



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480000667.6

[43] 公开日 2005年11月16日

[11] 公开号 CN 1698400A

[22] 申请日 2004.2.27

[21] 申请号 200480000667.6

[30] 优先权

[32] 2003.2.28 [33] JP [31] 53281/2003

[32] 2003.2.28 [33] JP [31] 53282/2003

[32] 2003.2.28 [33] JP [31] 53283/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2004/002382 2004.2.27

[87] 国际公布 WO2004/077881 日 2004.9.10

[85] 进入国家阶段日期 2005.2.7

[71] 申请人 农工大 TLO 株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 越田信义 椿健治

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商  
标事务所

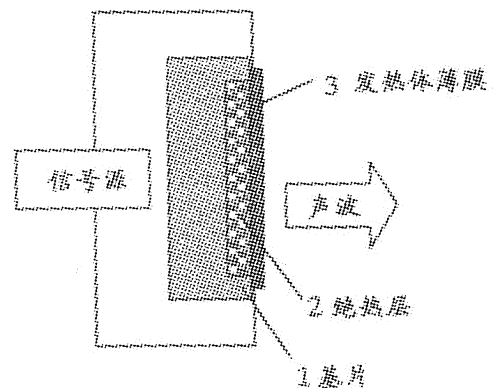
代理人 杜日新

权利要求书1页 说明书11页 附图5页

[54] 发明名称 热激发声波发生装置

[57] 摘要

热激发声波发生装置，包括导热基片、形成于基片一个面上的绝热层、形成于绝热层上由电力驱动的金属膜组成的发热体薄膜，其中设此导热基片的热导率为  $\alpha_s$ 、热容为  $C_s$  而此绝热层的热导率为  $\alpha_1$ 、热容为  $C_1$  时，成立下述关系： $1/100 \geq \alpha_1 C_1 / \alpha_s C_s$  且  $\alpha_s C_s \geq 100 \times 10^6$ 。这种新的技术装置能显著改进以热激发为基础的压力发生装置的功能。



1. 一种热激发声波发生装置, 包括导热基片、形成于基片的一个表面上的绝热层、形成于绝热层上由电力驱动的金属膜组成的发热体薄膜, 其特征在于, 设此导热基片的热导率为 $\alpha_s$ 、热容为 $C_s$ 、而此绝热层的热导率为 $\alpha_1$ 、热容为 $C_1$ 时, 下述关系成立:

$$1/100 \geq \alpha_1 C_1 / \alpha_s C_s \text{ 且 } \alpha_s C_s \geq 100 \times 10^6.$$

2. 根据权利要求1的热激发声波发生装置, 其特征在于, 所述导热基片是由半导体或金属组成。

3. 根据权利要求1的热激发声波发生装置, 其特征在于, 所述导热基片是由陶瓷基片组成。

4. 根据权利要求1的热激发声波发生装置, 其特征在于, 绝热层是在上述导热基片的一个表面上将多晶硅经多孔化形成的多孔硅层。

5. 根据权利要求4的热激发声波发生装置, 其特征在于, 上述多孔硅层中的至少一部分具有柱状结构的硅结晶粒。

6. 根据权利要求4或5的热激发声波发生装置, 其特征在于, 在上述多孔硅层中于纳米硅结晶表面上形成绝缘膜。

7. 根据权利要求6的热激发声波发生装置, 其特征在于, 此绝缘膜为氧化膜。

8. 根据权利要求6的热激发声波发生装置, 其特征在于, 此绝缘膜为氮化膜。

9. 根据权利要求6~9中任一项所述的热激发声波发生装置, 其特征在于, 上述绝缘膜是由热处理形成。

10. 根据权利要求6~9中任一项所述的热激发声波发生装置, 其特征在于, 上述绝缘膜是由电化学处理形成。

## 热激发声波发生装置

### 技术领域

本发明涉及热激发声波发生装置。详细地说，本发明是通过将热量加给空气使空气大致致密化而发生声波的装置，是涉及到可有效地用于超声波声源、扬声器声源、激发器等新的热激发声波发生装置。

