

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 93106879.7

[51]Int.CI⁵

H01L 41/24

[45]授权公告日 1994 年 11 月 23 日

[24]颁证日 94.9.18

[21]申请号 93106879.7

分案原申请号 90102677.8

[22]申请日 90.4.7

[30]优先权

[32]89.4.7 [33]JP[31]89289/89

[32]89.4.7 [33]JP[31]89290/89

[73]专利权人 三井石油化学工业株式会社

地址 日本东京

[72]发明人 永山博之 牛田善久

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨丽琴

说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 叠层型陶瓷元件的制造方法

[57]摘要

本发明提供叠层陶瓷元件的制法,它包括在主要成分为电致材料制成的每片未烧结的陶瓷片上形成有切口区的内部电极以及由切口区限定的预定空位;将多块未烧结的陶瓷片装配成叠层,装配时使预定空位交错配置于叠层的左右两侧;对上述陶瓷片进行焙烧,对内部电极进行烧结,使预定的空位确实地形成空位;将两组每隔一层一个的内部电极分别与外部电极相连接。

权利要求书

1.一种叠层型陶瓷元件的制造方法,所述叠层型陶瓷元件包括:

(a)多块具有电致伸缩效应的陶瓷片,

(b)第一组和第二组膜状内部电极,每一个所述电极均在其端部有一切口,所述第一组和第二组电极呈交替地配置,而且依序一个一个地被插入于两块相邻的陶瓷片之间,

(c)第一外部电极接到第一组内部电极的每一个电极的端部;以及

(d)第二外部电极接到第二组内部电极的每一个电极的端部,

其中,在第一外部电极与每个第二组内部电极之间,以及在第二外部电极与每个第一组内部电极之间,分别设置有各自的空位,结果上述空位均配置于每两块相邻陶瓷片之间,

所述陶瓷元件的制造方法包括以下的步骤:

在许多给定的主要成分为电致伸缩材料制成的每一块未烧结的陶瓷片上形成一种有切口区的内部电极和一种由该切口区限定的所谓的预定空位,对所述陶瓷片进行如下的检测:在将未烧结的陶瓷片于 150℃ 以下的温度和 200kg/cm 以下的压力压在一起时,每一块未烧结陶瓷片的抗拉抗剪粘着强度是该陶瓷片本身抗拉强度的 10% 以下,

将多块未烧结的上述陶瓷片装配成一个叠层,装配时要使预定空位交错地配列于该叠层的横向上不同的两侧边,

通过对上述已装配的多块陶瓷片进行焙烧和对内部电极进行烧结,使所谓的预定空位确实地形成空位,以及将每隔一层一个的两组内部电极分别与沿各相应空位横向对侧配置的外部电极进行连结。

本发明涉及一种有电致伸缩效应的叠层型陶瓷元件及其制造方法,更详细地说,是涉及一种可防止因电场感应伸缩的不一致造成的应力集中,特别适用于传动装置的有良好耐久性的叠层型陶瓷元件及其制造方法。

有电致伸缩效应的叠层型陶瓷元件适用于,例如传动装置中。图 7 示出传动装置中使用的叠层型

陶瓷元件的一个例子。

在图 7 所示的叠层型陶瓷元件 2 中,使有电致伸缩效应的陶瓷片,通过膜状内部电极 6a、6b 而成叠层型。由纵断面图(图 7A)可见,内部电极 6a、6b 交错配置,每隔一层,其内部电极 6a、6b 分别与外部电极 8a、8b 相连接。这样配置内部电极 6a、6b 和外部电极 8a、8b,给外部电极 8a、8b 加电后,沿陶瓷片的叠层方向就产生电场,使陶瓷元件 2 沿箭头 A 所示的方向位移,从而具有了用作传动装置的功能。

在这样的叠层型陶瓷元件 2 中,叠层化了的陶瓷片 4 相互间,在内部电极 6a、6b 未插到的部分 10 形成整体的结构。

然而,以往这样的叠层型陶瓷元件 2,在其上下的内部电极 6a、6b 的插入部分 12,所加的电场较强,而在其它部分 10,电场强度较弱,因为该部分 10 的位移重叠,且与部分 12 的位移相比很小,在部分 12 和部分 10 的边界部分引起应力集中,使元件 2 的寿命可能缩短。

为克服这样的缺陷,如日本专利公开昭 58—196068、昭 59—175176 以及图 8a、图 8b 所示,把膜状内部电极 6 伸长到陶瓷片 4 中间的整个宽度,每隔一层在每个内部电极 6 的端部设置有绝缘层 14,在其上形成外部电极 8a、8b 从而研制出叠层型陶瓷元件 2a。借助这样的陶瓷元件 2a,因为其内部电极 6 设置得充满陶瓷片 4 之间的整个宽度,使在陶瓷片 4 的叠层方向上加有均匀的电场,因而能防止图 7 所示的发生在陶瓷元件 2 上的那种应力集中,这就能延长元件的寿命。

但是,图 8 所示这样的叠层型陶瓷元件 2a,每隔一层在其每个内部电极 6 的端部形成绝缘层 14 的操作太繁杂,因而存在不仅生产率低,而且制造成本高的问题。一旦绝缘层 14 形成的不完备,两外部电极 8a、8b 还会短路而产生废品。

鉴于上述情况,本发明的目的在于提供一种叠层型陶瓷元件,这种叠层型陶瓷元件能防止发生因电场感应伸缩不均导致的应力集中,特别适用传动装置,而且寿命长,易于生产。

为实现此目的,本发明的叠层型陶瓷元件主要配备有:有电致伸缩效应的多个陶瓷片;叠置在此陶瓷片之间且相邻两层互不相同的膜状第 1 和第 2 内部电极;沿上述多个陶瓷片的叠层方向延伸且与

上述第 1 内部电极群的端部连接的第 1 外部电极；与上述第 2 内部电极群的端部连接的第 2 外部电极；在陶瓷片的上述第 1 外部电极和第 2 内部电极之间以及上述第 2 外部和第 1 内部电极之间相对应处形成空位。

本发明叠层型陶瓷元件的制造方法主要是：在以有电致伸缩效应的材料为主要成分的烧结前的陶瓷片的一面上形成端部有切口的内部电极及由此切口形成的预定空位部分，上述烧结前陶瓷片，在叠层方向上，每两片相邻的陶瓷片，其有预定空位部分端和无预定空位部分端是交错叠置的，每隔一层陶瓷片其位置相同，就这样多片叠层，通过对上述多片叠层的陶瓷片进行烧结和内部电极烧结，将所形成的预定空位部分作为空位，把每隔一层的互不相同的内部电极的无空位侧的端部用外部电极相连接。

