

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G11B 5/33

G11B 5/31



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97121378. X

[43] 授权公告日 2003 年 6 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 1110794C

[22] 申请日 1997.9.16 [21] 申请号 97121378. X

[30] 优先权

[32] 1996. 9. 17 [33] JP [31] 244860/1996

[32] 1996. 9. 17 [33] JP [31] 245071/1996

[32] 1996. 9. 18 [33] JP [31] 246727/1996

[71] 专利权人 NEC 东金株式会社

地址 日本宫城县

共同专利权人 荒井贤一

[72] 发明人 吉田哲男 荒井贤一

[56] 参考文献

EP-0501478A2 1992.09.02 G11B5/33

审查员 李 迪

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

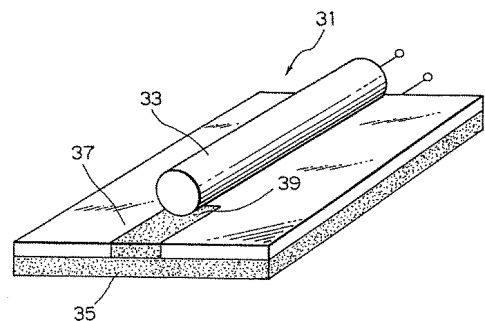
代理人 王忠忠 王 岳

权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图 19 页

[54] 发明名称 利用依赖磁场强度的软磁元件的阻抗变化的磁传感器及其制造方法

[57] 摘要

磁传感器包括具有互相相对的第一和第二表面的绝缘基片，具有末端互相相对的软磁元件并装在绝缘基片的第一表面上，和装在绝缘基片的第二表面上的导体，和耦合到软磁元件的第一和第二端的输出端口，以得到在第一和第二端间软磁元件的阻抗。阻抗变化依赖于加到软磁元件的磁场强度。在磁传感器中，软磁元件是软磁线。导体是接地导体。磁传感器还包括用接地导体连接软磁线的第一端的短路导体，同时输出端口连接短路导体和软磁线的第二端。软磁元件包括软磁薄膜。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

- 1.一种用于检测磁场强度的磁传感器(31),包括:
具有第一和第二互相相对的表面的绝缘基片(37);
5 具有第一和第二互相相对的端、并装在所述绝缘基片(37)的
所述第一表面上的软磁元件(33);
装在所述绝缘基片(37)的所述第二表面上的接地导体(35);
和
所述接地导体(35)耦合到所述软磁元件(33)的所述第一端,
10 以及在所述软磁元件(33)的所述第一端和所述第二端之间的阻抗
根据施加到所述软磁元件(33)的磁场强度而变化;
其中,所述磁传感器(31)还包括把所述软磁元件(33)的所
述第一端与所述接地导体(35)连接的短路导体(39)。
- 2、如权利要求1的磁传感器,其特征在于所述软磁元件是软
15 磁线(33)和输出端口,该输出端口耦合到所述短路导体(39)和
所述软磁线(33)的所述第二端。
- 3、如权利要求2的磁传感器(49),其特征在于所述软磁线(33)
是包括外软磁部分(51)和包围其中的内导线(53)的同轴软磁线,
所述内导线(53)连接到所述接地导电层(35)。
- 20 4、如权利要求3的磁传感器(57),其特征在于所述软磁元件
(33)还包括插入在所述同轴软磁线的所述外软磁部分(51)和所
述内导线(53)之间的绝缘层(59)。
- 5、如权利要求1至4任一权利要求的磁传感器,其特征在于所
述接地导体(35)包括形成在所述绝缘基片(37)的所述第二表面
25 上的导电膜(35)。
- 6、如权利要求1至4任一权利要求的磁传感器,其特征在于所
述接地导体(43)包括附连到所述绝缘基片(45)的所述第二表面
的导线(43)。
- 7、如权利要求1的磁传感器(63),其特征在于所述软磁元件

(71) 包括软磁薄膜 (71)。

8、如权利要求 7 的磁传感器，其特征在于所述接地导体 (35) 包括铜、银、金、铝或包含铜、银、金和铝至少之一的合金。

5 9、如权利要求 1 的磁传感器 (77)，其特征在于所述软磁元件包括，在所述软磁元件的纵方向延伸的内导电层 (75)、围绕所述内导电层 (75) 外沿的绝缘层 (81、83)、和覆盖所述绝缘层 (81、83) 的软磁薄膜 (79、85)，所述内导电层 (75) 包括铜、银、金、铝，或包含铜、银、金和铝至少之一的合金，所述绝缘层 (81、83) 包括至少 SiO_2 、 Si_3N_4 ，和 AlN 中的一种。

10 10、如权利要求 1 的磁传感器 (95)，其特征在于，所述软磁元件包括内导电层 (75) 和围绕所述内导电层 (75) 的堆积式结构，所述堆积式结构包括绝缘层 (89、83、93) 插入堆积的多个软磁薄膜 (87、91)，所述内导电层 (75) 是从一组铜、银、金、铝和其合金中选择至少一种制成，每个所述绝缘层 (89、83、93) 是由 SiO_2 ，
15 Si_3N_4 和 AlN 至少之一制成。

利用依赖磁场强度的软磁元件的阻抗
变化的磁传感器及其制造方法

5

技术领域

本发明涉及到依赖外部磁场呈现阻抗变化的磁传感器，特别是，涉及到用于磁头等磁传感器的。

背景技术

10 近年来，小型化和高性能电子设备的发展已经加快了进程。比如在与计算机辅助设备中，用于小型化和大容量硬盘的读出磁头，通常利用电磁感应的磁头已被利用磁阻效应的磁阻磁头(MR 磁头)代替。然而，在进一步提高记录密度时，甚至MR 磁头也不能满足。在这种情况下，强烈要求一种响应于外部磁场强度变化呈现在电特性方面宽变化的新的磁元件。

15 此外，MR 磁头不适用于测量和检测弱磁场方面，例如地磁强度或脑磁场的测量。

鉴于上面的情况，已经建议包括用高频电流供给的软磁线的磁传感器(也称为“磁阻抗元件”)。响应于外部磁场强度的变化，软磁线呈现电阻和电感方面变化，也就是，呈现阻抗的变化。于是，阻抗变化就应用在磁
20 场强度的检测中(日本未审查专利公开号 176930/1994 和 248365/1995，日本电子工程学会会刊，Vol, E 116, No.1. 第7页(1996))。这种磁传感器响应于外部磁场强度的变化呈现宽的阻抗变化，因此具有很好的磁头性能。然而，依赖于磁场强度变化的阻抗变化率(即，磁场灵敏度)只有10%0e。

25 为消除上述缺点，已经包括用晶体管和软磁线组合形成的振荡电路的另外的磁传感器。由于这种构成，利用LC 谐振来改进灵敏度(日本磁学会期刊，Vol, 19, 第469页(1995))。然而，这种磁传感器不仅要求有源元件，而且还要求多个电阻器，电容器，和二极管。因此，生产成本不可避免地会增高。

30 另一方面，与实现小型化的磁传感器，考虑使用单层的非晶金属磁膜

(日本电子工程师学会会刊, 115-A, 第 949 页(1995))。在这种磁传感器中, 电流直接供到磁膜, 以便检测依赖外部磁场的阻抗变化。然而, 与通常用作导线的铜、铝的银的这些金属相比较, 非晶金属磁膜具有大的电阻。因此, 不能完成有效的激励, 并且阻抗变化率也是小的。

- 5 此外, 已经建议包括包含铜膜的条形的溅射坡莫合金膜制成的另外的磁传感器或磁阻抗元件(Senda 等人, 电子工程师学会, 磁技术会议, MAG-95-126, 91(1995))。另外, 已经建议包括插入具有单轴磁各向异性的 Cosib 膜和把铜导层放入其间制成的不同的磁传感器(Morikawa 等人, 日本磁学会期刊, No, 20, 第 553 页(1996))。相对于在一定范围内的变化外部磁场, 这些磁传感器呈现的阻抗变化率在-50%和+120%之间。然而, 10 磁场灵敏度不大于-5%至+10%/Oe。另外, 控制磁各向异性是很困难的。

与此同时, 在使用软磁元件的上述磁传感器中, 在集肤效应和涡流损耗增加的影响下, 磁传感器的阻抗是以几十到几百兆赫兹(MHz)的量级增加频率。这就意味着, 响应于外部磁场强度变化的阻抗变化是相当小的。

- 15 在上述通常磁传感器中, 在磁传感器和其它电路元件或在磁传感器周围的导线之间产生杂散电容。这样就导致磁传感器的工作不稳定。

发明内容

本发明的第一个目的是提供几乎不受在磁传感器周围的电介质和导体干扰并使其可稳定工作的磁传感器。

- 20 本发明的第二目的是提供磁场灵敏度是高的、制造简单又低成本的磁传感器。

本发明的第三个目的是提供不仅在磁场灵敏度方面是优秀的, 而且响应于外部磁场强度的变化呈现宽阻抗变化, 因此保证稳定工作的磁传感器。

- 25 本发明的第四个目的是提供能降低直流电阻, 因此与包括也用作导体金属的导线或磁金属层相比达到较高灵敏度的磁传感器。

本发明的第五个目的是提供能抑制涡流损耗, 以改进高频带方面的磁特性的磁传感器。

本发明的第六个目的是提供具有大的阻抗变化率的磁传感器。

- 30 本发明的第七目的是提供上述类型的每个磁传感器的制造方法。

根据本发明的第一方面，一种用于检测磁场强度的磁传感器（31），包括：

具有第一和第二互相相对的表面的绝缘基片；

5 具有第一和第二互相相对的端、并装在所述绝缘基片的所述第一表面上的软磁元件；

装在所述绝缘基片的所述第二表面上的接地导体；和

所述接地导体耦合到所述软磁元件的所述第一端，以及在所述软磁元件的所述第一端和所述第二端之间的阻抗根据施加到所述软磁元件的磁场强度而变化；

10 其中，所述磁传感器还包括把所述软磁元件的所述第一端与所述接地导体连接的短路导体。

根据本发明的第二方面，所述软磁元件是软磁线和输出端口，该输出端口耦合到所述短路导体和所述软磁线的所述第二端。

15 根据本发明的第三方面，所述软磁线是包括外软磁部分和包围其中的内导线的同轴软磁线，所述内导线连接到所述接地导电层。

根据本发明的第四方面，所述软磁元件还包括插入在所述同轴软磁线的所述外软磁部分和所述内导线之间的绝缘层。

根据本发明的第五方面，所述接地导体包括形成在所述绝缘基片的所述第二表面上的导电膜。

20 根据本发明的第六方面，所述接地导体包括附连到所述绝缘基片的所述第二表面的导线。

根据本发明的第七方面，所述软磁元件包括软磁薄膜。

根据本发明的第八方面，所述接地导体）包括铜、银、金、铝或包含铜、银、金和铝至少之一的合金。

25 根据本发明的第九方面，所述软磁元件包括，在所述软磁元件的纵方向延伸的内导电层、围绕所述内导电层外沿的绝缘层、和覆盖所述绝缘层的软磁薄膜，所述内导电层包括铜、银、金、铝，或包含铜、银、金和铝至少之一的合金，所述绝缘层包括至少 SiO_2 、 Si_3N_4 ，和 AlN 中的一种。

30 根据本发明的第十方面，所述软磁元件包括内导电层和围绕所述内导电层的堆积式结构，所述堆积式结构包括绝缘层插入堆积的多个软磁薄

膜,所述内导电层是从一组铜、银、金、铝和其合金中选择至少一种制成,每个所述绝缘层是由 SiO_2 , Si_3N_4 和 AlN 至少之一制成。

根据本发明,提供用于检测磁场强度的磁传感器,它包括具有第一和第二表面互相相对的绝缘基片;具有第一和第二终端互相相对并安装在绝缘基片第一表面上的软磁元件;安装在绝缘基片的第二表面上的导体;以及粘合到软磁元件的第一和第二终端的输出端口,用于导出在第一和第二终端之间软磁元件的阻抗,阻抗改变依赖于加到软磁元件的磁场强度。

根据本发明,还提供了包括绝缘基片和形成在基片上的软磁薄膜元件,还进一步包括通过内绝缘层由软磁薄膜元件环绕的内导层的磁传感器。软磁薄膜元件包括基本上由原子百分数 80-87 的钴、原子百分数 10-17 的铈和原子百分数 1-6 的锆组成的钴-铈-锆薄层。

根据本发明,还提供包括在绝缘基片上形成第一软磁膜;在第一软磁膜上形成第一绝缘膜;在第一软磁膜上形成导电层;形成第二绝缘膜,以遮盖除两个末端之外的导电层;及形成第二软磁膜,以遮盖第二绝缘膜,以形成包括第一和第二软磁膜的闭磁环路的步骤的制造磁传感器的方法。第一和第二软磁膜的每一个都包括基本上由原子百分数 80-87 的钴、原子百分数 10-17 的铈和原子百分数 1-6 的锆组成的钴-铈-锆薄膜。

在此,将说明选择上面指定成分的原因。在钴-铈-锆薄膜的组成中,大于原子百分数 87 的钴对增加磁饱和是有利的,但对增加导致软磁特性变劣的磁致伸缩是不利的。因此,降低了响应于外部磁场强度变化的阻抗变化率。另外,要获得非晶膜是很困难的。另一方面,小于原子百分数 80 的钴将降低磁饱和,因此,依赖于外部磁场强度变化的阻抗变化率就变得很小。

锆起把钴-铈-锆膜转变成非晶膜的作用并需要原子百分数 1 或更多的含量。大于原子百分数 6 是不利的,因为磁致伸缩的增加将导致软磁特性的恶化。

关于铈,原子百分数 10-16 的含量是最好的,因为将达到零的磁致伸缩。小于原子百分数 10 将增加正的磁致伸缩,将引起软磁特性的恶化,即,阻抗变化率的恶化。另一方面,大于原子百分数 16 是不利的,因为磁饱和要降低。