### 背景技术

周知存在有种种超声波发生装置，这类已有的超声波发生装置，除了采用电火花和应用流体振动的特殊装置外，都是利用将种种机械振动变换为空气振动的。在利用这种机械振动的方法中虽有电动型、电容器型等，但在超声波领域，利用压电元件的则为主流。例如于压电材料钛酸钡的两面上形成电极，给电极间施加超声波电信号，使发生机械振动，将此振动传递给空气等媒质以发生超声波。但是利用这种机械振动的声波发生装置由于具有固有的谐振频率，频带窄，易受周围的环境（温度、振动）等影响，存在有难以微型化、阵列化的问题。

另一方面则提出了完全不伴生机械振动的新的发生原理的压力波发生装置（特开平 11-300274 号公报，《Nature》400(1999)，853-855）。具体地说，所提出的装置是由基片、基片上所设的绝热层以及设于绝热层上电力驱动的发热体薄膜构成，发热体薄膜发生的热通过设置热导率极小的多孔质层与高分子层等绝热层，加大了发热体表面的空气层的温度变化以发生超声波。这一提出的装置由于不伴生机械振动，具有频带宽、不易受周围环境的影响、较易微型化与阵列化等的特征。现来考察这种热激发的压力发生装置的原理，在以交流电施加到电驱动的发热体薄膜上时其表面温度的变化、设绝热层的热导率为 $\alpha$ 、单位体积的热容为  $C$ 、角频率为 $\omega$ 、单位面积的能量输出/输入为

$q(\omega)[W/cm^2]$ 时,可由下式(1)给定:

$$T(\omega) = (1-j) / \sqrt{2} \times 1 / \sqrt{\omega \alpha C} \times q(\omega) \quad (1)$$

此外,这时发生的声压由下式(2)给出:

$$P(\omega) = A \times 1 \sqrt{\alpha C} \times q(\omega) \quad (2)$$

亦即如图5所示,根据发生超声波频率信号的信号源供给的频率  $f$  的电流(图5-a),从发热体薄膜发生的热(图5-b)与周围媒体空气进行热交换,导致空气的温度变化(图5-c)。这就产生空气的疏密波,发生频率  $2f$  的声波(图5-d)。

这里,根据式(2),所发生的声压正比于单位面积的能量输出/输入  $q(\omega)$ 即正比于输入功率,可知热绝缘层的热导率  $\alpha$ 、随单位体积的热容  $C$  愈小而愈大。此外,绝热层与基片的热反差起着重要作用。具体地说,设具有热导率  $\alpha$ 、单位体积热容  $C$  的绝热层的厚度为  $L$ 。此时,在具有  $\alpha$  与  $C$  都充分大的导热性基片时,当取下式(3):

$$L = (2\alpha / \omega C)^{0.5} \quad (3)$$

程度的厚度(交流分量的热扩散长度)时,发热的交流分量绝热,因发热体的热容发生的直流分量的热可高效地逸散到热传导性高的基片。

但在上述热激发的声波发生装置中,就其多层结构的应有状态与具体的方式而论,从考虑改进它的性能观点上看,事实上基本没有多大发展前途。此外,在上述的声波发生装置中,虽然具有完全不伴生机械振动的众多特征,但在要获得有实用性的输出时,由于增大输入的电功率而发生的焦耳热也增大,发生了直流分量的热不能完全释出而不能增大发热体薄膜的温度变化的问题。

此外,发生的声压级至多是  $0.1Pa$  的程度,属于不能满足需要的声压级,因而希望能更进一步提高性能。

### 发明内容

为此,本发明的目的在于对完全不伴生机械振动的具有众多特征的热激发压力发生装置,提供能谋求显著改进其性能的新的技术装置。

本发明为了解决上述问题,首先是提供这样热激发声波发生装置,它具有导热的基片、在基片的一侧表面上形成的绝热层以及形成于绝热层上能由电力驱动的金属膜组成的发热体薄膜,此热激发声波发生装置的特征在于,设绝热层的热导率为 $\alpha_1$ 而其热容量为 $C_1$ 时,成立下述关系:

$$1/100 \geq \alpha_1 C_1 / \alpha_s C_s, \text{ 且 } \alpha_s C_s \geq 100 \times 10^6$$

