

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶

H01L 41 / 113

H01L 41 / 22



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97114987.9

[43]公开日 1998 年 12 月 16 日

[11] 公开号 CN 1202014A

[22]申请日 97.6.10

[71]申请人 大字电子株式会社

地址 韩国汉城

[72]发明人 金东局

[74]专利代理机构 柳沈知识产权律师事务所

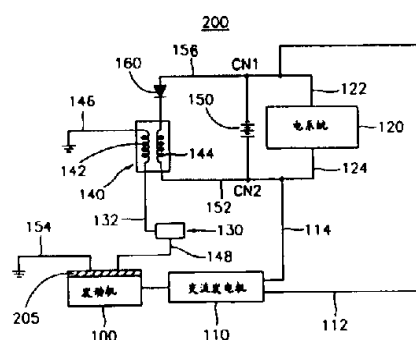
代理人 马 莹

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 具有连到振动源的压电元件的压电发生器及其制造方法

[57]摘要

一种利用车辆发动机机械振动能产生电的压电发生器。包括压电元件和存贮压电元件产生的电能的电路。每个压电元件具有压电薄膜和压电薄膜的支持部件。把剩余压力施加到支持部件，以使压电元件向上弯曲。设置 DC/AC 转换器，把压电元件产生的直流电转换成交流电，设置变压器和二极管，防止从蓄电池放电。当发电机振动时，压电发生器将浪费的机械振动能有效地产生电能，并且把电能用在电系统中。





权 利 要 求 书

1. 一种压电发生器, 包括:

5 多个压电元件, 位于设置在机械振动源的基片上, 用于由机械振动源的振动能量产生电能, 每个压电元件包括压电薄膜和在压电薄膜下侧形成的支持部件, 支持部件具有由于机械振动源振动从而随压电薄膜一起变形的变形部分, 还具有和变形部分一侧整体形成的支持部分, 用于支持压电薄膜和变形部分;

一个电路, 用于在蓄电池中贮存压电元件产生的电能。

10 2. 按照权利要求 1 的压电发生器, 其中, 在压电薄膜的底部形成第 1 电极, 在压电薄膜的顶部形成第 2 电极, 以便把压电元件产生的电能传输到蓄电池中。

3. 按照权利要求 2 的压电发生器, 其中, 第 1 和第 2 电极由选自铂、钽、铂-钽组中的一种材料构成。

15 4. 按照权利要求 1 的压电发生器, 其中, 机械振动源是发动机。

5. 按照权利要求 1 的压电发生器, 其中, 支持部件的变形部分和支持部分基本上是立方形状, 且压电薄膜和变形部分的长度显著地大于支持部分的长度, 使压电元件基本上作为压电支架。

20 6. 按照权利要求 5 的压电发生器, 其中, 由于把剩余压力施加到压电元件上, 则压电元件的自由端向上弯曲。

7. 按照权利要求 1 的压电发生器, 其中, 压电薄膜由 ZnO、PZT、PLZT 组中的一种材料构成。

8. 按照权利要求 1 的压电发生器, 其中, 支持部件由氮化物构成。

25 9. 按照权利要求 1 的压电发生器, 其中, 压电薄膜的压电系数是在 80pC/N 到 220pC/N 之间。

10. 按照权利要求 1 的压电发生器, 其中, 支持部件的杨氏模量是在 $200 \times 10^9 \text{ N/m}$ 到 $400 \times 10^9 \text{ N/m}$ 之间。

11. 按照权利要求 1 的压电发生器, 其中, 如此设定压电元件的尺寸, 使得每个压电元件产生的电荷乘以压电元件数的量为最大。

30 12. 按照权利要求 1 的压电发生器, 其中, 压电元件和基片相连接。

13. 按照权利要求 1 的压电发生器, 其中, 通过表面微加工处理来制造

压电元件。

14. 按照权利要求 1 的压电发生器，其中，电路包括第 1 导线，其和压电元件电相连，第 2 导线，其一端和压电元件电相连，另一端和地线相连，高压线圈，其一端和第 1 导线电相连，另一端和地线电相连，低压线圈其两端分别和蓄电池的正负电极相连。

15. 按照权利要求 4 的压电发生器，其中，电路还包括，一个和第 1 导线相连的 DC/AC 转换器，用于把压电元件产生的直流电变成交流电。

16. 按照权利要求 14 的压电发生器，其中，电路还包括设置在蓄电池和变压器之间的二极管，用于防止蓄电池通过变压器进行放电。

17. 一种制造压电发生器的方法，包括下列步骤：

在装配到振动源的基片上形成多个压电元件，用于从振动源的振动能量产生电能，压电元件形成步骤包括：(i)形成压电薄膜，其包括在压电薄膜下面形成第 1 电极和在压电薄膜上面形成第 2 电极，(ii)形成支持部件，其具有通过振动源振动进行激励的激励部分，它位于在具有第 1 和第 2 电极的压电薄膜下面，还具有和激励部分整体形成的支持部分，用于支持激励部分和压电薄膜；

形成电路，用于把从压电元件产生的电能存贮到蓄电池中。

18. 按照权利要求 17 的制造压电发生器的方法，其中，包括下列步骤：利用低压化学汽相淀积在衬底上形成牺牲层后，形成支持部件，然后通过腐蚀除掉牺牲层部分。

19. 按照权利要求 18 的制造压电发生器的方法，其中，利用磷硅酸盐玻璃形成牺牲层，使牺牲层具有 $1.0\ \mu\text{m}$ 到 $5.0\ \mu\text{m}$ 的厚度。

20. 按照权利要求 18 的制造压电元件的方法，形成压电元件还包括下列步骤：

利用光致抗蚀剂，在第 2 电极上面，和第 2 电极、压电薄膜、第 1 电极的横向部分上形成保护层；

利用氢氟酸蒸汽除掉牺牲层。

21. 按照权利要求 20 制造压电发生器的方法，其中，利用旋涂方法进行形成保护层的步骤。

22. 按照权利要求 17 制造压电发生器的方法，其中，利用氮化物和低压化学汽相淀积方法，形成支持部件，使支持部件具有 $2.5\ \mu\text{m}$ 到 $2.0\ \mu\text{m}$ 的

厚度。

23. 按照权利要求 17 的制造压电发生器的方法，其中，利用溅射方法形成第 1 电极。

24. 按照权利要求 23 的制造压电发生器的方法，其中，利用铂、钽或者铂-钽形成第 1 电极，使电极具有 $0.1\ \mu\text{m}$ 到 $1.0\ \mu\text{m}$ 的厚度。

25. 按照权利要求 17 制造压电发生器的方法，其中，利用溶胶方法、化学汽相淀积方法、或者溅射方法，形成压电薄膜。

26. 按照权利要求 25 的制造压电发生器的方法，其中，利用 ZnO 、 $[\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3]$ 或者 $[(\text{Pb}, \text{La})(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3]$ 形成压电薄膜，使压电薄膜具有 $0.5\ \mu\text{m}$ 到 $2.0\ \mu\text{m}$ 的厚度。

27. 按照权利要求 17 制造压电发生器的方法，其中，利用溅射方法形成第 2 电极。

28. 按照权利要求 27 的制造压电发生器的方法，其中，利用铂、钽或铂-钽形成第 2 电极，使第 2 电极具有 $0.1\ \mu\text{m}$ 到 $1.0\ \mu\text{m}$ 的厚度。