在上述烧结前的陶瓷片的一面上形成端部有切口的电极时，可以把区段层设置在切口部内，把上述预定空位部设置在内部电极端部和区段层之间，通过陶瓷片的烧结和内部电极的烧接，在内部电极的端部和区段层之间形成空位。

而且也可以把内部电极和区段层设置在烧结前的陶瓷片的一面上，把预定空位设置在内部电极的一端和区段层之间。

还可以把内部电极和区段层两者按一定距离设置在烧结前的陶瓷片的一面上，在内部电极和区段层之间设置预定空位部，通过进行陶瓷片的烧成和内部电极的烧接，在内部电极的端部和区段层之间形成空位。

在本发明中，所谓电致伸缩效应，指的是电场引起伸缩的效应，更具体地说，是指产生与所加电场成比例伸缩的反压电效应和 / 或产生与所加电场的平方成比例伸缩的狭义的电致伸缩效应。

本发明这样的叠层型陶瓷元件及其制造方法，在装在陶瓷片间的内部电极的端部形成空位，由于此部分不存在内部电极，所以每隔一层内部电极设置空位，为沿此空位在陶瓷片的叠层方向上进行连接，最好设置外部电极，以便把每隔一层的内部电极的端部都能容易地连接起来。而且此空位能防止因电场感应伸缩不均而造成的应力集中，使寿命提高，能很好地用于传动装置中。

本发明不但可用于利用电致伸缩效应的叠层型

传动装置，而且对电致伸缩效应以外的，例如，对以电光效应为主要目的，也有电致伸缩效应的陶瓷叠层型元件，在防止因电场感应伸缩不均导致的应力集中方面也是有益的。

图 1 为本发明一实施例的叠层型陶瓷元件的纵剖面图，图 2 为叠层型陶瓷元件所用的陶瓷片的透视图，图 3 是其变形例的陶瓷片的透视图，图 4 是另一实施例的陶瓷元件的纵剖面图，图 5 是该实施例的陶瓷元件所用的陶瓷片的透视图，图 6 是其变形例的陶瓷片的透视图，图 7、8 是现有技术中叠层型陶瓷元件示例的剖面图，(A)为纵剖面图，(B)为横剖面图。

下面将参照附图对本发明的适用的具体例子进行详细说明。

图 1 所示的叠层型陶瓷元件 20 是，例如，作为打印机磁头以及 x—y 工作台等传动装置使用的元件。此陶瓷件 20 包括有电致伸缩效应的陶瓷片 22 和内部电极 24(24a, 24b)，这些部件有相互交错叠层的结构。

也就是说叠层型陶瓷元件 20 配备有：具有电致伸缩效应的陶瓷片 22；叠放在此陶瓷片之间的，相邻层互不相同叠层的膜状第 1 和第 2 内部电极 24a、24b，沿上述多个陶瓷片 22 的叠层方向延伸的与上述内部电极 24 中的第 1 内部电极群 24a 的端部相连接的第 1 外部电极 32a；与上述第 2 内部电极群 24b 的端部相连接的第 2 外部电极 32b；而且在陶瓷片 22 的上述第 1 外部电极 32a 和第 2 内部电极 24b 之间以及上述第 2 外部电极 32b 和第 1 内部电极 24a 之间相对应处形成空位 30。

在此具体例中，空位 30 是这样形成的，即在第 1 和第 2 内部电极 24a、24b 的各端设置切口部 28，由于存在此切口部 28，在陶瓷片 22 间就形成空位 30。

此外，膜状的内部电极 24(24a, 24b)，如图 2 所示，是通过在叠层前的陶瓷片 22 的表面上涂复金属糊剂而形成的，作为构成内部电极 24(24a, 24b)的金属，可用白金，钯，银—钯合金和银等，由于陶瓷片 22 是在叠层状态下烧成，所以选择在陶瓷的烧结温度下能够烧成的金属糊剂作为构成内部电极 24(24a, 24b)的金属糊剂，将得到满意的结果。为提高烧结后陶瓷片 22 和内部电极 24(24a, 24b)的附着强度，也可以在金属糊剂中混合进氧化

锆粉末, 玻璃粉末, 主要为电致伸缩的陶瓷成分的焙烧粉末等。

将金属糊剂涂复到陶瓷片 22 的表面上时, 如图 2 所示, 在内部电极 24(24a, 24b) 周边的一端形成, 例如, 未涂复金属糊剂的半圆形预定空位部分 26, 即切口 28。切口 28 的形状及位置没有特别限定, 例如, 也可以如图 3 所示那样, 形成在陶瓷片 22 的一个角部。

像这样的内部电极 24(24a, 24b) 的膜厚没有特别限定, 烧结后的膜厚可以在 $0.5\text{--}20\mu\text{m}$, 最好是 $1\text{--}10\mu\text{m}$ 。金属糊剂的涂复可以采用丝网印刷法, 滚筒印刷法等方法进行。

陶瓷片 22 是用以 PbTiO_3 为主要成分的, 还可以 PbZrO_3 、 $\text{Pb}(\text{Nb}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ 、 $\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ 等为主要成份的, 烧成后有电致伸缩效应的材料构成。下面将叙述叠层烧结前的陶瓷片 22 的制造。

首先, 用水作为溶剂, 把羟基乙基纤维素, 甲基纤维素、聚乙烯醇、石蜡等润滑剂, 羧甲基纤维素等结合剂和丙三醇、多烷基乙二醇、山梨糖醇酐脂肪酸酯类、三乙二醇、季戊醇、聚醇等可塑剂加进以陶瓷为主要成分的焙烧粉末, 然后使其混合, 制成成形前胚体。或者用乙醇、丁酮、苯、甲苯等有机溶剂, 把聚甲基丙烯酸甲酯、聚乙烯醇、聚乙烯醇缩丁醛、纤维素醋酸盐等结合剂和磷苯二甲酸二丁酯、聚乙二醇、丙三醇等可塑剂加进上述陶瓷焙烧粉末, 然后进行混合制成成形前胚体。

通过刮板法, 挤压成形法等将这样的成形前胚体做成所要求的厚度, 干燥后切成规定的形状, 这就制成了烧结前的陶瓷片 22。烧结前陶瓷片 22 的膜厚虽没有特别限定, 但理想的范围是 $0.02\text{--}2\text{mm}$, 最好是 $0.05\text{--}0.5\text{mm}$ 。然后, 在烧结前陶瓷片 22 的表面上, 如图 2 所示涂复形成内部电极 24(24a, 24b)。