由于在本发明中使用了薄膜技术，于是就容易进行一些细微的处理。像其它薄膜磁传感器一样，本发明的磁传感器在与使用线材材料的那些方面相比是优秀的。

根据本发明，导电层和磁性层是互相绝缘的，以便降低涡流损耗。因此，在高频带方面的性能是优秀的。

附图说明

图 1A 和 1B 分别表示没有任何杂散电容和有杂散电容的通常磁传感器的等效电路；

图 2 是本发明第一实施例磁传感器的透视图；

10 图 3 表示图 2 磁传感器的等效电路；

图 4 是根据本发明第二实施例的磁传感器的透视图；

图 5 是根据本发明第三实施例的磁传感器的透视图；

图 6 是对图 5 中的磁传感器改进的，根据本发明第四实施例的磁传感器的透视图；

15 图 7 是对图 5 中磁传感器另一种改进的，根据本发明第五实施例的磁传感器的透视图；

图 8 是对图 6 中磁传感器改进的，根据本发明第六实施例的磁传感器的透视图；

20 图 9 是相对于图 3 等效电路中的各种 L_0 值的阻抗与频率关系的曲线图；

图 10 是根据本发明第七实施例磁传感器的透视图；

图 11 表示阻阻抗 Z 、电阻 R 和电感 L 与外部磁场的关系图；

图 12 是根据本发明第八实施例磁传感器的透视图；

图 13 是根据本发明第九实施例磁传感器的透视图；

25 图 14 是图 13 中磁传感器的截面图；

图 15 是对图 11 磁传感器的改进，根据本发明第十实施例的磁传感器的部分截面图；

图 16 表示图 10 磁传感器的阻抗与频率的关系曲线图；

30 图 17 表示图 13 的磁传感器的阻抗 Z 、电阻 R 和电感 L 与频率的关系图；

图 18 是本发明第十二初稿例的磁传感器的透视图；

图 19 是图 18 中说明的磁传感器的截面图；

图 20 是图 18 中说明的磁传感器的纵向截面图；

图 21A、21B、21C、21D、21E 和 21F 是用于说明图 18 中说明的磁传感器的制造过程图；

图 22 表示图 18 的磁传感器的阻抗与外部磁场的关系；

图 23 是根据本发明第十三实施例的磁传感器的截面图；和

图 24 表示图 23 的磁传感器 Z、L 和 R 与外部磁场的关系。

具体实施方式

10 在描述本发明最佳实施例，为了更好地理解本发明，在下文中将描述的通常的磁传感器。

参考图 1，使用如线之类的软磁元件的通常磁传感器由具有两端的等效电路表示。磁传感器检测磁场强度的变化作为软磁线阻抗的变化。阻抗由 $Z=R+j\omega L$ 表示 (ω 是提供到软磁线的交流电流的角频率)。特别是，电阻 R 和电感 L 的值的

15 R 和电感 L 的值的值的变化依赖于外部磁场。详细描述如下。

当软磁线是由高频电流供给时，形成环绕软磁元件的磁场。当提供到软磁线的外部磁场 H_{ex} 等于零时，软磁线沿容易磁化的轴激盛并由磁畴壁的运动完成磁化过程。因此，当供电电流具有几兆赫兹 (MHz) 或更多的频带的频率 (f) 时，相对导磁率大概等于 1 以及电感 L 具有由导体本身确定

20 的小值。另一方面，当施加外部磁场 H_{ex} 时，磁化从激励方向倾斜并完成磁化的旋转磁化过程。因此，软磁线的相对导磁率就增加并在 $H_{ex}=H_K$ (H_K 是各向性磁场) 具有最大值。另外，在 $H_{ex} > H_K$ 时，在外部磁场 H_{ex} 的方向上，磁化被固定相对导磁率再次降低。因此，电感 L 依赖于外部磁场强度 H_{ex} 的变化并具有大约 $H_{ex}=H_K$ 的最大值。

25 另一方面，当供电电流具有几兆赫兹 (MHz) 的频带的频率 f 时，电阻 R 基本上由导体的直流 (d、c) 电阻确定。然而，在 10MHz 或更大数量级的频带情况下，在涡流损耗和集肤效应影响下，电阻 R 就增加。集肤效应由方程式 (1) 给出的集肤深度 δ 来确定：

$$\delta = \sqrt{\rho / (\pi f \mu)}, \quad (1)$$

30 在此， ρ ，f，和 μ 分别表示电阻率，频率，和导磁率。从方程式 (1)

将可理解,在相对于膜厚度集肤效应不可忽视的高频率 f 时,当导磁率 μ 依赖于外部磁场 H_{ex} 增加时,集肤深度减小并且电阻增加。因此,在要求考虑集肤深度 δ 的高频范围中,电阻也与外部磁场 H_{ex} 的改变相一致。

在上述磁传感器中,在几兆赫兹 (MHz) 量级的频带中,相对导磁率基本等于 1。因此,对应于外部磁场的电感 L 的改变是小的,然而,当外部磁场在强度上等于各向异性磁场时,利用相对导磁率具有最大值的特性,就能增加阻抗依赖于外部磁场强度变化的变化。

于是,使用软磁元件的磁传感器就能把检测外部磁场强度的变化作为阻抗的变化。

参见图 1B,在通常磁传感器,杂散电容 C 产生在传感元件和其它电路元件的在其周围的导线之间。杂散电容 C 就构成不稳定工作的因素。

现在,参考附图将描述本的最佳实施例。

第一实施例

参见图 2,根据本发明第一实施例的磁传感器 31 包括:绝缘基片 37、支撑在绝缘基片 37 上表面上作为软磁元件的导电软磁线 33、形成在绝缘基片 37 背面上的接地导体膜 35,和从绝缘基片 37 上表面部分延伸到一个其侧表面部分,由此连接软磁线 33 的一端和接地导体膜 35 的一端的连接导体 39。

磁传感器 31 是分别从软磁线 33 和接地导体 35 提以的具有两个输入端(图中右上侧)的两端元件。该两端元件具有图 3 中说明的等效电路。在图 3 中,电容 C 产生在接地导体膜 35 和软磁线 33 之间。等效电路的电阻 R 、电抗 X 、阻抗 Z 和谐振频率 f_0 由方程式 (2) - (5) 给出:

$$R = \frac{R_0}{2} + \frac{2R_0}{\omega^4 L_0^2 + \omega^2 (R_0^2 C^2 - 4L_0 C) + 4} \quad (2)$$

$$X = \frac{\omega L_0}{2} + \frac{\omega^4 (2L_0 - R_0^2 C - \omega^2 L_0^2 C)}{\omega^4 L_0^2 + \omega^2 (R_0^2 C^2 - 4L_0 C) + 4} \quad (3)$$

$$z = R + j\omega X \quad (4)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{L_0 C}} \quad (5)$$

在具有图 3 中等效电路的磁传感器中, 阻抗响应于外磁场强度变化而变化并在谐振频率 f_0 附近急剧地变化。于是, 在谐振频率 f_0 附近阻抗变化大于远低于谐振频率 f_0 的频带的阻抗变化。

5 在根据本发明第一实施例的磁传感器中, 阻抗响应于外磁场而变化。因此, 磁传感器的谐振频率也变化。因此, 用供给到磁传感器的电流的最佳频率, 检测外磁场中的变化就可作为很大的阻抗变化率。换句话说, 磁场灵敏度就能增加。

因此, 第一实施例包括接地导体膜 35, 因此就能抑制先有技术中杂散电容的发生。另外, 由于供到软磁线 33 的电流的电场集中到接地导体膜 35 和通过其电流的连结导体 39 之间的区域。因此, 磁传感器对干扰不敏感, 因此不具有接地导体膜 35 的通常的磁传感器相比, 工作就稳定。从而, 磁场的检测, 甚至当磁传感器工作在低于 LC 中的谐振频率的频带都能稳定地完成。

15 第一实施例的磁传感器的例子如下。

使用具有直径 $50 \mu\text{m}$ 的长度 5mm 的坡莫合金线作为软磁线 33 和使用聚酰亚胺膜作为具有高厚度 140mm 的绝缘基片 37。聚酰亚胺膜具有形成在两个表面上的 $35 \mu\text{m}$ 厚的铜箔。在聚酰亚胺膜上的铜箔之一用作接地导体膜 35, 而另一个铜箔局部地除去, 剩下连接导体 39 以短路到作为接地导体膜 35 的一个铜箔。此外, 坡莫合金线的一端被焊接到作为连接导体 39 的另一铜箔。

于是得到的磁传感器 31 受到阻抗变坏的测量。特别是, 10MHz 的高频电流加在坡莫合金线 33 的另一端和接地导体膜 35 之间。以坡莫合金线 33 的纵方向施加外磁场 H_{ex} 。在这种情况下, $H_{\text{ex}}=0 \text{ Oe}$ 的参考值, 在 $H_{\text{ex}}=3$ 25 0 e 时, 阻抗变化率具有 38% /0e 的最大值。

第二实施例

参考图 4, 根据第二实施例的磁传感器 41 包括: 作为绝缘基片的绝缘膜 45, 作为软磁元件连接到绝缘膜 45 的一个表面的软磁线 33, 作为地导体以平行于软磁线 33 连接到绝缘膜 45 的另一个表面的导线 43, 和作

为连接导体连接软磁线 33 的一端与接地导线 43 的短路导线 47。磁传感器 41 是具有两个外部连接端的两端元件,其外接端分别在软磁线 33 和接地导体线 43 的另一端。

在磁传感器 41 中,软磁线 33、接地导体线 43、短路导线 47 和绝缘膜 45 分别对应于图 2 的磁传感器 31 中的软磁线 33、接地导体膜 35、绝缘体 37、和连接导体 39。因此,磁传感器也用图 3 的等效电路表示和其工作基本上与第一实施例相同。

第二实施例的磁传感器 41 的例子如下。

具有直径 $50\ \mu\text{m}$ 和长度 5mm 作为软磁线 33 的坡莫合金线和具有直径 $50\ \mu\text{m}$ 和长度 5mm 作为接地导线 43 的铜线分别粘合到具有厚度 $70\ \mu\text{m}$ 作为绝缘膜 45 的聚酰亚胺膜的两个表面。坡莫合金线和铜线的一端被短路导线 47 短路,以获得磁传感器 41。然后,磁传感器 41 受到阻抗变化的测量。特别是,10MHz 的高频电流加在坡莫合金线 33 和铜线 43 的另一端之间。另外,以坡莫合金线 33 的纵向施加外磁场 H_{ex} 。在这种情况下,阻抗变化率在 $H_{\text{ex}}=300\text{e}$ 时具有最大值 $29\%/0\text{e}$ 。

第一比较例子

为比较的目的,仅使用具有直径 $50\ \mu\text{m}$ 和长度 5mm 的坡莫合金线和在单独坡莫合金线的两端施加 10MHz 的高频电流。然后,以坡莫合金线的纵向施加外磁场 H_{ex} 。在这种状态下,检测阻抗变化。其结果,在 $H_{\text{ex}}=300\text{e}$ 时,阻抗变化不大于 $8\%/0\text{e}$ 。

第三实施例

参见图 5,根据第三实施例的磁传感器 49 除了软磁线 33 之间是用插入通过心线 53 的导线的软磁管 51 代替之外,其余与图 2 的软磁传感器 31 相同。心线 53 的一端连接到用焊接或类似方法的连接导体 39。

不难理解,磁传感器 49 也形成由图 3 中等效电路表示的两端元件。

第三实施例的磁传感器 49 的例子如下。

具有直径 $100\ \mu\text{m}$ 作为心线 53 的铜线通常是以同轴形式插入通过具有外径 $200\ \mu\text{m}$ 的作为软磁管 51 的坡莫合金管。坡莫合金和铜线的组合在以后为简洁描述,被称为同轴软磁线。使用同轴软磁线和聚酰亚胺膜与在第一实施例中使用的相同(即,形成在两个表面上具有总厚度 140mm 的铜

膜), 图 5 中磁传感器 49 以第一实施例的相同方式制造。于是获得的磁传感器 49 受到阻抗变化的测量。特别是, 1MHz 的高频电流加在同轴软磁线的心线的一端和接地导体膜 35 之间。此外, 以坡莫合金管的纵向施加外磁场 H_{ex} 。结果是, 在 $H_{ex}=40e$ 时, 阻抗变化率具有最大值 21% / $0e$ 。

5 第四实施例

参见图 6, 根据本发明的第四实施例的磁传感器 55 是图 5 磁传感器的改进。图 5 磁传感器中的接地导体膜 35 和接地导体 39 分别由接地导线 43 和短路导线 47 代替, 以及同轴软磁线 (51, 53) 和接地导线 43 分别以第二实施例 (图 4) 的相同方式附连到绝缘膜 45 的两个表面。

10 第四实施例的磁传感器 55 的例子说明如下。

通过利用包括具有外径 $200\ \mu\text{m}$ 的坡莫合金管 (51) 和具有直径 $100\ \mu\text{m}$ 的铜线 (53), 与那些使用在第二实施例中相同的铜线 (43) 和聚酰亚胺膜 (45) 一起, 来制造图 6 中的磁传感器 55。于是得到的磁传感器 55 受到依赖于外磁场强度阻抗变化的测量。特别是, 1Mhz 的高频电流加在同轴软磁线的铜线 53 的一端和接地导线 43 之间, 并以坡莫合金管 51 的纵向施加外磁场 H_{ex} 。结果是, 在 $H_{ex}=4\ 0e$ 时, 阻抗变化率具有最大值 16%/ $0e$ 。

15 第二比较例子

除了除去接地导线 43 之外, 与图 6 相似的磁传感器 55 的磁传感器准备作为比较例子。1MHz 电流加在比较例子的同轴软磁线的导线的两端之间。在这种状态下, 测量阻抗的磁场相关性。结果是, 在 $H_{ex}=4\ 0e$ 时, 阻抗变化率具有最大值 6%/ $0e$ 。

20 第五实施例

参见图 7, 根据第五实施例的磁传感器 57 是图 5 的磁传感器的改进。特别是, 磁传感器 57 具有插入在软磁管 51 和形成同轴软磁线的心线 53 之间的级层 59。

第五实施例的磁传感器 57 的例子说明如下。

具有直径 0.5mm 作为心线 53 的铜线是用乙烯基覆盖膜覆盖作为绝缘层 59。此外, 绝缘层 59 是用具有厚度 $50\ \mu\text{m}$ 的坡莫合金箔覆盖作为软磁管 51, 以得到同轴软磁线。利用有铜箔的聚酰亚胺, 磁传感器 57 就以类似于第一实施例的方式制造。于是得到的磁传感器 57 受到信

25 30 依赖于外磁场

阻抗变化的测量。特别是，10MHz 的高频电流加在同轴软磁线的心线 53 的一端和地导膜 35 之间。此外，以坡莫合金管的纵向施加外磁场 H_{ex} 。结果是，在 $H_{ex}=3.0e$ 时，阻抗变化率具有最大值 48%/0e。

第六实施例

5 参见图 8，根据第六实施例的磁传感器 61 是第四(图 6)或第五(图 7)实施例的改进。特别是，以类似于图 7 的方式，绝缘层 59 是介入在软磁管 51 和心线 53 之间，形成图 6 中的同轴软磁线。

磁传感器 61 的例子说明如下。

10 通过利用类似于使用在与铜线一起的第五实施例的同轴软磁线和类似于那些使用在第二实施例中的聚酰亚胺膜来制造图 8 中的磁传感器 61。然后，磁传感器 61 受到依赖于外磁场强度阻抗变化的测量。特别是，10MHz 的高频电流加在同轴软磁线的心线 53 的一端和接地导线 43 之间。此外，以坡莫合金管的纵向施加外磁场 H_{ex} 。结果是，在 $H_{ex}=3.0e$ 时，阻抗变化率具有最大值为 31% /0e。

15 第三比较例子

作为第三比较例子，除去图 8 磁传感器 61 中的接地导线 43，以形成包括具有绝缘层 59 的同轴软磁线的磁传感器。10MHz 的电流加在磁传感器的两端，以测量阻抗与磁场的相关性。结果是，在 $H_{ex}=3.0e$ 时，阻抗变化率具有像 8%/0e 小的值。