其次提供这样的上述热激发声波发生装置,其特征在于,此导热基片是由半导体或金属构成,第三提供这样的热激发声波发生装置,其特征在于,此导热基片是由陶瓷基片构成。

如上所述的本发明是发明人为了解决前述问题,着眼于绝热层与基片的热反差,重复精心研究的结果而获得的,是为了使前述的关系成立,通过选择导热的基片与绝热层的材料,基于使性能改进完全未预料到的新的知识而实现的。

本发明对于上述热激发声波发生装置的第四方面是提供这样的热激发声波发生装置,其特征在于,绝热层是在导热基片的一侧表面上将多晶硅多孔化而形成的多孔硅层;在第五方面是提供这样的热激发声波发生装置,其特征在于,此多孔硅层中至少有一部分是具有柱状结构的硅结晶粒。

以上所述的发明是根据发明人精心研究结果而得到的,通过将多晶硅多孔化形成的多孔硅层用作绝热层,这一部分就能高效地将直流分量的热释放到基片侧,而此种作用是基于完全未能预期有的新知识来完成的。

本发明在第六方面是提供这样的热激发声波发生装置,其特征在于,在此多孔硅层中于纳米硅结晶的表面形成绝缘膜;在第七方面是提供具有绝缘膜为氧化膜特征的热激发声波发生装置;在第八方面是提供具有绝缘膜为氮化膜特征的热激发声波发生装置;在第九方面是提供具有绝缘膜是通过热处理形成特征的热激发声波发生装置;在第十方面是提供具有绝缘膜是通过电化学处理形成特征的热激发声波发生装置。

以上各发明是发明人为了解决前述问题重复锐意研究的结果，这是在由导热基片、于基片的一侧表面上形成多孔硅层所成的绝热层、形成于绝热层上而由电驱动的金属膜所成的发热体薄膜这三者组成的为其特征的热激发声波发生装置之中。通过于多孔硅层的纳米硅结晶表面上形成绝热膜，能使作为绝热层的热导率 $\alpha$ 减小而加大发生的声压，以这种完全未能预期有的新的知识为基础而完成的。

#### 附图说明

图 1 是例示本发明的热激发声波发生装置一实施形式的剖面图。

图 2 示明 $\alpha_s C_s$ 与 $\alpha_1 S_1$ 关系的最佳范围。

图 3 是概示硅结晶粒柱状结构的剖面图。

图 4 是概示于纳米硅结晶表面上形成绝缘膜状态的剖面图。

图 5 示明频率与电流、热、温度、声波的关系。

#### 具体实施方式

本发明具有如上所述的特征，下面就其实施形式进行说明。

图 1 是例示本发明的热激发声波发生装置实施形式的剖面图。在图 1 的例子中，热激发声波发生装置包括导热基片 1、于此基片一侧表面上形成的多孔硅层组成的绝热层 2、形成于绝热层 2 上由电力驱动的金属膜形成的发热体薄膜 3。

将具有热导率 $\alpha$ 、单位体积热容  $C$  的绝热层厚度设为  $L$ ，当存在有所具 $\alpha$ 、 $C$ 都充分大的导热基片时，若取上述 (3) 所示大小的厚度（交流分量的热扩散长度），则发热的交流分量绝热，因发热体的热容所发生的直流分量的热可高效地逸散到导热性高的基片。

为了使上述热能更好地流动，如图 2 所示，选择绝热层、基片的材料进行组合，以满足： $1/100 \geq \alpha_1 C_1 / \alpha_s C_s$  且  $\alpha_s C_s \geq 100 \times 10^6$ 。在此，若按  $1/100 < \alpha_1 C_1 / \alpha_s C_s$  和/或  $\alpha_s C_s < 100 \times 10^6$  进行时，直流分量的热就不能充分逸散到基片，发热体金属薄膜将贮存热，就不能相对于输入获得充分的温度变化，使有关的性能降低。此外，对于 $\alpha_1 C_1 / \alpha_s C_s$ 值的下限