在本发明中对烧结前陶瓷片的成形方法也没有做特别限定, 最理想的成形方法是用水做溶剂, 通过挤压成形法做成胚片的成形方法。如果用这样的成形方法, 就容易减少结合剂和 / 或可塑剂的配合量, 干燥后所得到的胚片的相互被粘着性提高, 将它们叠合烧结时, 借助切口 28, 在所形成的预定空位部分 26 中, 能防止上、下胚片 22 的粘着, 在此部分形成空位 30 就变得容易了。而且即使通

过使用有机溶剂的挤压成形法, 或者使用有机溶剂或水的刮板法, 借助调节结合剂和可塑剂的种类和配合量, 也能够得到用以形成空位 30 的有不被粘着性的陶瓷片 22。

选择结合剂和可塑剂的种类和量以及陶瓷片 22 的干燥条件, 以使烧结前陶瓷片 22 彼此在 150°C 以下和 $200\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下的条件下进行加压时, 其抗拉抗剪粘着强度在烧结前陶瓷片 22 自身抗拉强度的 10% 以下, 最好在 5% 以下。

在用水做溶剂, 借助挤压成形法来成形烧结前陶瓷片 22 时, 结合剂的添加量应是焙烧粉末重量的 1—10%, 最好是 2—5%, 可塑剂的添加量也应是 1—10%, 最好是 2—5%。

如上所述, 为形成预定空位部分 26, 在经过这样成形, 干燥后并切成规定形状的烧结前陶瓷片的一面上, 形成端部有切口部 28 的内部电极 24(24a, 24b), 进而把已这样形成内部电极 24(24a, 24b) 的陶瓷片 22, 如图 2 的透视图所示, 使预定空位部分 26 呈左右位置互相交错地多个叠放在一起, 接着用热压机进行加压后, 在把陶瓷片 22 用规定温度脱脂和烧结的同时, 也烧结了内部电极 24(24a, 24b) 从而把陶瓷片 22 和内部电极 24(24a, 24b) 粘着在一起。既可以在脱脂前把叠层体切成规定的大小, 也可以烧结后再切。而且预定空位部分 26 不一定必须左右交错配置, 只要在叠层方向相邻的陶瓷片的位置错开, 每隔一层陶瓷片的位置同样配置就可以了, 特别是如图 3 所示叠层时, 预定空位部分 26 在叠层方向上, 每相邻陶瓷片间也可以错位 90° 。

结果, 在陶瓷片间, 每隔互不相同的一层分别形成第 1 内部电极 24a 和第 2 内部电极 24b。

对象这样烧结成的叠层体, 在由切口部 28 形成的预定空位部 26, 其上下陶瓷片 22 互不粘接, 在此部分即形成空位 30。

然后, 沿上述陶瓷片的叠层方向, 把上述第 1 内部电极群的各电极 24a, 第 2 内部电极群的各电极 24b 分别相互连接起来, 形成第 1 外部电极 32a 和第 2 外部电极 32b, 换言之, 把每隔一层的每个空位 30 在叠层方向上连接, 把位于每隔一层的空位间的内部电极 24 的端部, 每隔一层连接起来, 形成一对外部电极 32a, 32b, 从而得到本发明的叠层型陶瓷元件 20。至于外部电极 32a、32b, 没

有特别限定。例如,可使用银、软钎料等。外部电极 32a、32b 的形成方法也没有特别限定,例如,只要在沿着叠层方向涂复上银糊剂,然后烧接上就可以。外部电极 32a、32b 的宽度最好小于切口部 28 的宽度,一大于切口部 28 的宽度,外部电极 32a、32b 就有与内部电极 24a、24b 短路的危险。

其次,上述空位 30 除如以上图 1—图 3 所示可形成在内部电极 24(24a、24b)的端部外,如图 4—图 6 所示,在陶瓷片 22 中,还可以形成在内部电极 24(24a、24b)和区段层 29 之间。下面特根据图 4—图 6 进行说明。

在图 5 所示的例子中,把金属糊剂涂复到陶瓷片 22 的表面上时,在靠近内部电极 24(24a、24b)周边一端部处设置不涂复金属糊剂的预定空位部分 26,借助此预定空位部分 26,只在陶瓷片 22 的离开规定距离 1 的一端部表面上形成区段层 29。区段层 29 用和内部电极 24(24a、24b)同样的金属糊剂涂复形成比较经济,但也不限于此,也可以用其它材料,例如绝缘材料。当区段层 29 用和内部电极 24(24a、24b)同样的金属糊剂涂复形成时,如以前所说的内部电极 24 的形成方法同样形成。区段层 29 的膜厚最好也和内部电极 24(24a、24b)的膜厚大体相同。

区段层的形状和位置没有特别限定,例如,可以如图 6 所示那样,在陶瓷片 22 的一角的表面上形成。在此具体例中,区段层 29 为三角形。在此具体例的场合,内部电极 24(24a、24b)和区段层 29 处于非导通状态。

然后,把已在其上用和前述同样工序形成了内部电极 24(24a、24b)和区段层 29 的多个陶瓷片 22,如图 5 所示,令其区段层 29 的位置左右交错地叠放,接着用热压机加压后,在规定温度使陶瓷片脱脂和烧结的同时,也将内部电极 24(24a、24b)烧接,陶瓷片 22 就和内部电极 24(24a、24b)以及区段层 29 粘结在一起了。可以在脱脂之前先把叠层体切成规定的大小,也可以在烧结后再切。区段层 29 不一定非要左右交错地配置,关键是要使相邻的陶瓷片在叠层方向上错开位置,每隔一层的陶瓷片处于相同的位置就可以了。特别是如图 6 所示那样叠层时,预定空位部分 26 在叠层方向上,各相邻陶瓷间也可以错位 90° 。

其后,沿上述陶瓷片的叠层方向把上述第 1 内

部电极组 24a,第 2 内部电极群 24b 的各电极互相连接起来,形成第一外部电极 32a 和第 2 外部电极 32b。这时也可使外部电极 32a、32b 与位于内部电极 24a、24b 间的区段层 29 相连接。外部电极 32 的宽度应比区段层 29 的宽度要小,一旦比区段层 29 的宽度大,当涂复形成外部电极 32a、32b 时,在区段层 29 以外的部分,外部电极 32a、32b 就要和内部电极 24(24a、24b)接触,有发生短路的危险。