具有连到振动源的压电
元件的压电发生器
及其制造方法

5

本发明涉及压电发生器及其制造方法，特别是涉及利用连到机械振动源的压电元件产生电的压电发生器及其制造方法。

10 压电存在于一组特殊的晶体中，其伴随有正压电效应和反压电效应。正压电效应是把力或者应力加到材料上时在压电材料中产生电荷的效应，反压电效应是当电流通过材料时使压电材料形成形变的效应。因此，利用压电效应把机械能转换成电能或者反过来由电能转换成机械能。正压电效应广泛地用在传感器方面，通过电流变化来检测机械变化，反压电效应主要用在执行机构的工作原理方面。

15 由于发现了压电材料的压电性，则开发了利用正压电效应检测机械变化的传感器，例如，由 NaKaYama Shiro 等出版的美国专利 US. NO.4924131 公开了上述传感器，题目名称为“压电加速传感器(Piezoelectric Acceleration Sensor)”。Shiro 传感器包括压电聚合物薄膜元件和膜片，利用压电元件的形变产生的电流检测施加到膜片的加速度。利用压电性的上述传感器的许多其它例子，由 Miura Shinsuke 等的美国专利 U.S 4904499 公开，题目是“检测液体粘度和比重的器件(Device for Detecting Viscosity or Specific Gravity of Liquid)”，也由 Holm - Kennedy James W.等的美国专利 NO. 5083466 公开，题目是“多维压力传感器(Multidimensional Force Senor)”，还有诸如此类的文献公开。

25 同时，例如利用压电元件检测敲击和振动的上述传感器由下述专利公开，即 Takeuchi Tadashi 等的美国专利 US. NO 4672839，题目是“振动传感器(Vibration Sensor)”、Entenmann Robert 等转让给 Robert Bosch Gmbh 的美国专利 US. NO. 46660410，题目是“敲打传感器(Knock Sensor)”，以及诸如此类的文献。

30 最近，对利用施加到压电元件上的压力产生有用电能的压电发生器进行了各种研究，以便积极地利用正压电效应。例如，Cero Jr. Joseph T.等的美国

专利 US. NO. 5341062，题目是“压电能量发生器(Piezoelectric Energy Generator)”公开了上述的压电发生器。Charles G. Triplett 的美国专利 US. NO. 4504761，题目是“安装在车辆上的压电发生器(Vehicular Mounted Pizoelectri Generator)”，公开了装配到车辆轮胎上的压电发生器，和在车轮转动期间利用施加到轮胎上的压力产生电。此外，David .B. Chang 的美国专利 US. NO. 5223763，题目是“风动力发生器和测速仪(Wind Power Generator and Velocimeter)”公开了通过旋转在压电元件中产生电的压电发生器。

图 1 表示装有 Triplett 压电发生器的轮胎。参见图 1，Triplett 压电发生器包括连到轮胎 20 内壁上表面多个压电元件 12 和用于给电元件 12 加应力和使其变形的应力部件 14 的压电阵列。当车辆在道路上行进时，应力部件 14 和相应的压电元件 12 相互接触，并且把应力加到压电元件 12 上，由此，在压电元件 12 上产生电。压电元件 12 和蓄电池或者车辆的电力系统相连。

图 2 表示 Chang 压电发生器，其用风发电。参见图 2，Chang 压电发生器包括引导风流动的导管 30 和形成旋转流动的挡板 40。彼此之间保持预定距离的多个压电元件 50A 到 50F 顺次地位于风流动路线上。当通过旋转使压力施加到压电元件上时，则在压电元件 50A 到 50F 上产生电。

但是，尽管它们有用，但是对于把机械能转换成电能的压电发生器，没有进行多方面的研究。此外，由于制造电元件困难，压电发生器效率不高，为了实际应用压电发生器，还有很多问题要解决。

因此，本发明的目的是，提供利用机械振动源产生电的压电发生器。

本发明的另一个目的是提供有效地发电的压电发生器。

本发明又一个目的是提供制造上述压电发生器的制造方法。

为了实现本发明的上述目的，压电发生器，包括：多个压电元件，它设置在连到机械振动源的基片上，由机械振边源的振动能量产生电能，每个压电元件包括压电薄膜和形成在压电薄膜下侧的支撑部件，支撑部件具有由于机械振动源振动随压电薄膜一起变形的变形部分，还有和变形部分一侧形成在一起的支撑部分，用于支撑压电薄膜和变形部分；还包括电路部分，用于存贮蓄电池中压电元件产生的电能。

按照本发明的一个方案，支撑部件的变形部分和支撑部分分别基本上是立方体形状，压电薄膜的长度和变形部分比支撑部分的长度较长，使压电元件基本上作为压电支架。把剩余的压力加到压电元件上面，使压电元件的自

由端向上弯曲。压电薄膜由选自 ZnO、PZT、PLZT 组的材料构成，支撑件由氮化物构成。第 1 电极形成在压电薄膜的底部，第 2 电极形成在压电薄膜的顶部，以便把压电元件产生的电能转换到蓄电池中。第 1 和第 2 电极由选自铂、钛、钛化铂组中的材料构成。各压电元件和基片相连，通过表面微加工来制造压电元件。

按照本发明另一方案，电路包括：和压电元件电连接的第 1 导线，一面和压电元件电连接而另一面接地的第 2 导线，在一侧面和第 1 导线电连接而在另一侧面接地的高压线圈，两面和蓄电池正负电极电连接的低压线圈。在电路中与第 1 导线连接有 DC/AC 转换器，用于把压电元件上产生的直流电流转换成交流电流。在电路的蓄电池和转换器之间，设置二极管，用来防止蓄电池通过转换器进行放电。

制造压电发生器的方法，包括下列步骤：在与振动源相连的片子上形成多个压电元件，用来由振动源的振动能量产生电路，形成压电元件包括下列步骤 - (i) 形成压电薄膜，它包括位于压电薄膜下面的第 1 电极和位于压电薄膜上面的第 2 电极，(ii) 形成支撑部件，具有由振动源振动激励的激励部分，位于在具有第 1 电极和第 2 电极压电薄膜下面，具有支撑部分，和激励部分形成一个整体，用来支撑激励部分和压电薄膜；形成电路，用于把由压电元件产生的电能贮存到蓄电池中。

按照本发明的压电发生器，利用被浪费的机械振动能产生有用的电能。此外，通过选择基片上压电元件的形状、大小和特性，能有效地产生电，从而使压电元件产生电荷的量最大。另外，利用压电发生器中设置的电路，有效地把压电元件中产生的电能贮存在蓄电池中。

通过参见附图详细地叙述优选实施例，本发明的上述目的和其它优点将显而易见。

图 1 是表示其上装配有压电发生器的轮胎简图。

图 2 是表示用风发电的常规压电发生器的简图。

图 3 是表示按照本发明压电发生器基本概念的简图。

图 4 是表示按照本发明用于车辆发动机的压电发生器的简图。

图 5 是表示用于图 4 所示压电发生器的压电元件的透视图。

图 6 是表示用于分析如图 5 所示的压电元件振动特性的简单机械模型的简图。



图 7A 到图 7C 是表示如图 5 所示的压电支撑元件固有频率 ω_n 的曲线图。

图 8 是表示如图 5 所示的压电元件产生电荷量的曲线图。

图 9 是表示在硅片上能制造的压电元件数量 N 的曲线图。

图 10 是表示在具有预定区域的基片上形成的压电元件中产生电荷总量
5 的曲线图。

图 11A 到图 11D 表示如图 5 所示压电元件的制造的步骤。

下面，参照附图，详细地说明按照本发明的优选实施例的压电发生器及其制造方法。

图 3 是表示按照本发明的压电发生器基本原理的简图。把按照本发明的
10 优选实施例的压电发生器 200 连到车辆发动机等的机械振动源 100 上。当振
动源 100 振动时，压电发生器 200 的压电元件变形，由压电元件产生电能。
压电发生器 200 和蓄电池 150 相连，在蓄电池中贮存压电元件产生的电能。