与 $\alpha_s C_s$ 的上限虽无特别限定，但使金属与高性能绝热材料相组合以获得最大热反差的值即成为实用上的限定值。

表 1 具体地列出了各种材料的 $\alpha C$ 的值。

表 1  
热导率 $\alpha$ 、热容 C

种类	热导率 $\alpha$ (W/mK)	热容 C( $10^6$ J/m <sup>3</sup> K)	$\alpha C(\times 10^6)$
铜	398	3.5	1393
硅	168	1.67	286
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30	3.1	93
SiO <sub>2</sub>	1.4	2.27	3.2
聚酰亚胺	0.16	1.6	0.26
多孔硅	0.12	0.5	0.06
聚苯乙烯 泡沫材料	0.04	0.045	0.0018

固体的 $\alpha C$ 对于金属、半导体、无机绝缘物、树脂大致取表 1 所示范围的值。这里例如多孔硅是将硅表面于氟酸溶液中进行阳极氧化处理而形成的，通过适当地设定电流密度与处理时间，能获得所希望的孔隙度与深度（厚度）。多孔硅是多孔质材料，而借助纳米级硅的量子效应（声子封闭效应），与硅相比，显示出热导率、热容量都非常小的值。

具体地说，由表 1 可知，例如在以铜或硅用作基片材料时，是把聚酰亚胺、多孔硅、聚苯乙烯泡沫材料用于绝热层。它们的上述组合只不过是一个例子，是可以适当选择的。

上述绝热层 2 是由多孔硅层组成，如上所述，可将硅表面于氟酸溶液中通过阳极氧化处理形成，而在其中通过适当地设定电流密度、处理时间可获得所希望的孔隙度、深度（厚度）。多孔硅是多孔质材料，而通过纳米级的硅的量子效应（声子封闭效应），与硅相比，热

导率与热容都显示出很小的值。具体地说，硅的热导率 $\alpha=168\text{W/mK}$ 、热容 $C=1067 \times 10^6\text{J/m}^3$ ，而对于孔隙度约 70%的多孔硅，热导率为 $\alpha=0.12\text{W/mK}$ 而热容 $C=0.06 \times 10^6\text{J/m}^3\text{K}$ 。

作为硅不仅可用单晶硅还可采用多晶硅，多晶硅例如可用等离子体 CVD 法形成，但制法并无特别限定，也可以由催化剂 CVD 法形成，或是由等离子体 CVD 法使无定形硅成膜后用激光退火进行加热处理而多晶化，在由上述阳极氧化法处理多晶硅时，如图 3 所示，存在结晶粒的聚集体的细长柱状结构 (2-a)，可取其间存在纳米级硅的微结晶的多孔质结构 (2-b)。可以认为，这是由于多晶硅的阳极氧化反应是在结晶粒的界面上优先进行，也就是说阳极氧化是沿深度方向于柱状结构的柱与柱之间进行，而在阳极氧化后还残留有柱状的硅结晶粒子。通过取这样结构，保持了作为宏观的绝热层功能，同时柱状结构部分则能高效地将热释向基片。

显然，此种柱状结构的硅结晶粒的存在将依据阳极氧化的条件而改变其大小与单位体积的比例。于是在本发明中是将这种硅结晶粒的存在作为更好的形式而提出的。

本发明人注意到与多孔硅的骨架硅的热导率相比，绝缘材料  $\text{SiO}_2$  或  $\text{Si}_3\text{N}_4$  的热导率要小。这就是说业已发现，如图 4 所示，在形成多孔硅的纳米硅结晶的表面上形成上述绝缘材料的绝缘膜，由于减小了骨架部分的热导率而能减小多孔硅的热导率。但是上述绝缘材料的热容  $C$  与硅相比较较大，为了减小  $\alpha C$  值需适当地选择硅结晶表面上形成的绝缘膜的厚度。