对于用上法得到的叠层型陶瓷元件 20,把引线 34 接到外部电极 32,加上来自电极源 36 的电压后,就在陶瓷元件 20 的叠层方向建立电场,在叠层方向上变位,从而具有了做为传动装置等功能。

如上所述,借助本发明,可很容易地将内部电极的端部每隔一层连接起来,而且,由于有空位,能够防止因电场感应伸缩不均造成的应力集中,提高了使用寿命,使本发明的叠层型陶瓷元件能很好地适用于传动装置等用途。而且本发明不但可用于利用电致伸缩效应的叠层型传动装置等用途中,而且对于电致伸缩效应以外的,如以电光效应为主要目的也有电致伸缩效应的陶瓷叠层元件防止其因电场感应伸缩不均造成的应力集中也是有益的。

在本发明中,由于有区段层,在元件的一侧涂复形成外部电极时,构成此外部电极的材料不流向内部电极侧,从而能有效地防止两外部电极通过内部电极而短路。

下面将进一步对本发明的具体实施例进行说明:

实施例一

此实施例 1 的叠层型陶瓷元件 20 包括:有电致伸缩效应的多个陶瓷片 22;因此陶瓷片 22 间相邻层互不相同的叠层的膜状第 1 和第 2 内部电极 24a、24b;沿上述多个陶瓷片 22 的叠层方向延伸,并与上述内部电极 24 中的第 1 内部电极组 24a 的端部连接的第 1 外部电极 32a;与上述第 2 内部电极组 24b 的端部连接的第 2 外部电极 32b。在陶瓷片 22 的上述第 1 外部电极 32a 和上述第 2 内部电极 24b 之间以及与上述第 2 外部电极 32b 和上述第 1 内部电极 24a 之间的相对对应处形成空位 30,此空位 30 是这样形成的,即在第 1 和第 2 内部电极 24a、24b 的各端部设置圆弧形的切口部

28, 由于此圆弧形切口部 28 的存在, 在陶瓷片 22 间形成空位 30。

切口部 28 的形状也可以不是圆弧形, 只要能在陶瓷片 22 的上述第 1 外部电极 32a 和第 2 内部电极 24b 之间以及上述第 2 外部电极 32b 和第 1 内部电极 24a 之间的相对应处形成空位 30 就可以。由于切口部 28 的存在, 不仅在陶瓷片 22 间形成空位 30, 同时还使上述第 1 外部电极 32a 和第 2 内部电极 24b 之间以及上述第 2 外部电极 32b 和第 1 内部电极 24a 之间分别隔离绝缘。

制造此实施例 1 的叠层型陶瓷元件 20 时, 首先用水做溶剂, 把结合剂甲基纤维素和可塑剂丙三醇加进以 $\text{PbTiO}_3\text{PbZrO}_3$ 、 $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ 为主要成分的电致伸缩陶瓷材料的焙烧粉末中, 再很好地进行混合, 以便制作成形前胚体。用挤压成形法将此成形前胚体成形为厚 $120\mu\text{m}$ 的未烧结薄片, 并使之干燥。

将其切成规定的形状, 用丝网印刷法在其一面上涂复上银-钯糊剂, 如图 2 所示, 在半圆形的未涂复金属糊剂的预定空位部分 26 以外的区域成形内部电极 24(24a、24b)。将 100 片已印刷涂复的未烧结薄片叠放在一起, 用热压机热压。叠放时, 在叠层方向上将各相邻未烧结薄片的半圆形预定空位部分 26 左右交错叠层, 每隔一层其位置相同。所得到的叠层体在 500°C 脱脂后, 再在 1000°C 下烧结, 然后切断成一个个的元件。

将如此获得的叠层型烧结体的断面用扫描显微镜观察时, 证实内部电极 24(24a、24b)的膜厚为 $2-3\mu\text{m}$, 在预定空位部分 26 处形成 $2-3\mu\text{m}$ 的空位 30。

接着, 如图 2 所示那样, 通过涂复烧接银糊剂以形成外部电极 32a、32b, 将位于每隔一层的空位间的内部电极 24(24a、24b)的端部沿叠层方向进行电连接。随后将引线用软钎焊法接到外部电极, 通过此引线加上规定的直流电压进行极化处理, 制成图 1 所示的叠层型陶瓷元件 20。

此叠层型陶瓷元件的尺寸为长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $= 5\text{mm} \times 5\text{mm} \times 10\text{mm}$, 给它加上 100 伏直流电压时显示有 $11\mu\text{m}$ 的位移。把频率为 1000 赫最高幅度为 100V 的正弦波脉冲电压连续加至此元件进行寿命试验, 电压脉冲约 1 亿次后, 其位移也不降低元件也未损坏。

实施例 2

此实施例 2 的叠层型陶瓷元件 20 也和实施例 1 一样, 包括:有电致伸缩效应的多个陶瓷片 22; 在此陶瓷片 22 间相邻层互不相同的叠层的膜状第 1 和第 2 内部电极 24a、24b; 沿上述多个陶瓷片 22 的叠层方向沿伸, 并与上述内部电极 24 中的第 1 内部电极群 24a 的端部相连接的第 1 外部电极 32a; 与上述第 2 内部电极群 24b 的端部相连接的第 2 外部电极 32b。

在陶瓷片 22 的与上述第 1 外部电极 32a 和第 2 内部电极 24b 之间以及与上述第 2 外部电极 32b 和第 1 内部电极 24a 之间相对应处与介于其间的区段层 29 一起形成空位 30。

此空位 30 在陶瓷片上, 而且是形成在第 1 和第 2 内部电极 24a、24b 的各端部和区段层 29 之间。第 1、第 2 外部电极 32a、32b 分别与每隔一层的区段层 29 相连接。因有区段层, 上述第 1 外部电极 32a 和第 2 内部电极 24b 之间以及上述第 2 外部电极 32b 和第 1 内部电极 24a 之间分别隔离绝缘, 通过实施例 1 的叠层型陶瓷元件 20 来看, 该实施例 2 的产品, 具有联系的是在前述切口部 28 内设置区段层 29, 在内部电极 24(24a、24b)和区段层 29 之间形成空位 30。

制造此实施例 2 的叠层陶瓷元件 20 时, 首先, 用水做溶剂, 把结合剂甲基纤维素和可塑剂丙三醇加进以 PbTiO_3 、 PbZrO_3 、 $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ 为主要成份的电致伸缩陶瓷材料的焙烧粉末中, 然后很好地混合以制作成形前胚体。用挤压成形法将此成形前胚体成形为厚 $120\mu\text{m}$ 的未烧结薄片, 并使之干燥。

