产生的磁场变化时,与气室中的金属原子的基态能级间的能量差相当的频率发生变动。因此,在以往的原子振荡器中,存在输出频率偏离的问题。

[0008] 【专利文献】

[0009] 【专利文献1】日本特开平10-284772号公报

[0010] 【专利文献2】美国专利第6806784号说明书

[0011] 【专利文献3】美国专利申请公开第2006/0022761号说明书

发明内容

[0012] 本发明的目的在于,提供能够提高频率精度的气室单元、原子振荡器及电子装置。

[0013] 本发明是为了解决上述问题的至少一部分而完成的,能够作为以下的方式或应用例来实现。

[0014] [应用例1]

[0015] 本发明的气室单元的特征在于,具有:气室;以及第1加热器,其具有第1电阻体及第2电阻体,对所述气室进行加热,所述第1电阻体与所述第2电阻体相互连接,所述第1电阻体与所述第2电阻体重叠配置在所述气室的表面上,流过所述第1电阻体的电流的方向与流过所述第2电阻体的电流的方向为彼此相反的方向。

[0016] 由此,即使针对加热器(具体地讲是第1发热电阻体及第2发热电阻体)的通电量变动,也能够抑制或防止气室内的磁场的变化。因此,能够在抑制气室内的磁场变化的同时,将气室内的温度维持为期望的温度。其结果,本发明的气室单元能够提高频率精度。

[0017] [应用例2]

[0018] 在本发明的气室单元中,优选的是,所述气室单元具有:所述气室单元具有第2加热器,该第2加热器具有与所述第1加热器相同的结构,所述气室单元具有所述气室被夹在所述第1加热器与所述第2加热器之间的结构。

[0019] 由此,即使针对第1加热器及第2加热器(具体地讲是第1发热电阻体及第2发热电阻体)的通电量分别变动,也能够抑制或防止气室内的磁场变化。因此,能够在抑制气室内的磁场变化的同时,将气室内的温度维持为期望的温度。其结果,本发明的气室单元能够提高频率精度。

[0020] [应用例3]

[0021] 在本发明的气室单元中,优选的是,所述第1加热器或所述第2加热器具有基板,在该基板的一面侧与另一面侧上分别设置有所述第1电阻体和所述第2电阻体,所述第1电阻体与所述气室的表面接触。

[0022] 由此,在能够防止第1发热电阻体与第2发热电阻体短路的同时,能够缩小第1发热电阻体与第2发热电阻体之间的距离。因此,能够有效地使从第1发热电阻体及第2发热电阻体产生的磁场相互抵消。

[0023] [应用例4]

[0024] 在本发明的气室单元中,优选的是,所述第1电阻体与所述基板的一面接合,所述第2电阻体与所述基板的另一面接合。

[0025] 由此,容易设置第1发热电阻体。

[0026] [应用例5]

[0027] 在本发明的气室单元中,优选的是,所述第1电阻体与所述气室的表面接合,所述第2电阻体与所述基板的另一面接合。

[0028] 由此,能够防止在第1发热电阻体与气室之间产生间隙。因此,能够均匀且有效地对气室进行加热。另外,容易设置第2发热电阻体。另外,能够以基板的厚度来高精度地规定第1发热电阻体与第2发热电阻体之间的距离。

[0029] [应用例6]

[0030] 在本发明的气室单元中,优选的是,流过所述第1加热器的所述第1电阻体的电流的方向与流过所述第2加热器的所述第1电阻体的电流的方向为彼此相同的方向。

[0031] 由此,能够使从气室内的第1加热器的第1发热电阻体和第2加热器的第1发热电阻体产生的磁场相互抵消。

[0032] [应用例7]

[0033] 本发明的气室单元的特征在于,所述第1电阻体及第2电阻体都具有具备多个带状部的结构,所述带状部彼此隔开间隔而排列设置。

[0034] 由此,可以根据多个带状部的宽度、节距、长度等来设定第1发热电阻体及第2发热电阻体的发热量和发热分布等。

[0035] [应用例8]

[0036] 在本发明的气室单元中,优选的是,关于所述多个带状部,流过彼此相邻的带状部的电流的方向为彼此相反的方向。

[0037] 由此,能够使从彼此相邻的带状部产生的磁场相互抵消。

[0038] [应用例9]

[0039] 本发明的原子振荡器的特征在于,具有:本发明的气室单元;光射出部,其射出对所述气室中的碱金属原子进行激励的激励光;以及光检测部,其检测透过所述气室的所述激励光的强度。

[0040] 由此,能够提供具有良好的频率精度的原子振荡器。

[0041] [应用例10]

[0042] 本发明的电子装置的特征在于,具有本发明的原子振荡器。

[0043] 由此,能够提供具有良好的可靠性的电子装置。

附图说明

[0044] 图1是示出本发明的第1实施方式的原子振荡器的概要结构的框图。

[0045] 图2是用于说明图1所示的原子振荡器具有的气室内的碱金属的能量状态的图。

[0046] 图3是关于图1所示的原子振荡器具有的光射出部及光检测部示出来自光射出部的2个光的频率差与光检测部的检测强度之间的关系的曲线图。

[0047] 图4是示出图1所示的原子振荡器具有的气室单元的概要结构的立体图。

[0048] 图5是示出图4所示的气室单元的剖面图。

[0049] 图6是示出本发明的第2实施方式的气室单元的剖面图。

[0050] 图7是示出本发明的第3实施方式的气室单元的剖面图。

[0051] 图8是示出本发明的第4实施方式的气室单元的剖面图。

[0052] 图9是示出本发明的第5实施方式的气室单元的概要结构的立体图。

[0053] 图10是示出图9所示的气室单元的剖面图。

[0054] 图11中的(a)是示出图9所示的气室单元具有的加热器的第1发热电阻体的形状的图,(b)是图9所示的气室单元具有的加热器的第2发热电阻体的形状的图。

[0055] 图12是示出本发明的第6实施方式的气室单元的剖面图。

[0056] 图13中的(a)是示出图12所示的气室单元具有的加热器的第1发热电阻体的形状的图,(b)是示出图12所示的气室单元具有的加热器的第2发热电阻体的形状的图。

[0057] 图14是在利用GPS卫星的测位系统中使用本发明的原子振荡器时的系统结构概要图。

[0058] 标号说明

[0059] 1:原子振荡器;2:气室单元;2A:气室单元;2B:气室单元;2C:气室单元;2D:气室单元;2E:气室单元;3:光射出部;4:光检测部;5:控制部;21:气室;22:加热器;22A:加热器;22B:加热器;22C:加热器;22D:加热器;22E:加热器;23:加热器;23A:加热器;23B:加热器;23C:加热器;23D:加热器;23E:加热器;24:温度传感器;25:温度传感器;26:线圈;51:频率控制电路;52:温度控制电路;53:磁场用电源电路;211:板状部;212:板状部;213:间隔体;221:基板;222:发热电阻体;222B:发热电阻体;222C:发热电阻体;222D:发热电阻体;222E:发热电阻体;222a:带状部;222b:带状部;223:发热电阻体;223B:发热电阻体;223C:发热电阻体;223D:发热电阻体;223E:发热电阻体;223a:带状部;223b:带状部;224:导体部;224D:导体部;225:电极;225B:电极;225C:电极;226:电极;226B:电极;226C:电极;227B:电极;227C:电极;228B:电极;228C:电极;231:基板;232:发热电阻体;232B:发热电阻体;232C:发热电阻体;232D:发热电阻体;233:发热电阻体;233B:发热电阻体;233C:发热电阻体;233D:

发热电阻体;234:导体部;235:电极;235B:电极;235C:电极;236:电极;236B:电极;236C:电极;271:基板;272:基板;273:基板;274:基板;275:基板;276:基板;a1:箭头;a2:箭头;b1:箭头;b2:箭头;S:空间; $\omega 0$:频率; $\omega 1$:频率; $\omega 2$:频率;100:测位系统;200:GPS卫星;300:基站装置;301:天线;302:接收装置;303:天线;304:发送装置;400:GPS接收装置;401:天线;402:卫星接收部;403:天线;404:基站接收部。

具体实施方式

[0060] 以下,根据附图所示的实施方式来详细说明本发明的气室单元、原子振荡器及电子装置。

[0061] <第1实施方式>

[0062] 图1是示出本发明的第1实施方式的原子振荡器的概要结构的框图,图2是用于说明图1所示的原子振荡器具有的气室内的碱金属的能量状态的图,图3是关于图1所示的原子振荡器具有的光射出部及光检测部示出来自光射出部的2个光的频率差与光检测部的检测强度之间的关系的曲线图,图4是示出图1所示的原子振荡器具有的气室单元的概要结构的立体图,图5是示出图4所示的气室单元的剖面图。另外,以下,为了方便说明,将图4、5中的上侧称为“上”,将下侧称为“下”。另外,为了方便说明,在图4、5中,作为相互垂直的3个轴,图示了X轴、Y轴及Z轴,将与X轴平行的方向称为“X轴方向”,将与Y轴平行的方向称为“Y轴方向”,将与Z轴平行的方向(上下方向)称为“Z轴方向”。

[0063] (原子振荡器)

[0064] 首先,根据图1~图3,简单说明本实施方式的原子振荡器的整体结构。

[0065] 另外,以下,虽然将在利用量子干涉效应的原子振荡器中应用本发明的情况作为一例来进行说明,但是本发明并不限于此,也可以应用于利用双共振效应的原子振荡器中。

[0066] 图1所示的原子振荡器1具有气室单元2、光射出部3、光检测部4、控制部5。

[0067] 另外,气室单元2具有:封入有气体状的碱金属的气室21;对气室21进行加热的加热器22、23;检测气室21的温度的温度传感器24、25;以及产生作用于气室21的磁场的线圈26。

[0068] 在气室21的内部封入有气体状的铷、铯、钠等碱金属。

[0069] 如图2所示,碱金属具有3能级系统的能量能级,可以取能量能级不同的2个基态状态(基态状态1、2)、和激励状态这3个状态。此处,基态状态1是比基态状态2低的能量状态。

[0070] 当对这样的气体状的碱金属照射频率不同的两种共振光1、2时,共振光1、2在碱金属中的光吸收率(光透射率)随着共振光1的频率 $\omega 1$ 与共振光2的频率 $\omega 2$ 之差($\omega 1 - \omega 2$)而变化。

[0071] 并且,在共振光1的频率 $\omega 1$ 与共振光2的频率 $\omega 2$ 之差($\omega 1 - \omega 2$)和相当于基态状态1与基态状态2之间的能量差的频率一致时,从基态状态1、2向激励状态的激励分别停止。此时,共振光1、2都不会被碱金属吸收而透射。将这种现象称为CPT现象或电磁诱导透明现象(EIT:Electromagnetically Induced Transparency)。