作为上述绝缘膜的形成方法并无特别限定，但最好例如由热处理或电化学处理形成绝缘膜。热处理可在氧或氮气气氛下通过加热进行。这时的温度条件与升温条件等可根据所用基片材料等作适当选择，例如热氧化处理可在  $800\text{-}950^\circ\text{C}$  的温度范围用  $0.5\text{-}5$  小时进行。电化学的氧化处理例如可在硫酸水溶液等的电解质溶液中于基片和相对的电极之间通恒定电流达规定时间进行，此时的电流值、通电时间等可据拟形成的氧化膜的膜厚适当地选择。



作为导热基片 1 为了逸散通流分量的热最好采用热导率 $\alpha$ 大的材料, 而尤为最好是采用金属, 例如可选择铜、铝等基片, 但并未特别限定于此, 也可以采用硅基片等半导体基片。此外还可采用玻璃等陶瓷基片。作为基片的形状, 为了能有良好的效热效率, 最好在背面形成放热叶片。

其次, 作为发热体薄膜三者为金属膜时对材料不作特别限定, 例如可用 W、Mo、Ir、Au、Al、Ni、Ti、Pt 等金属单体或它们的叠层结构, 由真空蒸镀、溅射等成膜。此外, 为能减小热容, 膜厚以薄为好, 但为了获得适当的电阻, 可选择 10nm~100nm 的范围。

下面示明实施例, 对本发明作更详细的说明。不言而喻, 下面的例子并非是对本发明作限制。

#### 实施例

##### (实施例 1)

P 型 (100) 单晶硅基片 ( $80\sim 120\Omega\text{cm}$ ,  $\alpha_s C_s = 286 \times 10^6$ ) 的背面作为阳极氧化处理时的接触电极, 由真空蒸镀 Al 形成 300nm 厚的膜。然后将此基片置于 HF (55%): EtOH=1: 1 的溶液中, 以 Pt 为相对的电极, 在电流密度  $100\text{mA}/\text{cm}^2$  下进行 8 分钟的阳极氧化处理, 形成厚约  $50\mu\text{m}$  的多孔硅层 ( $\alpha_1 C_1 = 0.06 \times 10^6$ )。最后于多孔硅层上以溅射法形成 50nm 厚的 W 作为发热体薄膜, 制作了  $5\text{mm}\square$  的面积元件。

##### (实施例 2)

于纯铜制的基片 (厚 1mm,  $\alpha_s C_s = 1393 \times 10^6$ ) 的上表面由厚  $50\mu\text{m}$  的聚酰亚胺形成涂层 ( $\alpha_1 C_1 = 0.26 \times 10^6$ )。最后于聚酰亚胺上以溅射法形成 50nm 厚的 W 作为发热体薄膜, 制作了  $5\text{mm}\square$  的面积元件。

##### (实施例 3)

于纯铜制的基片 (厚 1mm,  $\alpha_s C_s = 1393 \times 10^6$ ) 的上表面由溅射法形成厚  $2\mu\text{m}$  的  $\text{SiO}_2$  层 ( $\alpha_1 C_1 = 3.2 \times 10^6$ )。最后于  $\text{SiO}_2$  上以溅射法形成 50nm 厚的 W 作为发热体薄膜, 制作了  $5\text{mm}\square$  的面积元件。

##### (比较例 1)

于 P 型 (100) 单晶硅基片 ( $80\sim 120\Omega\text{cm}$ ,  $\alpha_s C_s = 286 \times 10^6$ ) 的上

表面上由溅射法形成  $2\mu\text{m}$  的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜 ( $\alpha_1 C_1 = 93 \times 10^6$ )。最后于  $\text{Al}_2\text{O}_3$  膜上以溅射法形成  $50\text{nm}$  厚的 W 作为发热体薄膜, 制作了  $5\text{mm} \square$  的面积元件。

(比较例 2)

于厚  $1.1\text{mm}$  的钠玻璃 ( $\alpha_s C_s = 3.2 \times 10^6$ ) 的上表面上由厚  $100\mu\text{m}$  的聚苯乙烯泡膜材料形成涂层 ( $\alpha_1 C_1 = 0.0018 \times 10^6$ )。最后于聚苯乙烯薄膜上以溅射法形成  $50\text{nm}$  厚的 W 作为发热体薄膜, 制作了  $5\text{mm} \square$  的面积元件。