图 4 是表示设置在车辆发动机上的按照本发明的压电发生器。参看图
4，本发明的压电发生器 200 包括多个压电元件 205 和用于把压电元件 205
15 产生的电能存贮在电池 150 中的电路。多个压电元件 205 设置在和发动机上
部相连的基片上。在交流发电机 110 动作期间，发动机 100 通过皮带驱动装
置和常规的交流发电机 110 相连。交流发电机 110 减少车辆的运行输出，所
以当电系统不需要电时或电池充满电时，交流发电机不由发动机 100 驱动而
只处于空转状态，相反，由于压电发生器 200 利用发动机 100 振动所浪费的
20 机械能，所以在其工作时不减少车辆的运行输出，压电发生器 200 在交流发
电机之前或与交流发电机一起运作。

如图 4 所示，电路 105 包括 DC/AC 转换器 130，变压器 140，二极管
150。压电元件 205 是电连接到第 1 和第 2 导线 148 和 154。第 1 和第 2 导
线 148 和 154 分别依次电连接到 DC/AC 转换器 130 和地端。由压电发生器
25 200 产生的直流电流加到 DC/AC 转换器 130，转变成交流电流。DC/AC 转
换器 130 通过第 3 导线 132，电连接到变压器 140 的高压线圈 142。高压线
圈 142 通过第 4 导线 146 接地。利用 DC/AC 转换器 130 转换的交流电流通过
高压线圈 142。利用第 5 和第 6 导线 152 和 154，变压器 140 的低压线圈 144
电连接到蓄电池 150 的正负电极。

30 第 6 导线 156 中设置有二极管 160，二极管 160 的正负电极分别和蓄电
池的负电极和低压线圈 144 相连。二极管 160 防止由蓄电池 150 来的电能通

过变压器 140 进行放电。

5 低压线圈 144 的第 5 导线 152 和蓄电池 150 的正电极定义第 1 联结节点 CN_1 ，二极管 160 的正电极和蓄电池 150 的负电极定义第 2 联结节点 CN_2 ，交流发电极 110 的第 1 和第 2 输出导线 112 和 114 电连接到第 1 和第 2 联结节点 CN_1 和 CN_2 上。电系统 120 的电源线电连接到第 1 和第 2 联结节点 CN_1 和 CN_2 上，以便为电系统 120 提供电源。

10 图 5 表示用于本发明压电发生器的压电元件。按照图 5，压电元件 205 包括：压电薄膜 210，形成在压电薄膜 210 底部上的第 1 电极 213，相应第 1 电极 213 并形成在压电薄膜 210 顶部的第 2 电极 215，形成在第 1 电极 213 底部的支撑部件 220，用来支撑压电薄膜 210。压电薄膜 210 基本上是立方体形状，长为 L ，厚为 T_1 ，宽为 B 。利用诸如 ZnO ， $PZT[Pb(Zr, Ti)O_3]$ 或者 $PLZT[(Pb, La)(Zr, Ti)O_3]$ 这样的压电材料形成压电薄膜。最好利用 PZT 形成压电薄膜 220。 PZT 是由锆酸铅($PbZrO_3$)和钛酸铅($PbTiO_3$)组成的完整的固溶体。立方结构的 PZT 在高温时呈伸电相，根据 Zr 和 Ti 在室温的组分比例，
15 正交晶系结构的 PZT 是处于反铁电相，三角晶系结构 PZT 处于铁电相，四方晶系结构 PZT 处于铁磁相。

利用诸如铂(Pt)，钽(Ta)或者铂-钽($Pt - Ta$)导电金属形成第 1 和第 2 电极 213 和 215。第 1 和第 2 电极 213 和 215 传输压电薄膜 210 中产生的电荷。

20 支撑部件 220 支撑其上形成有第 1 和第 2 电极的压电薄膜 210。利用氮化物形成支撑部件 220。支撑部件 220 基本上为 L 形横截面，包括连到压电薄膜 210 的变形部分 220A，它通过发动机 100 的振动和压电薄膜 210 一起变形，还包括位于变形部分 220A 侧面的和变形部分 220A 形成整体的并支撑连到压电薄膜 210 的变形部分 220A 的支撑部分 220B。变形部分 220A 基本上是立方形的，长度为 L ，厚度为 T_2 ，宽度为 B ；支撑部分 220B，基本上为立方形状，长度为 L_2 ，厚度为 T_2 ，宽度为 B 。如图 5 所示，可变形部分 220A 的长度 L_1 比支撑部分 220B 的长度 L_2 长，所以压电元件 205 的压电支架长度为 L_1 ，厚度为 T_c ，宽度为 b 。
25

最近，OMRON 公司的 M. Sakate 等建议用下列方程式测量如图 5 所示形状的压电元件 205 的压电系数：

30

$$d_{31} = \frac{4L_1^3 Q}{3BT_c E \delta L^2} \quad \dots \dots (1)$$

其中, d_{31} 是表示压电元件的压电系数,

L_1 表示压电支持元件的长度,

Q 表示压电元件产生的电荷量,

B 表示压电支撑元件的宽度,

5 T_c 表示压电支撑元件的厚度,

δ 表示压电薄膜的形变,

L 表示压电元件的总长度。

在方程式(1)中, 电荷量 Q 是在测量压电元件 205 压电系数时, 由电荷放大器检测的电荷量, 其测量结果是:

10
$$Q = \frac{3BT_cE\delta L^2 d_{31}}{4L_1^3} \quad \dots \dots (2)$$

如方程式(2)所示, 电荷量 Q 和压电系数 d_{31} 成正比, 最好压电系数 d_{31} 尽可能的大, 以便使电荷 Q 最大。按照本发明优选实施例的压电发生器, 压电薄膜 210 是由具有 80pC/N 到 220pC/N 之间相对较大的系数的压电材料组成压电薄膜 210。

由于支撑部件 220 的支撑部分 220B 的长度 L_2 比压电元件 205 的总长度 L 足够的短, 可以假定长度 L_1 等于长度 L , 以便简化分析。此外, 假定压电系数 d_{31} 为 100pC/N, 用作常规计算。

20 在方程式(1)中, 假定压电薄膜 210 的厚度 T_1 比支撑部件 220 的厚度 T_2 足够的小, 压电薄膜 210 的杨氏模量忽略不计。然而, 通过对本发明压电元件 205 的振动分析, 分别形成在压电薄膜 210 顶部和底部的第 1 和第 2 电极 213 和 215 的厚度忽略不计, 压电薄膜 210 的厚度 T_1 不能忽略, 在方程式中使用二层的等效杨氏模量。

25 二层的等效杨氏模量如下所示:

$$E_{eq} = \frac{E_1 n^3 + E_2}{n^3 + 3n^2 + 3n + 1}; \quad n = \frac{\pi}{T_2} \quad \dots \dots (3)$$

其中, E_1 表示压电薄膜 210 的杨氏模量,

30 E_2 表示支撑部件 220 的杨氏模量,

图 6 表示用于分析本发明压电元件振动特性的简单机械模型。参见图 6, 压电支持元件 205 的机械模型包括块 m 的块状体, 弹簧系数为 K 的弹簧, 阻尼系数为 c 的阻尼器。弹簧和阻尼器平行地和块状体相连。

当机械模型的机械振动源把外力 $F = A \sin(\omega t)$ 加到块状体上时, 块状体

的运动方程如下所示:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = mA\omega^2(\sin(\omega t)) \dots\dots(4)$$

5 其中, x 表示块状体的位移

A 表示振动源的振幅

ω 表示振动源的频率

t 表示经过的时间

方程(4)的解如下:

10
$$x(\gamma) = \delta = \frac{A\gamma^2}{(1 - \gamma^2) + (2\xi\gamma)^2} \dots\dots(5)$$