[0072] 光射出部3射出激励气室21中的碱金属原子的激励光。

[0073] 更具体地说,光射出部3射出频率不同的2种光(共振光1及共振光2)。

[0074] 共振光1的频率 $\omega 1$ 可将气室21中的碱金属从上述的基态状态1激励到激励状态。

[0075] 另外,共振光2的频率 ω_2 可将气室21中的碱金属从上述的基态状态2激励到激励状态。

[0076] 光检测部4检测透过气室21的共振光1、2的强度。

[0077] 例如,当上述的光射出部3使共振光1的频率 ω_1 固定、使共振光2的频率 ω_2 变化时,在共振光1的频率 ω_1 与共振光2的频率 ω_2 之差($\omega_1 - \omega_2$)和相当于基态状态1与基态状态2之间的能量差的频率 ω_0 一致时,如图3所示,光检测部4的检测强度会急剧上升。将这样的急剧信号检测为EIT信号。该EIT信号具有由碱金属的种类确定的固有值。因此,通过使用这样的EIT信号,能够构成振荡器。

[0078] 控制部5具有控制加热器22、23及光射出部3的功能。

[0079] 这样的控制部5具有:频率控制电路51,其控制光射出部3的共振光1、2的频率;温度控制电路52,其控制气室21中的碱金属的温度;以及磁场用电源电路53,其控制施加给气室21的磁场。

[0080] 频率控制电路51根据上述光检测部4的检测结果,控制从光射出部3射出的共振光1、2的频率。更具体地说,频率控制电路51控制从光射出部3射出的共振光1、2的频率,使由上述光检测部4检测到的($\omega_1 - \omega_2$)成为上述碱金属固有的频率 ω_0 。

[0081] 另外,温度控制电路52根据温度传感器24、25的检测结果,控制对加热器22、23的通电。

[0082] 另外,磁场用电源电路53控制对线圈26的通电,使线圈26所产生的磁场恒定。

[0083] (气室单元)

[0084] 接着,对气室单元2进行详细说明。

[0085] 如图4所示,气室单元2具有气室21;以及以夹持气室21的方式设置的1对加热器22、23。

[0086] [气室]

[0087] 如图5所示,气室21具有:1对板状部211、212;以及设置在板状部211、212之间的间隔体213。

[0088] 板状部211、212分别具有对于来自上述光射出部3的激励光的透射性。在本实施方式中,板状部212透过向气室21内入射的激励光,板状部211透过从气室21内射出的激励光。

[0089] 在本实施方式中,板状部211、212分别呈板状。另外,板状部211、212在俯视时呈四边形。另外,板状部211、212的形状不限于上述形状,例如也可以是俯视时呈圆形。

[0090] 构成这样的板状部211、212的材料只要具有上述对于激励光的透射性,则不特别限定,例如可以举出玻璃材料、石英等。

[0091] 另外,间隔体213在上述1对板状部211、212之间形成空间S。

[0092] 在本实施方式中,间隔体213呈框状或筒状,在俯视时外周及内周分别呈四边形。另外,间隔体213的形状不限于上述形状,例如也可以是在俯视时外周及内周分别呈圆形。

[0093] 另外,间隔体213与各板状部211、212气密地接合。由此,能够使1对板状部211、212之间的空间S成为气密空间。作为间隔体213与各板状部211、212之间的接合方法,是根据间隔体213和各板状部211、212的构成材料来确定,不特别限定,例如能够使用基于粘结剂的接合方法、直接接合法、阳极接合法等。

[0094] 构成这样的间隔体213的材料没有特别限定,可以是金属材料、树脂材料等,也可

以与板状部211、212相同,是玻璃材料、石英等。

[0095] [加热器]

[0096] 加热器22、23分别具有对上述气室21(更具体地说是气室21中的碱金属)进行加热的功能。由此,气室21中的碱金属的蒸汽压维持为规定压力值以上,能够将碱金属保持为气体状。

[0097] 在本实施方式中,加热器22、23是以夹持气室21的方式设置的,配置成隔着气室21对称(在图5所示的剖面中是以气室21为中心的旋转对称)。另外,加热器22、23也可以配置成在图5所示的剖面中隔着气室21上下对称。另外,加热器22、23也可以配置成隔着气室21非对称。

[0098] 这样的加热器22具有:基板221;在基板221的一面(在图5中下侧的面)上设置的发热电阻体(第1电阻体)222;在基板221的另一面(在图5中上侧的面)上设置的发热电阻体(第2电阻体)223;将发热电阻体222与发热电阻体223电连接的导体部224;在发热电阻体222上设置的电极225;以及在发热电阻体223上设置的电极226。

[0099] 同样地,加热器23具有:基板231;在基板231的一面(在图5中上侧的面)上设置的发热电阻体(第1电阻体)232;在基板231的另一面(图5中下侧的面)上设置的发热电阻体(第2电阻体)233;将发热电阻体232与发热电阻体233电连接的导体部234;在发热电阻体232上设置的电极235;以及在发热电阻体233上设置的电极236。

[0100] 以下,对加热器22的各部分进行详细说明。另外,关于加热器23的结构,由于与加热器22的结构相同,因此省略其说明。

[0101] 在本实施方式中,基板221在俯视时呈四边形(更具体地说是长方形)。另外,基板221的俯视形状不限于长方形,也可以是正方形、菱形、梯形等其他的多边形,也可以是三角形、五边形等其他的多边形,也可以是圆形、椭圆形、不规则形状等。

[0102] 基板221设置在发热电阻体222与发热电阻体223之间。该基板221具有绝缘性。由此,在能够防止发热电阻体222与发热电阻体223短路的同时,能够缩小发热电阻体222与发热电阻体223之间的距离。因此,如后所述能够有效地使从发热电阻体222及发热电阻体223产生的磁场相互抵消。

[0103] 另外,基板221具有对于激励气室21中的碱金属原子的激励光的透射性。由此,能够在激励光的光路上设置加热器22。因而,能够通过加热器22来有效地对气室21的激励光的射出部进行加热。另外,在本实施方式中,如图4所示,激励光经由加热器23而入射到气室21内,经由加热器22从气室21内射出。

[0104] 作为这样的基板221的构成材料,只要具有上述的绝缘性及透光性、能够耐受发热电阻体222、223的发热,则不特别限定,例如能够使用玻璃材料、石英等。

[0105] 另外,基板221的厚度不特别限定,例如是0.01~10mm左右。

[0106] 在这样的基板221的气室21侧设置有发热电阻体(第1电阻体)222,另一方面,在基板221的与气室21相反侧设置有发热电阻体(第2电阻体)223。

[0107] 发热电阻体222、223分别通过通电而发热。另外,在本实施方式中,发热电阻体222、223分别具有对于激励气室21中的碱金属原子的激励光的透射性。由此,能够通过加热器22有效地对气室21的激励光的射出部进行加热。

[0108] 特别是,发热电阻体222、223是彼此相对设置,在通过通电而发热的同时,使伴随

于其通电而产生的磁场相互抵消。由此,即使对加热器22(发热电阻体222、223)的通电量变动,也能够抑制或防止气室21内的磁场的变化。因此,在能够抑制气室21内的磁场变化的同时,能够将气室21内的温度维持为期望的温度。其结果,气室单元2能够提高频率精度。此处,发热电阻体(第1电阻体)222和发热电阻体(第2电阻体)223中的任意一个可以是电阻值接近零的电阻体(导体),处于几乎不产生发热的状态。例如,如果发热电阻体(第2电阻体)223是电阻值接近零的电阻体(导体),则通过伴随于对该导体的通电而产生的磁场,能够抵消伴随于对发热电阻体(第1电阻体)222的通电而产生的磁场。也就是说,发热电阻体222作为用于抵消磁场的专用单元。另外,在之后的说明中,对于发热电阻体222(或第1电阻体)与发热电阻体223(或第2电阻体)之间的关系也相同。

[0109] 具体地进行说明,发热电阻体222接合在基板221的气室21侧的面上。由此,容易设置发热电阻体222。

[0110] 另外,发热电阻体223接合在基板221的与气室21的相反侧的面上。由此,容易设置发热电阻体223。另外,通过在基板221的一面上接合发热电阻体222的同时,在基板221的另一面上接合发热电阻体223,从而能够以基板221的厚度来高精度地规定发热电阻体222与发热电阻体223之间的距离。其结果,如后所述,在使来自发热电阻体222的磁场与来自发热电阻体223的磁场抵消时,能够在基板221的面方向上均匀地产生其作用。

[0111] 另外,发热电阻体222、223分别呈薄膜状。由此,能够通过成膜法来简单且高尺寸精度地形成发热电阻体222、223。

[0112] 在本实施方式中,发热电阻体222是在基板221下表面的整个区域上同样地形成,发热电阻体223是在基板221上表面的整个区域上同样地形成。

[0113] 作为这样的发热电阻体222、223的构成材料,只要是如上所述可通过通电而发热并且具有对于激励光的透光性,则没有特别限定,例如优选使用ITO(Indium Tin Oxide)、IZO(Indium Zinc Oxide)、 In_3O_3 、 SnO_2 、含有Sb的 SnO_2 、含有Al的 ZnO 等氧化物等的透明电极材料。

[0114] 这样的透明电极材料在具有适当的透光性的同时,能够通过通电而有效地进行发热。

[0115] 另外,当分别由透明电极材料构成发热电阻体222、223时,能够在激励光的光路上设置加热器22。因此,能够通过加热器22来有效地对气室21的激励光的射出部进行加热。

[0116] 发热电阻体222、223的厚度没有特别限定,例如是 $0.1\mu\text{m}$ 以上且 1mm 以下。

[0117] 另外,发热电阻体222的形成没有特别限定,例如能够使用等离子CVD、热CVD那样的化学蒸镀法(CVD)、真空蒸镀等干式电镀法、溶胶/凝胶法等来形成。

[0118] 这样的发热电阻体222与发热电阻体223通过具有导电性的导体部224而电连接。

[0119] 该导体部224设置在基板221的侧面上。更具体地讲,导体部224是沿着呈四边形的基板221的1个边来设置的。

[0120] 导体部224呈沿着Y轴方向延伸的带状。并且,导体部224是在发热电阻体222、223的Y轴方向上的整个区域中设置的。由此,能够在Y轴方向上的整个区域中以均匀的电位来进行发热电阻体222、223之间的导通。

[0121] 另外,导体部224与发热电阻体222、223一体地形成。这样的导体部224能够由与发热电阻体222、223相同的构成材料来构成,另外能够通过如上所述的成膜方法来与发热电

阻体222、223一起形成。

[0122] 通过这样的导体部224,发热电阻体222与发热电阻体223以电的方式串联连接。

[0123] 另外,在发热电阻体222的与基板221相反的面上设置有电极225,另外,在发热电阻体223的与基板221相反的面上设置有电极226。

[0124] 电极225、226是分别沿着与基板221的设置有所述的导体部224的侧(图5中右侧)的边相反侧(图5中左侧)的边来设置。

[0125] 电极225、226分别呈沿着Y轴方向延伸的带状。并且,电极225是在发热电阻体222的Y轴方向上的整个区域中设置,电极226是在发热电阻体223的Y轴方向上的整个区域中设置。由此,能够在Y轴方向上的整个区域中以均匀的电位对发热抵抗体222、223供电。

