[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H01P 3/16

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96113429.1

[43] 授权公告日 2003 年 5 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1107989C

[22] 申请日 1996.10.4 [21] 申请号 96113429.1

[30] 优先权

[32] 1995.10.4 [33] JP [31] 257803/1995

[71] 专利权人 株式会社村田制作所

地址 日本京都府

[72] 发明人 谷崎透 西田浩 齐藤笃

审查员 丰学民

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

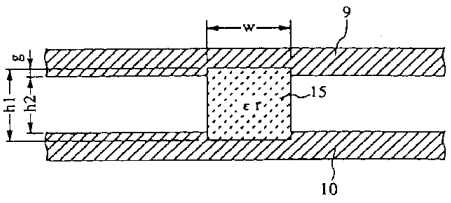
代理人 张政权

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 24 页

[54] 发明名称 介质波导

[57] 摘要

一种介质波导，具有插在一对平行导体平面之间的介质件，由此形成传播区域和非传播区域。确定非传播区域内导体平面之间的间隔小于传播区域内导体平面之间的间隔。且确定上述间隔和介质件的介电常数，使通过传播区域传播的 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，且 LSM_{01} 和 LSE_{01} 两个模式的电磁波在非传播区域内均截止。由此消除例如在波导弯角处因模式转换而产生的传输损耗。



ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

1. 一种介质波导，包括：

平行的一对导体平面；以及

插在该对导体平面之间的介质条，该介质条提供一个传播电磁波的传播区域，而除了所述介质条以外的区域则提供一个截止电磁波的非传播区域；

其特征在于，位于非传播区域内的导体平面之间的第二间隔(h2)小于传播区域内的导体平面之间的第一间隔(h1)，

选择第一间隔(h1)和第二间隔(h2)，所述传播区域内介质条的介电常数(ε1)以及在所述非传播区域内的介质层的介电常数(ε2)，使通过所述传播区域传播的 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，且使 LSM_{01} 模式和 LSE_{01} 模式两者的电磁波在所述非传播区域内均截止。

2. 如权利要求 1 所述的介质波导，其特征在于进一步包括：

至少设置在非传播区域内的一个附加的介质层，该附加的介质层具有厚度(t)以及介电常数(ε3)，其中，选择第一间隔(h1)、第二间隔(h2)，介电常数(ε1)、(ε2)、(ε3)以及厚度(t)，使通过传播区域传播的 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，且 LSM_{01} 模式和 LSE_{01} 模式两者的电磁波在非传播区域内均截止。

3. 如权利要求 2 所述的介质波导，其特征在于，所述附加的介质层还设置在所述传播区域内。

4. 一种介质波导，包括：

平行的一对导体平面；以及

插在该对导体平面之间的介质件，由此形成在导体平面之间传播电磁波的一个传播区域，以及截止该电磁波的一个非传播区域；

其特征在于，位于非传播区域内的导体平面之间的第二间隔(h2)小于传播区域内的导体平面之间的第一间隔(h1)，且选择第一间隔(h1)和第二间隔(h2)，以及介质件的介电常数(ε1)，使通过传播区域传播的 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，且 LSM_{01} 模式和 LSE_{01} 模式两者的电磁波在非传播区域内均截止。

5. 如权利要求 4 所述的介质波导，其特征在于所述介质波导进一步包括从传播区域延伸到非传播区域内并具有介电常数(ε1)的第一和第二介质层，

设置在所述第一和第二介质层之间的非传播区域内并具有介电常数(ε2)的第三介质层，其中，选择第一间隔(h1)、第二间隔(h2)，介电常数(ε1)、(ε2)以及延伸到非传播区域并具有介电常数(ε1)的第一和第二介质层的厚度，使通过传播区域传播的 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，且 LSM_{01} 模式和 LSE_{01} 模式两者的电磁波在非传播区域内均截止。

6. 如权利要求 5 所述的介质波导，其特征在于进一步包括：位于非传播区域内的一个附加的介质层，该附加的介质层具有厚度(t)以及介电常数(ε3)，其中，选择第一间隔(h1)、第二间隔(h2)，介电常数(ε1)、(ε2)、(ε3)和厚度(t)，以及延伸到非传播区域并具有介电常数(ε1)的第一和第二介质层的厚度，使通过传播区域传播的 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，且 LSM_{01} 模式和 LSE_{01} 模式两者的电磁波在非传播区域内均截止。

7. 如权利要求 6 所述的介质波导，其特征在于，所述附加的介质层还设置在所述传播区域。

8. 如权利要求 1 或 4 所述的介质波导，其特征在于，每一所述导体平面包括位于所述介质件上的金属膜，所述介质件通过由树脂或陶瓷材料注射成型所形成。

介 质 波 导

本发明与共同转让的于 1996 年 8 月 16 日递交的第 08/699158 号和 1996 年 7 月 3 日递交的第 08/674799 号两件美国专利申请有关，这两件美国专利申请在此结合作为本申请的参考资料。

本发明涉及适用于在毫米波段或微波段工作的传输线或集成电路的一种介质波导。

图 26（A）至 26（D）以截面图表示称为 NRD 波导（非辐射介质波导）的四类传统的介质波导。图 26（A）所示的该类波导通称为“标准型”，它包括介质条 100 以及一对平行的金属板 101 和 102，介质条 100 插置在金属板 101 和 102 之间。图 26（B）所示的该类波导称为“开槽型”，它具有一对带凹槽的金属平板 101 和 102 以及收容于该金属平板 101 和 102 之凹槽内的介质条 100。图 26（C）所示的该类波导称为“绝缘型”，其中，介质条 100 通过介电常数较小的中间介质层 103 和 104 插置在导电板 105 和 106 之间。图 26（D）所示的该类波导称为“有翼型”，它具有一对带翼的介质条 107 和 108，以及在介质条 107 和 108 的平面部分上形成的导体 109 和 110，介质条 107 和 108 贴近使它们相向对接。

标准型的介质波导例如披露于第 JP－B－62－35281 号日本专利。开槽型的介质波导披露于第 JU－A－59－183002 号日本专利。绝缘型的介质波导披露于第 JP－B－1－51202 号日本专利。有翼型的介质波导披露于第 JP－A－6－260814 号日本专利。

这些公知类型的介质波导具有由其自身结构特征带来的各种优点。这些介质波导可以工作于两种传输模式，一种为 LSM 模式，另一种为 LSE 模式。通常优先采用 LSM 模式，尤其是 LSM_{01} 模式，因为它的传输损耗较小。通过图 7（A）和 7（B）的例子表示 LSM_{01} 模式的磁场分布图和 LSE_{01} 模式的磁场分布图。应该明白，图中省略了诸如置于介质条 100 上下两侧之金属平板一类的导体。带箭头的实线表示电力线，而带箭头的虚线则表示磁力线。图 8（A）、8（B）和图 9（A）、9（B）通过举例分别表示用公知的标准型介质波导以及用公知的开槽型介质波导所得到的色散曲线以及计算模型。从这些图中可见，模式是最低次

模式，LSM_{01} 模式是较高次模式，它是要用的一种传输模式。这样就形成了一种风险，即当采用 LSM_{01} 模式时，不管什么频率都可能意外地产生 LSE_{01} 模式。因此，必须采取一种合适的措施，以消除因 LSE_{01} 模式的产生而引起的任何影响。

例如，LSE_{01} 模式的产生发生在电磁波投射在介质条 100 不连续部分的时候，该介质条 100 呈现对于 LSM_{01} 模式的横向非对称性，如图 27 所示的弯角（bend）。图 27 中，尽管上金属平板 101 同介质条 100 隔开，但应明白，当介质波导实际使用时，板 101 是与介质条 100 和下金属平板 102 组装在一起的。LSE_{01} 模式的截止频率低于 LSM_{01} 模式的截止频率，故 LSE_{01} 模式的波通过介质条传播，引起过程的周期重复，其中 LSM_{01} 模式传输的电能部分在不连续部分转换成 LSE_{01} 模式，然后完全转换回 LSM_{01} 模式。因此，通过设计该弯角使电能在弯角的端部完全转换成 LSM_{01} 模式，可以将弯角处的损耗减至最小。然而，实现这种设计的条件是非常局限的，因此很难构成一个具有所需弯角张角和曲率半径的弯角。

图 28（A）和 28（B）通过例子表明一个环形器，它由三个介质条 100 和一对铁氧体圆盘 32 组成，工作于直流偏置磁场 H_{OC} 下。如图 28（A）所示，当 LSM_{01} 模式的电磁波从端口 P1 传播到端口 P3 时，LSE_{01} 模式的电磁波也朝着端口 P3 传播，导致损耗增加。图中，虚线环表示磁场的分布，但省略了也是环形器元件的上下导体。为消除不想要的 LSE_{01} 模式的影响的有效措施是为每个介质条配备模式抑制器 109，如图 28（B）所示。模式抑制器 109 在其中心部分配备一垂直延伸的导体，如图所示，并仅仅用以抑制或衰减 LSE_{01} 模式。然而，这种措施并不为人们所推荐，因为它需要提供占用可观的空间的抑制器。