20 如上所述，根据本发明的第一到第六实施例的每个磁传感器具有接地导体，以便具有在图 3 中说明的等效电路。在这种情况下，响应于外磁场强度变化的阻抗变化就能通过使用 LC 谐振进一步扩大。为说明上面的，在等效电路中电感 L 的值是变化的，而电阻 R 和电容 C 分别保持恒定 3Ω 和 200PF。根据方程式(2)到(5)，在图 9 中计算并绘制阻抗 Z。

25 在上述实施例中，选择坡莫合金作为软磁材料。就那种材料能形成线而言，一般用作软磁材料的大多数的那些金属材料都能达到相同的效果，例如可用钴-铁-硅-铋(Co-Fe-Si-Bi)代替。

如上所述，根据本发明的第一到第六实施例的每个磁传感器包括：软磁线或带有插入穿过导体心的同轴软磁线，接地导体，和插入其间的绝缘
30 体。由于这种结构，就可能抑制在软磁元件和导体周围之间杂散电容的产

生并通过防止干扰，达到稳定工作。另外，利用从绝缘体和导体的附加产生的电容，LC 谐振频率就能随意设计。利用跟随依赖于外磁场的电感 L 的变化的阻抗的急剧变化，灵敏度与通常的传感器相比较就从几倍到几十倍的显著地改进。另外，本发明的磁传感器仅包括把包含导体层或绝缘和导线的组合的绝缘体加到作为软磁元件的线材料。于是，减少元件的数量并且不需要像溅射装置这样的昂贵设备，因此可以以低成本得到磁传感器。因此，本发明的磁传感器是非常有效的用作磁头及其类似的。

第七实施例

参见图 10，根据本发明的第七实施例的磁传感器 63 包括介电质板件或玻璃基片 65，作为沿预定方向具有上和下表面的绝缘基片，线条状软磁薄膜 71 作为具有预选宽度的软磁元件并附着在玻璃基片 65 的上表面部分。软磁薄膜 71 具有作为输入和输出端 67 和 69 的相对的端，以便在其间供给电流。磁传感器 63 是用于检测当软磁薄膜 71 在横切预定方向的方向上加有磁场时引起的电流变化，如阻抗变化。在磁传感器 63 中，电容是有意地在玻璃基片 65 的下表面沉积接地导体膜 35 作为导体形成的。

软磁薄膜 71 形成具有输入和输出端 67 和 69 的两端元件。两端元件具有图 3 中说明的等效电路。在图 3 中，已表示有意地形成在接地导体膜 35 和软磁薄膜 71 之间的电容。等效电路具有分别由方程式 (2) 至 (4) 给出的电阻 R、电抗 X 和阻抗 Z，并具有由方程式 (5) 给出的谐振频率，如上面所述。

在具有图 3 中等效电路的元件中，元件的阻抗响应于外磁场的变化而变化。应注意的是，在谐振频率附近阻抗是急剧地变化。因此，通过监测在谐振频率附近的阻抗的变化，与低于谐振频率很多的低频范围的监测相比，就能获得较宽的输出。

在本实施例中的磁传感器具有有意提供的电容 C，因此与通常没有接地导体膜 35 的磁传感器相比工作是稳定的。因此，甚至当在上述通常的磁传感器的 LC 谐振中，工作在低于谐振频率的频带中磁传感器就能稳定地完成磁场的检测。

将描述在第七实施例(图 10)中利用高频磁控管溅射制造磁传感器 63 的方法。

首先, 制备具有厚度 200mm、宽度 10mm, 和长度 20mm 的玻璃基片。然后, 具有厚度 $4\ \mu\text{m}$, 宽度 4mm, 和长度 14mm 的钴-铌-锆的条形状软磁薄膜 71 用溅射方法沉积在玻璃基片 65 的上表面部分。其次, 具有厚度 $1\ \mu\text{m}$, 宽度 10mm, 和长度 20mm 的铜接地导体膜 35 也沉积在玻璃基片 65 的下表面。用 EPMA (电子探针微量分析) 分解软磁薄膜 71 以具有原子百分数 83.7 的钴、原子百分数 2.8 的锆, 和原子百分数 13.5 的铌的成分。

磁传感器 63 在真空 $1.33322 \times 5.0 \times 10^{-3}$ 帕或更低真空下, 在旋转磁场 $H=5000\text{e}$ 之下, 在 400°C 加热 2 小时, 以弛缓在膜的沉积期间, 已引入的磁的各向异性。此后, 在相同强度的静磁场下, 在相同等级真空中, 完成热处理以在磁传感器 36 的横向方向上引入单轴磁各向异性。

当加热处理时, 磁传感器 63 加上 40MHz 的电流并测量依赖于外磁场 (Hex) 变化的阻抗。在图 11 中说明测量数据。阻抗变化率是 $(188\%/7.60\text{e})$ 和平均磁场灵敏度是 $24.7\%/0\text{e}$ 。在 $\text{Hex}=7.0\text{e}$ 时, 最大磁场灵敏度是 $65.8\%/0\text{e}$ 。

15 第四比较例子

作为第四比较例子, 除了接地导体膜 35 不形成在玻璃基片 65 的下面之外, 磁传感器的实验制备类似于第七实施例 (图 10) 的磁传感器。以类似于图 10 的第七实施例的磁传感器 31 例子的制造方式完成在玻璃基片 65 的上表面形成钴-铌-锆 (Co-Nb-Zr) 的软磁场薄膜 71 的过程。在形成软磁薄膜 71 之后, 也以相同方式完成热处理。也分解软磁薄膜 71, 以具有原子百分数 83.6 的钴、原子百分数 2.7 的锆, 和原子百分数 13.7 的铌的成分。40MHz 的电流提供到第四比较例子的磁传感器并测量外磁场与阻抗的相关性。阻抗变化率是 $37\%/8.6\text{Oe}$, 平均磁场灵敏度是 $4.3\%/0\text{e}$ 。在 $\text{Hex}=70\text{Oe}$ 时, 最大磁场灵敏度是 $9.5\%/0\text{e}$ 。

25 第八实施例

参见图 12, 根据用环控管溅射方法制造的第八实施例的磁传感器 73 与第七实施例不同, 将在下文详细描述。

第八实施例的磁传感器 73 制造如下。制备具有厚度 $200\ \mu\text{m}$ 、宽度 10mm、和长度 200mm 的玻璃基片 65。然后, 在玻璃基片 65 的上表面部分沉积具有厚度 $4\ \mu\text{m}$ 、宽度 4mm, 和长度 14mm 钴-铌-锆的线条状软磁薄膜

71 的低的部分。其次，具有厚度 $1\ \mu\text{m}$ 、宽度 2mm，和长度 20mm 的铜膜 75 形成在软磁薄膜 71 的软低部分的中心线上。此后，软磁薄膜 71 的较低部分超过铜膜 75 的上表面，钴-铈-锆的软磁薄膜 71 的上部分沉积为最大厚度 $4\ \mu\text{m}$ 、宽度 4mm、和长度 14 mm。最后，在玻璃基片 65 的下表面、铜

5 接地导体膜 35 沉积具有厚度 $1\ \mu\text{m}$ 、宽度 10mm、和长度 20mm。

软磁薄膜 71 也分解为具有原子百分数 83.4 的钴、原子百分数 3.0 的锆，和原子百分数 13.6 的铈。

以类似于第七实施例方式，单轴磁各向异性横方向引入磁薄膜 71 中。其次，磁传感器 73 加上 80MHz 的电流并由施加的外磁场的变化测量

10 阻抗变化率。阻抗变化率是 $85\%/8.10\text{e}$ ，平均磁场灵敏度是 $10.7\%/0\text{e}$ 。在 $\text{Hex}=7\ 0\text{e}$ 时，最大磁场灵敏度是 $25.1\%/0\text{e}$ 。

第五比较例子

除了接地导体膜 35 不形成在玻璃基片 35 的低表面之外，第五比较例子的磁传感器是以类似于第八实施例(图 12)的磁传感器 73 方式实验地制

15 备。于是，第五比较例子磁传感器包括形成在玻璃基片 65 上表面的钴-铈-锆软磁薄膜 71 和铜膜 75。

在类似于第八实施例的情况下，完成热处理以引入磁各向异性。此后，加入 80MHz 的电流。在这种情况下，测量外磁场 (Hex) 与阻抗的相关性。结果是，阻抗变化率是 $50\%/9\ 0\text{e}$ ，平均磁场灵敏度是大约 $6\%/0\text{e}$ 。在

20 $\text{Hex}=7\ 0\text{e}$ 时，最大磁场灵敏度是 $12.7\%/0\text{e}$ 。

第九实施例

参见图 13 和 14，以即将描述的方式用磁控管溅射方式制造的第九实施例的磁传感器 77。首先，制备具有厚度 $200\ \mu\text{m}$ ，宽度 10mm，和长度 20mm 的玻璃基片 65。然后，在玻璃基片 65 的上表面部分沉积具有厚度 $4\ \mu\text{m}$ ，

25 宽度 4mm，和长度 14mm 的钴-铈-锆的第一线条形状的软磁薄膜 79。此后，在第一软磁薄膜 79 上形成具有厚度 $0.5\ \mu\text{m}$ 、宽度 3mm、和长度 18mm 的第一二氧化硅 (SiO_2) 膜 81。其次，在第一二氧化硅膜 81 上沉积具有厚度 $1\ \mu\text{m}$ ，宽度 2mm，和长度 20mm 的铜膜 75。此外，在第一 SiO_2 膜 81 和铜 75 上形成具有厚度 $0.5\ \mu\text{m}$ ，宽度 3mm，和长度 18mm 的第二 SiO_2 膜 83。此外，

30 在第一软磁薄膜 79 和第二 SiO_2 膜 83 上形成具有厚度 $4\ \mu\text{m}$ ，宽度 4mm，和

长度 14mm 的第二线条状软磁薄膜 85。最后，具有厚度 $1\ \mu\text{m}$ 、宽度 10mm，和长度 20mm 的铜地导膜 35 沉积在玻璃基片 65 的下表面上。

第一和第二软磁薄膜 79 和 85 的每一个都具有由 EPMA 分解的原子百分数 84.1 的钴、原子百分数 2.7 的锆，和原子百分数 13.2 的铌的成分。

- 5 以类似于第七实施例方式，单轴磁各向异性以横向方向引入磁薄膜 79 和 85，然后，磁传感器 77 被供给 120MHz 的电流，并施加强度变化的外磁场 Hex 测量阻抗。结果是，阻抗变化率是 35%/8.00e，平均磁场灵敏度是 4.3%/0e。在 Hex=70e 时，表示相对于外磁场 Hex 阻抗变化的曲线呈现具有 205%/0e 的最大阻抗变化梯度。

10 第六比较例子

除了接地导体膜 35 不形成在玻璃基片 65 的下表面之外，第六比较例子的磁传感器以类似于第九实施例(图 13 和图 14)的磁传感器 77 实验地制备。

- 15 在类似于第九实施例的情况下，完成热处理以引入磁各向异性。此后，提供给 120MHz 的电流。在这种状态下，测量外磁场与阻抗的相关性。结果是，阻抗变化率是 120%/8.20e，平均磁场灵敏度大约是 14.6%/0e。在 Hex=70e 时，最大磁场灵敏度是 23%/0e。

第十实施例

- 20 参见图 15，除了第一和第二软磁薄膜 79 和 85 被每个具有堆积结构的第一和第二软磁层 87 和 91 代替之外，第十实施例的磁传感器 95 具有与第九实施例(图 13 和 14)磁传感器 77 相似的结构。

- 磁传感器 95 以如下方式制造。首先，制备具有厚度 $200\ \mu\text{m}$ 、宽度 10mm，和长度 20mm 的玻璃基片 65。然后，在玻璃基片 65 的上表面部分沉积具有厚度 $1\ \mu\text{m}$ 、宽度 4mm，和长度 14mm 的钴-铌-锆的软磁薄膜 87a。
- 25 其次，在软磁薄膜 87a 上形成具有厚度 $0.1\ \mu\text{m}$ 、宽度 4mm、和长度 18mm 的 AlN 膜 89a。同样的，类似的软磁薄膜 87b 至 87d 和类似的 AlN 膜 89b 和 89c 交替沉积，以形成具有三个 AlN 膜插入的堆积结构的第一软磁层 87。此后，在第一软磁层 87 上，特别是在最上面的软磁薄膜 87d 的上表面沉积具有厚度 $0.5\ \mu\text{m}$ 、宽度 3mm，和长度 18mm 的 AlN 膜 81。其次，除
- 30 两端之外，在 AlN 膜 81 上形成具有厚度 $1\ \mu\text{m}$ ，宽度 2mm，和长度 20mm 的

铜膜 75。然后，在 AlN 膜 81 和铜膜 75 上，形成具有厚度 $0.5\ \mu\text{m}$ ，宽度 3mm ，和长度 18mm 的 AlN 膜 83。然后，在 AlN 膜 83 上和在第一软磁层 87 上，在最上面的软磁薄膜 87d 上，另外设置钴-铌-锆的软磁薄膜 91a 至 91d 和交替沉积三个 AlN 膜 93a 至 93c，以形成具有插入三个 AlN 膜的第二软磁层 91。最后，具有厚度 $1\ \mu\text{m}$ ，宽度 10mm ，和长度 20mm 的铜地导电膜 35 沉积在玻璃基片 65 的下表面。软磁薄膜 87a 至 87d 和 91a 至 91d 的每个具有原子百分数 83.5 的钴、原子百分数 3.1 的锆，和原子百分数 13.4 的铌的成分。

以类似于第七实施例的方式，单轴磁各向异性以横方向插入软磁层。然后，磁传感器 95 供给 120MHz 的电流并在强度不同变化的外磁场 (Hex) 中测量阻抗。结果是，阻抗变化率是 $212\%/8.0\ \text{Oe}$ ，平均磁场灵敏度是 $26.5\%/0\text{e}$ 。在 Hex= $7\ \text{Oe}$ 时，最大磁场灵敏度是 $128\%/0\text{e}$ 。

第七比较例子

除了接地导体膜 35 不形成在玻璃基片 65 的下表面外，第七比较例子的磁传感器是以类似于第九实施例 (图 15) 的磁传感器 77 实验地制备。在类似于第九实施例的情况下完成热处理，以便引入磁各向异性。此后，供给 120MHz 的电流。在这种情况下，测量外磁场与阻抗的相关性。结果是，阻抗变化率是 $83\%/8.5\ \text{Oe}$ ，平均磁场灵敏度是大约 $9.8\%/0\text{e}$ 。在 Hex= $7\ \text{Oe}$ 时，最大磁场灵敏度是 $22.5\%/0\text{e}$ 。

第十一实施例

除了钴-铌-锆的软磁薄膜 81 和 83 是由 $4\ \mu\text{m}$ 厚度的坡莫合金代替之外，根据第十一实施例的磁传感器是类似于第九实施例 (图 13 和 14) 的磁传感器 77。