其中 ξ 表示压电元件 205 的阻尼系数,

γ 表示振动源频率 ω 与机械模型固有频率 ω_n 的比例系数,

15 机械模型固有频率表示如下:

$$\omega_n = \frac{K_{eq}}{M_{eq}} \dots\dots(6)$$

其中 K_{eq} 表示机械模型的等效弹性系数,

20 M_{eq} 表示机械模型的等效质量。

作为压电支架材料的 PZT 和 Si N_x 的特性参数, 例如杨氏(young's)模量和密度, 使用本领域已知的数据, 压电薄膜 210 和变形部分 220A 的厚度分别设定为 1 μ m. 表 1 表示用作分析本发明产生电荷量的数据。

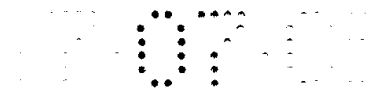
25 表 1

特性参数	杨氏模量	密度	厚度
单位	N/m ²	Kg/m ³	μ m
PZT	75×10^9	7900	1
SiN _x	375×10^9	3100	1

表 2 表示为较好地实现本发明所使用的变量种类和变量范围。

表 2

振动种类	单位	最小值	增加量	最大值
长	L(μ m)	100	500	1000
宽	B(μ m)	10	10	100



频率	ω (Hz)	100	500	500000
----	---------------	-----	-----	--------

表 3 表示压电支持元件 205 固有频率, 其由计算获得。并且图 7 用图示方法表示压电支持元件 205 的固有频率。

表 3

支架长度 $L(\mu m)$	固有频率 $\omega_n(KHz)$
100	380
500	15.2
1000	3.80

5 由表 3 可知, 压电元件 205 的固有频率 ω_n 和长度 L 的平方成反比, 且与宽度 B 无关。

在本发明的优选实施例中, 利用方程(2)确定使电荷量最大的压电元件 205 的尺寸。参看方程(2), 可知使每个压电元件 205 产生的电荷乘以位于预定区域圆片上能机械加工处理的压电元件 205 的数目的量最大的重要变量之一
10 一是压电元件 205 的长度。

图 8 表示当振幅 A 为 $0.5mm$ 时, 压电元件 205 产生电荷量和长度 L , 宽度 B 之间的关系。如图 8 所示, 电荷量和压电元件 205 的宽度 B 成线性比例关系。现在参看图 8 的 P 点, 当压电元件 205 的宽度 B 和长度 L 分别为 $100\mu m$ 和 $1000\mu m$ 时, 每一振动周期产生大约 $2nc$ 的电荷量。

15 图 9 表示位于硅(Si)片上可机械加工处理的压电元件数量 N 和压电元件 205 的长度 L 和宽度 B 之间的关系。图 10 表示 1 个压电元件产生的电荷 Q (参看图 8)乘以压电元件数目 N (参看图 9)的量。参看图 10, 当压电阵列由压电元件 205 组成时, 其可以在 8 英寸 Si 片上进行微加工处理, 振荡频率为 $1KHz$, 产生的最大电荷量是每秒 $0.648c$, 所以产生 $648mA$ 电流。

20 按照本发明, 用于增加压电发生器 200 产生电荷量 Q 的最重要变量是压电薄膜 210 的压电系数 d_{31} 和支持部件 220 的杨氏模量。从方程(2)可知, 电流量 Q 正比于压电薄膜 210 的压电系数 d_{31} , 反比于支持部件 220 的杨氏模量。现在参考表 1, 形成支持部件 220 的 $SiNx$ 的杨氏模量是 $375 \times 10^9 N/m$, 其相对较小。

25 由压电元件 205 的重量产生的偏离是 $6.67 \mu m$, 其小到足以被忽略不计。当振幅是 $0.5mm$ 和压电元件 205 长度 L 为 $1000 \mu m$ 时, 压电元件 205

的形变 δ 有最大值 $37 \mu\text{m}$ ($500 \mu\text{m} \times 0.074$)。由于变形大于损耗层的厚度，压电元件 205 能和衬底相碰，由此损伤压电元件 205。因此，虽然通过把压电元件 205 的厚度设置很薄能够增加电荷量，但是，减少压电元件 205 的厚度 T_c 要受到限制。在 PZT 结晶时期，由于缩小体积，能够合理地解决上述问题。按照本发明优选实施例的压电发生器，有效地防止压电元件 205 和衬底相碰，同时，通过把剩余压力施加到支持部件 220，压电元件 205 的厚度 T_c 保持非常薄，从而压电元件 205 向上弯曲。

通过微加工制造本发明的压电阵列。利用微电子加工系统 (HEMS) 制造压电阵列，其中把压电薄膜焊接到 Si 片上。此外，利用表面微加工处理制造压电阵列，而不是利用可能在 Si 硅上产生裂缝的体微加工处理制造压电阵列。

下面叙述按照本实施例制造压电元件 205 的方法。

图 11A 到图 11D 表示如图 5 所示的压电元件 205 的制造步骤。图 11A 到图 11D 使用的标号与图 5 所示相同元件的标号相同。

参见图 11A，利用低压化学汽相淀积 (Low pressure chemical vapor deposition-LPCVD) 方法在衬底 300 上面覆盖牺牲层 (sacrificial layer) 305，利用磷硅酸盐玻璃 (PSG) 形成牺牲层 305，则牺牲层厚度大约在 $1.0 \mu\text{m}$ 和 $5.0 \mu\text{m}$ 之间。

接着通过腐蚀除掉在牺牲层 305 上要形成支持部件 220 的支持部分 220B 位置的部分，这样露出衬底 300。

参看图 11B，在衬底 300 的露出部分和牺牲层 305 上形成支持层 219。利用氮化物和 LPCVD 方法形成支持层 219，从而支持层 219 的厚度在 $0.5 \mu\text{m}$ 到 $2.0 \mu\text{m}$ 之间。最好，支持层 219 具有大约 $1.0 \mu\text{m}$ 的厚度。构图支持层 219 以形成支持部件 220。在支持层 219 上面，形成第 1 电极层 212，利用导电金属，例如，铂 (Pt)，钽 (Ta) 或铂 - 钽 (Pt - Ta)，并且通过溅射方法或化学汽相淀积 (CVD) 方法，形成第 1 电极层 212，则获得大约 $0.1 \mu\text{m}$ 到 $1.0 \mu\text{m}$ 厚度的第 1 电极层 212。构图第 1 电极层 212，以便形成第 1 电极 213。

利用凝胶 (sol - gel) 法，CVD 方法，或溅射方法，在第 1 电极层 212 上面，覆盖压电层 209。利用压电材料 - 例如 ZnO ， $\text{PZT}[\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3]$ 或者 $\text{PLZT}[(\text{Pb}, \text{La})(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3]$ 形成压电层 209，则压电层 209 的厚度大约为 $0.5 \mu\text{m}$ 到 $2.0 \mu\text{m}$ 。最好，利用 PZT 和凝胶法形成压电层 209，则压电层 209 的

厚度为大约为 $1.0 \mu\text{m}$ 。利用快速热退火(RTA)方法退火压电层 209 后，剪裁压电层 209，构图压电层 209，以便形成压电薄膜 210。

在压电薄膜 209 上面，覆盖第 2 电极层 214，利用导电金属材料 - 例如 Pt, Ta 或 Pt - Ta，采用溅射方法或 CVD 方法，形成第 2 电极层 214，使第 2 电极层 214 的厚度为大约 $0.1 \mu\text{m}$ 到 $1.0 \mu\text{m}$ 之间。构图第 2 电极层 214，形成第 2 电极 215。