另一个问题在于，当例如需要用相互交叉方式布置一对介质条时，这些介质条必须设置在不同的高度或平面上，以消除通过这些介质条传播的各电磁波之间的干扰。这种三维布置不合意地增加了整个装置的尺寸。

因此，本发明的目的在于提供一种介质波导，它没有归因于上述模式转换的有关传输损耗的问题。

本发明的另一目的在于提供一种介质波导，它允许简便的设计和生产具有所需弯角张角和曲率半径的弯角。

本发明的又一目的在于提供一种介质波导，它允许简便地制造环形器，没有 LSE_{01} 模式的影响，不需要采用任何模式抑制器。

本发明的再一个目的在于提供一种介质波导，它允许一对介质条在一个公

共平面上相互交叉，不会在通过各个介质条传播的电磁波之间产生干扰，由此减小了整个结构的尺寸。

为了实现本发明的上述目的，提供一种介质波导，它包括：

平行的一对导体平面；以及

插在该对导体平面之间的介质条，该介质条提供一个传播电磁波的传播区域，而除了所述介质条以外的区域则提供一个截止电磁波的非传播区域；

其中，位于非传播区域内的导体平面之间的第二间隔(h2)小于传播区域内的导体平面之间的第一间隔(h1)，

选择第一间隔(h1)和第二间隔(h2)，所述传播区域内介质条的介电常数(ε1)以及在所述非传播区域内的介质层的介电常数(ε2)，使通过所述传播区域传播的 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，且使 LSM_{01} 模式和 LSE_{01} 模式两者的电磁波在所述非传播区域内均截止。

本发明还提供一种介质波导，它包括：

平行的一对导体平面；以及

插在该对导体平面之间的介质件，由此形成在导体平面之间传播电磁波的一个传播区域，以及截止该电磁波的一个非传播区域；

其中，位于非传播区域内的导体平面之间的第二间隔(h2)小于传播区域内的导体平面之间的第一间隔(h1)，且选择第一间隔(h1)和第二间隔(h2)，以及介质件的介电常数(ε1)，使通过传播区域传播的 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，且 LSM_{01} 模式和 LSE_{01} 模式两者的电磁波在非传播区域内均截止。

为此，根据本发明的第一方面的介质波导，它包括：基本上平行的一对导体平面；以及插置于该对导体平面之间的介质条，该介质条提供一个传播电磁波的传播区域，而无介质条的部分则提供一个截止电磁波的非传播区域。

为了消除归因于弯角处发生的上述模式转换的传输损耗，在以下所述的本发明的这一方面和其它方面中，确定位于非传播区域内导体平面之间的第二间隔 h2 小于传播区域内导体平面之间的第一间隔 h1，通过传播区域传播的 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，且 LSM_{01} 和 LSE_{01} 两种模式的电磁波在非传播区域内均截止。

根据本发明的第一方面，确定第一间隔 h1 和第二间隔 h2、位于传播区域内的介质条的介电常数 ε1、以及在非传播区域内形成的介质层的介电常数 ε2

满足上述截止条件。

这种介质波导的一例示于图 1。参见图 1，标号 1 和 2 表示导体平面。用 ε 1 表示传播区域内介质条 15 的介电常数，用 ε 2 表示在非传播区域内形成的介质层 5 的介电常数，确定第一间隔 h1、第二间隔 h2，以及介电常数 ε 1 和 ε 2 满足上述截止条件。

本发明的介质波导除了介质条以外，还可以在一对导体平面之间拥有一个介质层。这样，根据本发明的第二方面，介质波导进一步包括：设置在非传播区域和/或传播区域内的一个附加的介质层，该附加的介质层具有厚度 t，以及介电常数 ε 3，其中，确定第一间隔 h1、第二间隔 h2，介电常数 ε 1、 ε 2、 ε 3 以及厚度 t 满足上述截止条件。

这样一种介质波导的例子示于图 2（A）和 2（B）。参见这些图，标号 6 表示一个介质层，它例如是一个具有厚度 t 和介电常数 ε 3 的电路板。可以这样设置，使介质条 15 和 16（每个介质条具有介电常数 ε 1）设置在图 2（A）所示的介质层 6 的上侧和下侧，或者，另一种做法是按如图 1 所示相同的方法设置介质条，而使介质层 6 设置在仅位于非传播区域内的导体平面 1 和 2 之间，如图 2（B）所示。

当按上述图 2（A）和 2（B）所示设置的情况，在一对导体平面之间设置除上述介质条以外的一个附加的介质层时，可以将一个电路板用作这样一个介质层，并可以在该电路板上提供与 LSM_{01} 模式的电磁场相耦合的带状线 8，由此实现了含有平面电路的介质波导。

根据本发明的第三方面，介质波导包括：基本上平行的一对导体平面；以及插置于该对导体平面之间的一个介质件，由此形成在导体平面之间传播电磁波的一个传播区域，以及截止该电磁波的一个非传播区域。根据本发明的第三方面，确定位于非传播区域内导体平面之间的第二间隔 h2 小于传播区域内导体平面之间的第一间隔 h1，且确定第一间隔 h1 和第二间隔 h2，以及介质件的介电常数 ε 1 满足上述截止条件。

图 3 示出了这种介质波导的一个例子。如图所示，在一对导体平面 1 和 2 之间插置具有介电常数 ε 1 的介质件 3，使其经传播区域和非传播区域延伸。确定第一间隔 h1 和第二间隔 h2，以及介电常数 ε 1 满足上述截止条件。

根据本发明的第四方面，提供根据本发明第三方面的一种介质波导，它进一步包括：设置在非传播区域和/或传播区域内的一个附加的介质层，该附加

的介质层具有厚度 t 以及介电常数 ε3，其中，确定第一间隔 h1、第二间隔 h2，介电常数 ε1、ε3 以及厚度 t 满足上述截止条件。

这种介质波导的一例示于图 4。如图所示，具有介电常数 ε1 的介质件 3、4 插置于一对导体平面 1 和 2 之间，使之经传播区域和非传播区域延伸。该介质件 3、4 可以方便地具有厚度 t。此外，在非传播区域和/或传播区域内提供具有厚度 t 和介电常数 ε3 的介质层 6。确定第一间隔 h1、第二间隔 h2，介电常数 ε1、ε3 以及厚度 t 满足上述截止条件。

根据本发明的第五方面，提供一种介质波导，它包括：基本上平行的一对导体平面；以及插置于该对导体平面之间的一个介质件，由此形成在导体平面之间传播电磁波的一个传播区域，以及截止该电磁波的一个非传播区域；该介质波导进一步包括从介质件连续并延伸到非传播区域的第一和第二介质层，它们具有介电常数 ε1，以及第三介质层，它位于第一与第二介质层之间的非传播区域内并具有介电常数 ε2，其中，确定第一间隔 h1、第二间隔 h2，介电常数 ε1、ε2 以及延伸到非传播区域并具有介电常数 ε1 的介质层的厚度满足上述截止条件。

这种介质波导的一例示于图 5。如图所示，具有介电常数 ε1 和厚度 t1 的介质层 3 以及具有介电常数 ε2 的另一个介质层 5 插置于一对导体平面 1 和 2 之间，使之从传播区域经非传播区域延伸。确定第一间隔 h1、第二间隔 h2，介电常数 ε1、ε2 以及厚度 t1 满足上述截止条件。

根据本发明的第六方面，提供根据上述第五方面的一种介质波导，它进一步包括：设置在非传播区域和/或传播区域内的一个附加的介质层，该附加的介质层具有厚度 t 以及介电常数 ε3，其中，确定第一间隔 h1、第二间隔 h2，介电常数 ε1、ε2、ε3，厚度 t，以及延伸到非传播区域并具有介电常数 ε1 的介质层的厚度 t1 满足上述截止条件。

这样一种介质波导的一例示于图 6。如图所示，具有介电常数 ε1 和厚度 t1 的介质层 3 以及具有介电常数 ε2 的另一个介质层 5 插置于一对导体平面 1 和 2 之间，使之从传播区域经非传播区域延伸。另外还提供一个具有厚度 t 和介电常数 ε3 的附加介质层 6。确定第一间隔 h1、第二间隔 h2，介电常数 ε1、ε2、ε3 以及厚度 t 和 t1 满足上述截止条件。

为了能便于形成传播区域和非传播区域，可以通过用金属膜覆盖由树脂或陶瓷材料注射成型所形成的介质件的表面，形成每个导体平面。

根据本发明第一至第六方面的结构特征，LSM_{01}模式是最低次的模式，故在弯角处从LSM_{01}模式至LSE_{01}模式的模式转换，因而消除了归因于模式转换的传输损耗，能够设计具有任何所需弯角张角和曲率半径之数值的弯角。