磁传感器在静磁场 $H=500\ \text{Oe}$ 下，在真空 $1.33322 \times 5.0 \times 10^{-4}$ 帕或更低中，在 500°C 加热 2 小时，以便以横方向引入单轴磁各向异性。此后，磁传感器被加以 40MHz 的电流，并测量外磁场 (Hex) 与阻抗、电感、和电阻的相关性。阻抗变化率是 $72\%/40\ \text{Oe}$ ，平均磁场灵敏度是 $18.0\%/0\text{e}$ 。在 Hex= 2.50e 时，最大磁场灵敏度是 $43\%/0\text{e}$ 。

第八比较例子

除了省略接地导体膜 35 (图 13 和 14 中) 之外，第八比较例子的磁传

感器是以类似于第十一实施例中的磁传感器实验地制造。像第十一实施例中一样，加以 40MHz 的电流。在这种情况下，测量磁场与阻抗的相关性。结果是，阻抗变化率是 35%/4.10e，平均磁场灵敏度大约是 8.5%/0e。在 Hex= 2.50e 时，最大磁场灵敏度是 16%/0e。

5 根据每个上述本发明的第七至第十一实施例，在使用软磁薄膜的磁传感器中，检测阻抗变化，在外磁场强度中的变化，形成接地导体膜(地电极)以便有意提供电容。因此，磁传感器优点在于工作稳定并能利用图 3 等效电路中伴随 LC 谐振阻抗的急剧变化。于是，就能消除上述通常传感器中的缺点。

10 在图 3 等效电路中电容 C 的值就能在设计阶段中选定一个特定值。在图中说明的电阻 R_0 和电感 L_0 依赖于外磁场变化。

特别是，在具有由方程(2)至(4)给出阻抗的等效电路中，电感 L 是随着分别保持常数 3Ω 和 200PF 的电阻 R 和电容 C 而不同的变化。在这种情况下，在图 6 中计算和绘制阻抗。如已经描述的，在本发明第七至第十一
15 实施例的每个磁传感器中，软磁膜的导磁率在外磁场作用下发生变化。因此，在图 16 中所示的电感 L 的变化实际上由外磁场引起的。例如，假定，当加上 70MHz 的电流时，由于施加磁场导磁率就增加并且电感 L 从 20nH 变到 50nH。在这种情况下，阻抗从 12Ω 变到 80Ω，呈现 600%或更多一点的阻抗率。特别是，在集肤效应的影响下，电阻的变化情况不是那么简单的。
20 的。

图 17 表示在第九实施例中测量的频率与阻抗的关系，基本上具有与图 16 中说明的相同趋势。于是，应注意的是，跟随对磁传感器施加磁场的阻抗变化将引起磁传感器的谐振频率的变化。因此，利用供给电流的最佳频率，在外磁场强度中的变化就能被检测为很大的阻抗变化率。

25 在第九和第十实施例中，软磁薄膜是由非晶钴-镍-锆形成。在第十一实施例中，使用坡莫合金。然而，任何在软磁效应中优秀的材料都可代替使用。从低阻电极金属，如铝、银和金选择的任何材料都能代替铜的使用。绝缘膜能够用绝缘优秀的各种成分，如三氧化二铝 (Al_2O_3) 和四氧化三硅 (Si_3O_4) 来代替二氧化硅 (SiO_2) 和 AlN。

30 现在，将描述具有包括在图 13、14 和 15 中所示的类似于第九和第十

实施例的钴-铌-锆膜的轮箔元件的磁传感器,但没有如在第六和第七比较例子已经描述的接地导体膜。应注意的是,利用基本上由原子百分数80-87的钴、原子百分数10-17的铌,和原子百分数1-6的锆组成的特定成分的钴-铌-锆膜,没有地导膜的磁传感器具备有15%/0e以上的改进的

5 磁场灵敏度。

第十二实施例

本实施例类似于图13和14的第九实施例但没有如在第六比较例子中的接地导体膜35。

参见图18至20,根据本发明第十二实施例的磁传感器97包括作为

10 绝缘基片的玻璃基片65,和在玻璃基片65上形成的软磁元件。磁元件是多层覆盖型结构并包括,作为软磁元件的外包层,包括具有厚度 $1\mu\text{m}$ 的钴-铌-锆膜的软磁层99,作为软磁元件的心导体具有厚度 $1\mu\text{m}$ 的并形成在中心部分的铜膜75,包括插在软磁层99和导体层75之间的 $0.5\mu\text{m}$ 厚的二氧化硅(SiO_2)膜81和83的绝缘层101。

15 软磁层99包括形成在玻璃基片65上的第一软磁薄膜79,和形成在第一软磁薄膜79上的第二软磁薄膜85。绝缘层101包括作为第一和第二绝缘膜的 SiO_2 膜81和83。第一绝缘膜81插在铜膜75和第一软磁薄膜79之间,而第二绝缘膜83插入铜膜75和第二软磁薄膜85之间。第一和第二绝缘膜81和83在相对周边部分互相保持紧密接触。

20 第十二实施例的磁传感器97制造如下,以获得1至10的样品。此外,得到的比较例子11至15作为第九比较例子。

参见图21A至21F,具有在图18中说明的结构的磁传感器97制造在具有厚度1mm的玻璃基片65上。利用几个成分的种类的合金靶钴-铌-锆,形成不同成分的铌片,和锆片,钴-铌-锆膜。沉积的钴-铌-锆膜的成分用

25 EPMA分析。

首先参见图21A,在玻璃基片65上形成具有 $10\text{mm} \times 20\text{mm}$ 大小的掩模。用溅射形成具有宽4mm、长14mm、和厚 $1\mu\text{m}$ 的钴-铌-锆的第一软磁薄膜79。接着参见图21C,利用掩模用RF磁控管溅射形成具有宽3mm,长16mm,和厚 $0.5\mu\text{m}$ 的 SiO_2 的第一绝缘膜81。接着参见图21D,在第一

30 绝缘膜膜81上,在超出第一绝缘膜81两端的纵向延伸方向上,形成具有

宽 2mm, 长 20mm, 和厚 $1\ \mu\text{m}$ 的铜膜 75。然后, 如图 21E 中说明的, 形成具有宽 3mm, 长 16mm, 和厚 $0.5\ \mu\text{m}$ 的 SiO_2 的第二绝缘膜 83 以覆盖铜膜 75 的中心部分, 并与第一绝缘膜 81 叠加。此后, 如在图 21F 中说明的, 形成具有宽 4mm, 长 14mm, 和厚 $1\ \mu\text{m}$ 的钴-铌-锆的第二软磁薄膜 85, 以覆盖第 2 绝缘膜 83。于是, 就获得了磁传感器 97。实验地制造的磁传感器 97 具有的大小是这样的, 即具有长 14mm 和宽 4mm 的钴-铌-锆膜和具有长 20mm 和宽 2mm 的铜膜(铜电极)。磁传感器 97 在真空 $1.33322 \times 5.0 \times 10^{-4}$ 帕或更低和在旋转磁场 $H=5000\text{e}$ 下, 在 400°C 受到热处理 2 小时, 以弛缓在膜沉积期间已引入的磁各向异性。此后, 在同样等级的真空中和同样强度的静磁场中完成热处理, 以在磁传感器 97 的横方向上引入单轴磁各向异性。

然后, 磁传感器 97 的铜膜 75 的相对端用作输入端, 供给 10MHZ 的电流。在这种情况下, 测量外磁场与阻抗的关系。在表 1 中表示阻抗变化率和用 EPMA 分析成分的结果。对表 1 中样品 1, 在图 22 中绘制外磁场的关系。在表 1 中, 样品 1 至 10 是使用本发明的钴-铌-锆膜的成分, 而根据第九比较例子的样品 11 至 15 是使不同于本发明的另外的成分。

表 1

样品号	成分			阻抗 变化率	磁场 灵敏度 (% / 0e)	
	钴 (原子百分数)	铌 (原子百分数)	锆 (原子百分数)			
第十二 实施例	1	84.3	12.6	3.1	107%/6.50e	16.5
	2	83.8	13.5	2.8	103%/6.20e	16.6
	3	83.2	13.5	3.3	100%/6.00e	16.7
	4	86.5	10.5	3.0	130%/8.20e	15.9
	5	80.3	13.6	6.1	95%/5.90e	16.1
	6	84.1	13.9	2.0	115%/7.50e	15.3
	7	85.5	12.2	2.3	126%/8.20e	15.4
	8	84.5	13.7	1.8	145%/8.80e	16.5
	9	83.2	11.5	5.3	109%/6.60e	16.5

	10	82.2	16.3	1.5	99%/6.20e	16.0
第九 比较例	11	88.6	10.9	0.5	143%/180e	7.9
	12	84.2	9.0	6.8	135%/150e	9.0
	13	80.2	18.5	1.3	56%/8.90e	6.3
	14	79.2	15.6	5.2	80%/80e	10.0
	15	87.2	9.2	3.8	138%160e	8.6

从表 1 应注意, 与比较例子 11-15 相比, 样品 1-10 具有 15%/0e 以上的磁场灵敏度。

5 第十比较例子

作为第十比较例的磁传感器, 具有只形成在第十二实施例的厚度 1mm 的玻璃基片 65 上的厚 $2\mu\text{m}$ 、长 4mm, 和宽 4mm 的钴-铌-锆膜。以类似于第十二实施例的方式, 在磁场中完成热处理。软磁元件是直接地供以 10MHZ 的电流。在这种状态下, 测量外磁场与阻抗的关系。结果是, 阻抗变化率是 30%/7 0e, 磁场灵敏度是 4.3%/0e。膜具有原子百分数 83.8 的钴, 原子百分数 13.3 的铌, 和原子百分数 2.9 的锆的成分。与第十二实施例中的样品 2 相比, 除了软磁层 99 之外, 具有心导体 75 的第十二实施例的磁传感器是显然优良的。

11 第十一比较例子

15 作为第十一比较例, 除了去掉包括 SiO_2 膜的绝缘层 101 之外, 磁传感器是以类似于第十二实施例(图 18 至 20)的磁传感制备的。于是, 软磁元件包括, 玻璃基片 65、铜膜 75, 和作为软磁层 99 的钴-铌-锆膜。以类似于第十二实施例的方式, 完成磁热处理。以类似于第十二实施例的方式, 软磁元件供以 10MHZ 的电流。在这种状态中, 测量外磁场与阻抗的关系。结果是, 阻抗变化率是 50%/70e, 磁场灵敏度是 6%/0e。钴-铌-锆膜具有原子百分数 83.3 的钴, 原子百分数 13.8 的铌, 和原子百分数 2.9 的锆的成分。作为与第十二实施例中样品 3 比较, 具有在软磁层和导体层之间的绝缘层的第十二实施例(图 18 至 20)的磁传感器是显著优良的。

20 第十二比较例子

作为第十二比较例，除了软磁层 99 是用坡莫合金形成代替钴-铌-锆之外，磁传感器是类似于第十二实施例(图 18 至 20)的磁传感器 97 制备。磁传感器被估算与磁阻抗特性。以类似于第十二实施例的方式，供以 109Mhz 的电流。在这种状态，测量外磁场与阻抗的关系。结果是，阻抗变化率是 45%/9 0e，磁场灵敏度是 5%/0e。

第十三实施例

本实施例类似于图 15 的第十实施例，但没有如第六比较例中的接地导体膜 35。

参见图 23，除了第一和第二软磁薄膜 79 和 85，其每一个包括单层的钴-铌-锆膜是用每个具有堆积式结构的第一和第二软磁层 103 和 105 代替之外，根据第十三实施例的磁传感器 109 是类似于第十二实施例(图 18 至 20)。

如图 23 中说明的，第一软磁层 103 包括 4 个钴-铌-锆的软磁薄膜 87a 至 87d，每个薄膜具有厚度为 $0.25\mu\text{m}$ ，是由每个厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 的 3 个绝缘膜 89a 至 89c 插入其中组成的。同样地，第二软磁层 105 包括 4 个钴-铌-锆的软磁薄膜 91a 至 91d，每个薄膜具有厚度为 $0.25\mu\text{m}$ ，是由每个厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 的 3 个绝缘膜 93a 至 93c 插入其中组成的。第一和第二软磁层 103 和 105 的组成形成磁传感器或磁阻抗元件 109。

以类似于第十二实施例的方式，完成磁热处理。40MHz 的电流供给到铜膜 75。在这种情况下，测量外磁场与阻抗、电感和电阻的每一个的关系。结果是，阻抗、电感，如电阻呈现如图 24 中说明的变化。在这种情况下，阻抗变化率是 12%/8 0e，磁场灵敏度是 15%/0e。每个软磁薄膜具有原子百分数 84 的钴，原子百分数 12.8 的铌，和原子百分数 3.2 的锆的成分。作为与将在下面描述的第十三比较例相比较，本磁传感器在高频范围方面的特性是很优秀的。

第十三比较例子

在表 1 中的比较样品 11 的磁传感器以类似于第十三实施例的方式供给 40MHz 的电流。在这种状态下，测量外磁场与阻抗的关系。结果是，阻抗变化率是 80%/8 0e，磁场灵敏度是 10%/0e。

第十四实施例

除了 Si_3N_4 膜用作绝缘层 101 代替 SiO_2 外, 根据第十四实施例的磁传感器是类似于在第十二实施例(图 18 至 20)中的磁传感器 97。以类似于第十二实施例的方式, 完成磁热处理。在加入 10MHz 电流的状态下, 在外磁场强度变化下测量阻抗变化率。结果是, 阻抗变化率是 110%/6.5 Oe, 磁
5 场灵敏度是 16.9%/Oe。

第十五实施例

除了 Al_2O_3 膜用作绝缘层 101 代替 SiO_2 外, 根据第十五实施例的磁传感器是类似于在第十二实施例(图 18 至 20)中的磁传感器 97。以地第十二实施例的方式, 完成磁热处理。在加以 10MHz 的电流的状态下, 在外磁场
10 强度变化时, 测量阻抗变化率。结果是, 阻抗变化率是 113%/6.7 Oe, 磁场灵敏度是 16.9%/Oe。

第十六实施例

除了 SiO_2 的绝缘层 101 是由 AlN 膜代替外, 根据第十六实施例的磁传感器是类似于在第十二实施例(图 18 至 20)中的磁传感器 97。以类似于
15 第十二实施例的方式, 在加以 10MHz 电流状态下, 在外磁场强度变化的情况下, 测量阻抗变化率。结果是, 阻抗变化率是 103%/6.3 Oe, 磁场灵敏度是 16.3%/Oe。

如上所述, 根据本发明的第十二至第十六实施例的每一个, 包括导电金属层的钴-铌-锆非晶金属的磁薄膜用作磁传感器中的软磁元件。用这种
20 结构, 与使用磁性金属层或磁性金属线也作为导电金属的通常的传感器相比较, 降低了直流(d.c)电阻, 因此达到较高的灵敏度。

另外, 本发明的第十二至第十六实施例的每一个, 玻璃陶瓷绝缘层是插入在导电金属层和钴-铌-锆非晶金属磁性薄膜之间。因此, 为施加外磁场的直流电流不能流过非晶金属磁性薄膜。因此, 与不具有绝缘层的结构
25 相比, 就有可能降低涡流损耗并改进在高频带方面的磁特性。