将其切成规定的形状, 用丝网印刷法将银钯糊剂涂复在其一面, 为图 5 所示, 同时形成内部电极 24(24a、24b)和用宽 0.5mm 的未涂复金属糊剂的预定空位部分 26 隔离的区段层 29。将已印刷涂复的 100 片未烧结薄片叠放在一起, 用热压机热压。叠放时在叠层方向上, 相邻两层的区段层 29 左右交错放置。每隔一层的未烧结薄片位置相同。将所得到的叠层体在 500°C 下脱脂并在 1100°C 下烧结后, 切成一个个的元件。

将如此制得的叠层型烧结体的断面用扫描电子显微镜观察时, 证实其内部电极 24(24a、24b)和区段层 29 的膜厚为 $2-3\mu\text{m}$, 在内部电极 24(24a、

24b)和区段层 29 的间隙处形成的空位 30 高为 2—3 μm 。

其后，为图 5 所示，通过涂复烧接银糊剂形成外部电极 32a、32b，将位于区段层间的每隔一层的内部电极 24(24a、24b)的端部在叠层方向电连接起来。进而把引线用软钎焊法接到外部电极通过此引线加上规定的直流电压进行极化处理，获得如图 4 所示这样的叠层型陶瓷元件 20。

此叠层型陶瓷元件的尺寸是长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $=5\text{mm}\times5\text{mm}\times10\text{mm}$ ，把 100 伏的直流电压加至其上时，显示有 10 μm 的位移。而且将频率 1 千赫最高幅度为 100 伏的正弦波脉冲电压连续加至此元件进行元件的寿命试验时，加电压脉冲约一亿次后，其位移不降低，元件也未损坏。

比较例

与上述实施例比较，图 7 所示的现有类型的叠层型陶瓷元件在同样条件下进行寿命试验，加一万次左右的电压脉冲，元件就坏了。

按本发明制成的叠层型陶瓷元件与图 7 所示这种叠层型陶瓷元件相比，因为借助在内部电极的端部形成的空位能防止因电场感应伸缩不均造成的应力集中，使其寿命大大提高。

而和图 8 所示的叠层型陶瓷元件比较，本发明的叠层型陶瓷元件完全不需要每隔一层在其内部电极的端部形成绝缘层。也就避免了因绝缘层形成不良而产生的废品，所以制造简便、成品率高、易于生产。