从以下结合附图对各个实施例所作的描述中，本发明的这些和其它的目的、特征以及优点将变得更加清楚。

图 1 是根据本发明第一个方面的介质波导的剖面图。

图 2（A）和 2（B）是根据本发明第二个方面的介质波导的剖面图。

图 3 是根据本发明第三个方面的介质波导的剖面图。

图 4 是根据本发明第四个方面的介质波导的剖面图。

图 5 是根据本发明第五个方面的介质波导的剖面图。

图 6 是根据本发明第六个方面的介质波导的剖面图。

图 7（A）和 7（B）表示LSM_{01}模式和LSE_{01}模式的电磁波分布。

图 8（A）和 8（B）分别表示对传统的标准型介质波导观察到的色散曲线，以及对该介质波导的计算模型。

图 9（A）和 9（B）分别表示对传统的开槽型介质波导观察到的色散曲线，以及对该介质波导的计算模型。

图 10（A）和 10（B）分别表示对根据本发明第一个实施例的介质波导观察到的色散曲线，以及对该介质波导的计算模型。

图 11（A）和 11（B）分别表示对根据本发明第一个实施例，采用不同参数值的介质波导观察到的色散曲线，以及对该介质波导的计算模型。

图 12（A）和 12（B）分别表示对根据本发明第一个实施例，采用不同参数值的介质波导观察到的色散曲线，以及对该介质波导的计算模型。

图 13 是根据本发明第一个实施例的介质波导的立体图。

图 14 是根据本发明第一个实施例的介质波导的剖面图。

图 15 表示介质条的介电常数与凹槽深度的组合范围。

图 16（A）和 16（B）表示弯角张角与传输损耗之间的关系。

图 17（A）和 17（B）是根据本发明第二个实施例的介质波导的剖面图。

图 18 是根据本发明第三个实施例的介质波导的立体图。

图 19（A）和 19（B）是立体图，它表示根据本发明第三个实施例的介质波导的制造过程。

图 20 是表示根据本发明第四个实施例的介质波导的立体图。

图 21 是表示根据本发明第五个实施例的介质波导的立体图。

图 22（A）和 22（B）表示根据本发明第六个实施例的一个连续波调频（FM－CW）雷达前端。

图 23 是根据本发明第七个实施例的介质波导的立体图。

图 24 是根据本发明第八个实施例的介质波导的立体图。

图 25（A）和 25（B）是根据本发明第九个实施例的介质波导的部件分解立体图和平面图。

图 26（A）至 26（D）是传统介质波导的剖面图。

图 27 是一个介质波导的立体图，它表示弯角的结构。

图 28 是由传统介质波导组成的一个环形器的立体图。

第一个实施例

以下将参照图 10（A）至 16（B）描述根据本发明的第一个实施例的介质波导的结构。

图 13 是根据本发明第一个实施例的介质波导的立体图。如图所示，该介质波导具有呈现导电平面的金属平板 9 和 10 以及介质条 15。其布置是这样的，把介质条 15 与在金属平板 9、10 相对表面中形成的凹槽相配合。图 14 是图 13 所示介质波导的剖面图。参见该图，介质条 15 具有电容率，即用 ε_r 表示的相对介电常数，以及宽度 w 和高度 h1。非传播区域内金属平板 9、10 之间的高度差或距离由 h2 表示，而凹槽深度由 g 表示。为了使处于所用频率的电磁波在非传播区域内截止，确定上述高度差 h2（通过 h2＝h1－g 得到）以满足条件 $h2<\lambda_0/2$，其中 λ_0 表示在自由空间中处于所用频率之电磁波的波长。

图 10（A）、10（B）、图 11（A）、11（B）以及图 12（A）、12（B）表示根据本发明第一个实施例构成，并采用图 14 所示不同参数值的介质波导的性能。在每对附图中，尾标为 B 的图表示计算模型，而尾标为 A 的图表示通过利用该计算模型通过计算所获得的色散曲线，横坐标和纵坐标分别表示频率和相位常数 β。

图 10（A）和 10（B）表示利用下列参数值获得的介质波导的色散曲线和计算模型，其中，ε_r=2.04，w=2.5mm，h1=2.25mm，h2=1.65mm，g=0.3mm。在此情况下，LSM_{01} 模式的传播发生在不低于 53.8 兆赫的频率，而 LSE_{01} 模式的传播出现在不低于 55.6GHz 的频率，故只有 LSM_{01} 模式在 53.8GHz 至 55.6 GHz 的频带内传播。

图 11（A）和 11（B）表示利用下列参数值获得的介质波导的色散曲线和计算模型，其中，εr=2.04，w=2.5mm，h1=2.25mm，h2=1.35mm，g=0.45mm。在此情况下，LSM_{01} 模式的传播发生在不低于 52.1 GHz 的频率，而 LSE_{01} 模式的传播出现在不低于 57.5 GHz 的频率，故只有 LSM_{01} 模式在 52.1 GHz 至 57.5 GHz 的频带内传播。

图 12（A）和 12（B）表示利用下列参数值获得的介质波导的色散曲线和计算模型，其中，εr=2.04，w=2.5mm，h1=2.1mm，h2=1.1mm，g=0.5mm。在此情况下，LSM_{01} 模式的传播发生在不低于 54.3 GHz 的频率，而 LSE_{01} 模式的传播出现在不低于 61.5 GHz 的频率，故只有 LSM_{01} 模式在 54.3 GHz 至 61.5 GHz 的频带内传播。

为了找到使 LSM_{01} 模式为最低次模式的条件，通过改变参数 εr 和 g/h1 的数值，同时将宽度 w 设置成一个任意值，获得色散曲线，其结果示于图 15。图 15 中的阴影区域表示 LSM_{01} 模式变成最低次模式的范围。例如，当电容率 εr 为 2（εr=2）时，在因子 g/h1 不小于 0.092 的条件下，获得作为最低次模式的 LSM_{01} 模式。同样，当电容率 εr 为 4（εr=4）时，获得作为最低级模式的 LSM_{01} 模式的条件是因子 g/h1 为 0.135 或更大。这样，当条件落在图 15 所示的阴影区域时，即使在弯角部分也只有 LSM_{01} 模式传播。然而，要注意条件 g/h1=0.5，（即限定图 15 所示阴影区域上限的最上面的线）除外。

图 16（A）表示与对传统的介质波导观察所得的关系相比，对本发明第一个实施例的介质波导来观察，当弯角的曲率半径 R 和频率分别设置为 9.6mm 和 60 GHz 时，所获得的图 16（B）所示弯角的弯角张角 θ 与传输损耗之间的关系。说的更具体些，图 16（A）所示虚线曲线表示通过图 8（B）所示计算模型导出的计算所确定的特性，而实线则表示采用图 12（B）所示计算模型通过计算所获得的特性。可见，传统的波导根据弯角张角 θ 的变化，其传输损耗在 0 至大约 4 分贝之间一个较大的范围内变化。例如，当角度 θ 设置成 θ＝75 度时，传输损耗大至 4 分贝。相反，在采用本发明的介质波导的弯角中，不管弯角张角 θ 为多少，损耗恒定为 0。上述传输损耗是指因弯角的存在而产生的损耗，即一个不把波导介质部分和导体部分中的损耗考虑在内的理想的无耗系统中的损耗。

第二个实施例

图 17（A）和 17（B）以剖面图分别表示根据本发明第二个实施例构成的

两类介质波导。该第二个实施例的介质波导与图 13 和 14 所示第一个实施例的介质波导的区别在于，其在金属平板 9、10 中形成之凹槽的壁的边缘呈斜坡状。尤其是，图 17（B）所示的波导中，介质条 15 的各个角都是倒角的，以与在金属平板 9 和 10 中形成之凹槽的壁的斜坡相配。图 17（A）和 17（B）所示的结构便于将介质条嵌入金属平板中所形成的凹槽内，以免介质波导产生任何位置偏移。

图 18 是根据本发明第三个实施例构成的一个介质波导的立体图。图中，标号 13 和 14 表示由注射成型的合成树脂或陶瓷材料的平板。平板 13 和 14 的相对表面上覆盖导电膜 11 和 12，它们提供了导体平面。

图 19（A）和 19（B）是图 18 所示介质波导元件的立体图，表示形成成型板 14 和导电膜 12 的方法。板 14 通过注射成型形成，使之具有一个凹槽，用以收容介质条，并通过涂覆在板 14 的开槽表面形成由银、铜或类似材料组成的衬层导电膜 12。通过相同的方法制备具有衬层导电膜 11 的另一块板 13。将两块板 13、14 装配在一起，由此夹住位于其间的介质条 15，这样，介质条 15 就部分收容于板 13、14 相对两面所形成的凹槽内。这种包括注射成型继而形成导电膜的方法改进了生产效率。当这种板由合成树脂或陶瓷材料成型，其热膨胀系数等于或近似于介质条的热膨胀系数时，可以获得对于环境在电气和机械方面都稳定的高可靠的介质波导。

图 20 是根据本发明第四个实施例的一个介质波导的立体图。参见附图，标号 3 表示由介电陶瓷材料或树脂组成的整体成型件，其上表面和下表面上用导电膜 11 和 12 覆盖该表面的整个区域。介质件 3 具有厚壁部分，它在该处向上、下凸出，由此呈现相对其余具有较小厚度或高度 h2 的部分的平面为增加的厚度或高度 h1。确定高度 h1 和 h2，使其满足条件 $h1>\lambda d/2$ 和 $h2<\lambda d/2$，其中，λd 表示通过介质件传播的处于所用频率之波的波长，由此将具有增加高度 h1 的介质件 3 的部分用作传播区域，而具有较小高度 h2 的其余部分提供非传播区域。确定高度 h1 和 h2，以及介质件 3 的介电常数 $\varepsilon 1$，使 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，并使使用频率位于 LSE_{01} 模式的截止频率与 LSM_{01} 模式的截止频率之间。