[0126] 作为这样的电极225、226的构成材料没有不特别限定,优选使用导电性良好的材料,例如可以举出铝、铝合金、银、银合金、金、金合金、铬、铬合金等金属材料。

[0127] 另外,对于电极225、226的厚度没有特别限定,例如是0.1 μ m以上且1mm以下。

[0128] 另外,作为电极225、226的形成方法,可以举出溅射法、真空蒸镀法等物理成膜法、CVD等化学蒸镀法、喷墨(inkjet)法等各种涂布法等。

[0129] 这样的电极225、226与温度控制电路52电连接,在电极225与电极226之间施加电压。

[0130] 当在这样的电极225与电极226之间施加电压时,分别向发热电阻体222、223通电。

[0131] 此时,通过该通电而流过发热电阻体222的电流的方向与流过发热电阻体223的电流的方向为彼此相反的方向。具体地讲,在发热电阻体222上,电流从导体部224向电极225沿图5的箭头a1所示的方向流过,在发热电阻体223上,电流从电极226向导体部224沿图5的箭头a2所示的方向流过。由此,能够使从发热电阻体222产生的磁场与从发热电阻体223产生的磁场相互抵消。更具体地讲,能够使从发热电阻体222产生的磁场的Z轴方向成分与从发热电阻体223产生的磁场的Z轴方向成分相互抵消。另外,对于磁场的Y轴方向成分,也能够大致相互抵消。

[0132] 另外,在图5中将电极225为阳极、电极226为阴极的情况作为一例进行了图示,箭头a1、a2的方向(箭头b1、b2的方向也同样)也可以与图示的方向相反。

[0133] 另外,加热器23也同样,通过通电而流过发热电阻体232的电流的方向与流过发热电阻体233的电流的方向为彼此相反的方向。具体地讲,在发热抵抗体232上,电流从电极235向导体部234沿图5的箭头b1所示的方向流过,在发热电阻体233上,电流从导体部234向电极236沿图5的箭头b2所示的方向流过。

[0134] 另外,流过加热器22的发热电阻体222的电流的方向与流过加热器23的发热抵抗体232的电流的方向相同。由此,能够使从气室21内的加热器22的发热电阻体222和加热器23的发热电阻体232产生的磁场相互抵消。更具体地讲,在发热电阻体222与发热电阻体232之间,能够使从发热电阻体222产生的磁场的Y轴方向成分与从发热电阻体232产生的磁场的Y轴方向成分相互抵消。

[0135] [温度传感器]

[0136] 另外,气室单元2具有温度传感器24、25。上述的加热器22、23的发热量是根据该温度传感器24、25的检测结果来控制的。由此,能够将气室21内的碱金属原子维持为期望的温度。

[0137] 温度传感器24检测加热器22或气室21的板状部211的温度。另外,温度传感器25检测加热器23或气室21的板状部212的温度。

[0138] 这样的温度传感器24、25的设置位置没有特别限定,虽然未图示,但是例如温度传感器24设置在加热器22上或气室21外表面的板状部211附近,温度传感器25设置在加热器23上或气室21外表面的板状部212附近。

[0139] 作为温度传感器24、25,都没有特别限定,能够使用热敏电阻、热电偶等公知的各种温度传感器。

[0140] 这样的温度传感器24、25通过未图示的布线与上述的温度控制电路52电连接。

[0141] 并且,温度控制电路52根据温度传感器24的检测结果,控制上述的加热器22的通电量。另外,温度控制电路52根据温度传感器25的检测结果,控制上述加热器23的通电量。

[0142] 如上所述,使用2个温度传感器24、25,来控制对加热器22、23的通电量,从而能够进行更高精度的温度控制。另外,能够防止气室21内的温度偏差(激励光的入射侧与射出侧之间的温度差)。

[0143] [线圈]

[0144] 另外,气室单元2具有线圈26(参照图1)。

[0145] 这样的线圈26通过通电而产生磁场。由此,通过对气室21中的碱金属施加磁场,能够扩大碱金属退化的不同的能量状态之间的间隙(gap),提高分辨率。其结果,能够提高原子振荡器1的振荡频率的精度。

[0146] 该线圈26的设置位置没有特别限定,虽然未图示,但是例如可以以构成螺线管型(solenoid)的方式沿着气室21外周缠绕设置,也可以以构成亥姆霍兹型(Helmholtz)的方式,使1对线圈隔着气室21对置。

[0147] 该线圈26通过未图示的布线与上述磁场用电源电路53电连接。由此,能够向线圈26进行通电。

[0148] 作为这样的线圈26的构成材料,没有特别限定,但是例如可以举出银、铜、钯、白金、金、或它们的合金等,能够使用其中的1种或组合2种以上来使用。

[0149] 根据如上说明的本实施方式的气室单元2,使伴随于加热器22的发热电阻体222、223通电而产生的磁场相互抵消,并且使伴随于加热器23的发热电阻体232、233通电而产生的磁场相互抵消,因此即使对加热器22、23的通电量变动,也能够抑制或防止气室21内的磁场变化。因此,能够在抑制气室21内的磁场变化的同时,将气室21内的温度维持为期望的温度。其结果,气室单元2能够提高频率精度。

[0150] 另外,根据具备这样的气室单元2的原子振荡器1,具有良好的频率精度。

[0151] <第2实施方式>

[0152] 接着,对本发明的第2实施方式进行说明。

[0153] 图6是示出本发明的第2实施方式的气室单元的剖面图。

[0154] 除了加热器的数量不同以外,本实施方式的气室单元与上述的第1实施方式的气室单元相同。

[0155] 另外,在以下的说明中,关于第2实施方式的气室单元,以与第1实施方式的不同之处为中心进行说明,对于相同的事项省略其说明。另外,在图6中,对于与上述的实施方式相同的结构,标注相同的标号。

[0156] 关于图6所示的气室单元2A,在上述的第1实施方式的气室单元2中,在加热器22的与气室21相反侧隔着基板271设置有另1个加热器22,并且在加热器23的与气室21相反侧隔着基板272设置有另1个加热器23。

[0157] 基板271、272构成为与上述的基板221、231相同。

[0158] 两个加热器22中的一个(图6中的上侧)的加热器22的发热电阻体222与另一个(图6中的下侧)的加热器22的发热电阻体223隔着基板271相对。

[0159] 并且,流过上述一个加热器22的发热电阻体222的电流的方向与流过上述另一个加热器22的发热电阻体223的电流的方向为彼此相反的方向。由此,能够抑制从2个加热器22泄漏的磁场。

[0160] 同样,两个加热器23中的一个(图6中的下侧)的加热器23的发热电阻体232、与另一个(图6中的上侧)加热器23的发热电阻体233隔着基板272相对。

[0161] 并且,流过上述一个加热器23的发热电阻体232的电流的方向与流过上述另一个加热器23的发热电阻体233的电流的方向为彼此相反的方向。由此,能够抑制从两个加热器23泄漏的磁场。

[0162] 根据如上说明的第2实施方式的气室单元2A,也能够提高频率精度。

[0163] <第3实施方式>

[0164] 接着,对本发明的第3实施方式进行说明。

[0165] 图7是示出本发明的第3实施方式的气室单元的剖面图。

[0166] 除了加热器的结构不同以外,本实施方式的气室单元与上述的第1实施方式的气室单元相同。

[0167] 另外,在以下的说明中,关于第3实施方式的气室单元,以与第1实施方式的不同之处为中心进行说明,关于相同的事项省略其说明。另外,在图7中,对于与上述的实施方式相同的结构,标注相同的标号。

[0168] 图7所示的气室单元2B具有:气室21;以及以夹持气室21的方式设置的1对加热器22B、23B。

[0169] 加热器22B具有:基板221;相对于基板221设置在气室21侧(图7中的下侧)的发热电阻体(第1电阻体)222B;相对于基板221设置在与气室21相反侧(图7中的上侧)的发热电阻体(第2电阻体)223B;设置在发热电阻体222B上的电极225B、227B;以及设置在发热电阻体223B上的电极226B、228B。

[0170] 同样,加热器23B具有:基板231;相对于基板231设置在气室21侧(图7中的上侧)的发热电阻体(第1电阻体)232B;相对于基板231设置在与气室21相反侧(图7中的下侧)的发热电阻体(第2电阻体)233B;设置在发热电阻体232B上的电极235B、237B;以及设置在发热电阻体233B上的电极236B、238B。

[0171] 以下,对加热器22B进行说明。另外,关于加热器23B,由于与加热器22B相同,因此省略其说明。

[0172] 发热电阻体222B与气室21的外表面接合。更具体地讲,发热电阻体222B与气室21的板状部211的外表面接合。由此,能够防止在发热电阻体222B与气室21之间产生间隙。因此,能够均匀且有效地对气室21进行加热。

[0173] 另外,发热电阻体223B接合在基板221的与气室21相反侧的面上。由此,容易设置

发热电阻体223B。

[0174] 在这样的发热电阻体222B的与气室21相反侧的面上设置有电极225B、227B,另外,在发热电阻体223B的与基板221相反侧的面上设置有电极226B、228B。

[0175] 电极225B、226B分别沿着与基板221的X轴方向相对的1对边中的一个(图5中的左侧)边设置,电极227B、228B分别沿着与基板221的X轴方向相对的1对边中的另一个(图5中的右侧)边设置。

[0176] 电极225B、226B、227B、228B分别呈沿着Y轴方向延伸的带状。

[0177] 通过在这样的电极225B与电极227B之间施加电压,从而能够使发热电阻体222B通电。另外,通过在电极226B与电极228B之间施加电压,能够使发热电阻体223B通电。

[0178] 在该加热器22B中,通过通电而流过发热电阻体222B的电流的方向与流过发热电阻体223B的电流的方向为彼此相反的方向。具体地讲,在发热电阻体222B上,电流从电极227B向电极225B沿图7的箭头a1所示的方向流过,在发热电阻体223B上,电流从电极226B向电极228B,沿图7的箭头a2所示的方向流过。由此,能够使从发热电阻体222B产生的磁场与从发热电阻体223B产生的磁场相互抵消。另外,箭头a1、a2的方向(箭头b1、b2的方向也同样)也可以与图示的方向相反。

[0179] 根据如上说明的第3实施方式的气室单元2B,也能够提高频率精度。

[0180] <第4实施方式>

[0181] 接着,对本发明的第4实施方式进行说明。

[0182] 图8是示出本发明的第4实施方式的气室单元的剖面图。

[0183] 除了加热器的结构不同以外,本实施方式的气室单元与上述的第1实施方式的气室单元相同。

[0184] 另外,在以下的说明中,关于第4实施方式的气室单元,以与第1实施方式的不同之处为中心进行说明,关于相同的事项省略其说明。另外,在图8中,对于与上述的实施方式相同的结构,标注相同的标号。