在本发明的第十二至第十六实施例中, 钴-铌-锆层不具有单层结构, 而是具有由玻璃陶瓷层插入的堆积叠式结构。因此, 就可以克服更高频带。

在本发明的第十二至第十六实施例中, 通过适当的选择非晶钴-铌-
30 锆磁性金属层的成分, 磁传感器比使用坡莫合金薄膜或钴-硅-硼(Co-Si-

B) 薄膜获得的通常传感器达到更大的阻抗变化率。

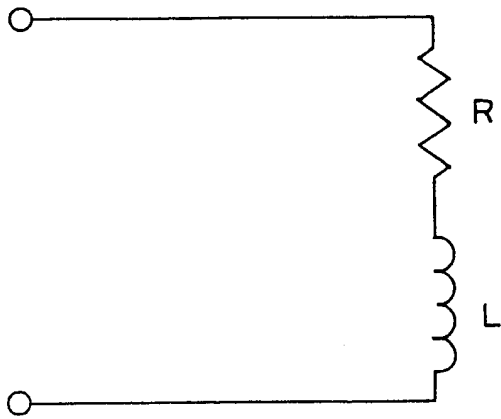


图 1A

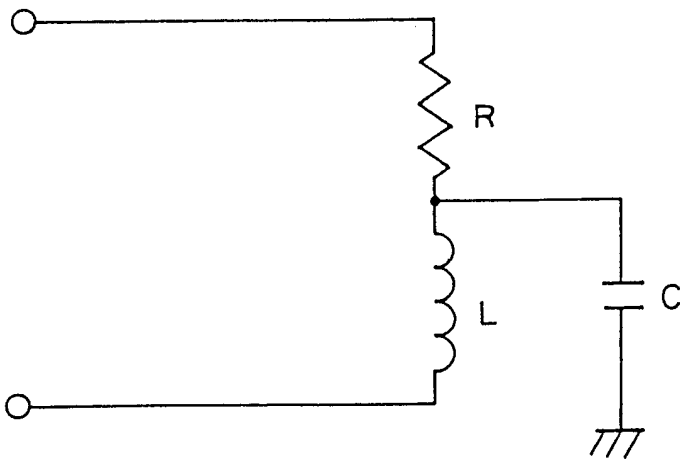


图 1B

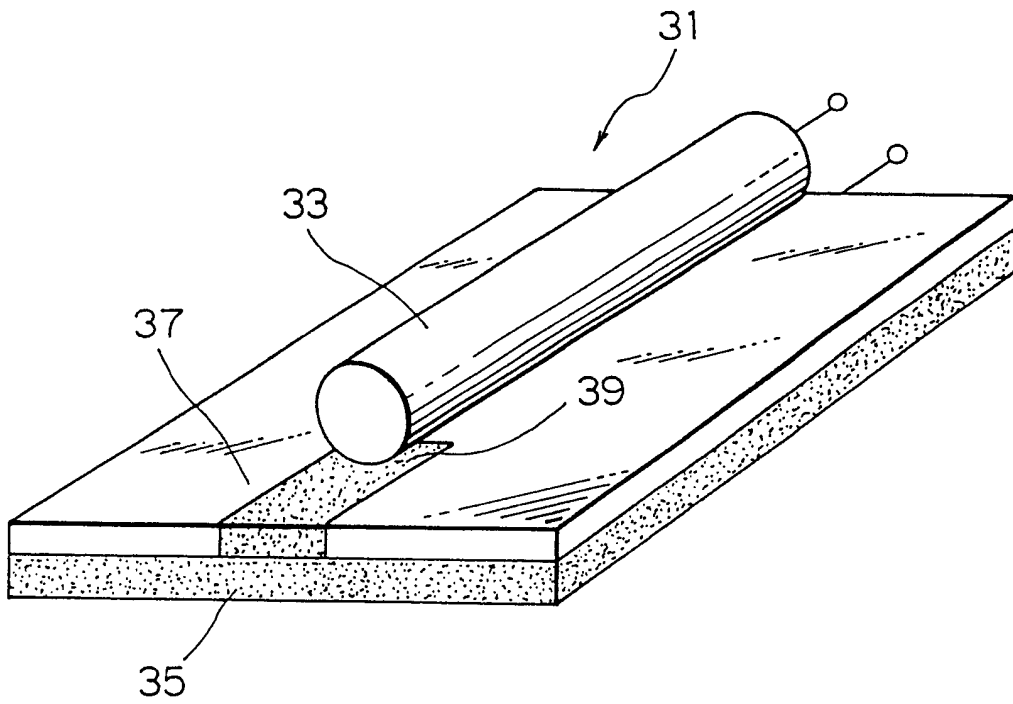


图 2

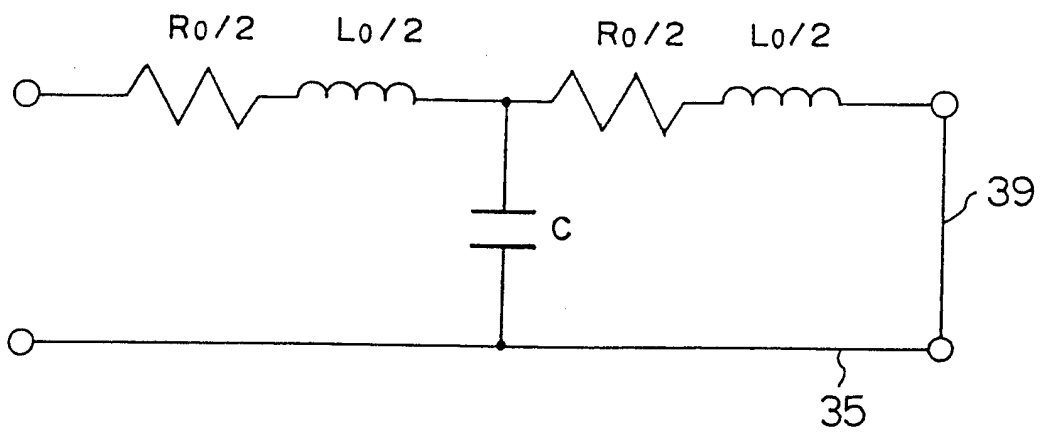


图 3