图 21 是根据本发明第五个实施例的一个介质波导的立体图。参见附图，标号 3 和 4 表示由介电陶瓷材料或树脂成型的介质件。介质件 3 在其上表面用导电膜 11，而介质件 4 在其下表面用导电膜 12 覆盖这些表面的整个区域。每

个介质件 3、4 具有厚壁部分，而它们在其厚壁部分连接在一起，形成介质波导。这样，整个介质波导具有一个厚度或高度为 h1 的厚壁部分，以及厚度或高度较小的为 h2 的另一个部分。确定高度 h1 和 h2，使其满足条件 $h1>\lambda d/2$ 和 $h2<\lambda_0/2$，其中，λd 表示通过介质件传播的处于所用频率之波的波长，λ_0 表示自由间隔中所用频率之波的波长，由此将具有增加高度 h1 的部分用作传播区域，而具有较小高度 h2 的其余部分提供非传播区域。确定高度 h1 和 h2，每个介质件 3、4 的厚度 t1，以及介质件 3、4 的介电常数 ε1，使 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，并使使用频率位于 LSE_{01} 模式的截止频率与 LSM_{01} 模式的截止频率之间。

图 22（A）和 22（B）表示根据本发明第六个实施例的一个 FM—CW 雷达前端部分的结构。具体些说，图 22（A）表示上金属平板 9 的内表面，而图 22（B）是载有电路板 7 的下金属平板 10 的平面图。上金属平板 9 具有按特定图形排列的介质条 15a、15b、15c、15d 和 15e，而下金属平板 10 具有介质条 16a、16b、16c、16d 和 16e，它们按与上金属平板 9 上介质条之排列图形成镜象对称的关系排列。电路板 7 夹在金属平板 9 与 10 之间。电路板 7 上形成用作振荡器、终端器和混频器的导电膜图形，以及电阻膜图形。具体些说，在构成振荡器和混频器的电路板 7 部分上，形成诸如提供一个 RF 扼流圈的导体图形，用于 RF 匹配的导体图形以及带状线之类的图形。在构成振荡器的部分内提供变容二极管和耿氏二极管，而在构成混频器的部分内提供肖特基势垒二极管。每块金属平板 9 和 10 的内表面上配备铁氧体圆盘 32，并在其外表面上配备用以施加直流偏置的磁场的磁铁（未图示）。介质条 15d，15c，15e，16D，16C 和 16e，铁氧体圆盘 32 和磁铁共同形成一个环形器。介质条 15e，16e 和电阻膜 30 形成终端器。环形器和终端器结合提供一个隔离器。介质条 15b，16b 和介质条 15c，16c 之间的间隙用作一个耦合器。同样，介质条 15b，16b 与介质条 15a，16a 之间的间隙也用作一个耦合器。

根据所述设置，工作时，来自振荡器的信号经由介质条 15d，16d，环形器以及介质条 15c，16c 传送到天线，而反射信号由另一天线接收。由收到的反射信号同经由耦合器传播的发射信号所合成的合成信号通过介质条 15a 和 16a 传播，由此在混频器部分转换为中频信号。

具体些说，如此确定由介质条和上下金属平板构成的介质波导的设计因素，即在传播区域内的金属平板与非传播区域内的金属平板之间的距离，以及

介质条的介电常数，使 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，并使所用频率位于 LSE_{01} 模式的截止频率与 LSM_{01} 模式的截止频率之间。因此，不会使介质条 15b，16b 之曲率半径受到设计限制，故可以用小到足以能明显减小整个 FM—CW 雷达前端结构之尺寸的曲率半径来形成这些介质条 15b，16b。此外，在所用频率，LSE_{01} 模式的电磁波不传播到介质条 15c，15d，15e，16c，16d 和 16e，这就不需模式抑制器，例如图 28（B）所示的模式抑制器 109，由此进一步减小了整个结构的尺寸。

图 23 是根据本发明第七个实施例的介质波导的立体图。确定由介质件 3、4 和中间电路板 7 构成的介质波导的非传播区域的高度 h2 小于其传播区域的高度 h1。介质件 3 在其上侧面以导电膜 11 覆盖，如图所示，而介质件 4 在其下侧面以导电膜 12 覆盖，如图所示。介质件 3 和 4 组装在一起，其间夹有厚度为 t 的电路板 7。电路板 7 配备与介质条耦合的带状线，这样，经介质条传播的 LSM_{01} 的电磁波传播到带状线。

如此确定诸如高度 h1，h2，介质件 3 和 4 的介电常数以及电路板 7 的介电常数等设计因素，使传播区域内 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，并使所用频率位于 LSE_{01} 模式的截止频率与 LSM_{01} 模式的截止频率之间。

图 24 是根据本发明第八个实施例的介质波导的立体图。确定由介质件 3、4 和中间电路板 7 构成的介质波导的非传播区域的高度 h2 小于其传播区域的高度 h1。确定每个介质件 3 和 4 的非传播部分的厚度为 t1。介质件 3 在其上侧面以导电膜 11 覆盖，如图所示，而介质件 4 在其下侧面以导电膜 12 覆盖，如图所示。介质件 3 和 4 组装在一起，其间夹有厚度为 t 的电路板 7。电路板 7 配备与介质条耦合的带状线，这样，经介质条传播的 LSM_{01} 的电磁波传播到带状线。

如此确定诸如高度 h1，h2，厚度 t 和 t1，介质件 3 和 4 的介电常数以及电路板 7 的介电常数等设计因素，使传播区域内 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，并使所用频率位于 LSE_{01} 模式的截止频率与 LSM_{01} 模式的截止频率之间。

现在将参见图 25（A）和 25（B）描述根据本发明的第九个实施例的介质波导的结构。参见图 25（A），这是一个部件分解立体图，金属平板 9、10 的相对表面上设置十字形的凹槽，用以收容十字形介质条 15。如此确定诸如介质条 15 的介电常数和高度，非传播区域内金属平板之间的间隔，以及凹槽的深

度等设计因素，使传播区域内 LSM_{01} 模式的截止频率低于 LSE_{01} 模式的截止频率，并使所用频率位于 LSE_{01} 模式的截止频率与 LSM_{01} 模式的截止频率之间。

现在参见图 25（B），它是介质条 15 之交叉部分的平面图，当 LSM_{01} 模式的电磁波以一给定频率从端口 P1 传播到端口 P3 时，从交叉点到端口 P2 或者到端口 P4 都不发生在该频率处的 LSE_{01} 模式中的电磁波的传播。此外，由于在端口 P1 和 P3 之间提供通路的介质条 15 部分与在端口 P2 和 P4 之间提供通道的介质条 15 部分呈正交交叉，故不存在在端口 P1 和 P3 之间传播的 LSM_{01} 模式的电磁波仍以该模式传播到端口 P2 或 P4 的可能。当 LSM_{01} 模式的电磁波在端口 P2 和 P4 之间传播时，情况也一样。因此，一个在端口 P1 和 P3 之间传播的 LSM_{01} 模式的电磁波，以及另一个在端口 P2 和 P4 之间传播的 LSM_{01} 模式的电磁波，可以相互独立地同时在一个公共平面内传播。

从上述描述中可见，本发明具有下列优点。

根据本发明第一至第六方面，LSM_{01} 模式是最低次模式。因此，如果选择电磁波的频率位于 LSE_{01} 模式的截止频率与 LSM_{01} 模式的截止频率之间，将不会在弯角处发生由 LSM_{01} 模式至 LSE_{01} 模式的转换，这样，就消除了因这种模式转换而引起的传输损耗。这就能设计具有任何所需弯角张角和曲率半径数值的弯角。因此，通过增加弯角或通过减小曲率半径，便于减小弯角所占据的面积，由此减小了整个装置的尺寸。

例如，通过采用根据本发明的介质波导所构成的环形器，由于消除了从 LSM_{01} 模式至 LSE_{01} 模式的转换，故无需现有技术为抑制 LSE_{01} 模式而必需的任何模式抑制器。由此减小了由环形器所占据的面积，使之便于减小整个装置的尺寸。

当需要按相互交叉的方式设置一对介质条时，本发明可以安排这些介质条，使它们在一公共平面内相互交叉，不会在经由这些介质条传播的电磁波之间产生任何干扰，使之便于减小包括这种介质条在内的整个装置的尺寸。