对上述各实施例 1~3 与各比较例 1~2 求得的元件的发热体薄膜供给  $50\text{kHz}$ 、 $1\text{W}/\text{cm}^2$  的电功率, 于距元件  $10\text{mm}$  处用传声器测定了输出声压。结果示明于表 2。

表 2

No.	基片	绝热层	$\alpha_1 C_1 / \alpha_s C_s$	$\alpha_s C_s (\times 10^6)$	输出声压(Pa)
实施例 1	硅	多孔硅	1/4764	280	0.28
实施例 2	铜	聚酰亚胺	1/5358	1393	0.17
实施例 3	铜	$\text{SiO}_2$	1/435	1393	0.11
比较例 1	硅	$\text{Al}_2\text{O}_3$	1/3.1	280	0.01
比较例 2	$\text{SiO}_2$	聚苯乙烯 泡沫塑料	1/1778	3.2	0.03

根据实施例 1-3 与比较例 1、2 的各元件, 发生了  $100\text{kHz}$  的超声波。从表 2 可知, 在采用  $1/100 \geq \alpha_1 C_1 / \alpha_s C_s$  且  $\alpha_s C_s \geq 100 \times 10^6$  的组合时, 声压变大。

(实施例 4)

于厚  $1\text{mm}$  的纯钢制的基片表面上由等离子体 CVD 法形成  $3\mu\text{m}$  厚的多晶硅膜。

然后将此基片于  $\text{HF} (55\%) : \text{EtOH} = 1 : 1$  的溶液中以铂作为相对的电极, 于电流密度  $20\text{mA}/\text{cm}^2$  下进行 3 分钟的阳极氧化处理, 形

成多孔硅层，最后于多孔硅层上以溅射法形成 50nm 厚的 W 作为发热体薄膜，制作了 5mm $\square$ 的面积元件。观察所得元件的多孔硅层时，观察到硅结晶粒的柱状结构。再给所得的发热体薄膜供给 50kHz、50W/cm<sup>2</sup>的电功率。于距元件 10mm 的距离以传声器测定了输出声压。结果确认发生了 100kHz 的超声波，声压输出为 5.8Pa。此时元件表面的正常温度约 50℃。

(比较例 3)

于 P 型 (100) 单晶硅基片 (3~20 $\Omega$ cm) 的背面以真空蒸镀 300nm 厚的 Al 膜作为阳极氧化处理时的接触电极。然后将此基片于 HF (55%): EtOH=1:1 的溶液中，以铂作为相对电极用电流密度 20mA/cm<sup>2</sup> 进行 3 分钟的阳极氧化处理，形成厚约 3 $\mu$ m 的多孔硅层。最后于多孔硅层上以溅射法形成 50nm 厚的 W 作为发热体薄膜，制成了 5mm $\square$ 的面积元件。观察所得元件的多孔硅层时，特别是硅结晶粒的柱状结构未曾观察到。再对所得元件的发热体薄膜供给 50kHz、50W/cm<sup>2</sup> 的电功率，于距元件 10mm 的距离由传声器测定输出声压。结果确认发生有 100kHz 的超声波，声压输出为 3.5Pa。此时的元件表面的正常温度约 80℃。

根据以上所述还可确认，本发明的热激发声波发生装置，通过把多晶硅多孔化形成的多孔硅层用作绝热层，由于这部分能高效地将直流分量的热逸散到基片，即便在高输出时也能高效地发生声波。

(实施例 5)

于 P 型 (100) 单晶硅基片 (3~20 $\Omega$ cm) 的背面由真空蒸镀 300nm 厚的 Al 膜作为阳极氧化处理时的接触电极。然后将此基片于 HF (55%): EtOH=1:1 的溶液中以铂作为相对电极用电流密度 20mA/cm<sup>2</sup> 进行 40 分钟阳极氧化处理，形成 50 $\mu$ m 的多孔硅层。再于氧气氛中进行 900℃ 下 10 分钟的热氧化处理，于纳米硅结晶表面上形成 SiO<sub>2</sub> 组成的绝缘膜。最后于多孔硅层上以溅射法形成 50nm 厚的 W 作为发热体薄膜，制作了 5mm $\square$ 的面积元件。