参见图 11C，在第 2 电极层 214 上面涂覆第 1 光致抗蚀剂(未表示)，构图第 2 电极层 214，以便利用第 1 光致抗蚀剂作为腐蚀掩模形成第 2 电极 215。结果：第 2 电极 215 形成矩形的电极。然后，通过腐蚀，除掉第 1 光致抗蚀剂。分别构图压电层 209，第 1 电极层 212 和支持层 219，以便利用与第 2 电极 215 形成的相同方法，形成压电薄膜层 210，第 1 电极 213 和支持部件 220。因此，使压电薄膜 210，第 1 电极 213，支持部件 220 分别具有矩形的形状。

接着，利用第 2 光致抗蚀剂和旋涂方法，在第 2 电极 215 上和第 2 电极 215、压电薄膜 210，第 1 电极 213 的横向部分上形成保护层 310。保护层 310 的厚度大约在 $1.5 \mu\text{m}$ 至 $2.0 \mu\text{m}$ 之间。保护层 310 保护具有第 1 电极 213 和第 2 电极 215 的压电薄膜 210，同时除掉牺牲层 305。

参见图 11D，利用氢氟酸(HF)蒸气或者氢氧化钾蒸气(KOH)除掉损耗层 305。通过腐蚀除掉保护层 310 后，制成压电元件 205，并且，把压电元件 205 和衬底 300 分离开。

下面叙述按照本发明的压电元件的运作。

在发动机运作时，气缸中往返运动的活塞产生振动。当发动机 100 振动时，周期性的外力施加到设置在发动机 100 上部的压电发生器 200 的压电支持元件 205 上面，由此使压电元件 205 变形。由于上述正压电效应，压电元件 205 变形产生电。

按照本发明优选实施例的压电发生器，有效地防止压电元件 205 和衬底相碰，由于把剩余压力施加到支持部件 220，使压电元件 205 的厚度 T_c 保持非常薄，从而压电元件 205 向上弯曲。如此设定压电元件 205 的尺寸，使得每个压电元件 205 产生的电荷乘以位于基片上可加工处理的压电元件 205 的件数的量最大，以便有效地产生电。

通过电路 105 把压电元件 205 产生的电能贮存在蓄电池 150 中。利用

DC/AC 转换器把压电元件 205 产生的直流电转换成交流电。直流通过变压器 140 的高压线圈 142，变压器的低压线圈 144 和蓄电池 150 的正负电极相连。然后，把电能贮存在蓄电池 150 中。在变压器 140 和蓄电池之间设置二极管 160，防止电能由蓄电池 150 通过变压器 140 放电。蓄电池 150 与车辆的常规交流发电机 110 相连，从交流发电机 110 接收能量。在交流发电机 110 运作期间，交流发电机 110 减少车辆的运作输出，所以，当电系统不需电或者电池充足电时，交流发电机 110 不受发动机 100 驱动，而只处于空转状态。相反，由于压电发生器 200 利用机械能，该机械能是由于发动机 100 振动而浪费掉的能，在其运作时，不减少车辆的运作输出，压电发生器在交流发电机 110 之前或与其一起运作。

按照本发明的压电发生器，由浪费的机械振动能产生有用的电能。并且，有可能通过选择位于基片上的压电元件的形状、大小和特性有效地产生电，以便使在压电元件产生的电荷的量最大。此外，通过在压电发生器中设置的电路，把压电元件产生的电路贮存在蓄电池中。