此外，即便在位于传播区域的导体表面间隔与位于非传播区域的导体表面间隔之间存在较大的差异时也容易制造根据本发明第七个方面的介质波导。

尽管本发明已经针对其各个实施例来加以描述，但显然本领域的熟练人员还可对此作出许多其它的各种变化和变换以及其它的应用。

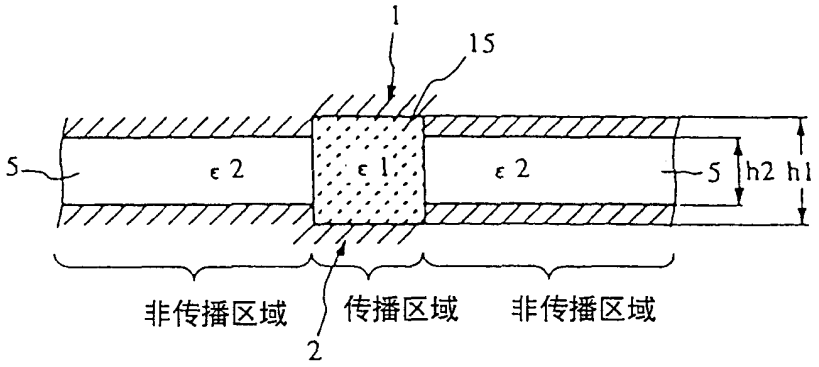
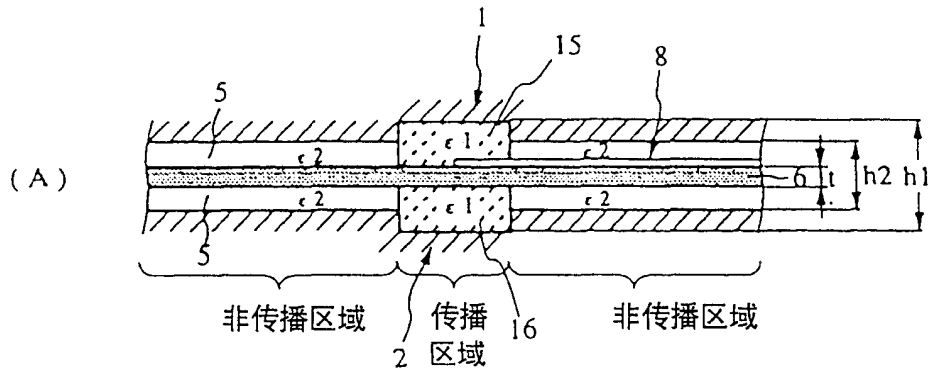