(实施例 6)

在实施例 5 中作为热处理是于氮气氛中进行这种处理，形成了  $\text{Si}_2\text{N}_4$  组成的绝缘膜，除此都相同，制作了相应元件。

(实施例 7)

于实施例 5 中进行电化学的氧化处理，形成了  $\text{SiO}_2$  组成的绝缘膜。除此都相同，制作了相应的元件。具体地说，于 1M 硫酸水溶液中以铂电极为相对电极，于电流密度  $5\text{mA}/\text{cm}^2$  下进行了 10 分钟处理。

(比较例 4)

于实施例 5 中未进行热氧化处理，除此都相同，制作了相应元件。

对以上各实施例 5~7 以及比较例 4，用光声法测定多孔硅层的热导率  $\alpha$  与热容  $C$ 。此外，对制得的元件的发热体薄膜供给  $50\text{kHz}$ 、 $1\text{W}/\text{cm}^2$  的电功率，于距元件  $10\text{mm}$  处由传声器测定输出声压，结果示明于表 3。

表 3

No.	热导率 $\alpha(\text{W}/\text{mk})$	热容 $C(10^6\text{J}/\text{m}^3\text{K})$	$\alpha C(\times 10^6)$	输出声压 (Pa)
实施例 5	0.1	1.2	0.12	0.25
实施例 6	0.3	1.3	0.39	0.14
实施例 7	0.1	1.1	0.11	0.26
比较例 4	1.1	0.7	0.77	0.10

从各个元件都发生了  $100\text{kHz}$  的超声波。根据表 3，通过形成绝缘层，热容  $C$  虽有一定增加，但热导率减小，结果  $\alpha C$  的值变小。于是发生的输出声压变大。

根据以上所述，本发明的热激发光声波发生装置具有导热基片、于基片的一个侧面上形成的多孔硅层组成的绝热层、形成于绝热层上由电力驱动的金属膜组成的发热体薄膜，其中通过于多孔硅层的硅结晶表面上形成绝缘膜，能减小作为绝热层的热导率  $\alpha$  而增大发生的声压。

如以上所详细的说明，本发明的热激发声波发生装置具有导热基片、于基片的一个侧面上形成绝热层、形成于绝热层上由电力驱动的金属膜组成的发热体薄膜，设此导热基片的热导率为 $\alpha_s$ 、热容为 $C_s$ ，而绝热层的热导率为 $\alpha_1$ 、热容为 $C_1$ 时，通过选择导热基片与绝热层的材料使成立下述关系：

$$1/100 \geq \alpha_1 C_1 / \alpha_s C_s \text{ 且 } \alpha_s C_s \geq 100 \times 10^6$$

则可显著改进输出声压特性。

此外，本发明的热激发声波发生装置通过将多晶硅多孔化形成的多孔硅层用作绝热层，由于柱状结构的硅结晶粒能高效地将直流分量的热逸散向基片，即使在高输出时也能以良好的效率发生声波。

此外，本发明的热激发声波发生装置具有导热基片、于此基片的一个侧面上形成的多孔硅层组成的绝热层、形成于此绝热层上由电力驱动的金属膜组成的发热体薄膜，而通过在此装置中于多孔硅层的纳米硅结晶表面上形成绝缘膜，可以减小作为绝热层的热导率 $\alpha$ 和增大发生的声压。