并且因为设置有区段层，在涂复银等金属糊剂形成外部电极时，避免了因银等金属浆料渗入空位造成的废品。

图 1

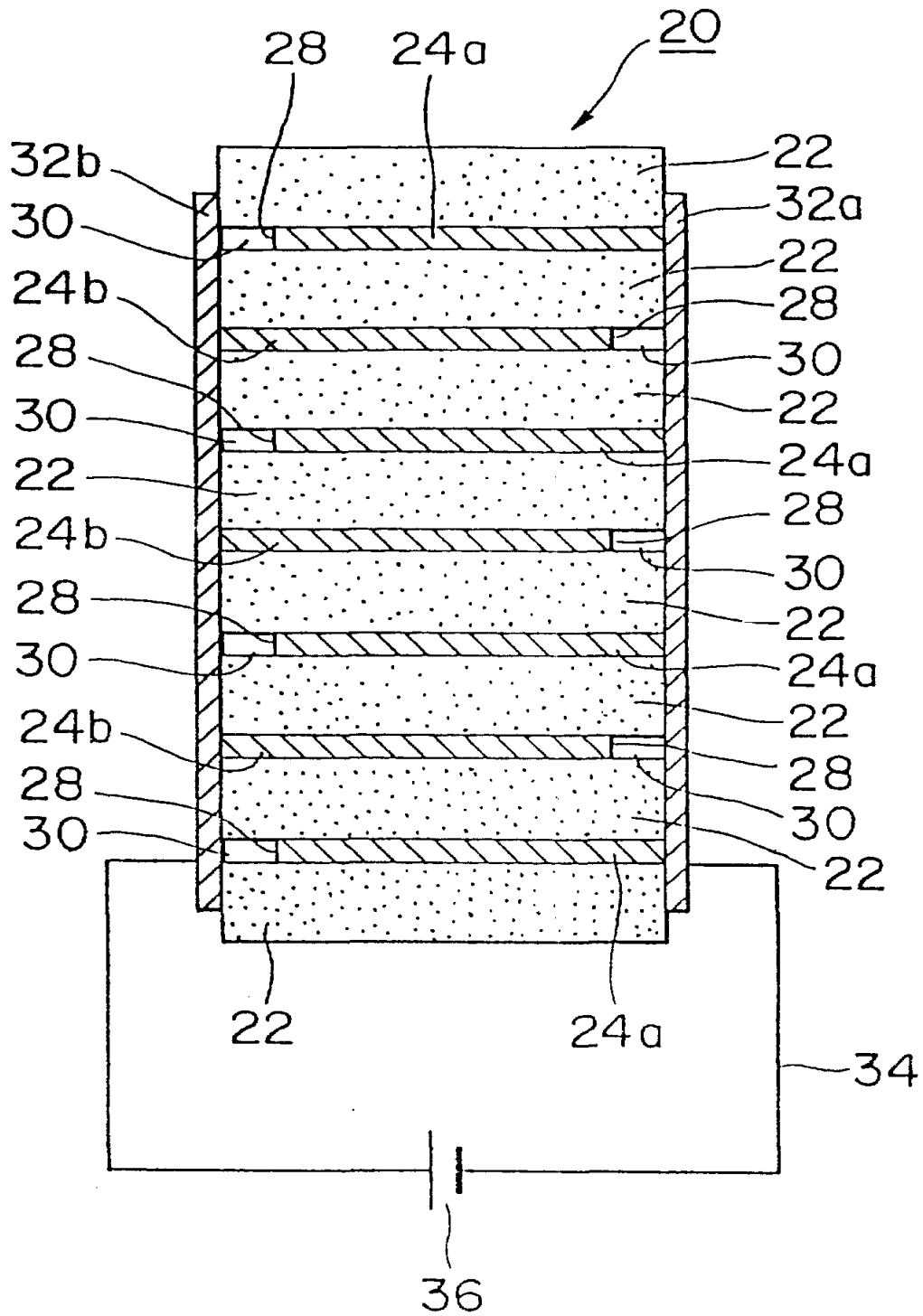


图 2