[0185] 图8所示的气室单元2C具有:气室21;以及以夹持气室21的方式设置的1对加热器22C、23C。

[0186] 加热器22C具有:基板273;设置在基板273的一个(图8中的上侧)面上的发热电阻体(第1电阻体)222C;基板274;设置在基板274的一个(图8中的上侧)面上的发热电阻体(第2电阻体)223C;设置在发热电阻体222C上的电极225C、227C;以及设置在发热电阻体223C上的电极226C、228C。

[0187] 同样,加热器23C具有:基板275;设置在基板275的一个(图8中的下侧)的面上的发热电阻体(第1电阻体)232C;基板276;设置在基板276的一个(图8中的下侧)面上的发热电阻体(第2电阻体)233C;设置在发热电阻体232C上的电极235C、237C;以及设置在发热电阻体233C上的电极236C、238C。

[0188] 以下,对加热器22C进行说明。另外,关于加热器23C,由于与加热器22C相同,因此省略其说明。

[0189] 基板273、274分别构成为与上述的基板221、231相同。

[0190] 基板273的下表面与气室21的板状部211的上表面接触。并且,发热电阻体222C与基板273的上表面接合。

[0191] 另外,基板274的下表面与发热电阻体222C的上表面接触。并且,发热电阻体223C与基板274的上表面接合。

[0192] 在这样的发热电阻体222C的与基板273相反侧的面上设置有电极225C、227C,另外,在发热电阻体223C的与基板274相反的面上设置有电极226C、228C。

[0193] 通过在这样的电极225C与电极227C之间施加电压,能够使发热电阻体222C通电。另外,通过在电极226C与电极228C之间施加电压,能够使发热电阻体223C通电。

[0194] 在该加热器22C中,通过通电而流过发热电阻体222C的电流的方向与流过发热电阻体223C的电流的方向为彼此相反的方向。具体地讲,在发热电阻体222C上,电流从电极227C向电极225C沿图8的箭头a1所示的方向流过,在发热电阻体223C上电流从电极226C向电极228C沿图8的箭头a2所示的方向流过。由此,能够使从发热电阻体222C产生的磁场与从发热电阻体223C产生的磁场相互抵消。另外,箭头a1、a2的方向(箭头b1、b2的方向也同样)也可以与图示的方向相反。

[0195] 另外,在本实施方式中,由于是经由基板273将发热电阻体222C的热传递到气室21,因此在发热电阻体222C的热传递到气室21的空间S之前,被适当地扩散,能够使加热均匀化。

[0196] 根据如上说明的第4实施方式的气室单元2C,也能够提高频率精度。

[0197] <第5实施方式>

[0198] 接着,对本发明的第5实施方式进行说明。

[0199] 图9是示出本发明的第5实施方式的气室单元的概要结构的立体图,图10是示出图9所示的气室单元的剖面图,图11(a)是示出图9所示的气室单元具有的加热器的第1电阻体的形状的图,图11(b)是示出图9所示的气室单元具有的加热器的第2电阻体的形状的图。

[0200] 除了加热器的结构不同以外,本实施方式的气室单元与上述第1实施方式的气室单元相同。

[0201] 另外,在以下的说明中,关于第5实施方式的气室单元,以与第1实施方式的不同之处为中心进行说明,关于相同的事项省略其说明。另外,在图9~11中,对于与上述的实施方式相同的结构,标注相同的标号。

[0202] 图9所示的气室单元2D具有:气室21;以夹持气室21的方式设置的1对加热器22D、23D。

[0203] 加热器22D具有:基板221;相对于基板221设置在气室21侧(图10中的下侧)的发热电阻体(第1电阻体)222D;相对于基板221设置在与气室21相反侧(图10中的上侧)的发热电阻体(第2电阻体)223D;设置在发热电阻体222D上的电极225;以及设置在发热电阻体223D上的电极226。

[0204] 同样地,加热器23D具有:基板231;相对于基板231设置在气室21侧(图10中的上侧)的发热电阻体(第1电阻体)232D;相对于基板231设置在与气室21相反侧(图10中的下侧)的发热电阻体(第2电阻体)233D;设置在发热电阻体232D上的电极235;以及设置在发热电阻体233D上的电极236。

[0205] 以下,对加热器22D进行说明。另外,关于加热器23D,由于与加热器22D相同,因此省略其说明。

[0206] 发热电阻体222D与基板221的下表面接合,另一方面,发热电阻体223D与基板221

的上表面接合。

[0207] 发热电阻体222D具有彼此隔着间隔而排列设置的多个带状部222a。同样,发热电阻体223D具有彼此隔着间隔而排列设置的多个带状部223a。

[0208] 各带状部222a及各带状部223a分别沿着X轴方向延伸。

[0209] 这样的多个带状部222a及多个带状部223a彼此对应地对置。即,多个带状部222a及多个带状部223a是以隔着基板221对称的方式设置的。

[0210] 这样的发热电阻体222D、223D能够根据多个带状部222a、223a的宽度、节距、长度等,设定发热量和发热分布等。

[0211] 这样的多个带状部222a及多个带状部223a通过具有导电性的多个导体部224D电连接。在本实施方式中,导体部224D与发热电阻体222D、223D一体地形成。另外,也能够代替多个导体部224D而使用上述的第1实施方式的导体部224。

[0212] 电极225、226分别沿着基板221的与设置有上述的导体部224D的侧(图10中的右侧)的边相反侧(图10中的左侧)的边设置。

[0213] 通过在这样的电极225与电极226之间施加电压,能够分别使发热电阻体222D、223D通电。

[0214] 在该加热器22D中,如图11中的箭头所示,通过通电而流过发热电阻体222D的各带状部222a的电流的方向与流过发热电阻体223D的各带状部223a的电流的方向为彼此相反的方向。由此,能够使从发热电阻体222D产生的磁场与从发热电阻体223D产生的磁场相互抵消。

[0215] 根据如上说明的第5实施方式的气室单元2D,也能够提高频率精度。

[0216] <第6实施方式>

[0217] 接着,对本发明的第6实施方式进行说明。

[0218] 图12是示出本发明的第6实施方式的气室单元的剖面图,图13(a)是示出图12所示的气室单元具有的加热器的第1电阻体的形状的图,图13(b)是示出图12所示的气室单元具有的加热器的第2电阻体的形状的图。

[0219] 除了加热器的结构不同以外,本实施方式的气室单元与上述的第1实施方式的气室单元相同。

[0220] 另外,在以下的说明中,关于第6实施方式的气室单元,以与第1实施方式的不同之处为中心进行说明,关于相同的事项省略其说明。另外,在图12、13中,对于与上述的实施方式相同的结构,标注相同的标号。

[0221] 图12所示的气室单元2E具有:气室21;以夹持气室21的方式设置的1对加热器22E、23E。

[0222] 加热器22E具有:基板221;相对于基板221设置在气室21侧(图12中的下侧)的发热电阻体(第1电阻体)222E;以及相对于基板221设置在与气室21相反侧(图12中的上侧)的发热电阻体(第2电阻体)223E。

[0223] 同样,加热器23E具有:基板231;相对于基板231设置在气室21侧(图12中的上侧)的发热电阻体(第1电阻体)232E;以及相对于基板231设置在与气室21相反侧(图12中的下侧)的发热电阻体(第2电阻体)233E。

[0224] 以下,对加热器22E进行说明。另外,关于加热器23E,由于与加热器22E相同,因此

省略其说明。

[0225] 发热电阻体222E与基板221的下表面接合,另一方面,发热电阻体223E与基板221的上表面接合。

[0226] 发热电阻体222E具有彼此隔着间隔而排列设置的多个带状部222b。同样,发热电阻体223E具有彼此隔着间隔而排列设置的多个带状部223b。

[0227] 各带状部222b及各带状部223b分别沿着X轴方向延伸。

[0228] 这样的多个带状部222b及多个带状部223b彼此对应地对置。即,多个带状部222b及多个带状部223b是以隔着基板221对称的方式设置的。

[0229] 这样的发热电阻体222E、223E可以根据多个带状部222b、223b的宽度、节距、长度等,设定发热量和发热分布等。

[0230] 在该加热器22E中,通过通电而流过隔着基板221相对的带状部222b及带状部223b的电流的方向为彼此相反的方向。由此,能够使从发热电阻体222E产生的磁场与从发热电阻体223E产生的磁场相互抵消。

[0231] 另外,如图13中的箭头所示,加热器22E是以如下所述的方式构成:流过彼此相邻的带状部222b的电流的方向为彼此相反的方向,流过彼此相邻的带状部223b的电流的方向为彼此相反的方向。由此,能够使从彼此相邻的带状部产生的磁场相互抵消。更具体地讲,能够使从彼此相邻的带状部222b产生的磁场的Y轴方向成分彼此相互抵消。另外,也能够使磁场的Z轴方向成分彼此大致相互抵消。

[0232] 根据如上说明的第6实施方式的气室单元2E,也能够提高频率精度。

[0233] 如上说明的原子振荡器能够组装到各种电子装置中。以下,对具有本发明的原子振荡器的电子装置的应用例进行说明。

[0234] 图14是在利用GPS卫星的测位系统中使用本发明的原子振荡器时的系统结构概要图。

[0235] 图14所示的测位系统100由GPS卫星200、基站装置300、GPS接收装置400构成。

[0236] GPS卫星200发送测位信息(GPS信号)。

[0237] 基站装置300具有:接收装置302,其通过例如设置在电子参考点(GPS连续观测站)的天线301而高精度地接收来自GPS卫星200的测位信息;以及发送装置304,其通过天线303发送由该接收装置302接收到的测位信息。

[0238] 此处,接收装置302具有上述本发明的原子振荡器1作为其基准频率振荡源。这样的接收装置302具有良好的可靠性。另外,由接收装置302接收到的测位信息通过发送装置304实时地发送。

[0239] GPS接收装置400具有:卫星接收部402,其通过天线401接收来自GPS卫星200的测位信息;以及基站接收部404,其通过天线403接收来自基站装置300的测位信息。

[0240] 以上,虽然根据图示的实施方式说明了本发明的气室单元、原子振荡器及电子装置,但是本发明并不限于此。

[0241] 另外,在本发明的气室单元及原子振荡器中,各部分的结构能够置换为发挥相同的功能的任意结构,另外也可以附加任意的结构。

[0242] 另外,本发明的气室单元及原子振荡器也可以组合上述各实施方式的任意结构。

[0243] 例如,在上述的实施方式中,虽然对气室单元具有的2个加热器(第1加热器,第2加

热器)为彼此相同结构的情况进行了说明,但是,在气室单元具有2个加热器的情况下,一方的加热器与另一方的加热器也可以是不同的结构。

[0244] 另外,根据气室21的大小、使用的碱金属的种类、加热器的发热量等,也可以省略加热器22、23中的一方。另外,气室单元具备的加热器的数量也可以是3个或5个以上。