虽然叙述了本发明的优选实施例，但是应该了解本发明不限于上述的优选实施例，在下面叙述的权利要求限定的本发明的精神和范围内，本领域技术人员可以进行各种变化和修改。

说明书附图

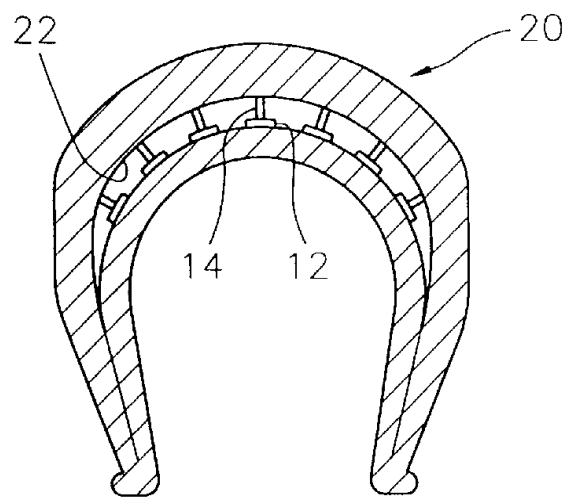


图 1

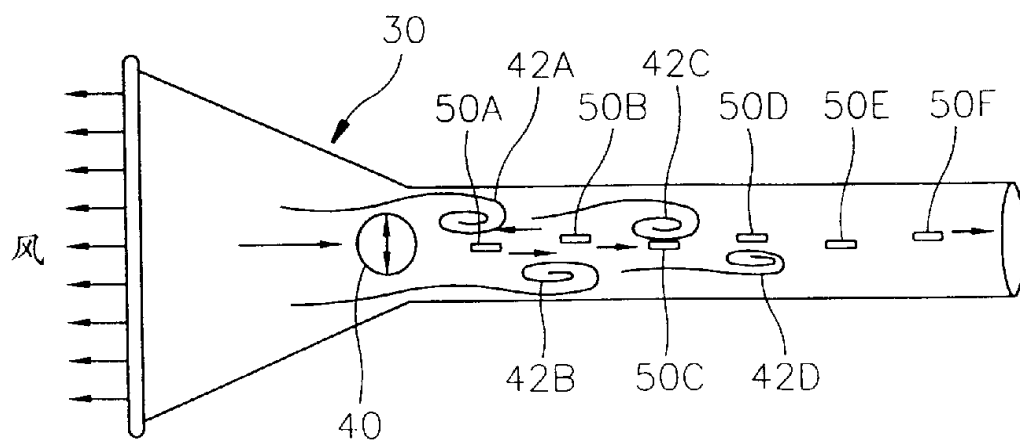


图 2

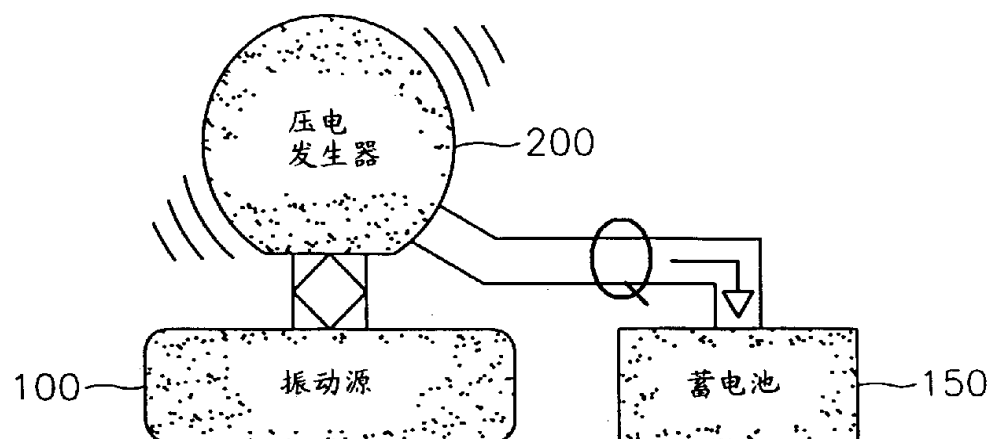


图 3

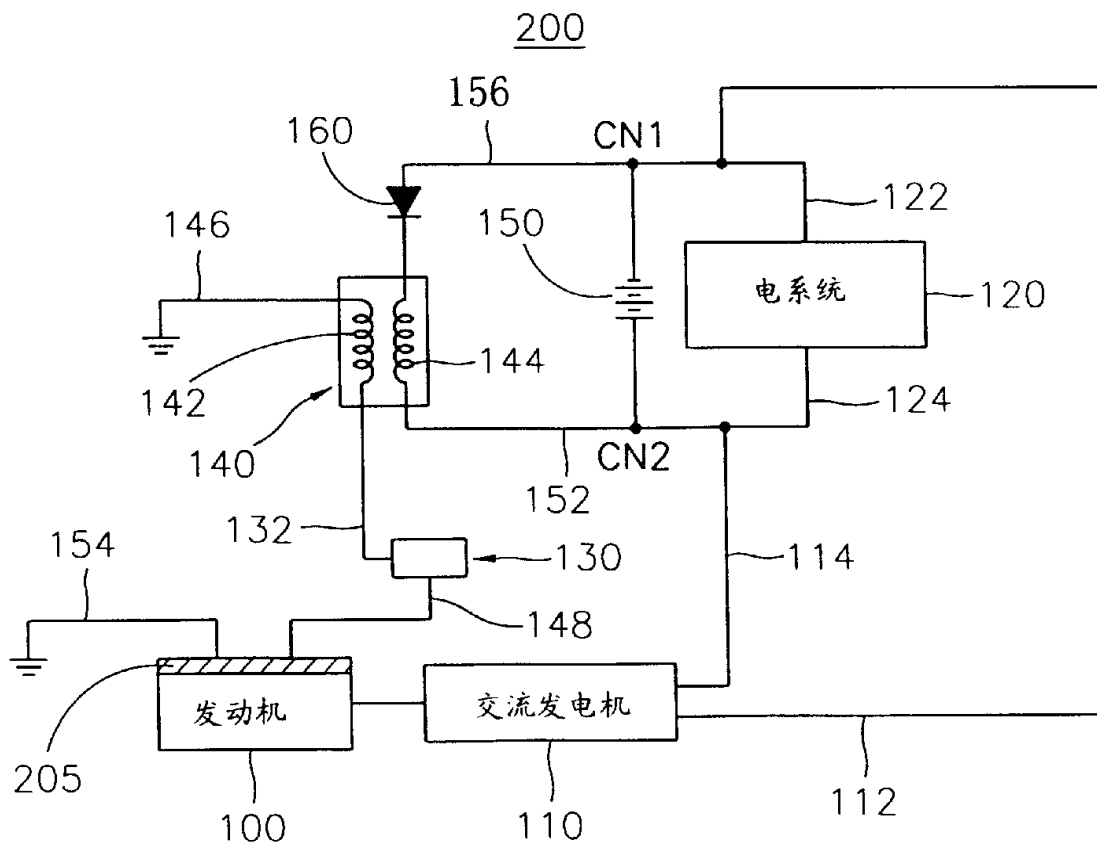


图 4