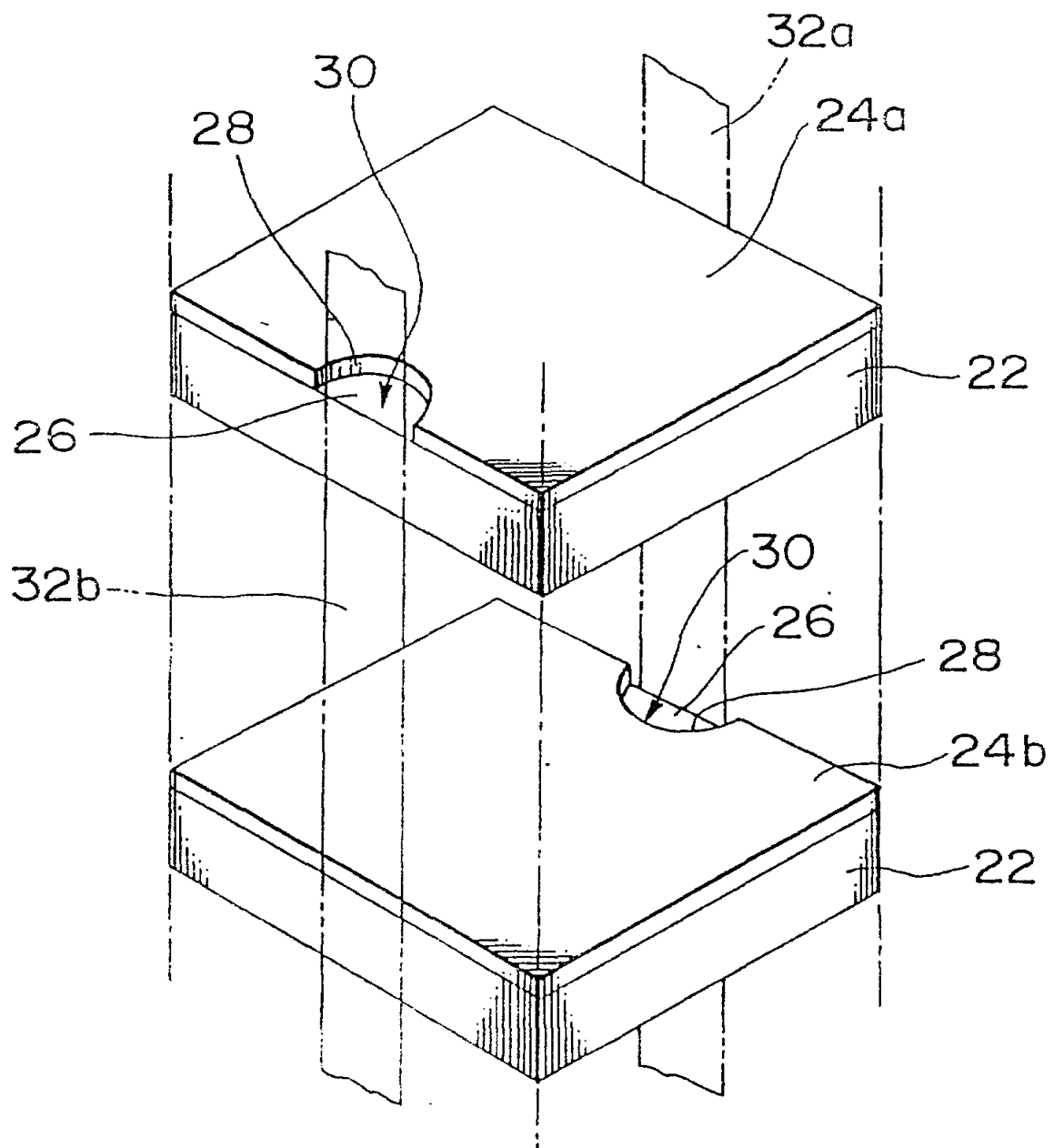


图 3

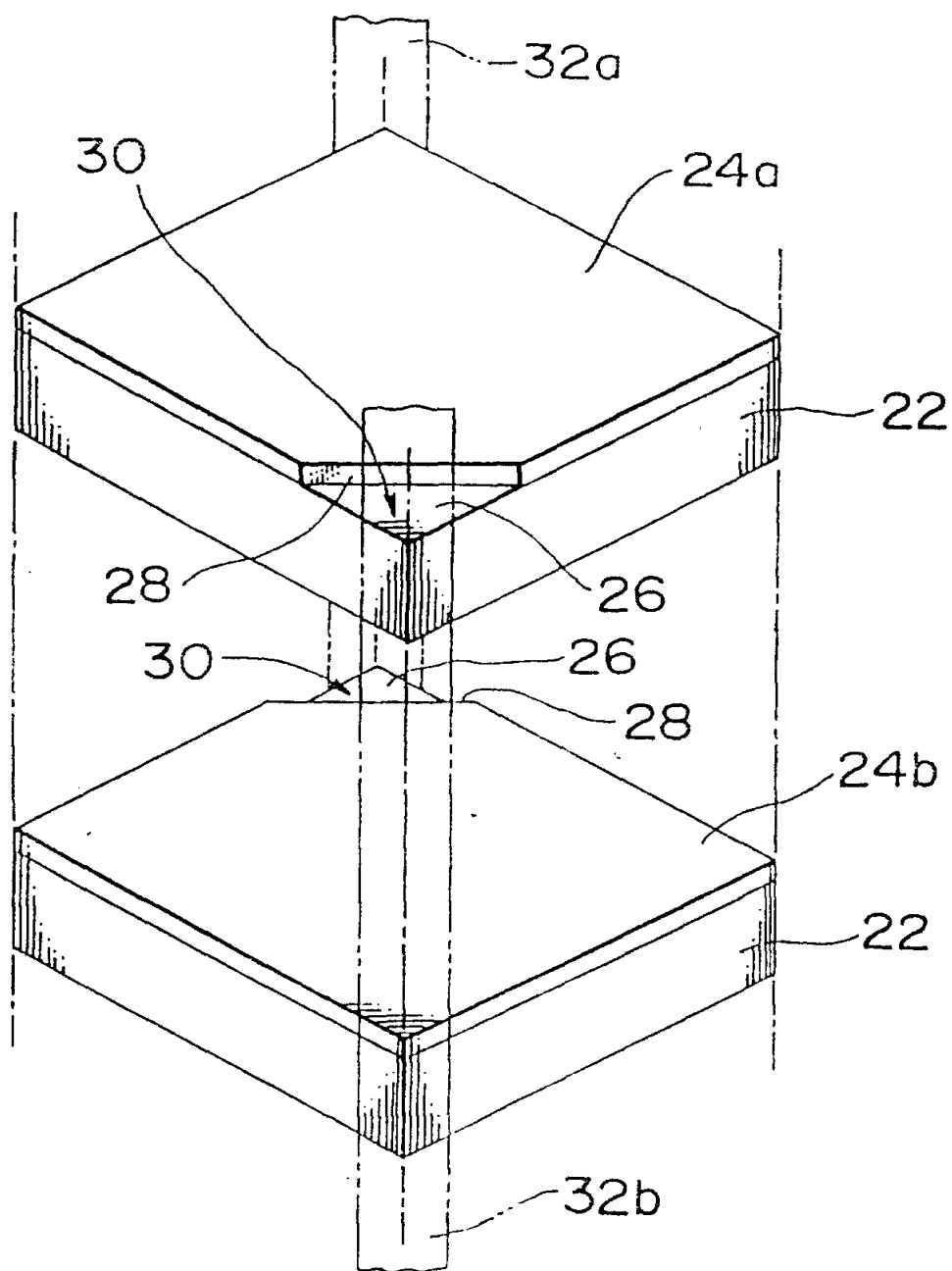


图 4

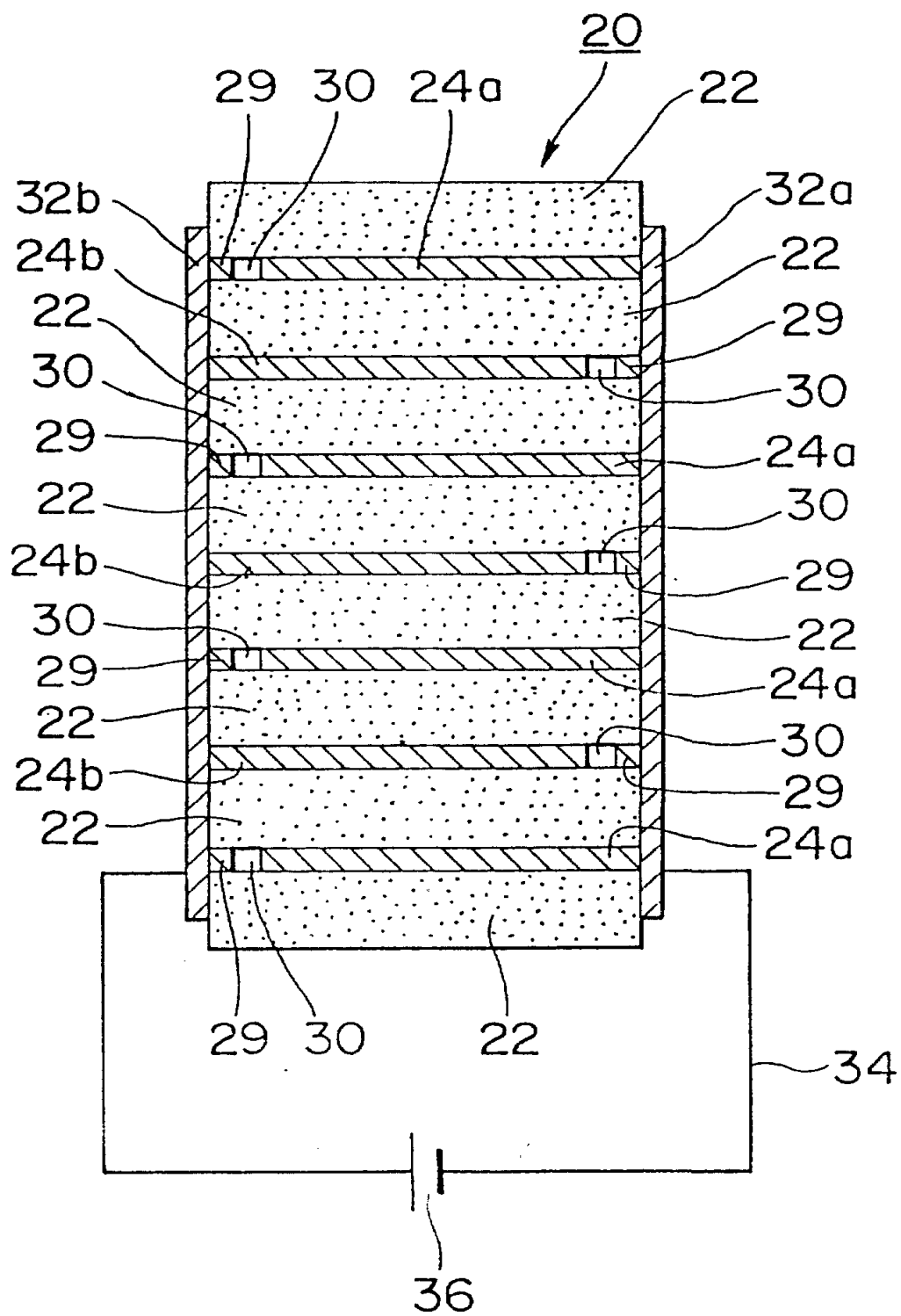