[0245] 另外,在上述的实施方式中,虽然对设置有2个温度传感器的情况进行了说明,但是温度传感器的数量可以是1个,也可以是3个以上。

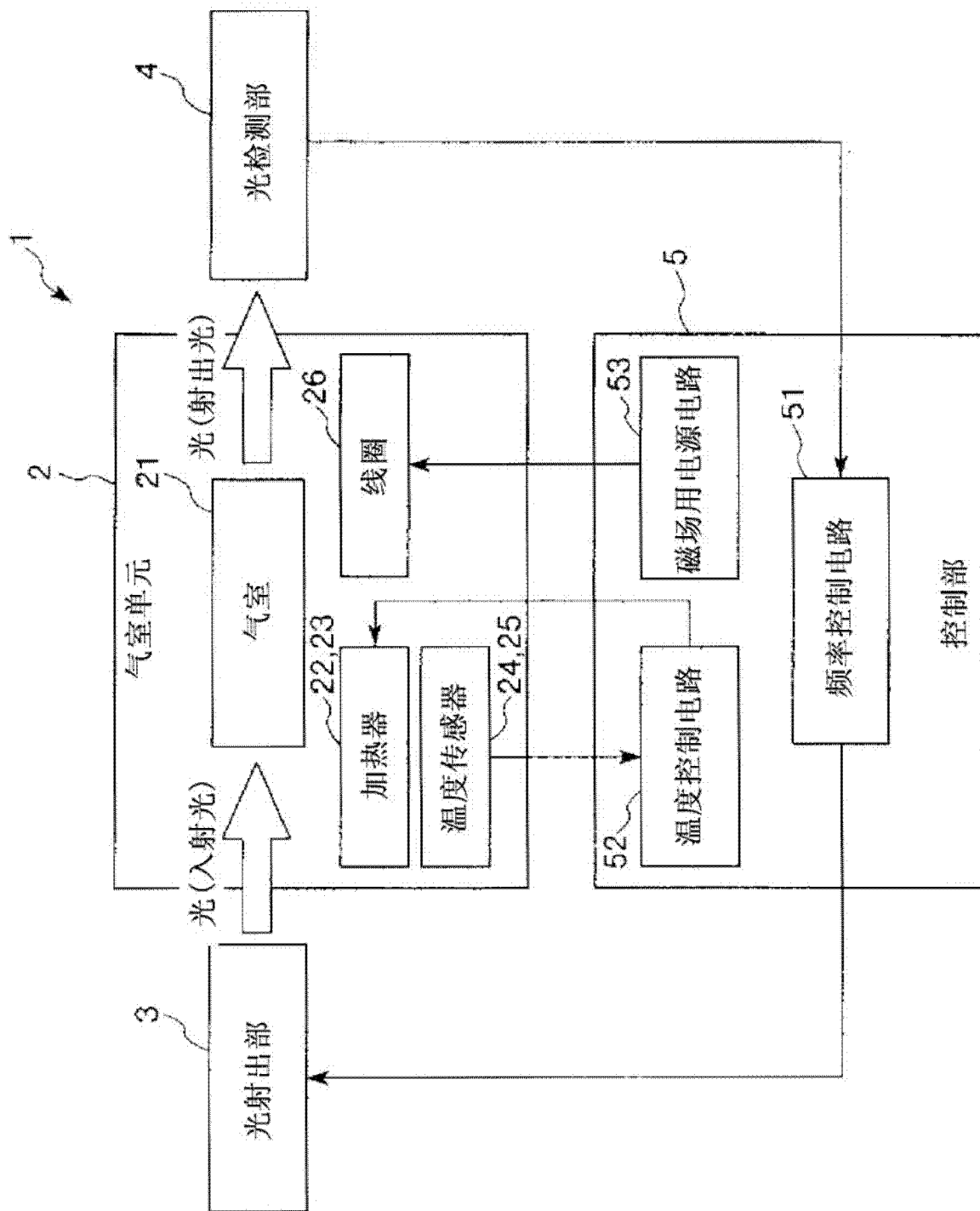


图1

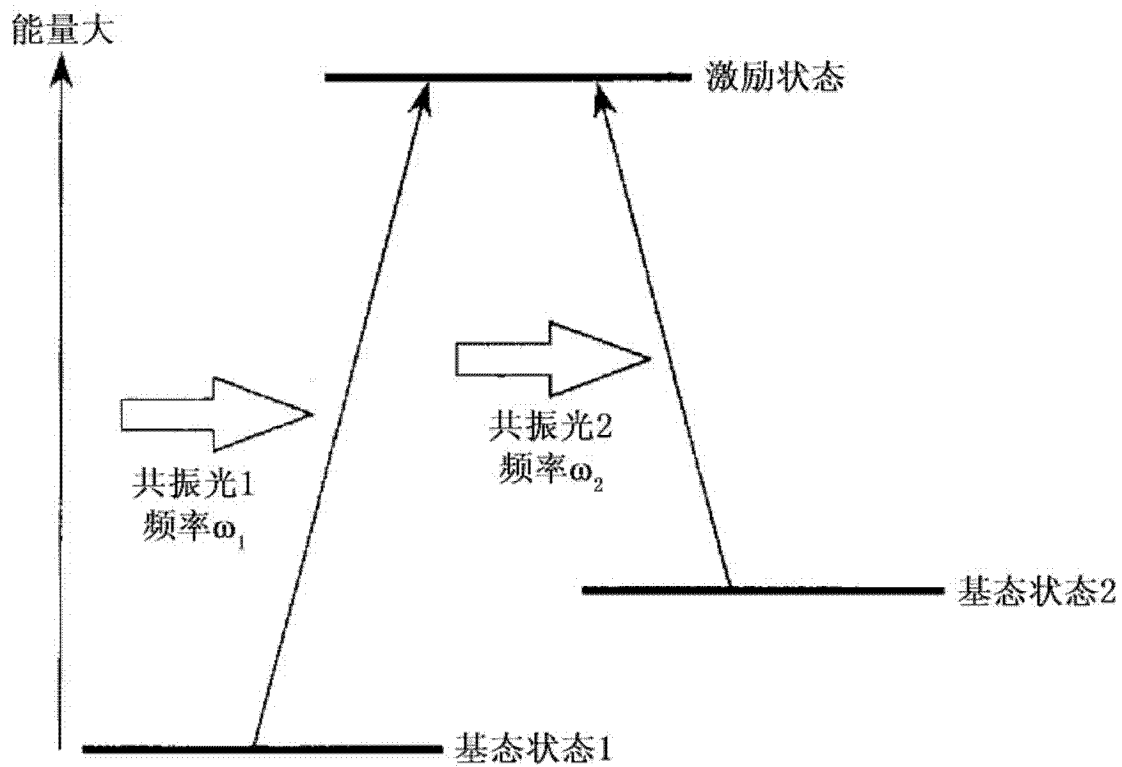