1
15
5
ε 2
ε 1
ε 2
5
h2 h1
非传播区域
传播区域
非传播区域
2

图 1


(A)
1
15
8
5
ε 2
ε 1
ε 2
6
t
h2 h1
ε 2
ε 1
ε 2
5
非传播区域
传播区域
2
16
非传播区域

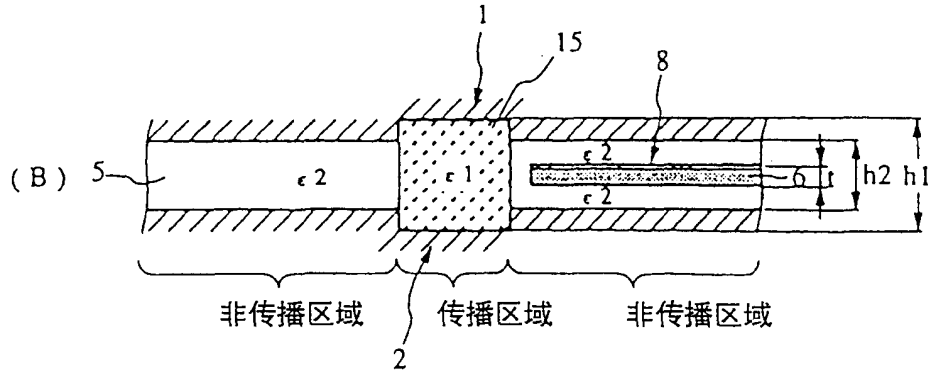

(B)
1
15
8
5
ε 2
ε 1
ε 2
ε 2
6
t
h2 h1
非传播区域
传播区域
非传播区域
2

图 2

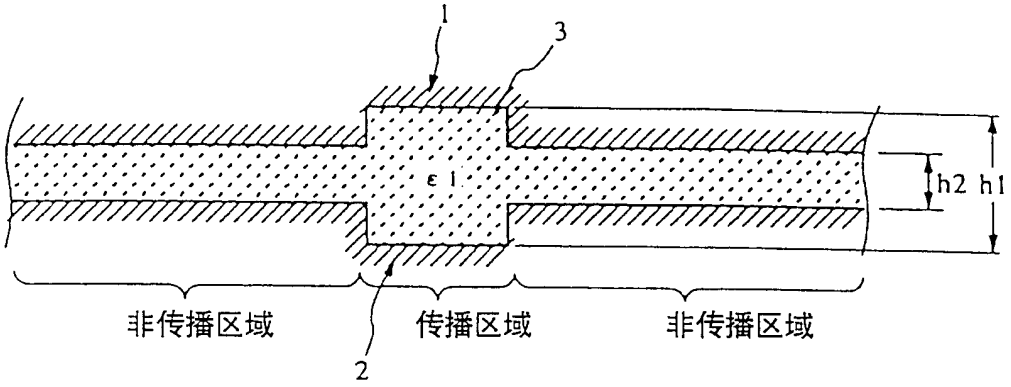

1
3
ε 1
h2 h1
非传播区域
传播区域
非传播区域
2

图 3

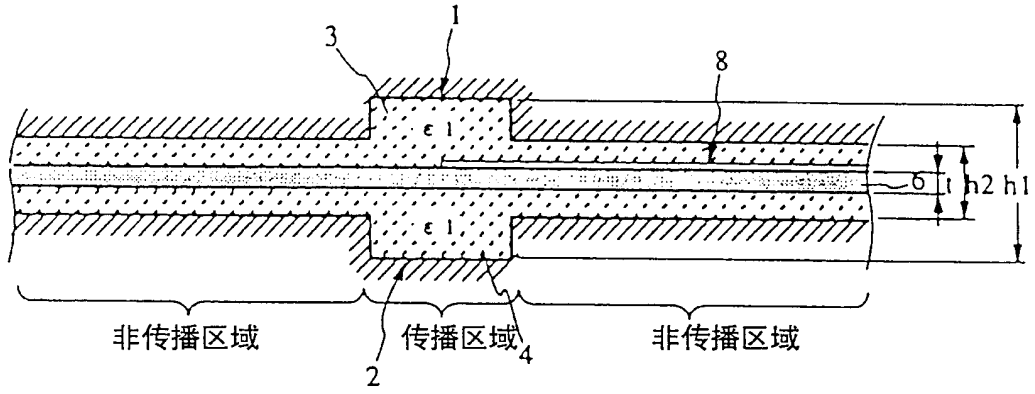

3
1
8
ε 1
6
t
h2 h1
ε 1
非传播区域
传播区域
非传播区域
2
4

图 4

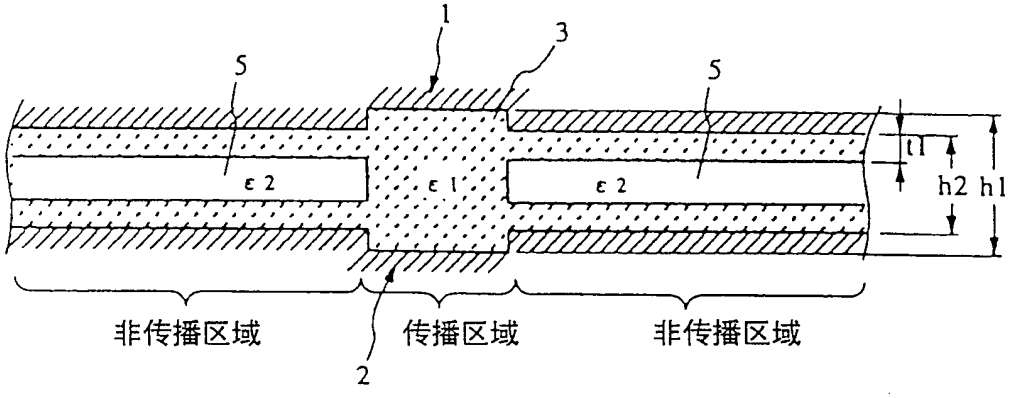

1
3
5
5
ε 2
ε 1
ε 2
t1
h2 h1
非传播区域
传播区域
非传播区域
2

图 5

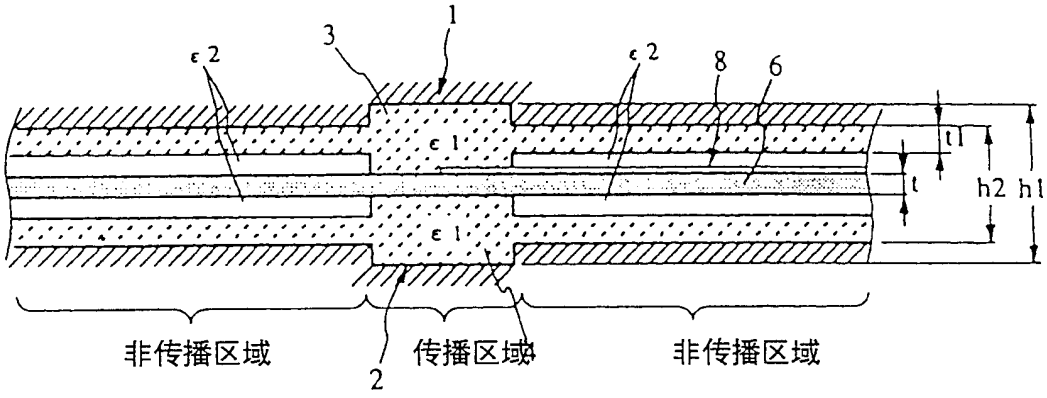


图 6

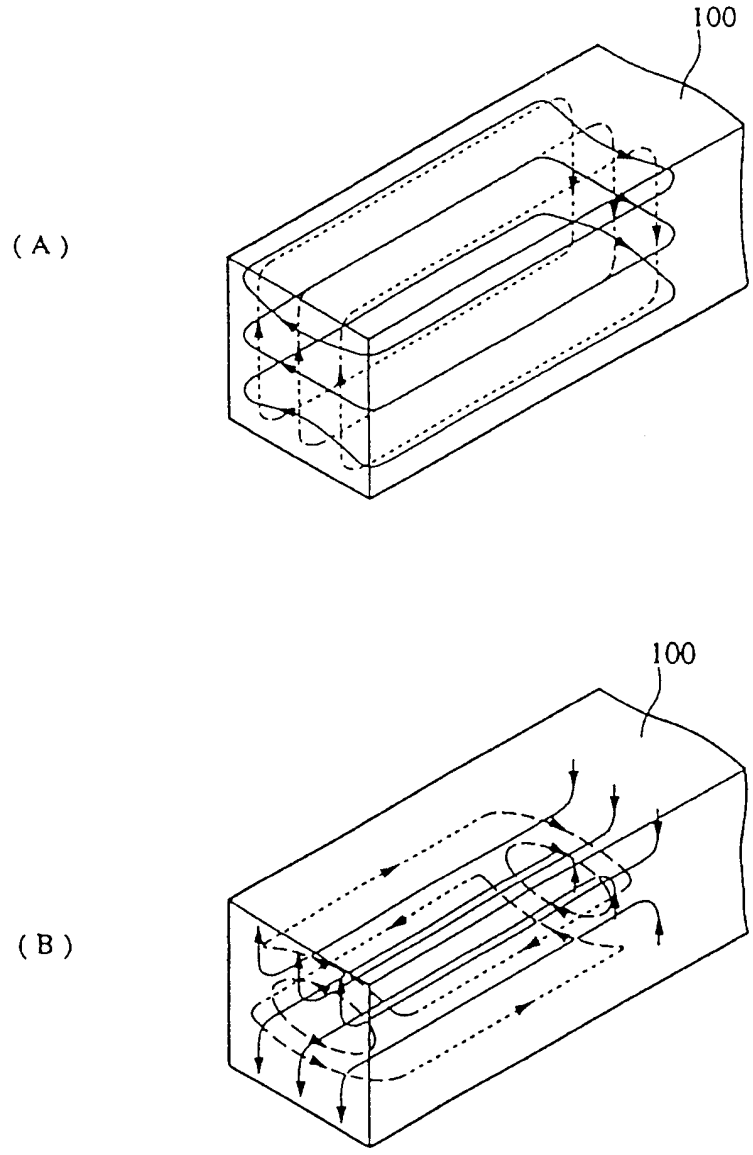
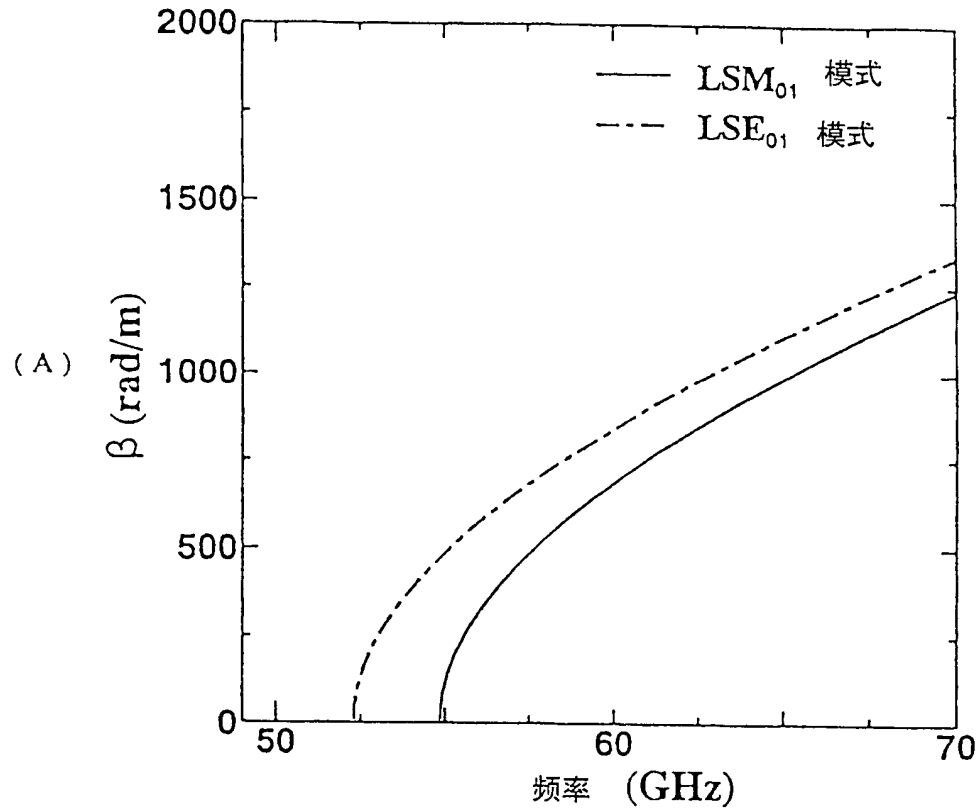


图 7


(A)
2000
1500
1000
500
0
β (rad/m)
LSM01 模式
LSE01 模式
50
60
70
频率 (GHz)

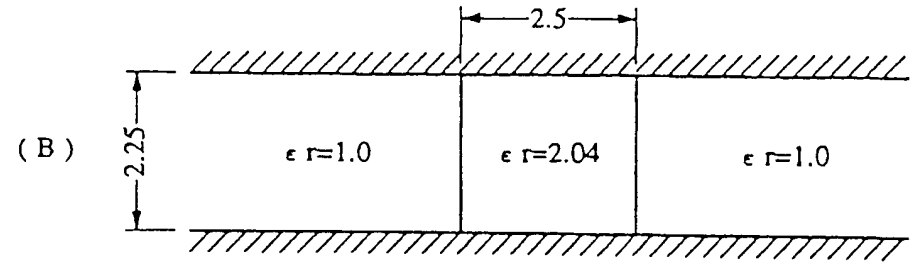
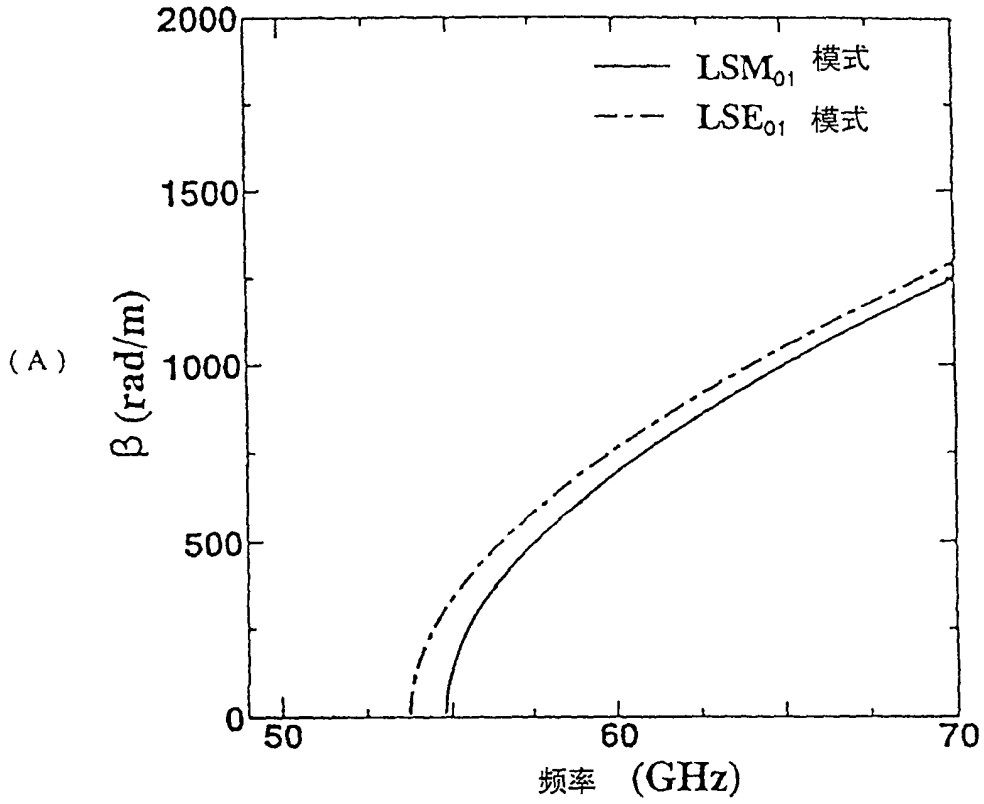

(B)
2.5
2.25
ε r=1.0
ε r=2.04
ε r=1.0

图 8


(A)
2000
1500
1000
500
0
β (rad/m)
LSM01 模式
LSE01 模式
50
60
70
频率 (GHz)