图 5

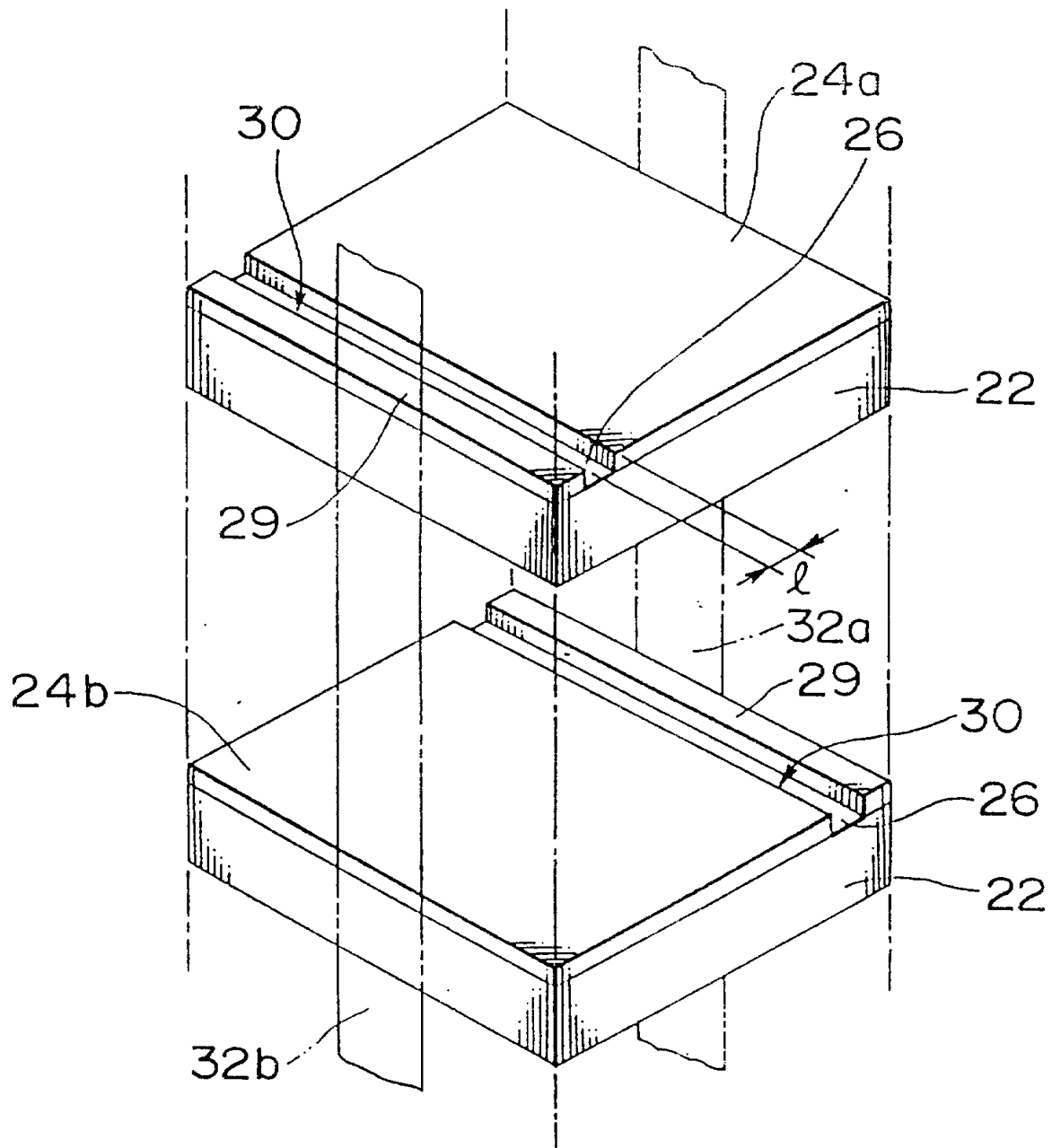


图 6

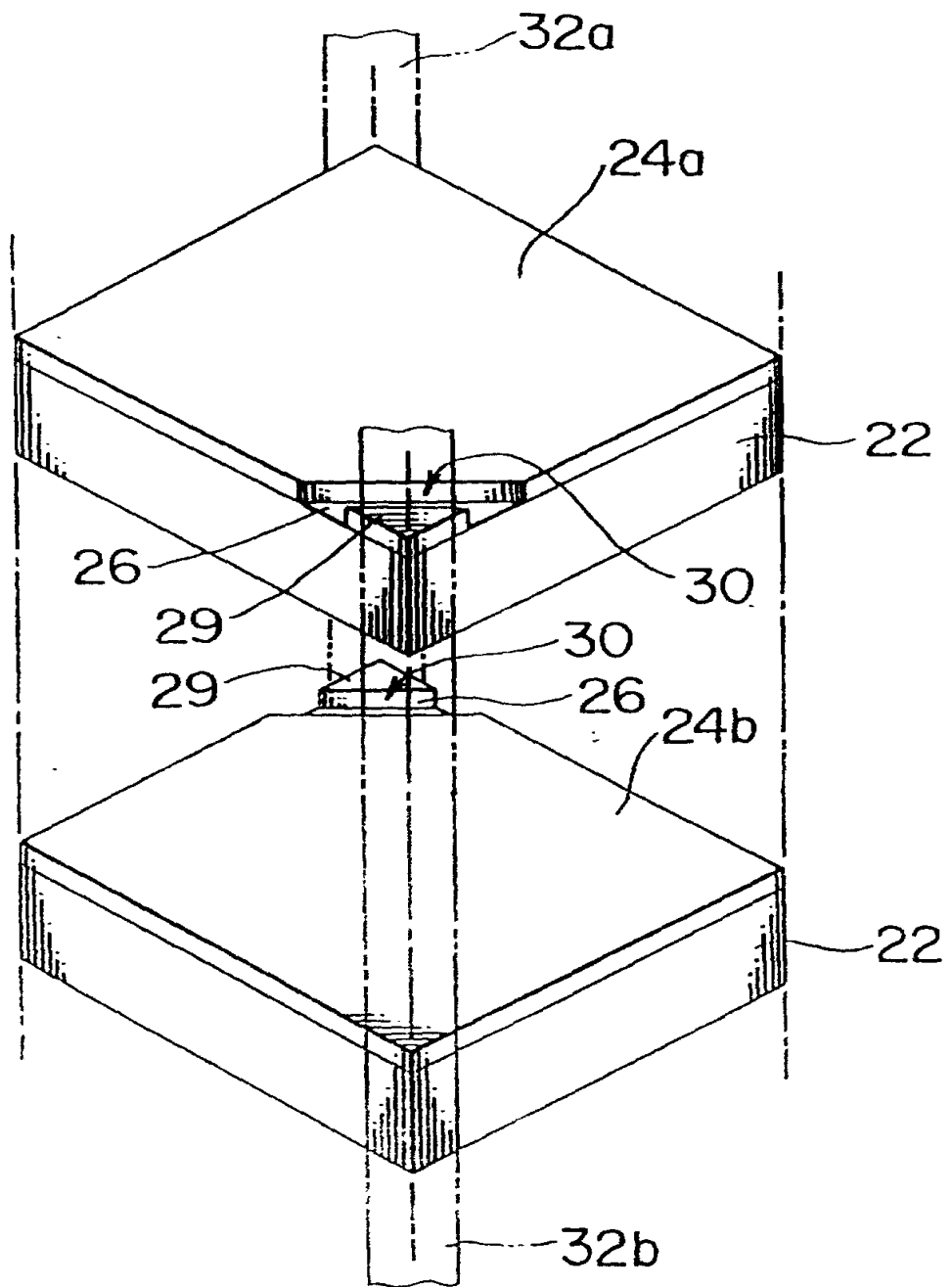


图 7