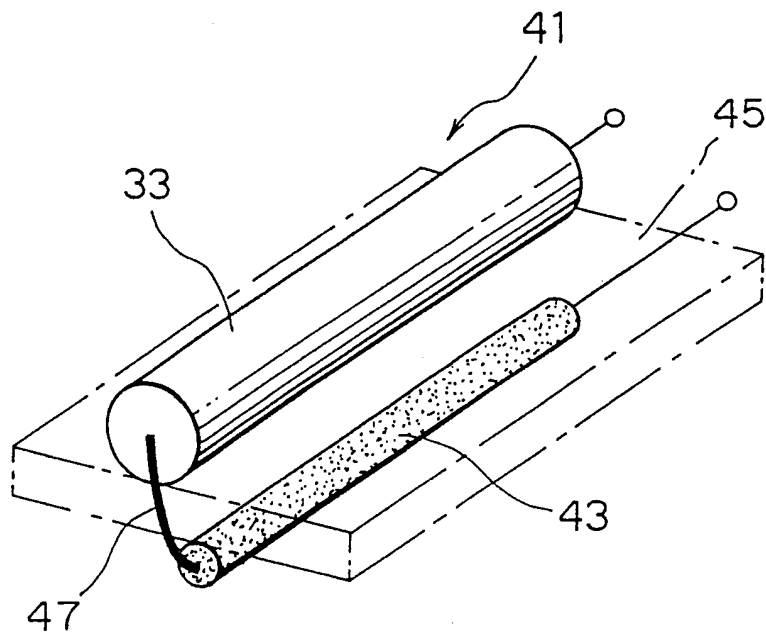


图 4

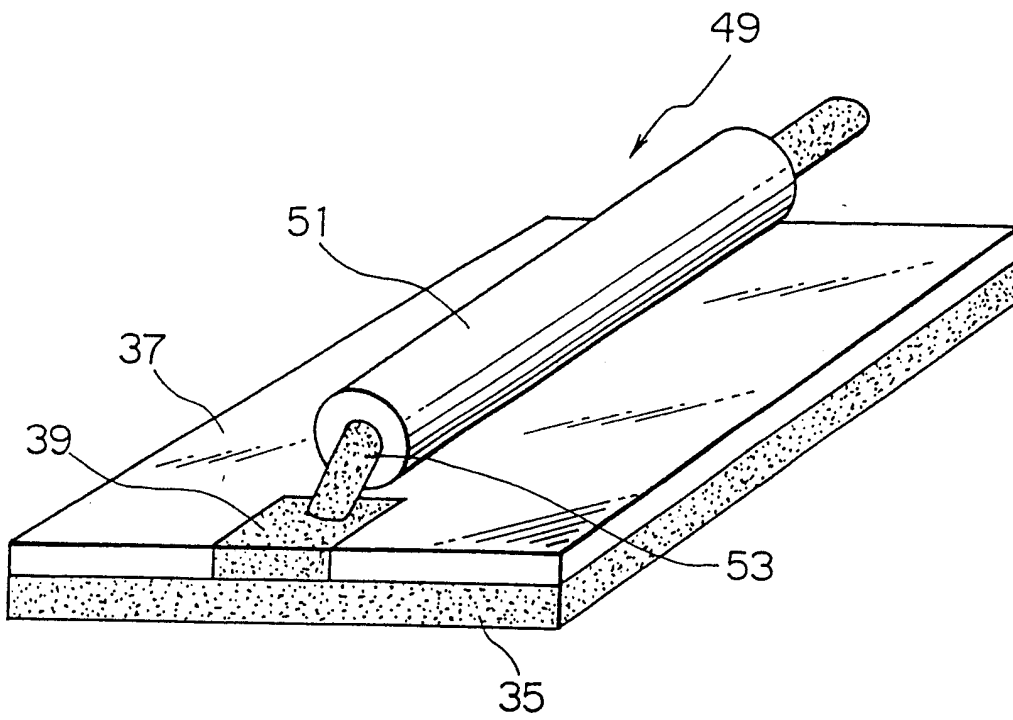


图 5

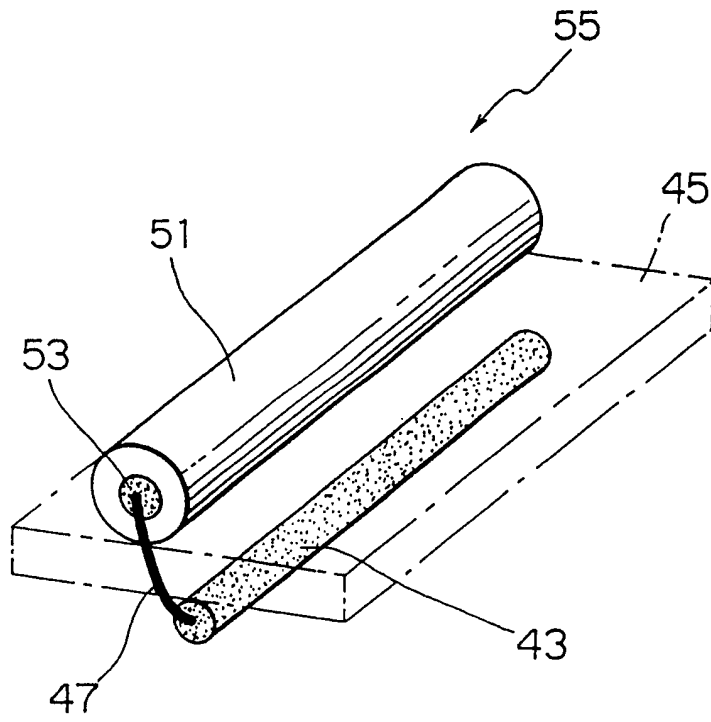


图 6

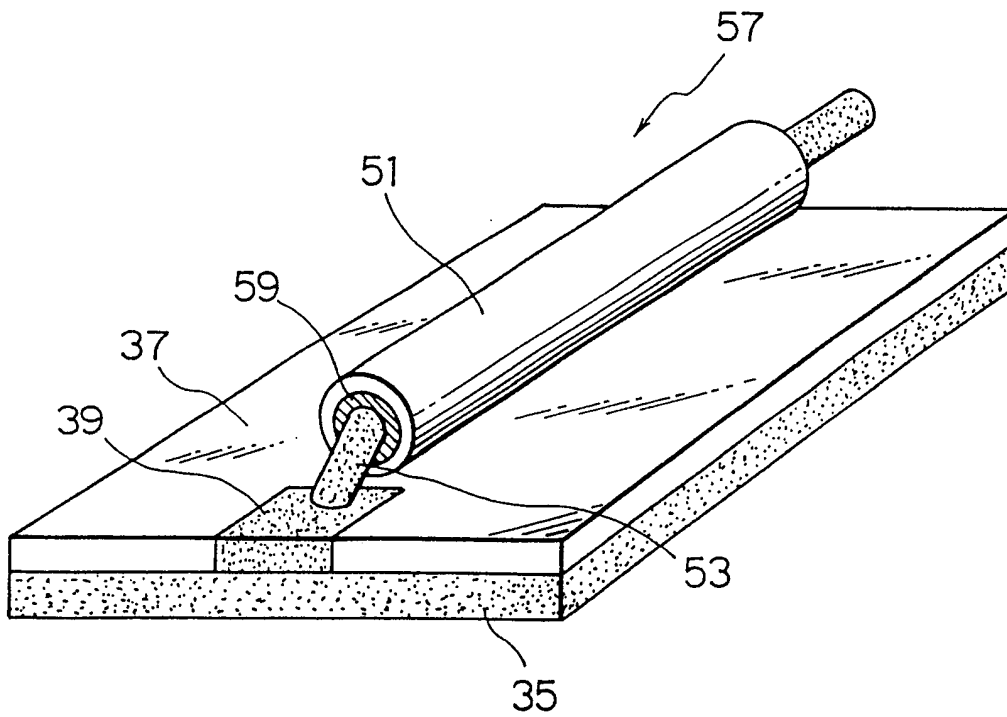


图 7

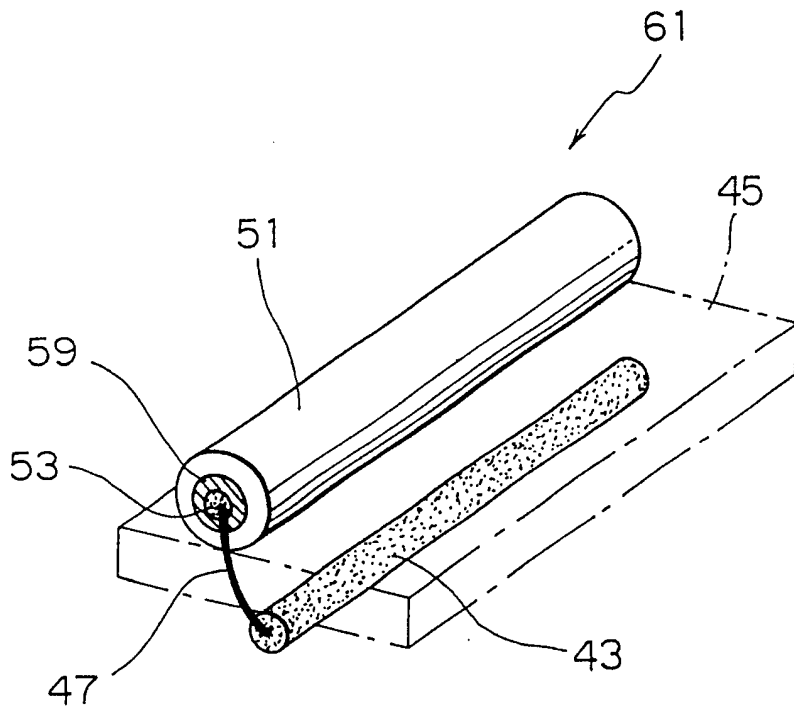


图 8

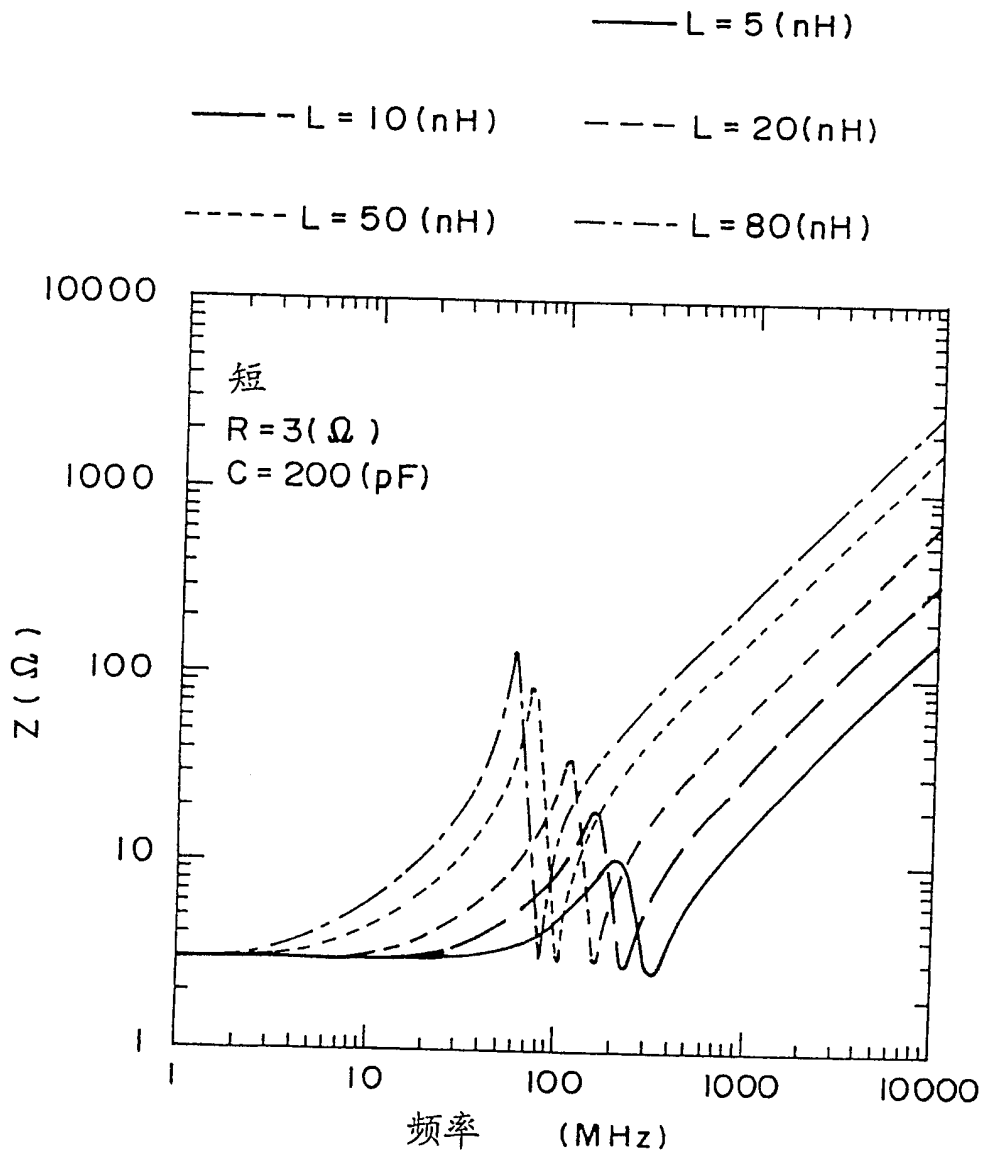


图 9

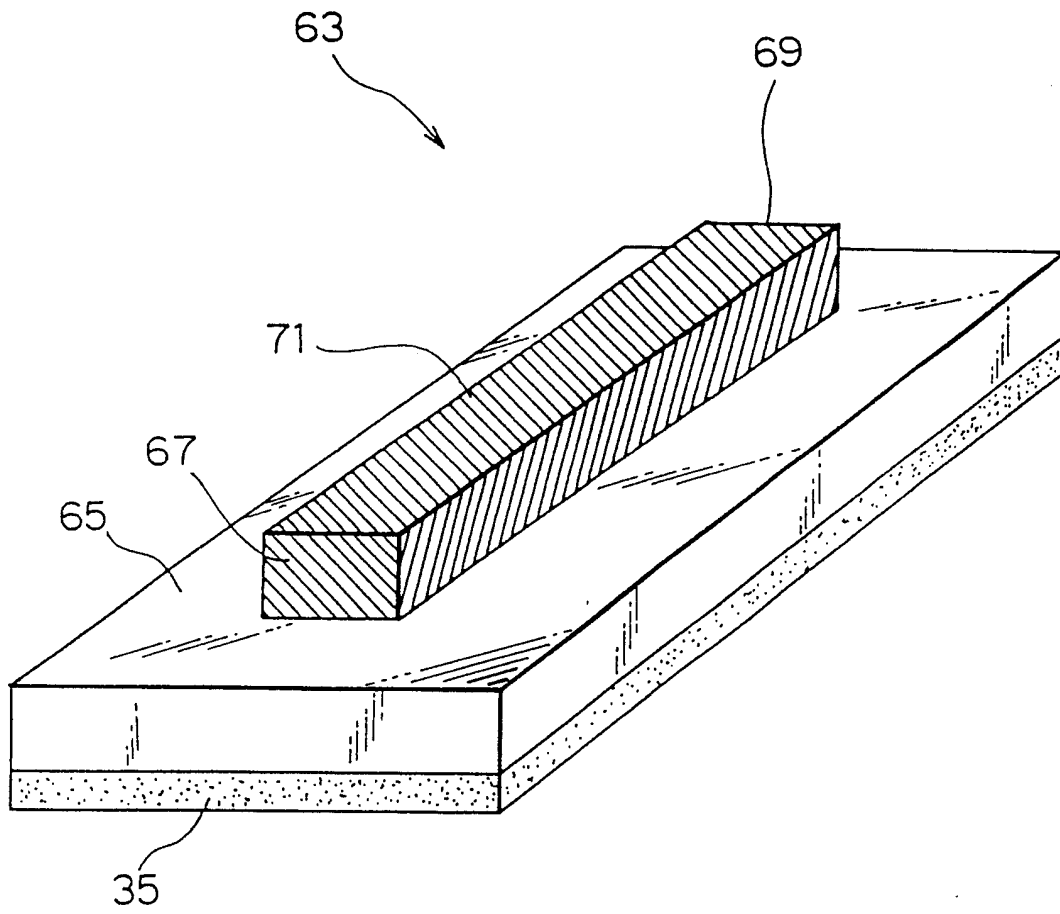


图 10

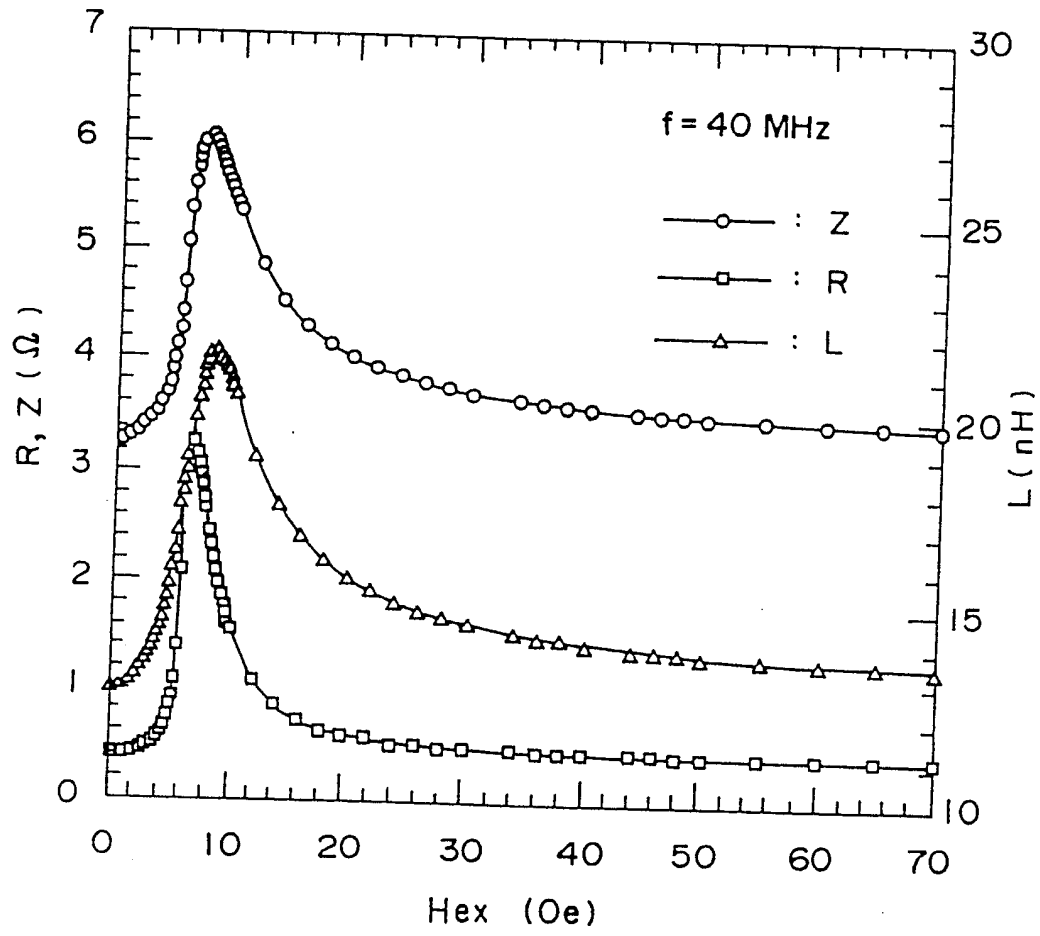


图 11