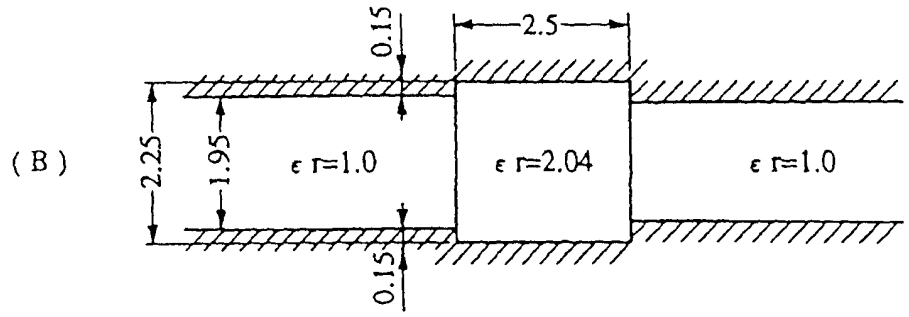
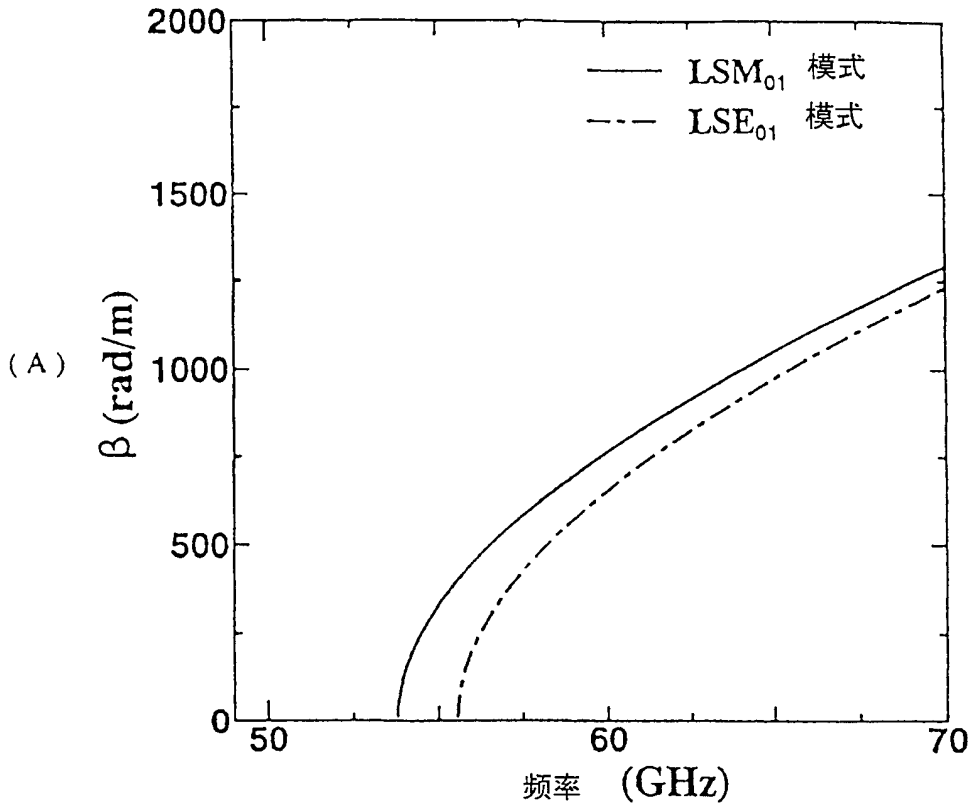

(B)
0.15
2.5
2.25
1.95
εr=1.0
εr=2.04
εr=1.0
0.15

图 9


(A)
2000
1500
1000
500
0
β (rad/m)
LSM01 模式
LSE01 模式
50
60
70
频率 (GHz)

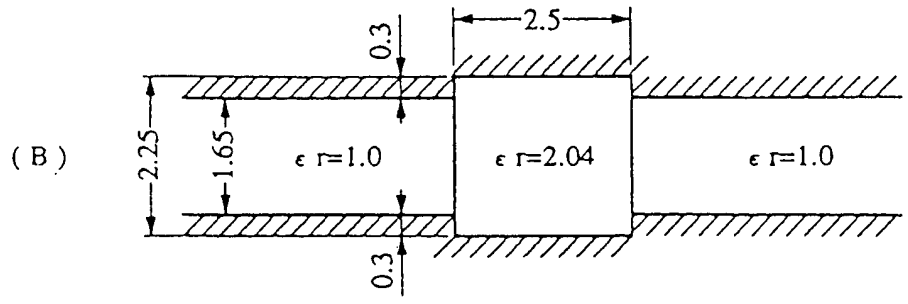
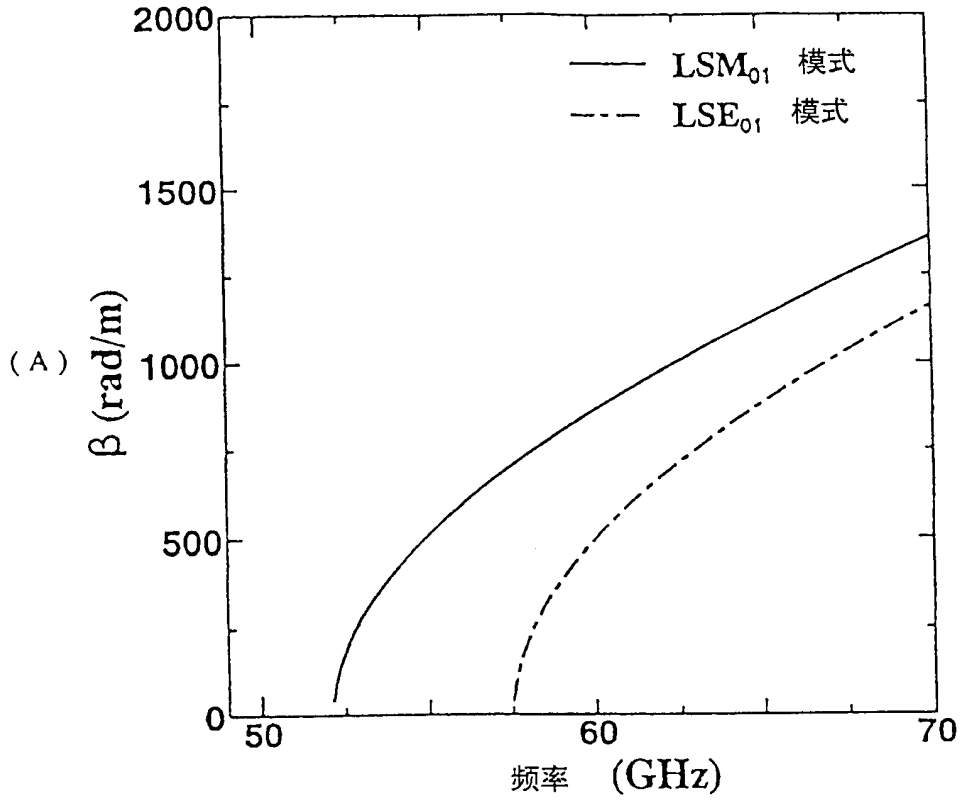

(B)
2.5
0.3
2.25
1.65
ε r=1.0
ε r=2.04
ε r=1.0
0.3

图 10


(A)
2000
1500
1000
500
0
β (rad/m)
50
60
70
频率 (GHz)
LSM01 模式
LSE01 模式

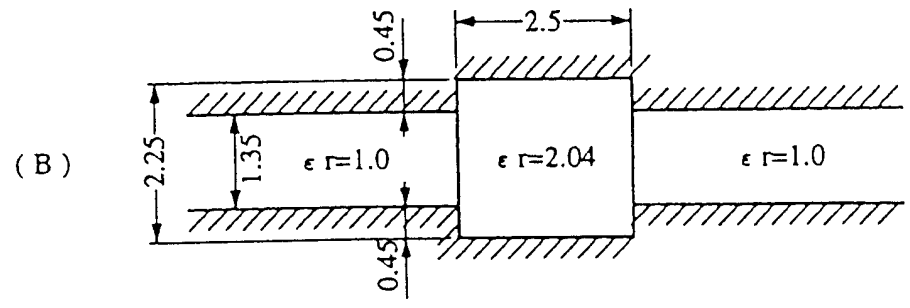
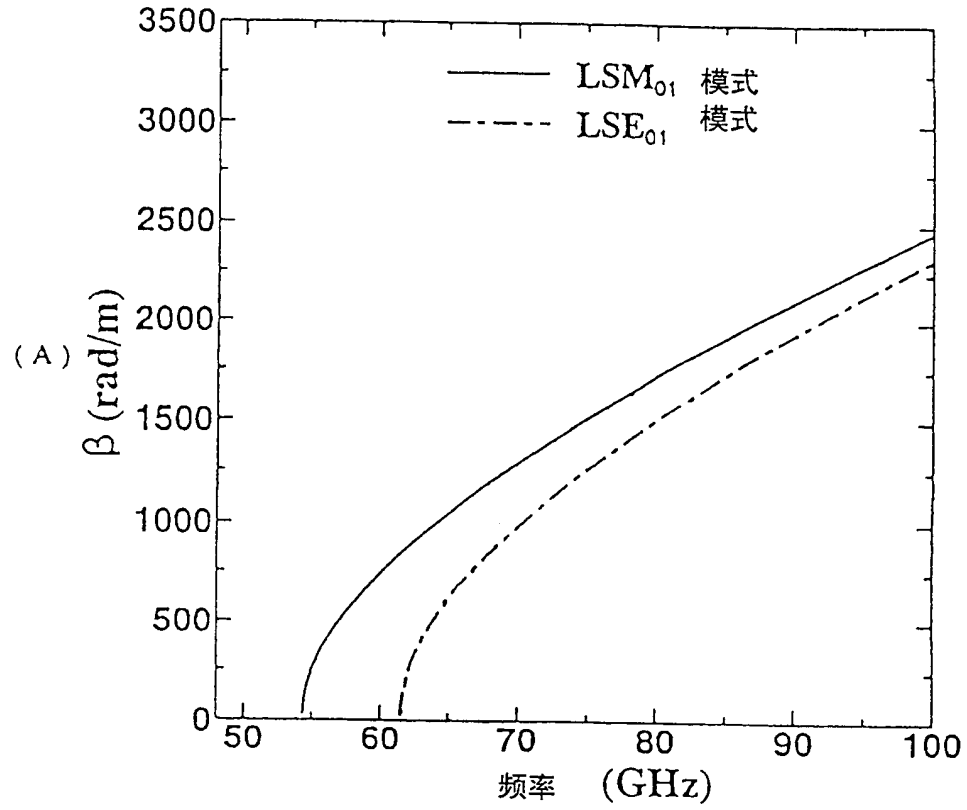