图2

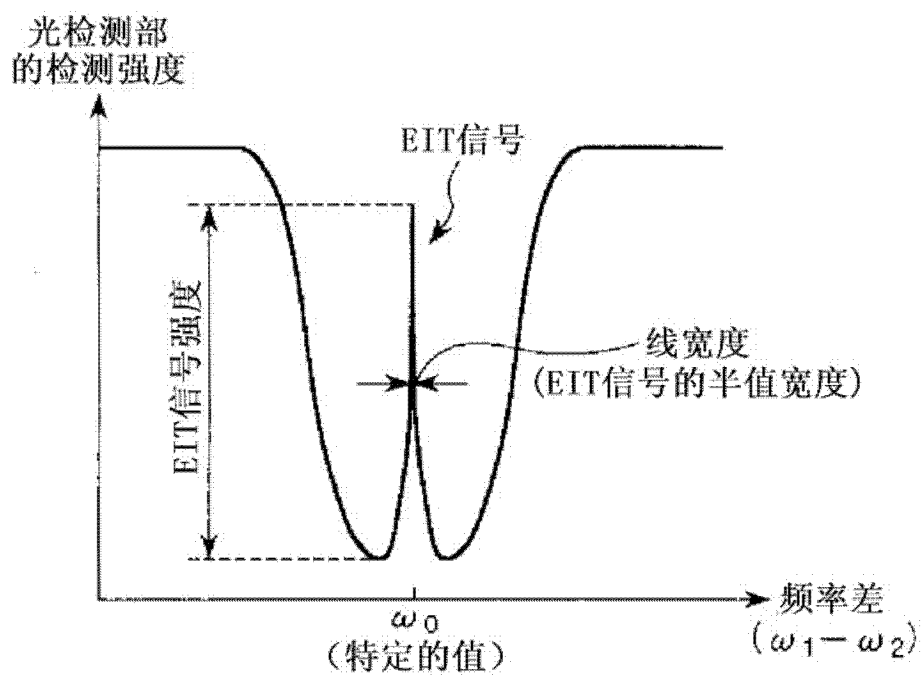


图3

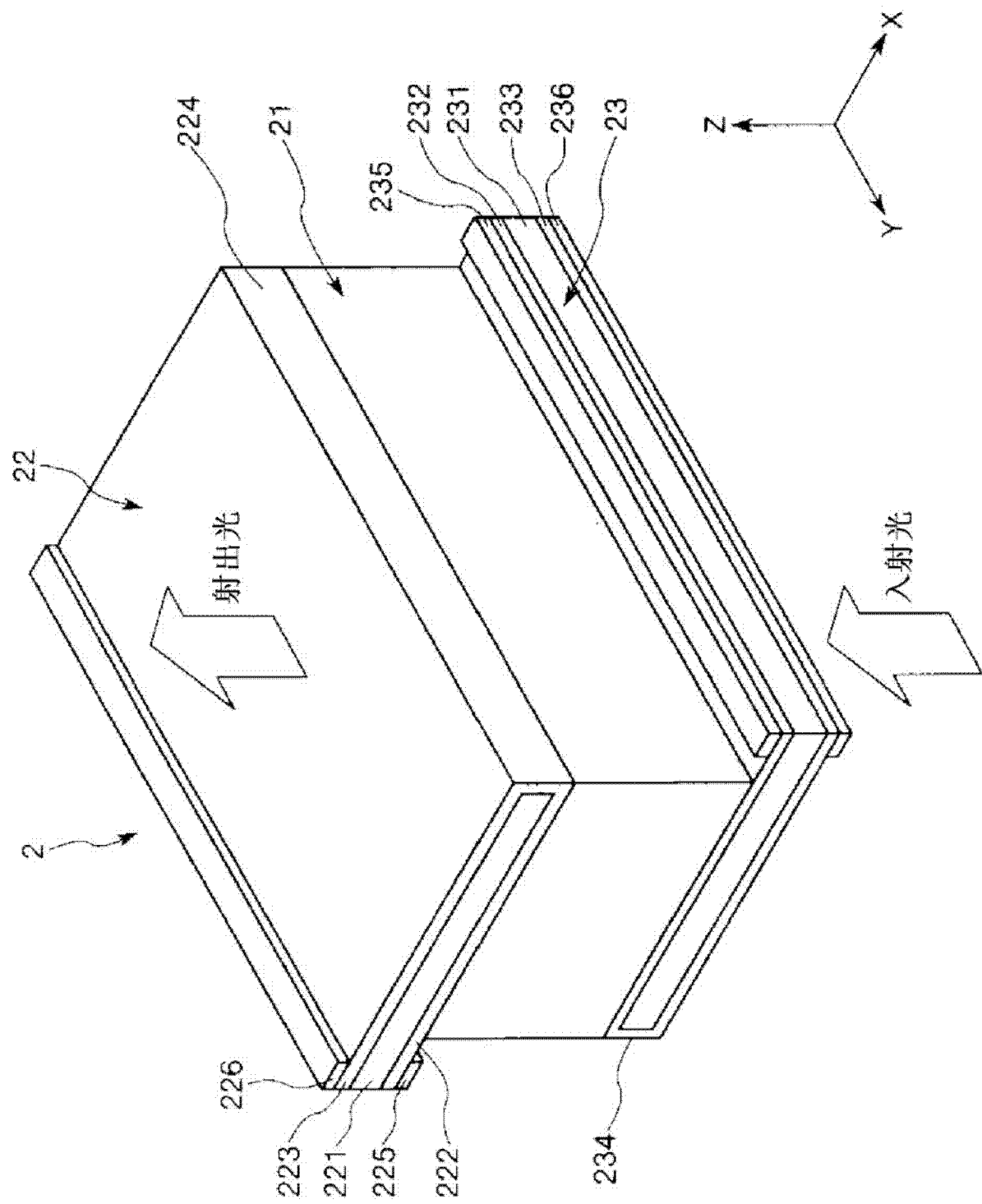


图4

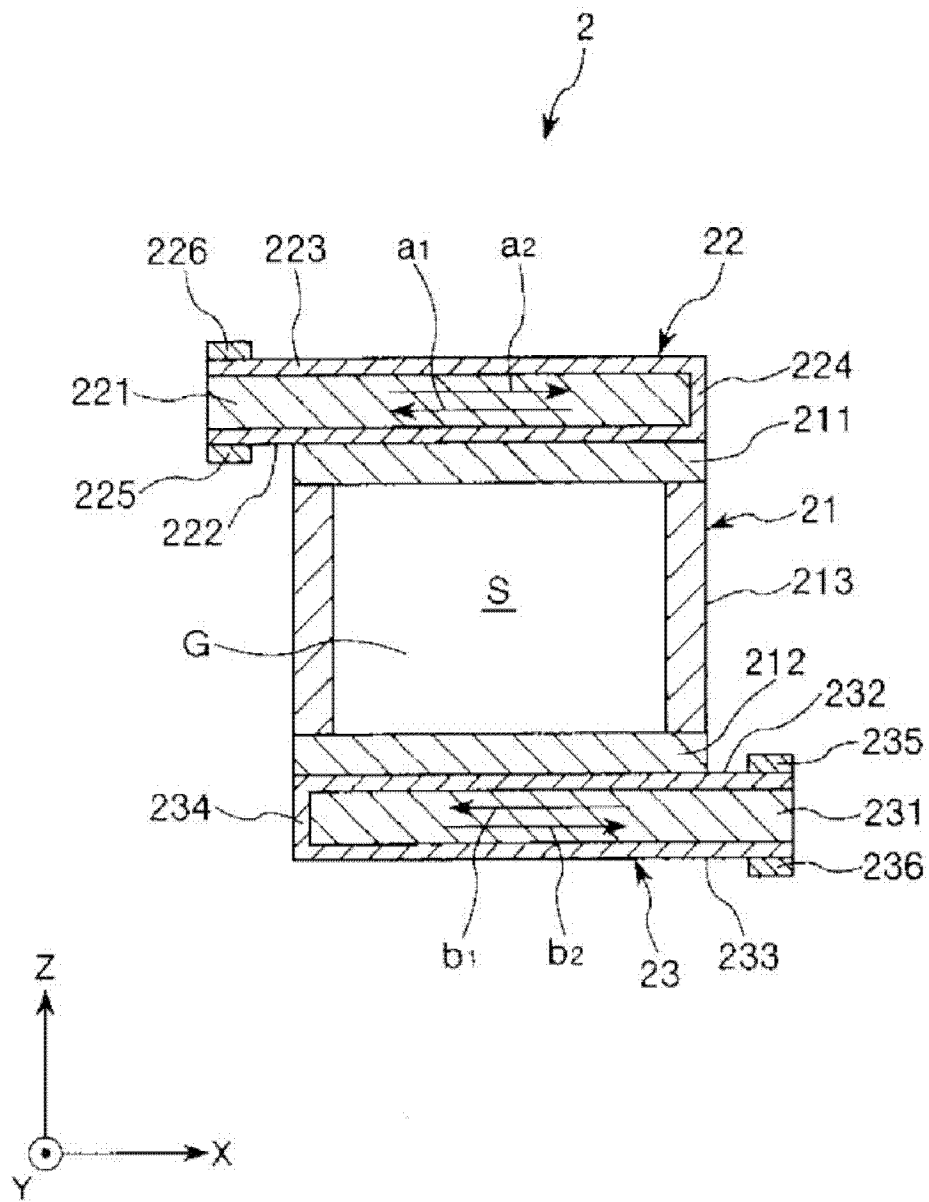


图5