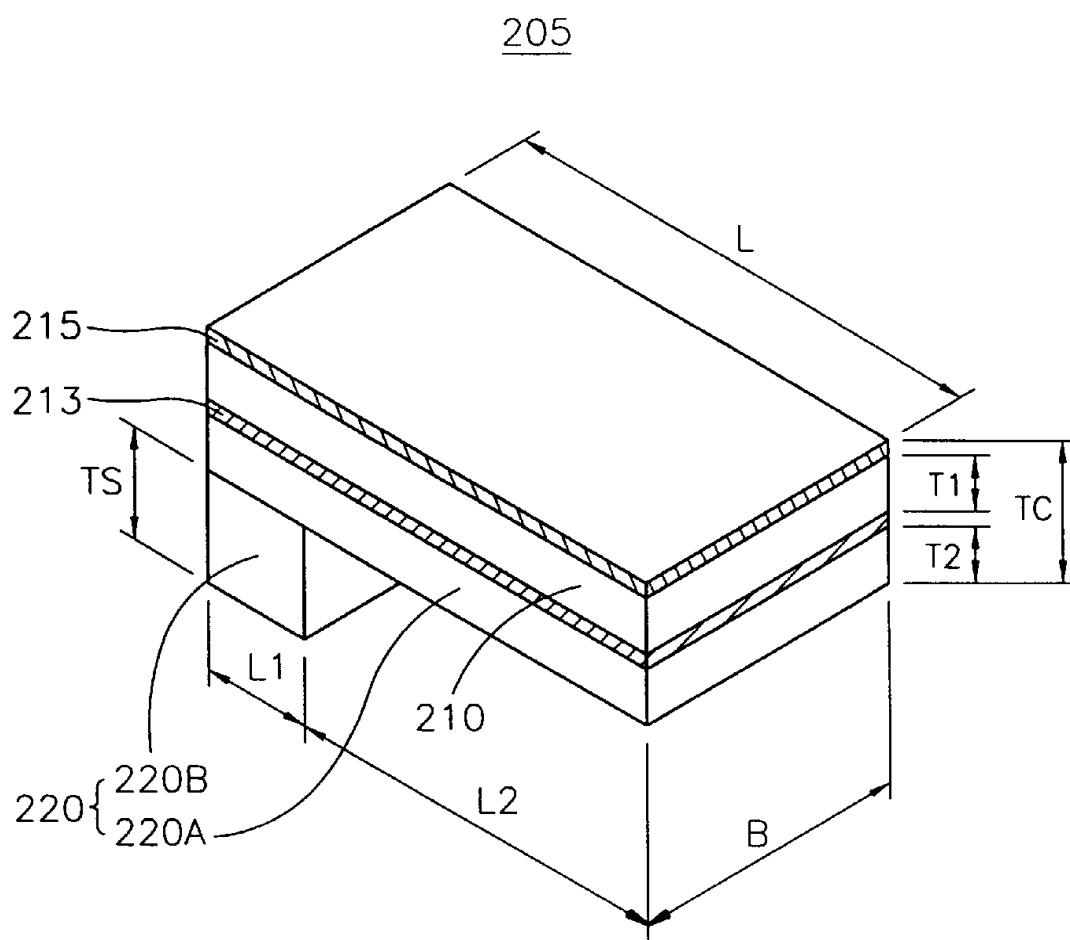


图 5

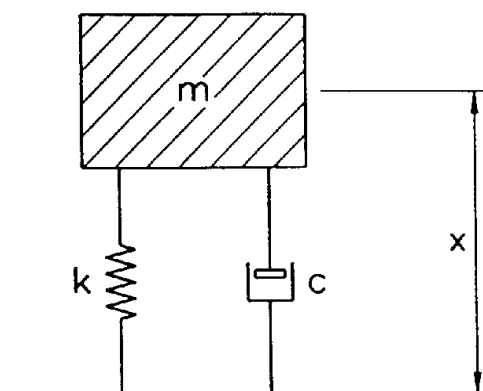


图 6

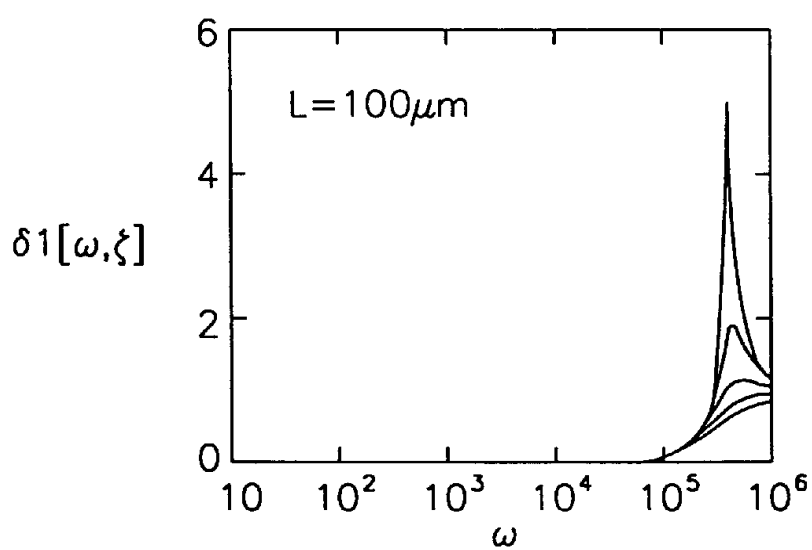


图 7A

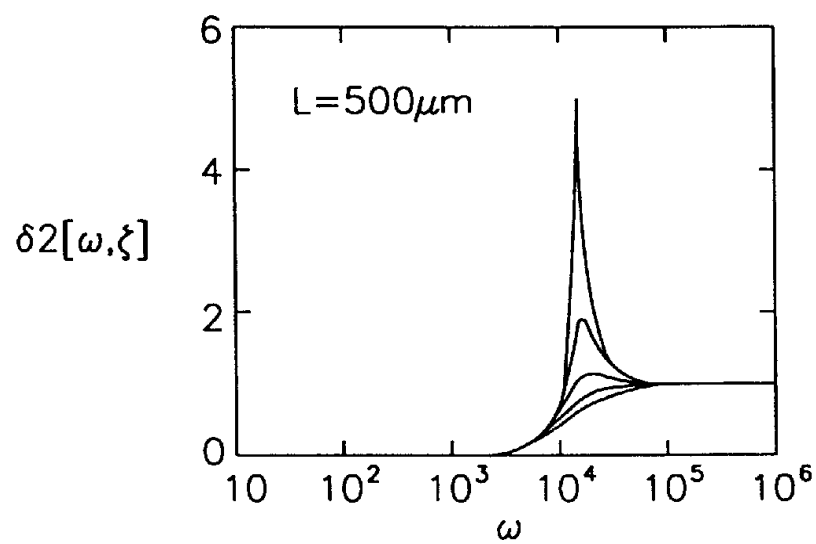


图 7B

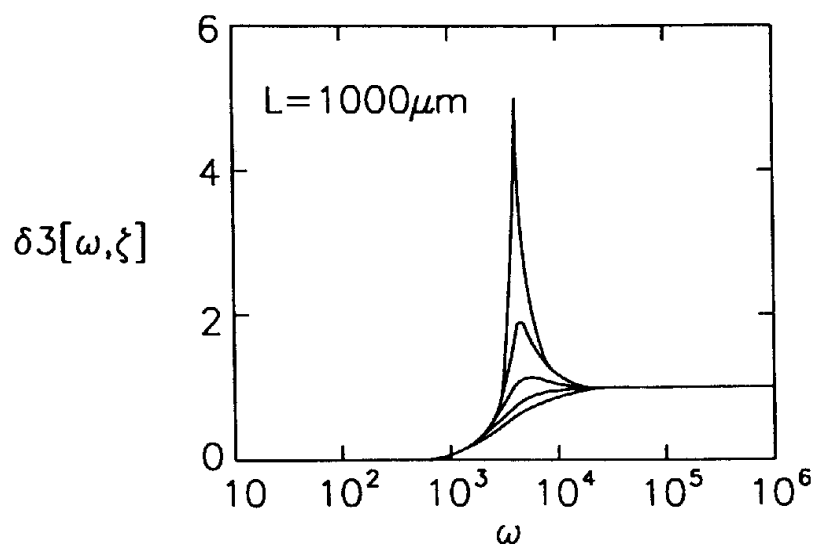


图 7C

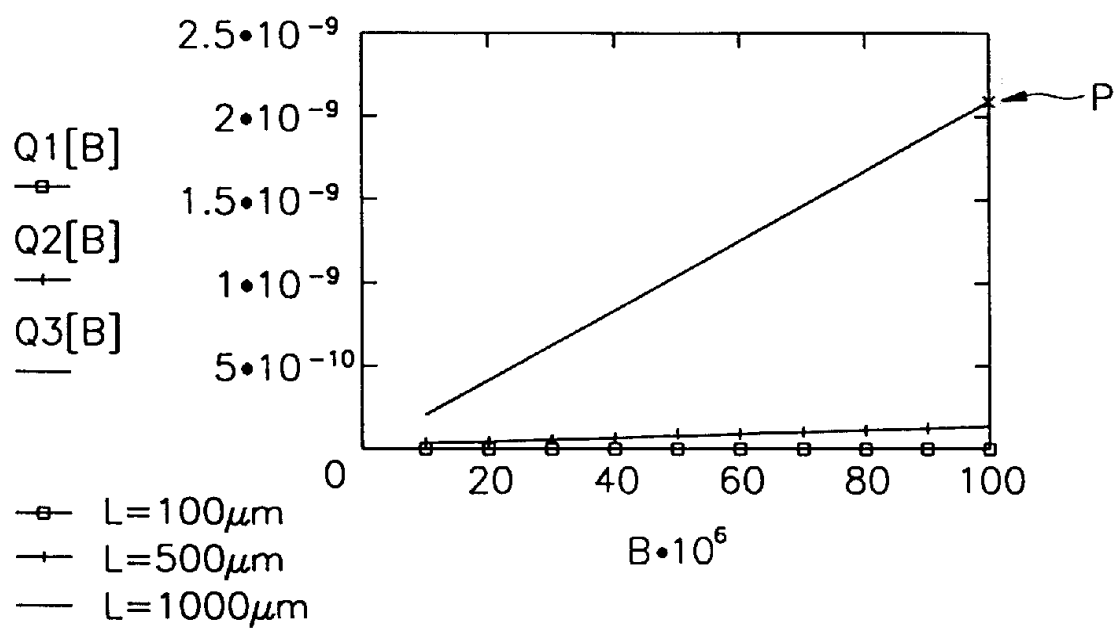


图 8