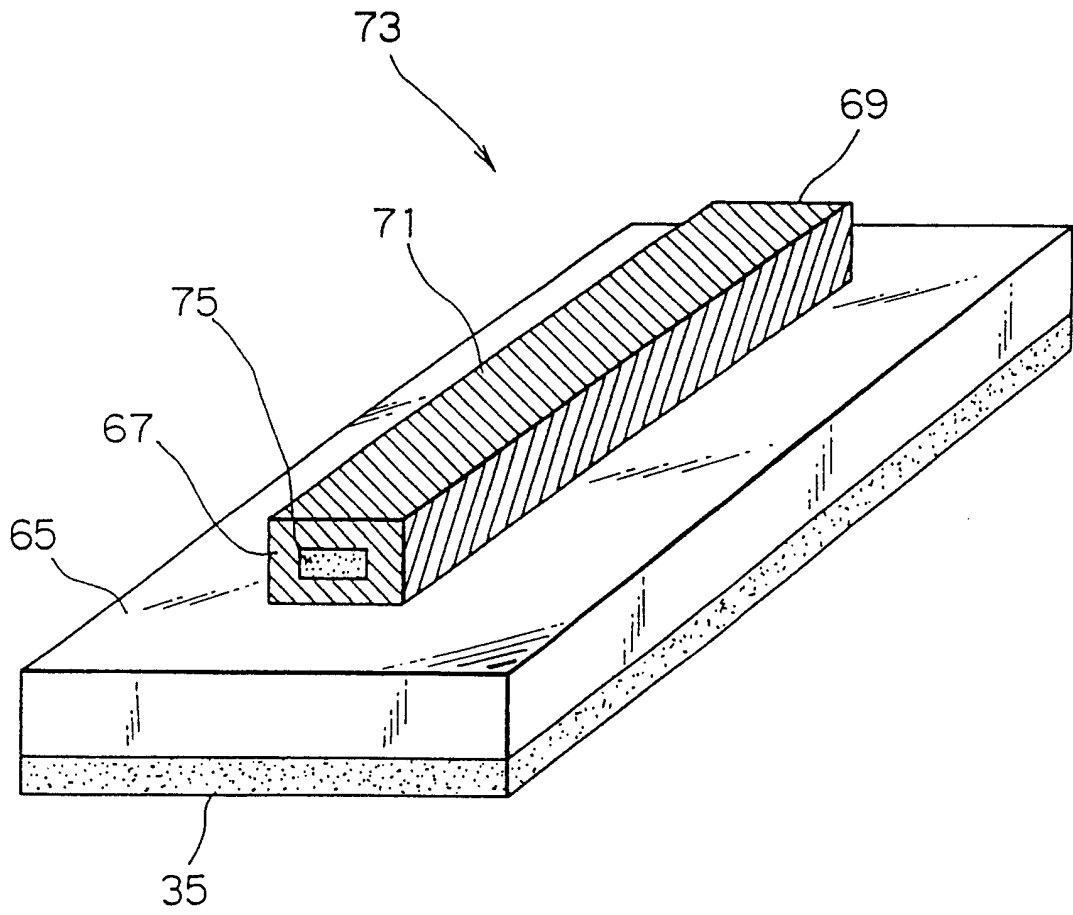


图 12

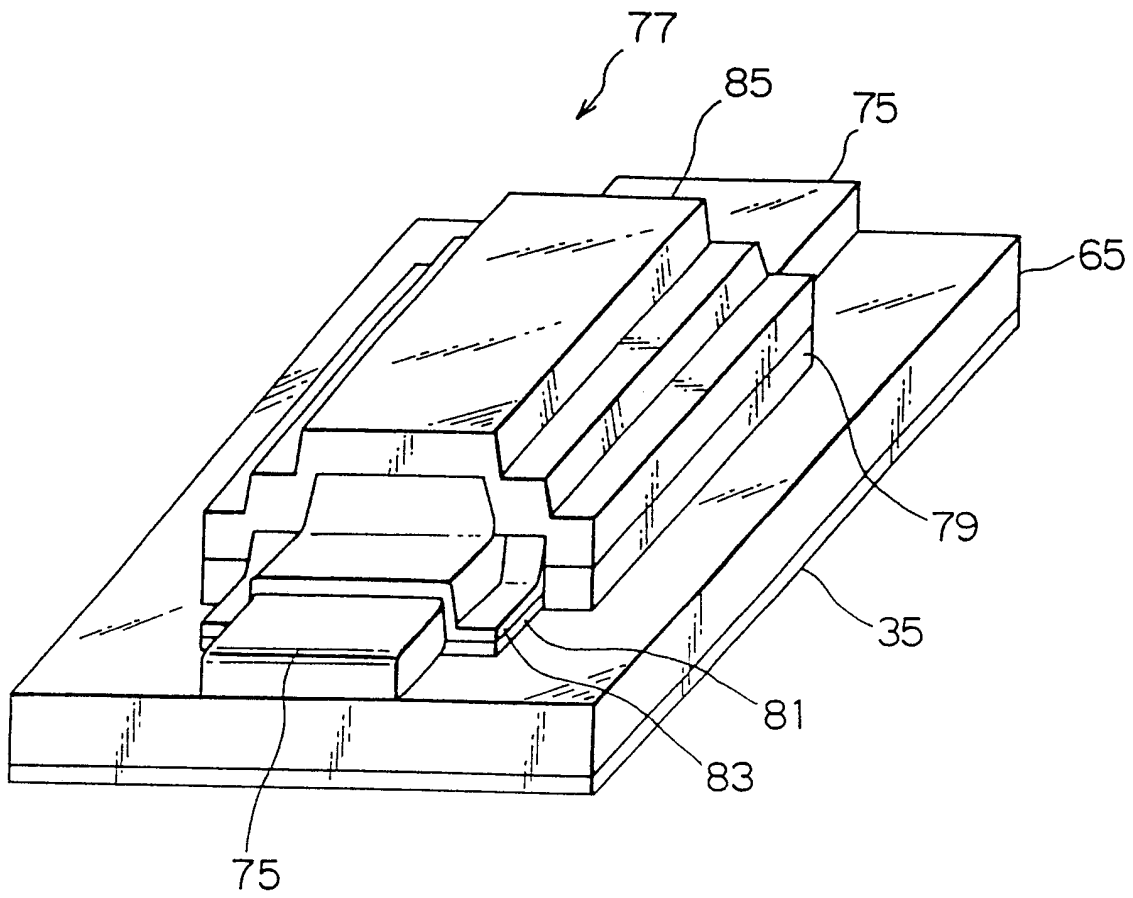


图 13

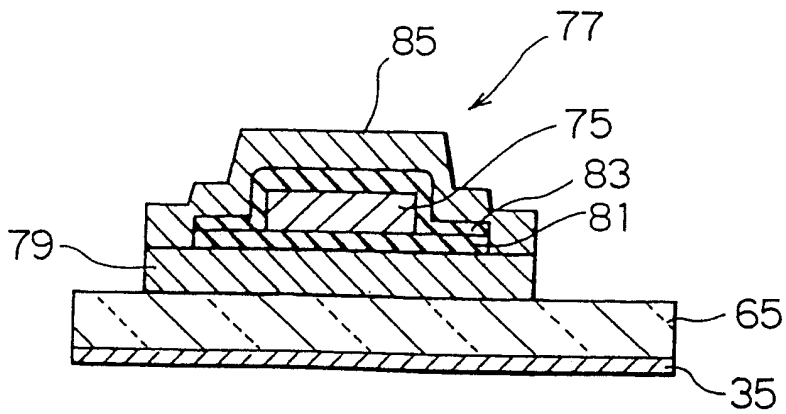


图 14

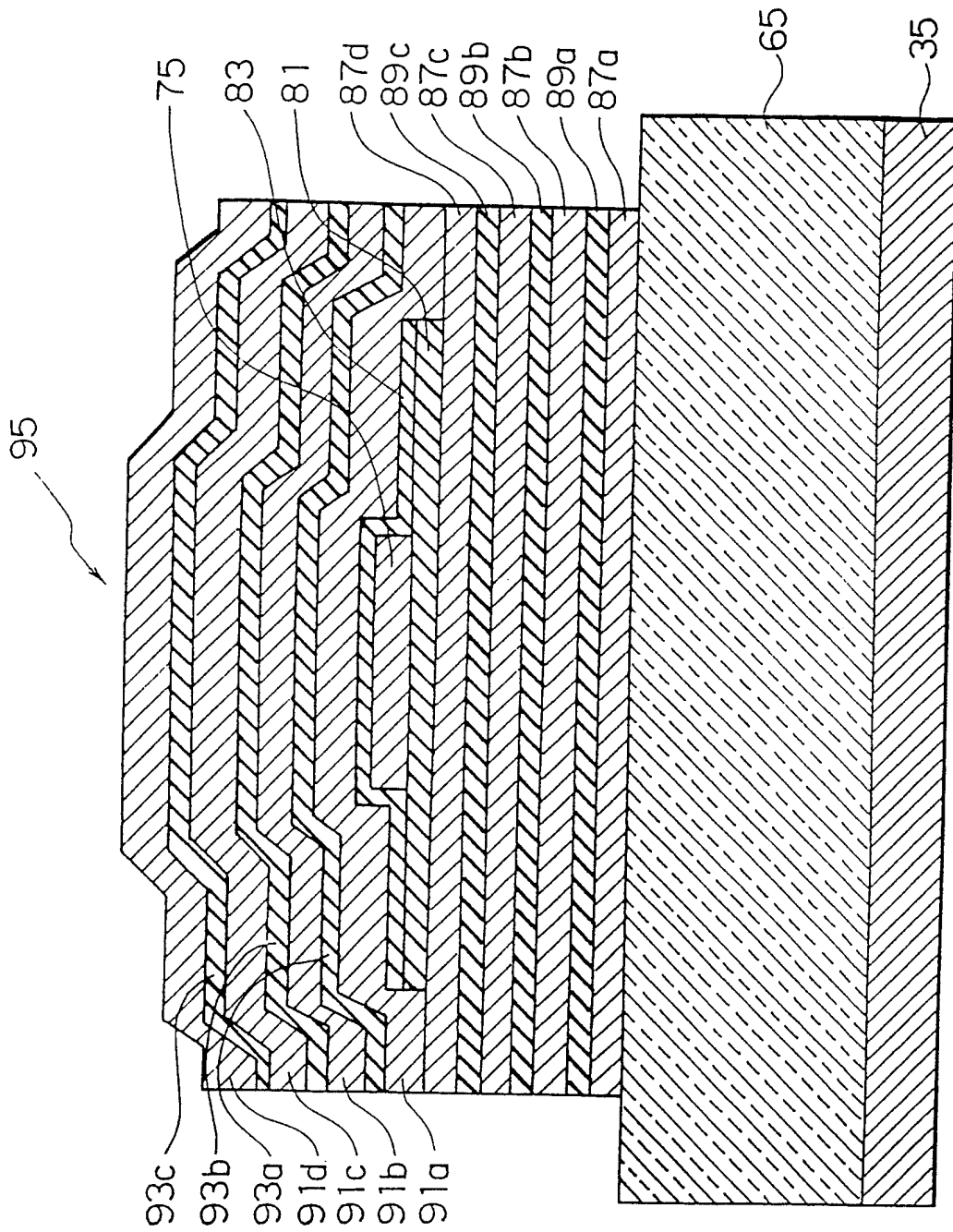


图 15

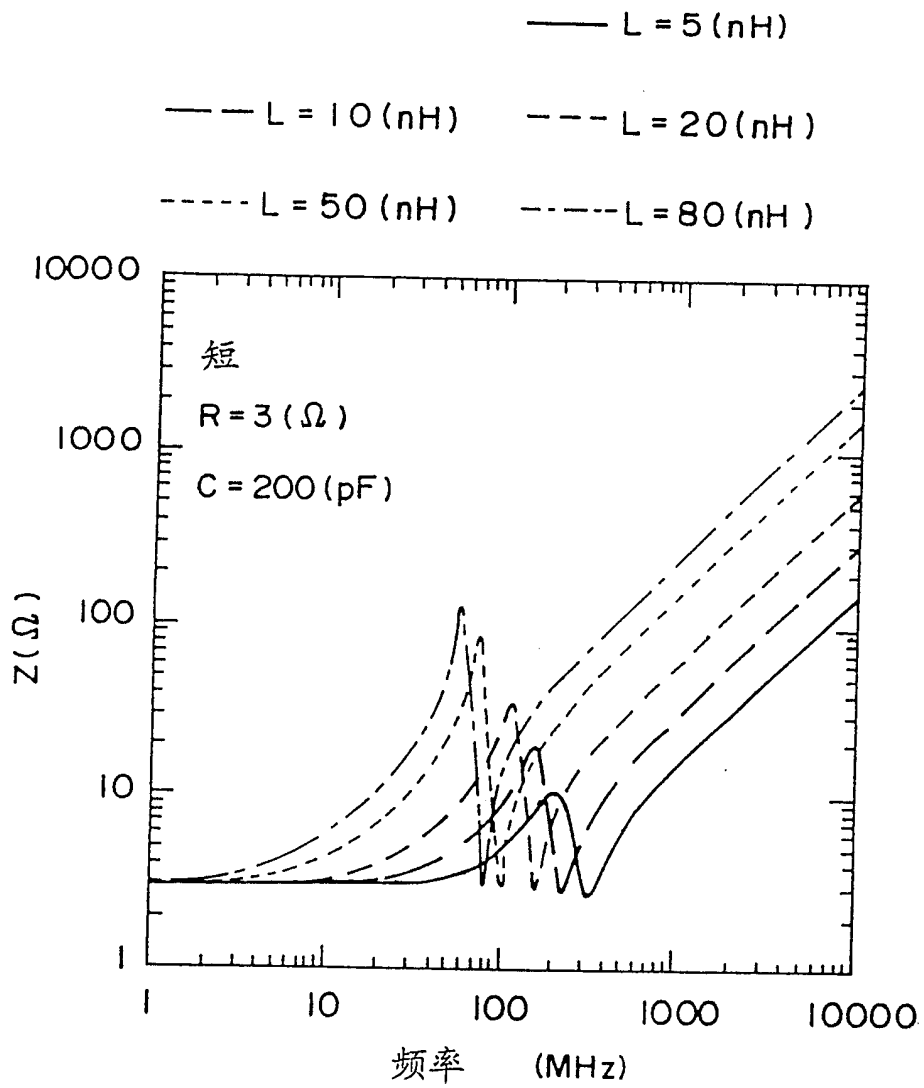


图 16

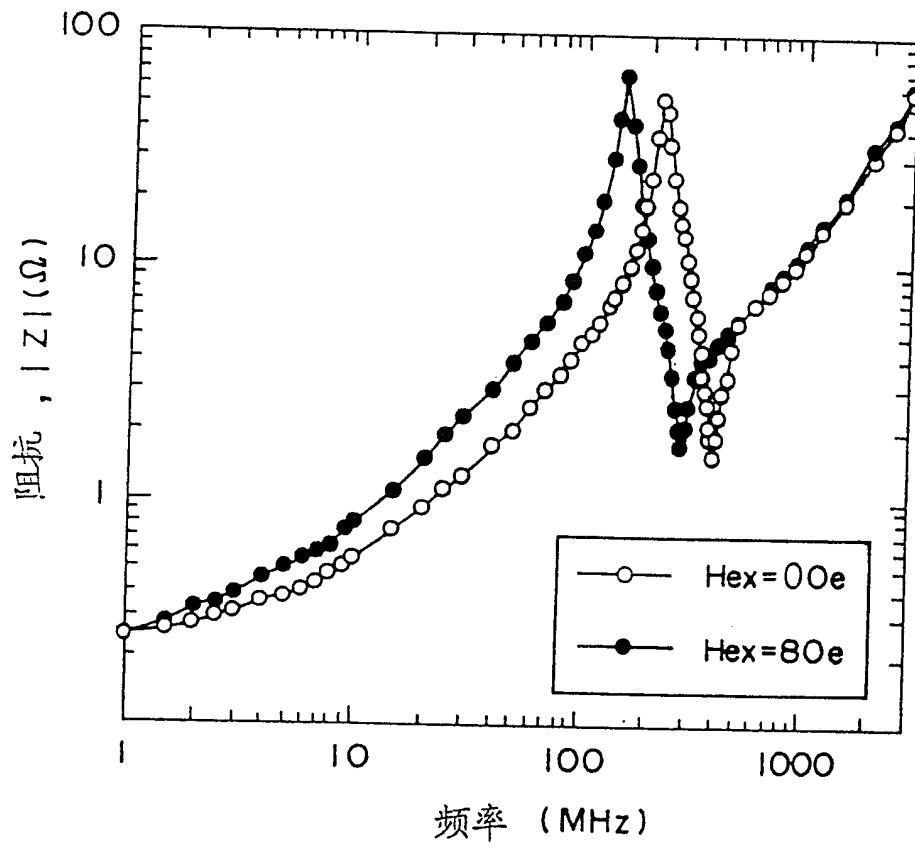


图 17

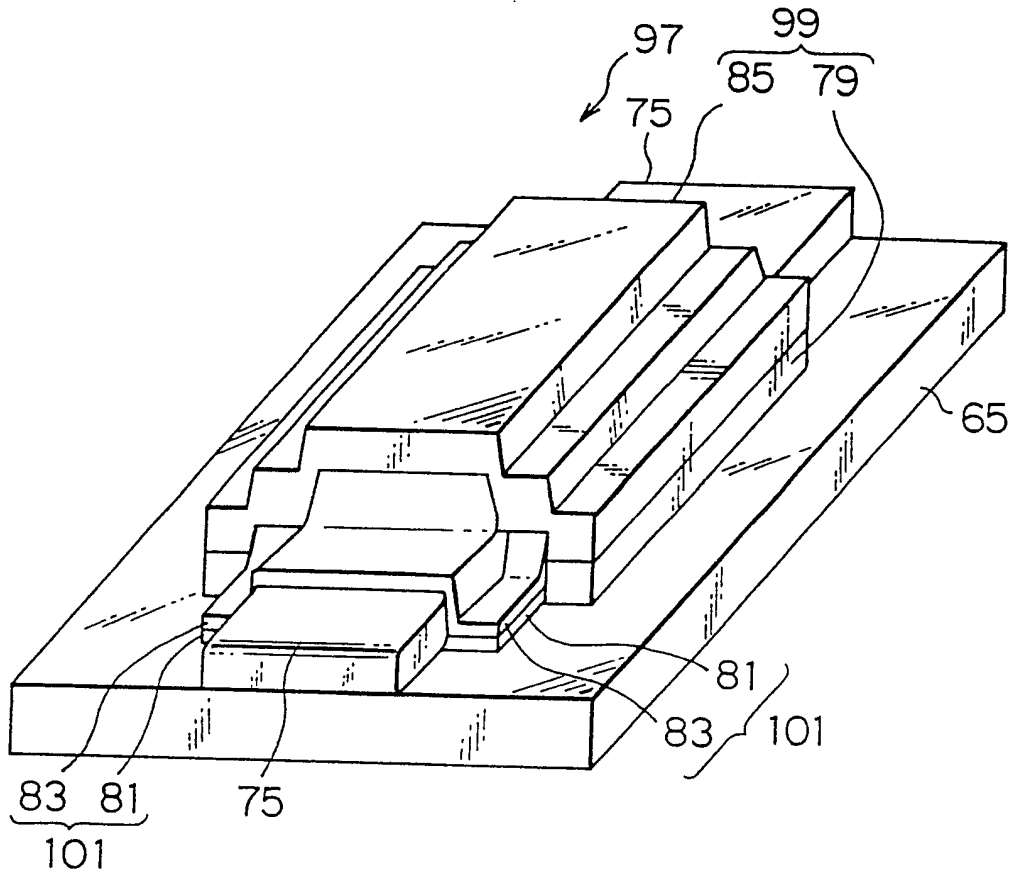


图 18

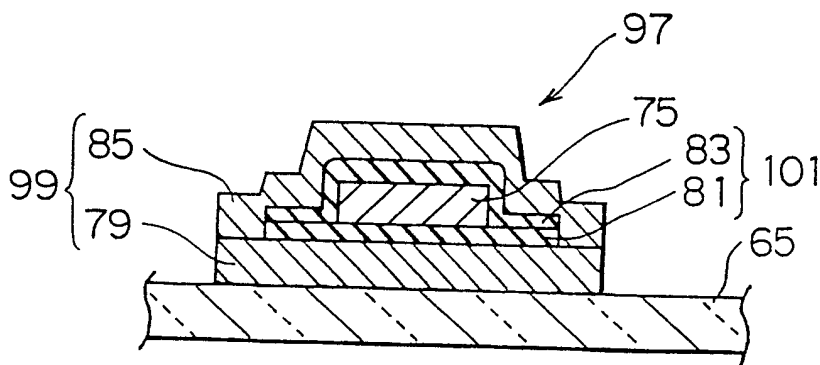


图 19