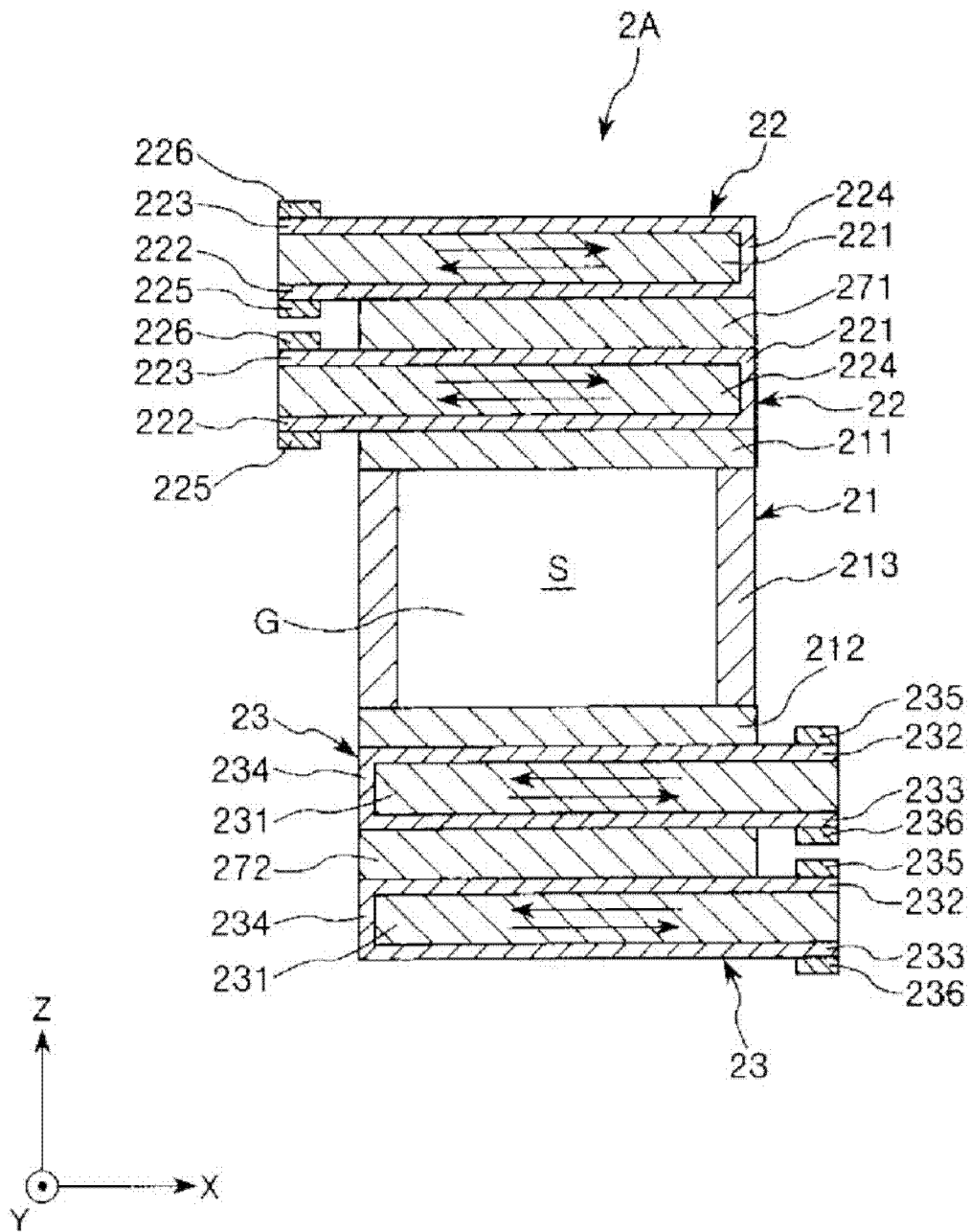


图6

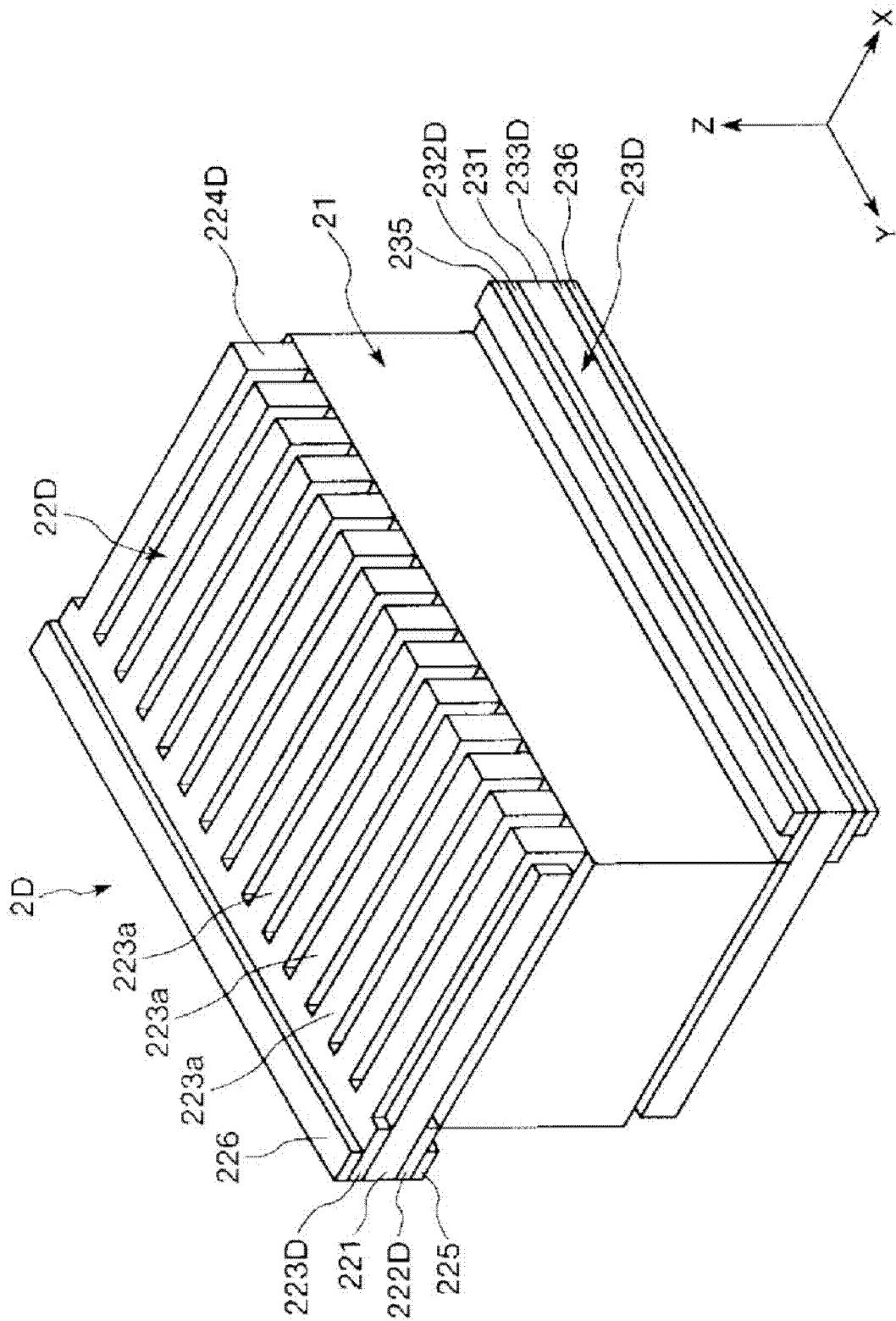


图9

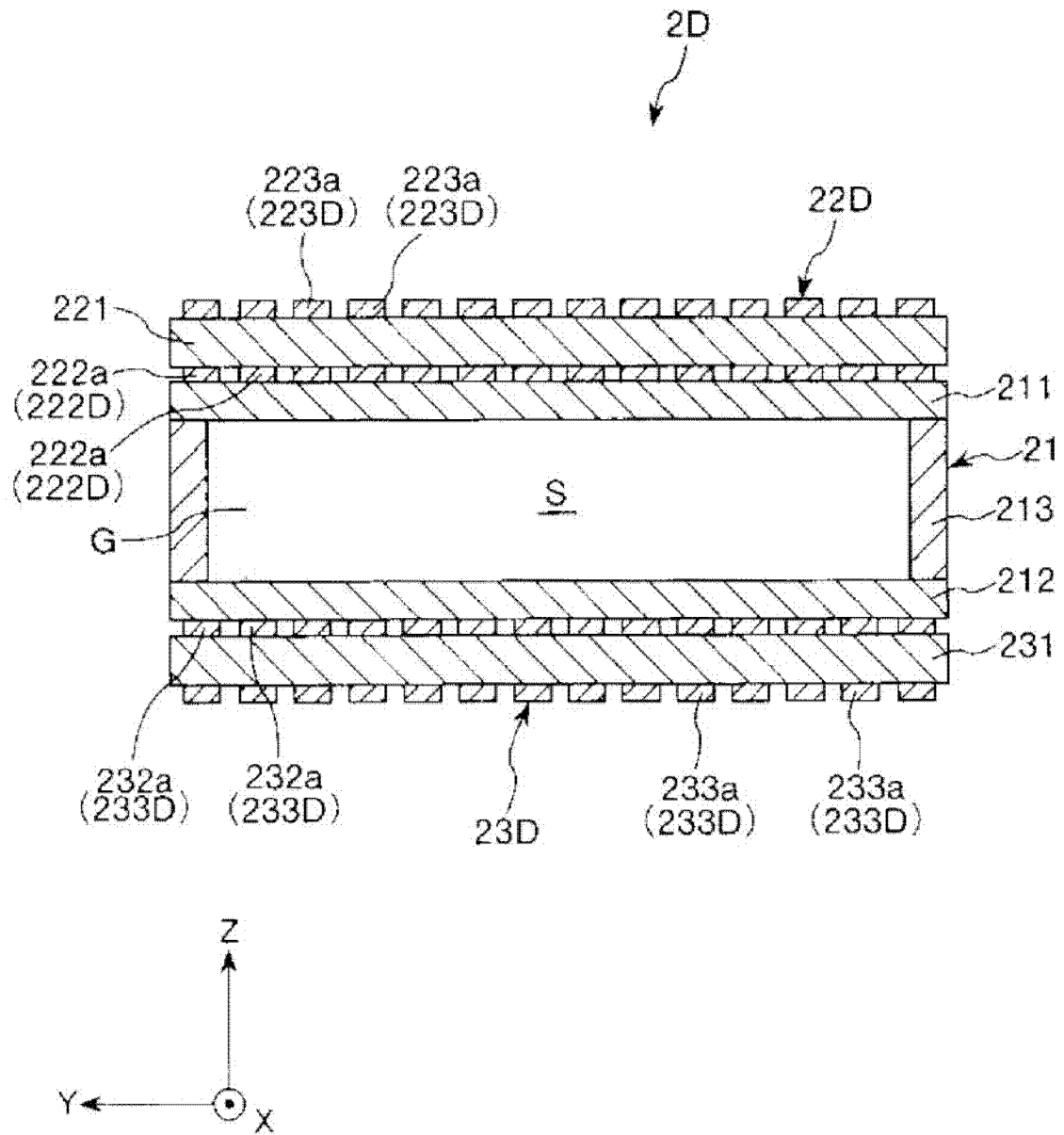


图10

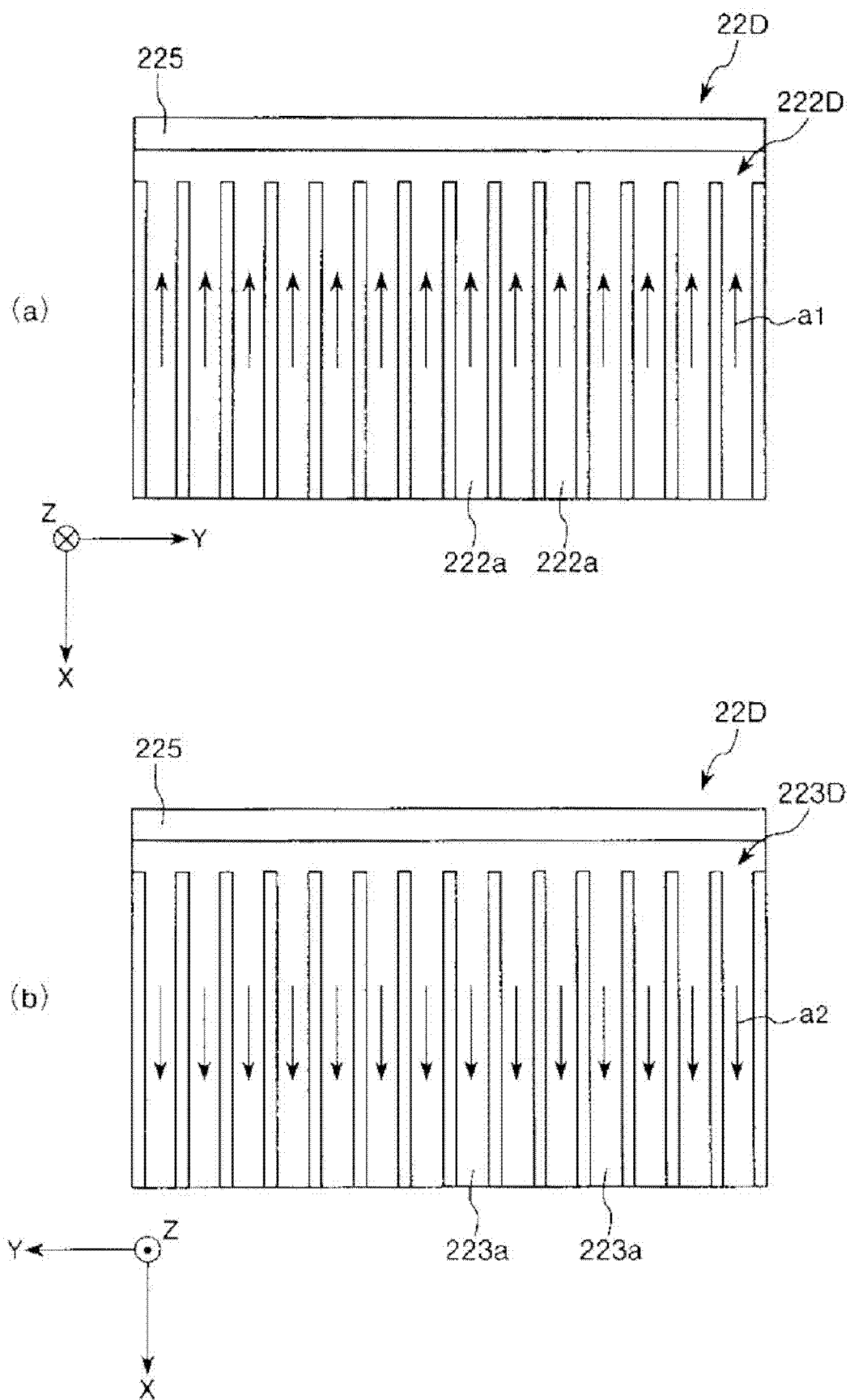