图1

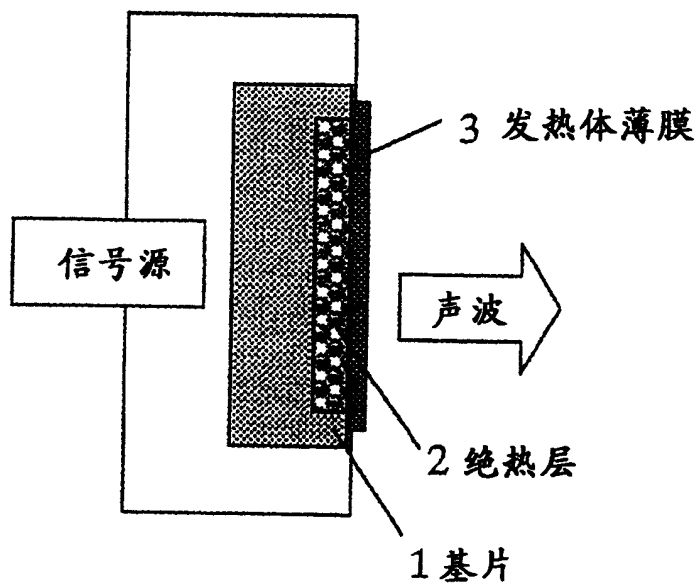


图2

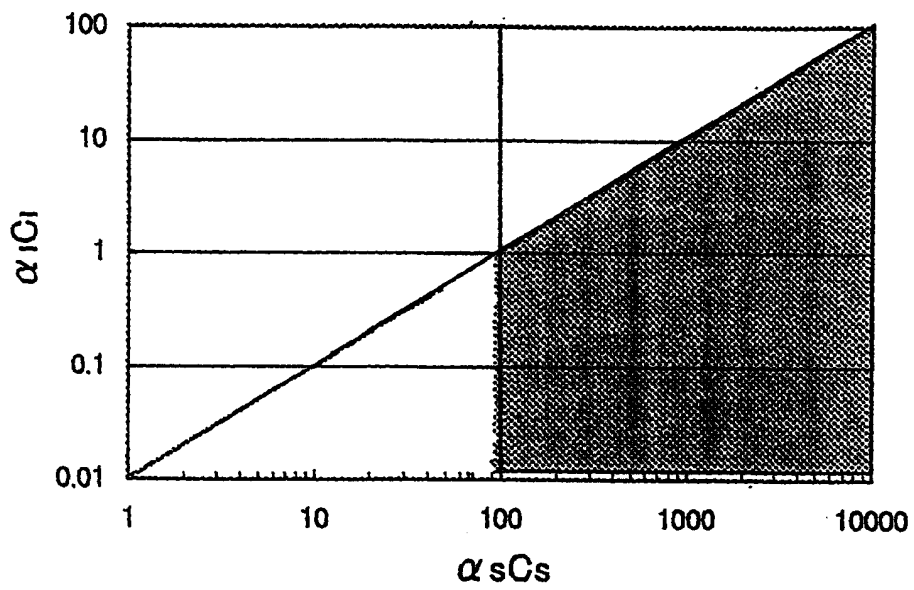


图3

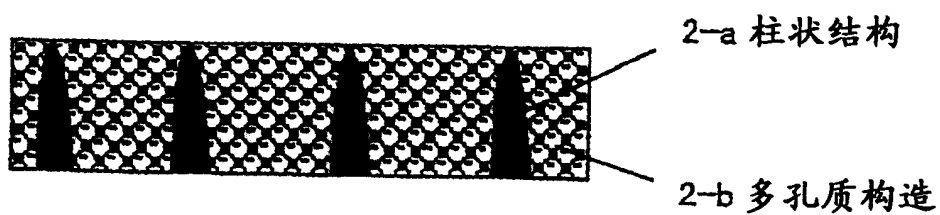




图4

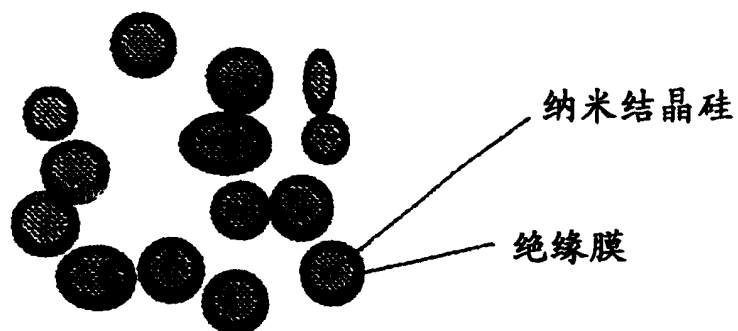


图5