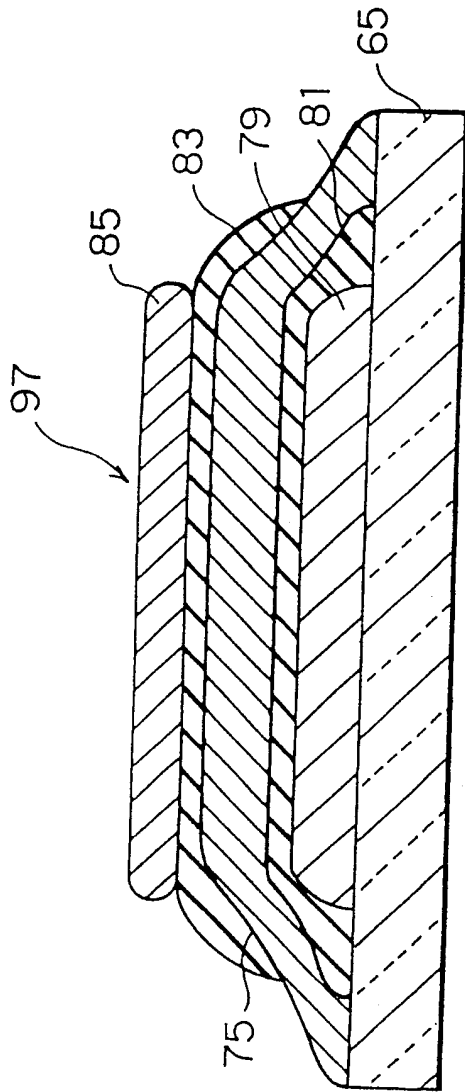


图 20

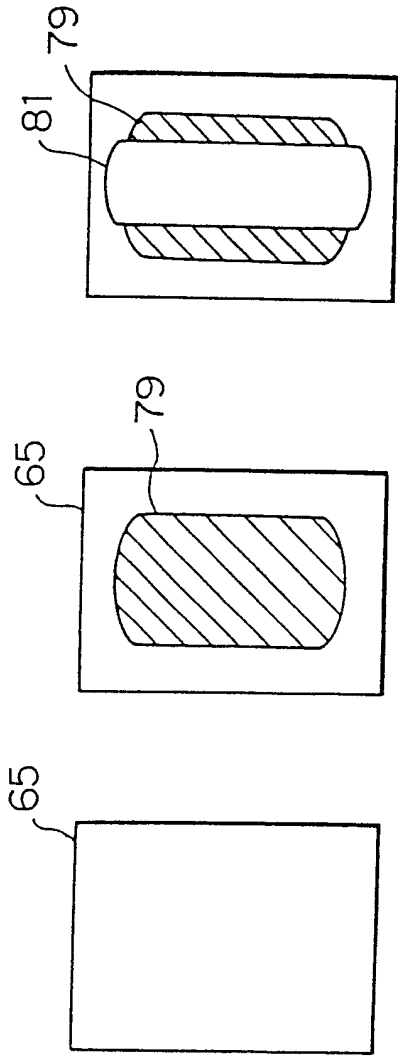


图 21A

图

21B

图 21C

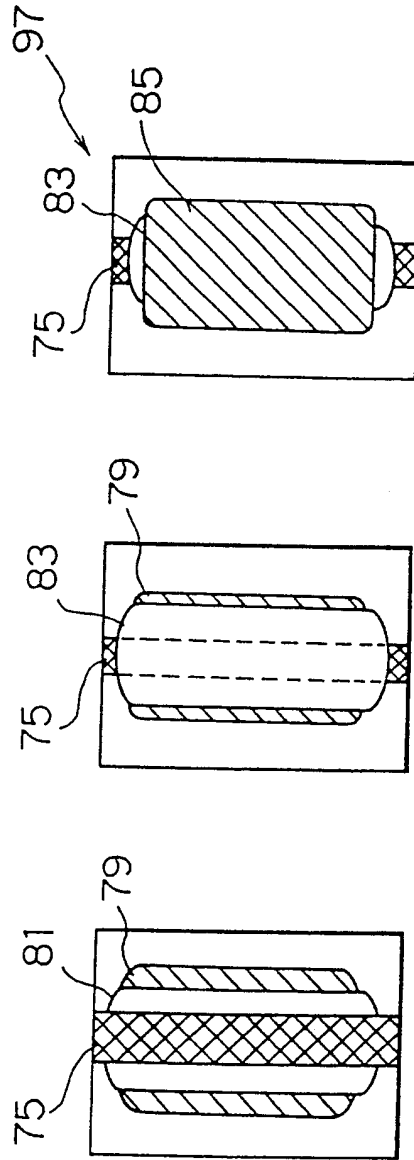
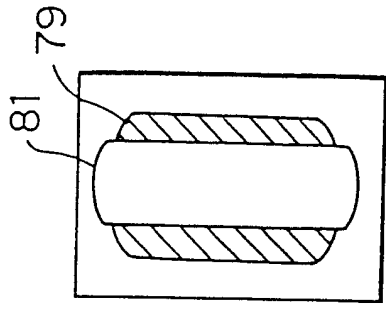


图 21D

图

21E

图 21F

图 21G

图

21H

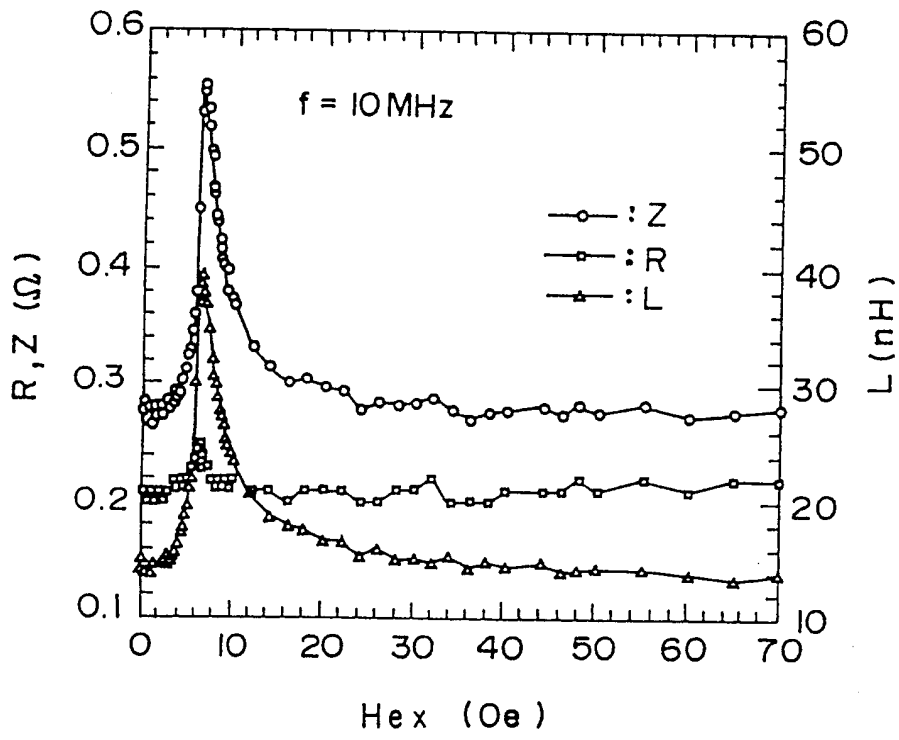


图 22

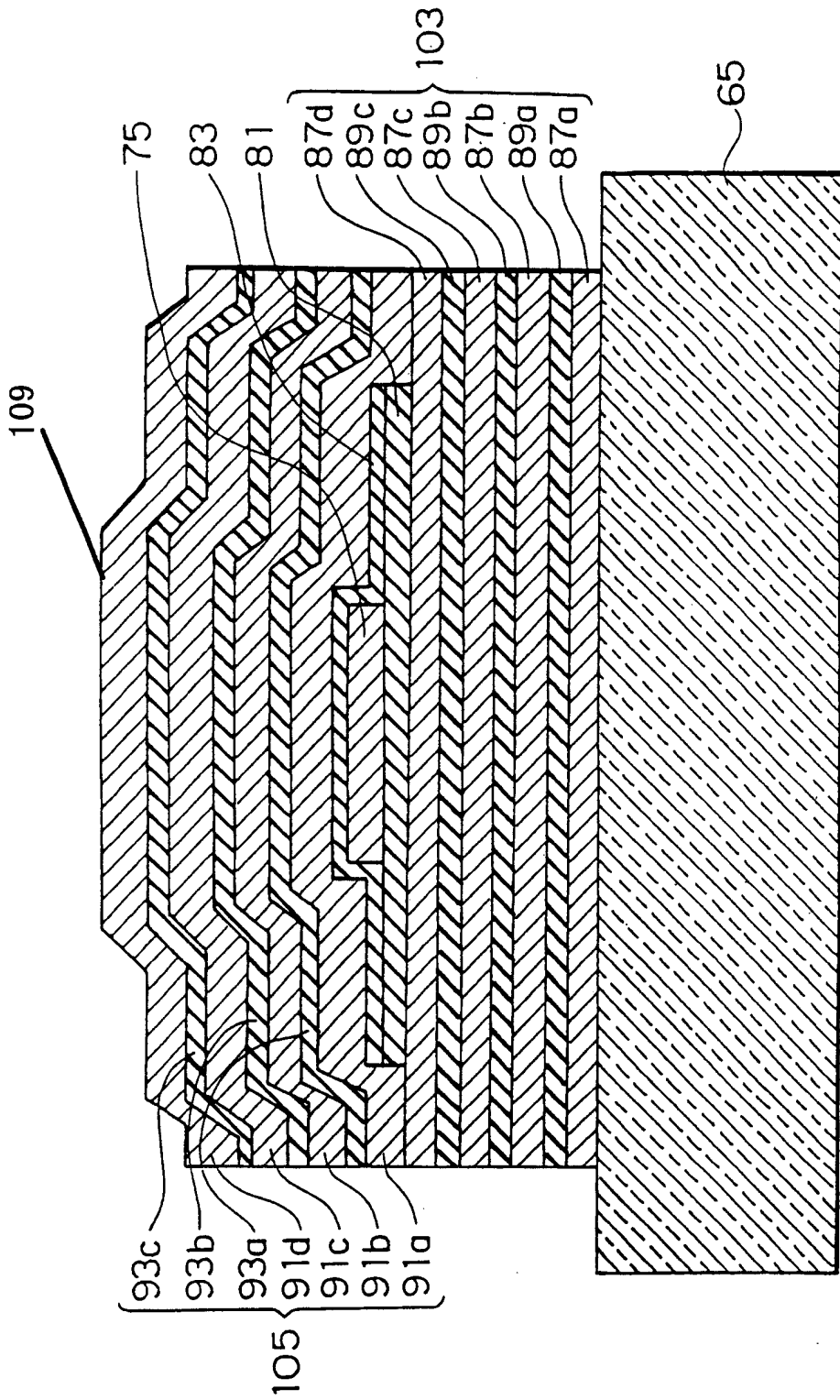


图 23

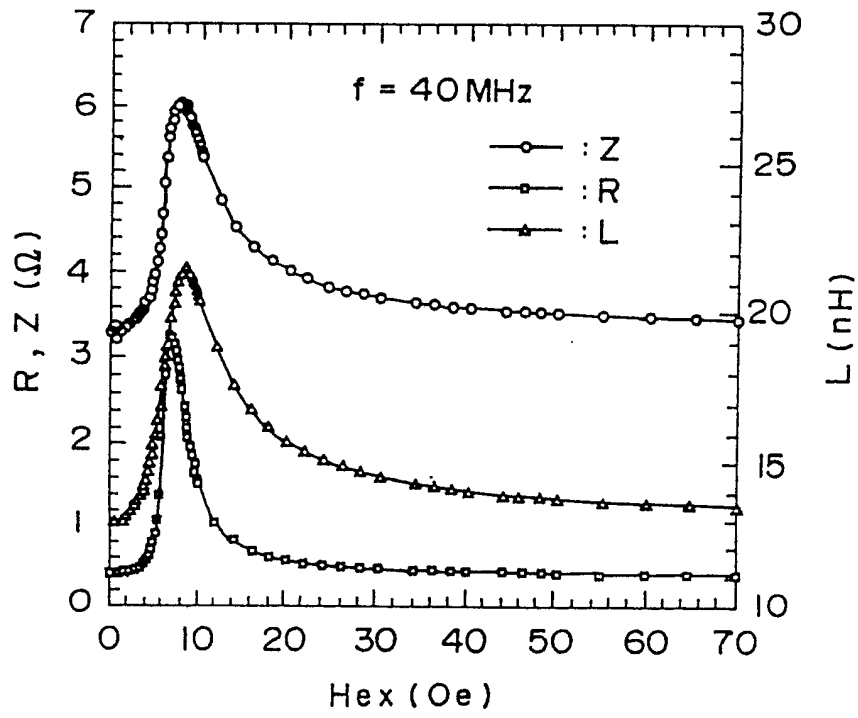


图 24