图11

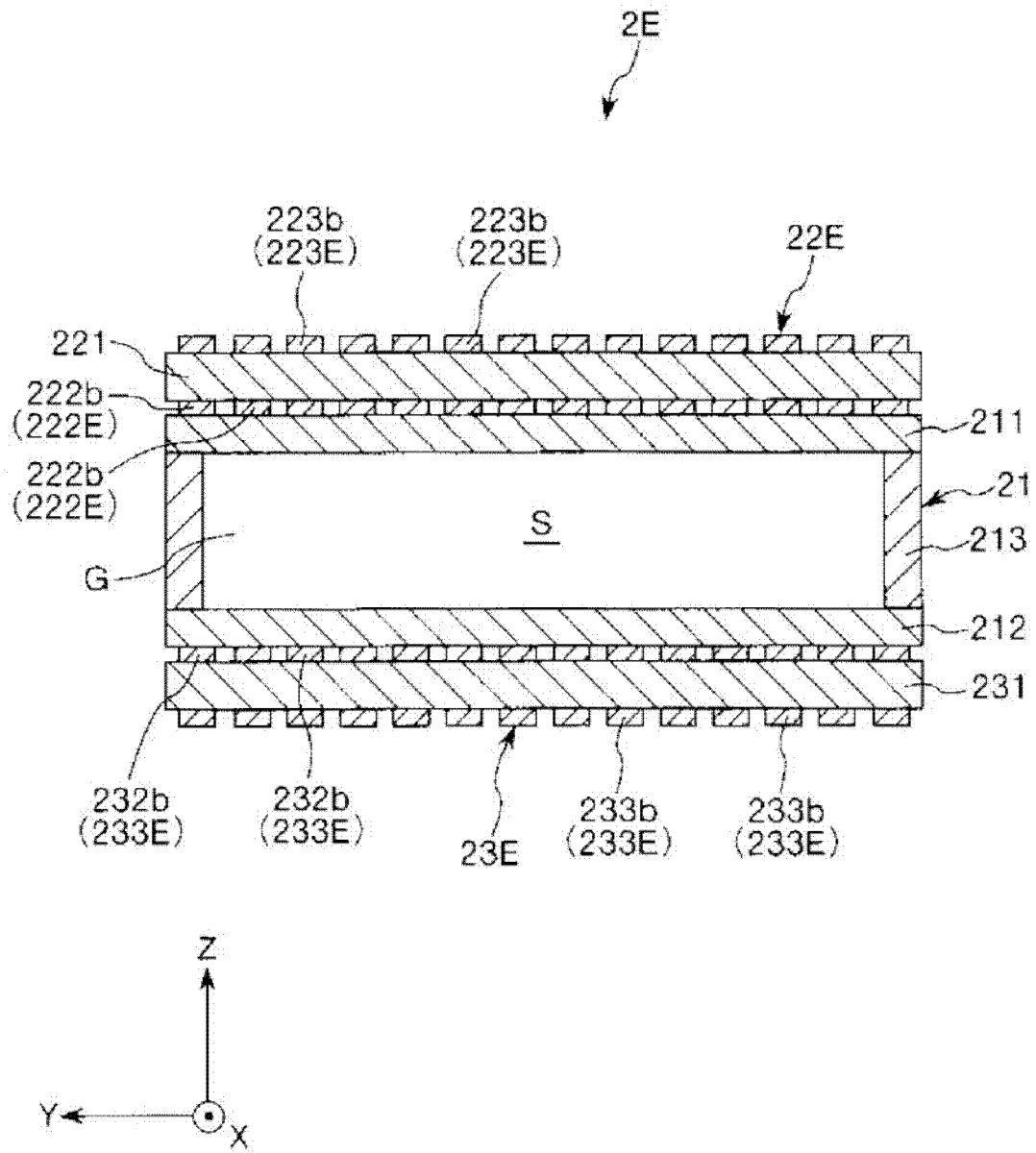


图12

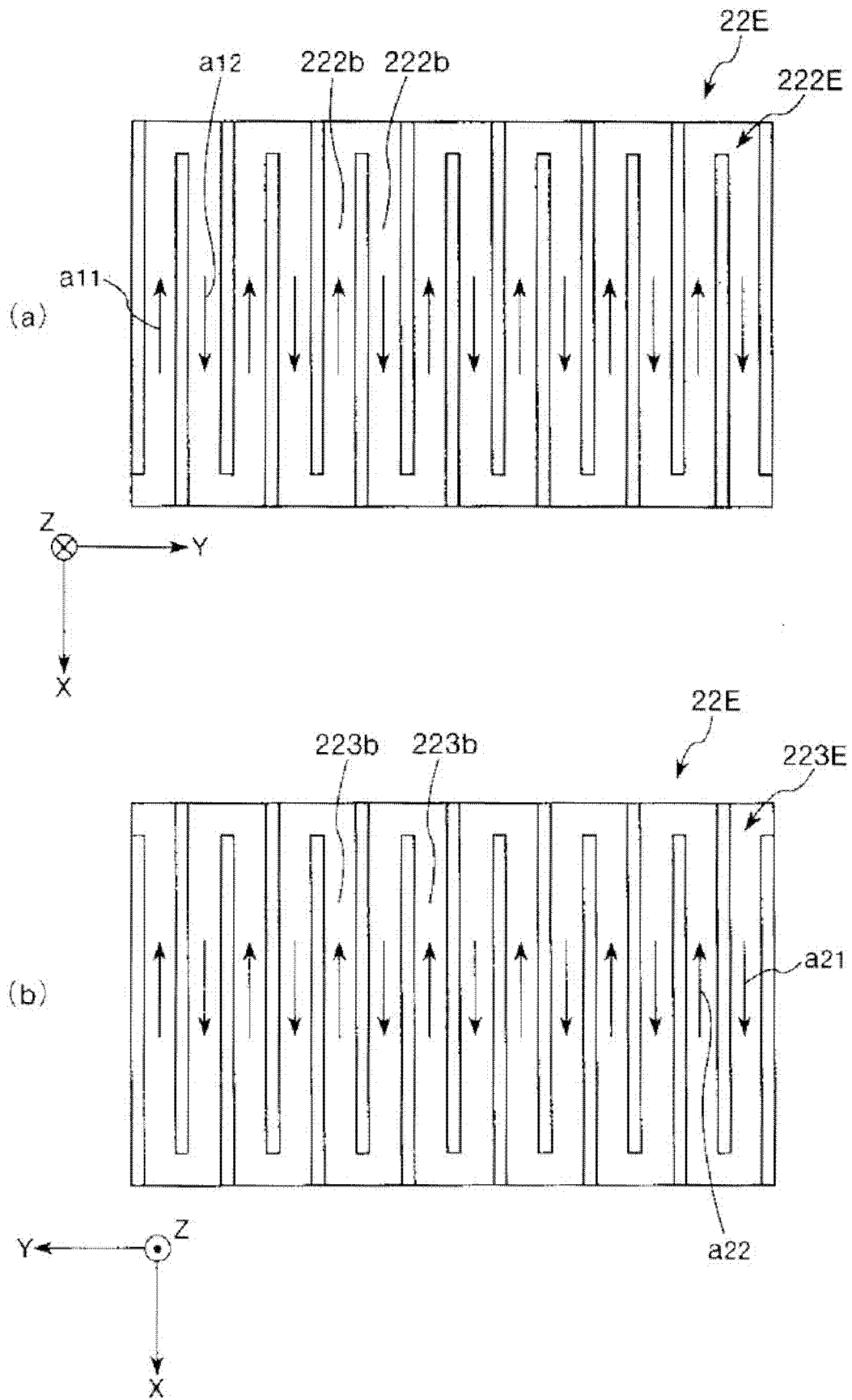


图13

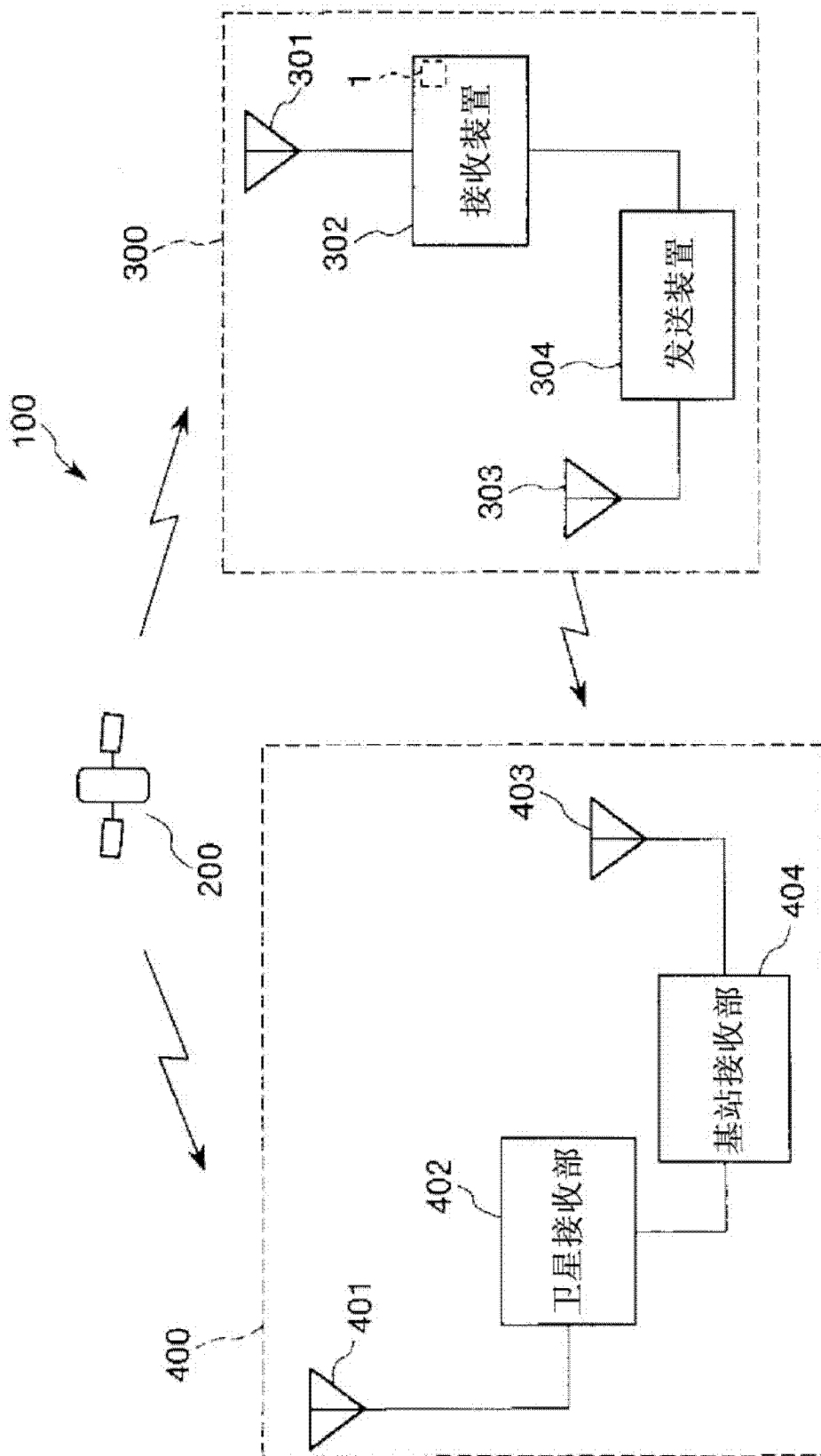


图14