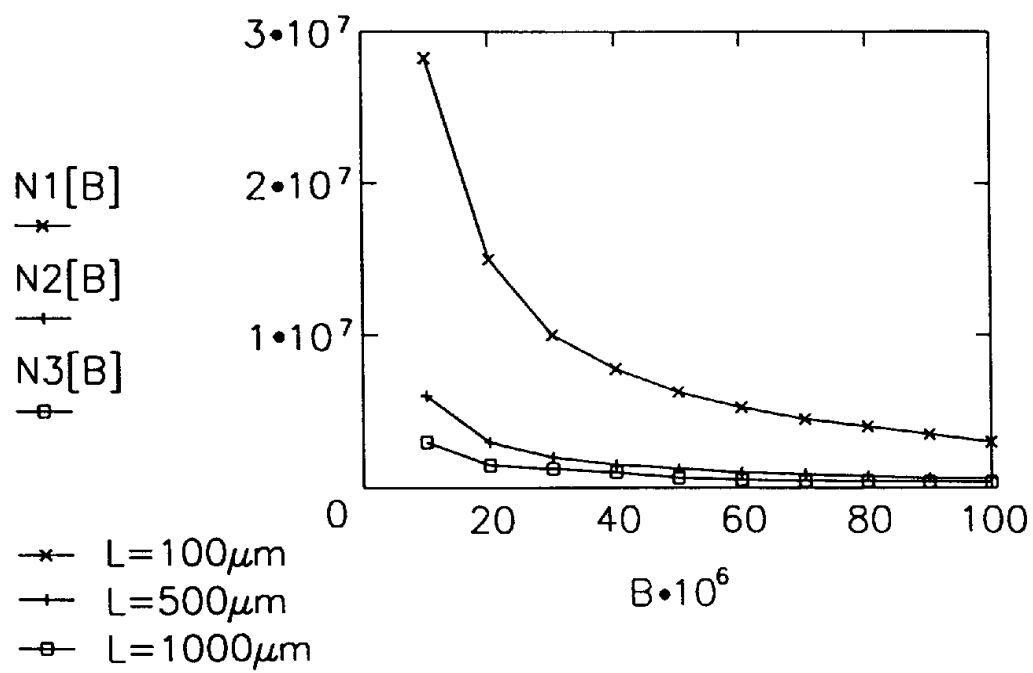


图 9

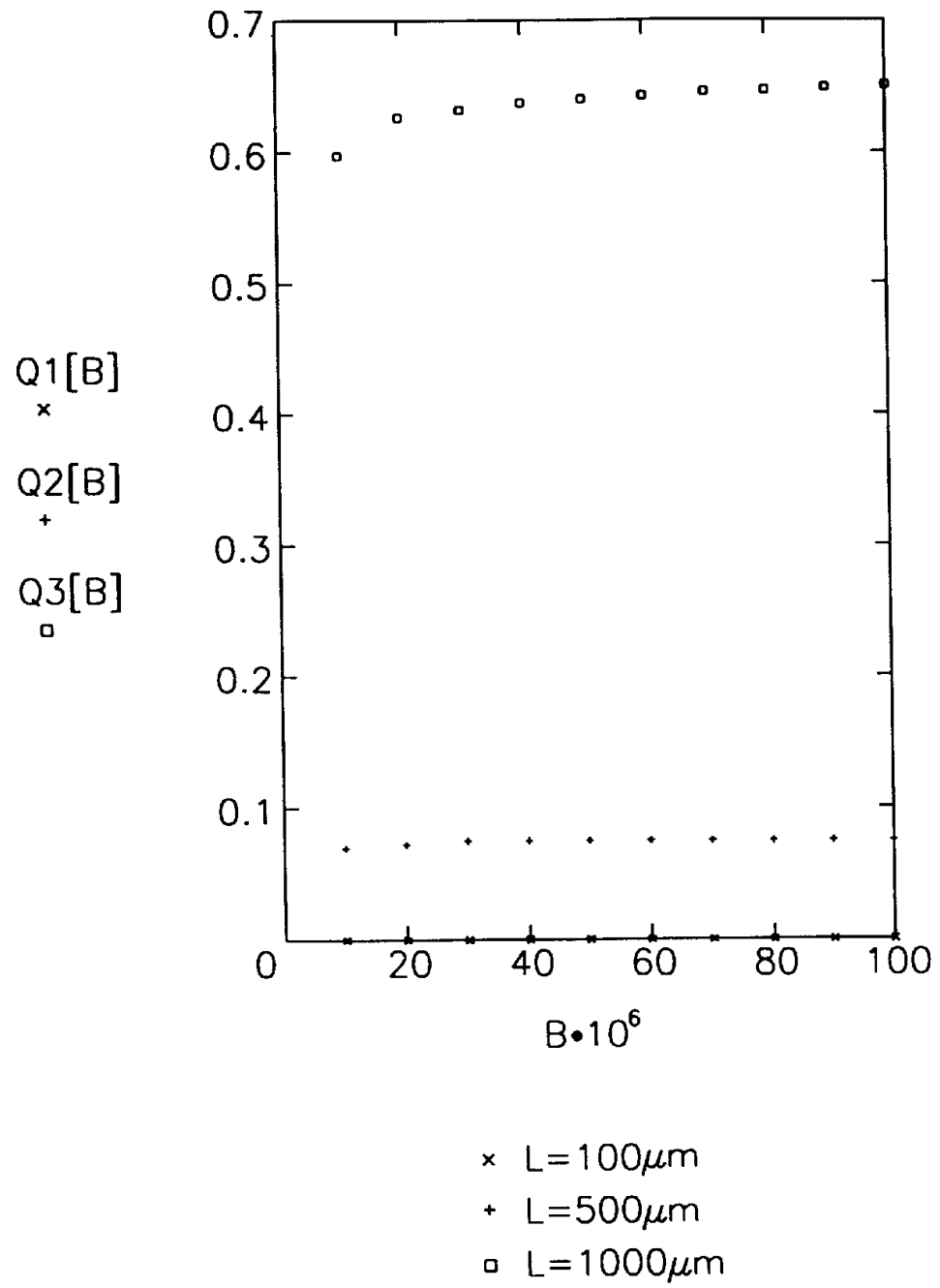


图 10

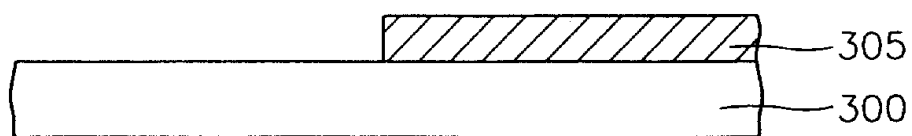


图 11A

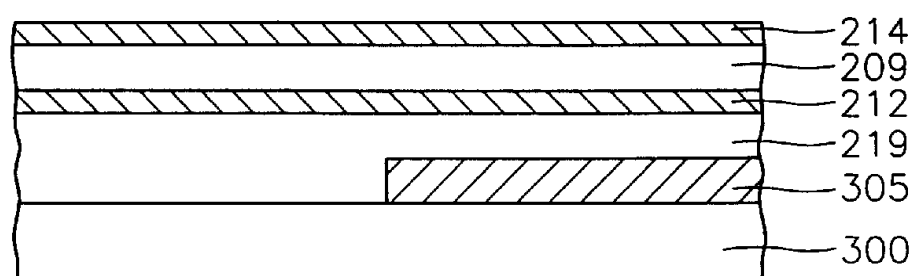


图 11B

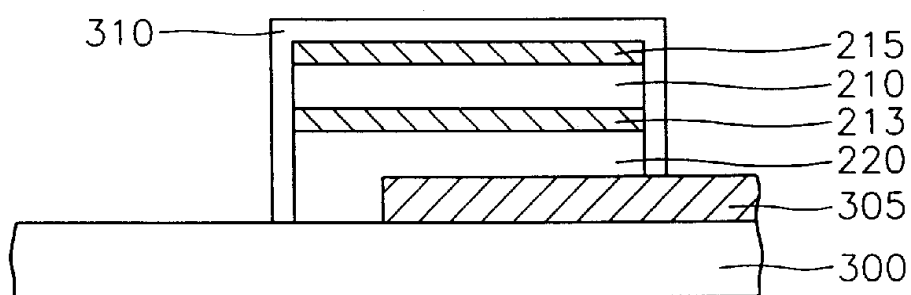


图 11C

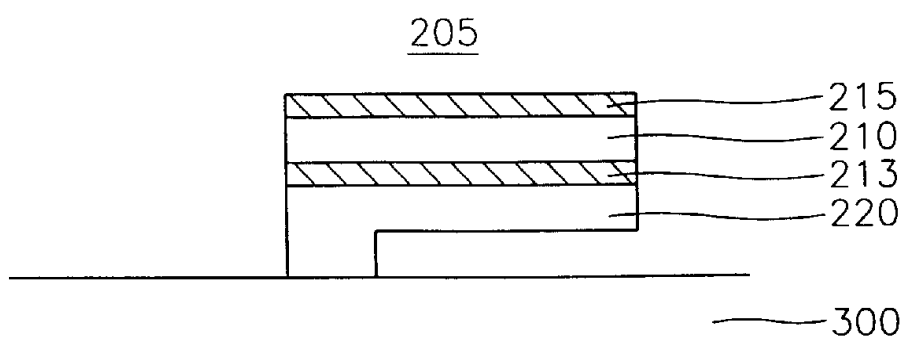


图 11D