(B)
0.45
2.5
2.25
1.35
ε r=1.0
ε r=2.04
ε r=1.0
0.45

图 11


(A)
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
β (rad/m)
LSM01 模式
LSE01 模式
50
60
70
80
90
100
频率 (GHz)

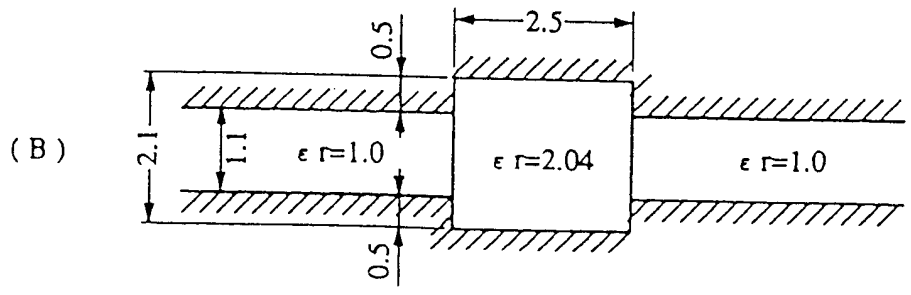

(B)
2.5
0.5
2.1
1.1
ε r=1.0
ε r=2.04
ε r=1.0
0.5

图 12

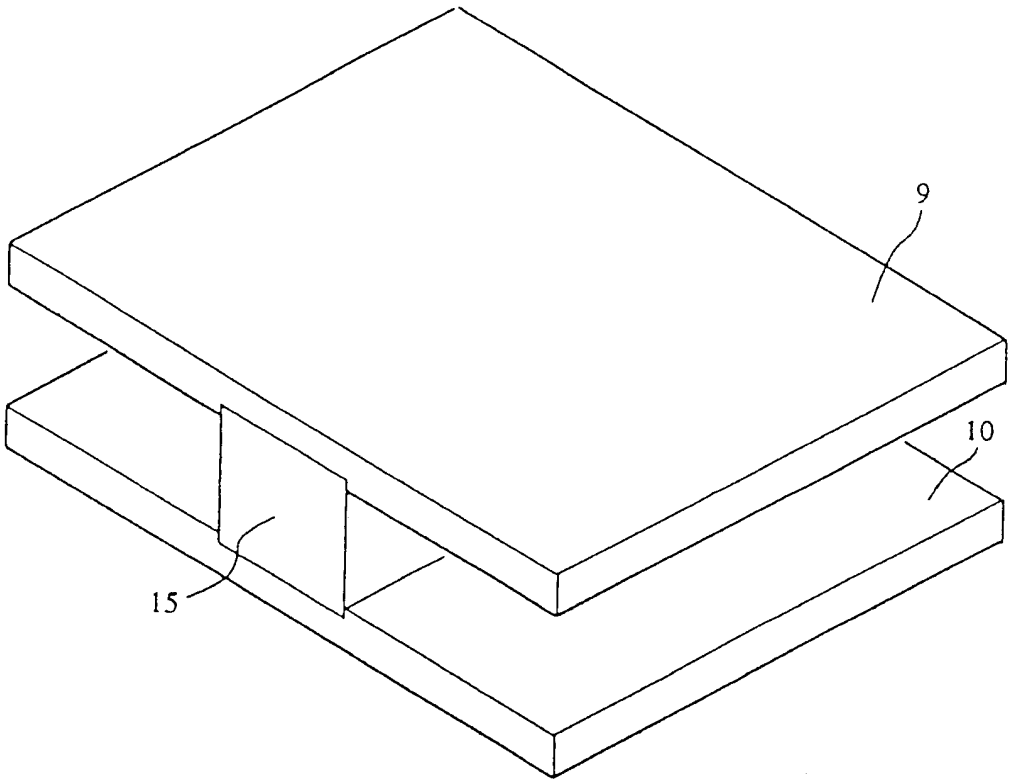


图 13

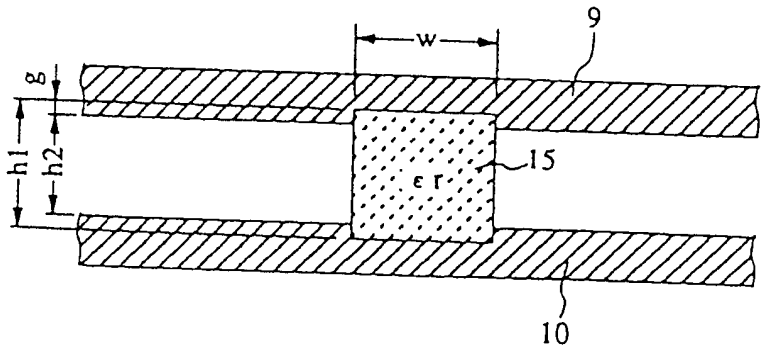


图 14

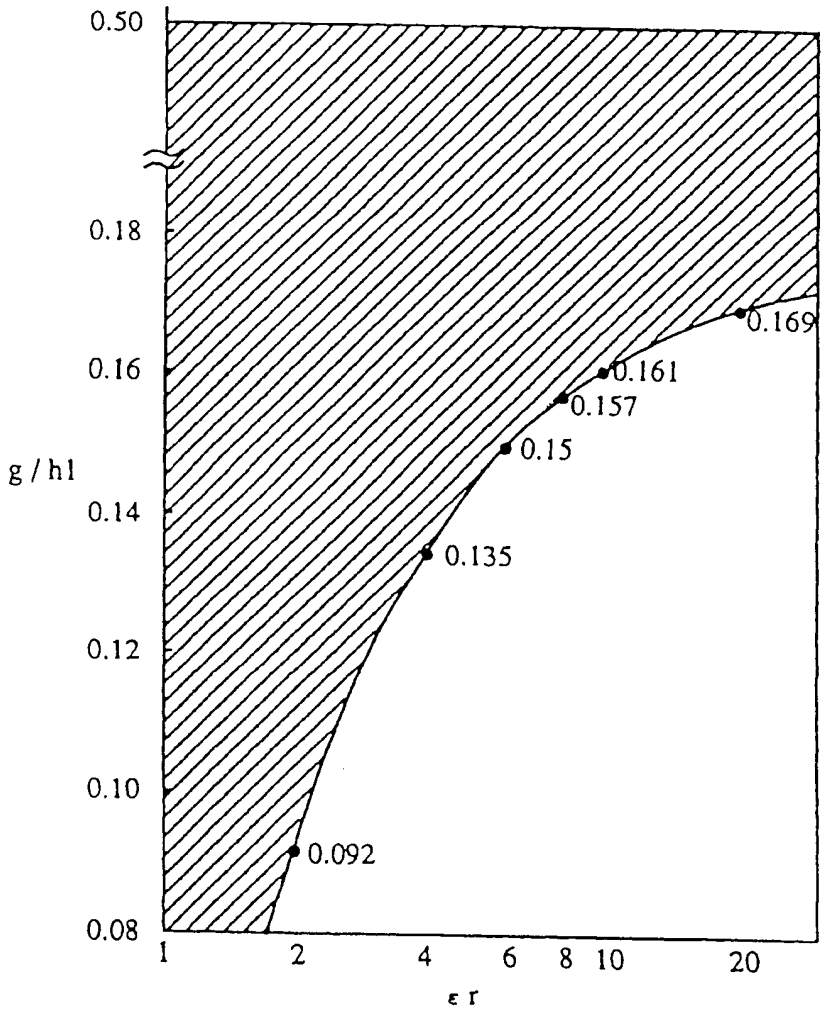
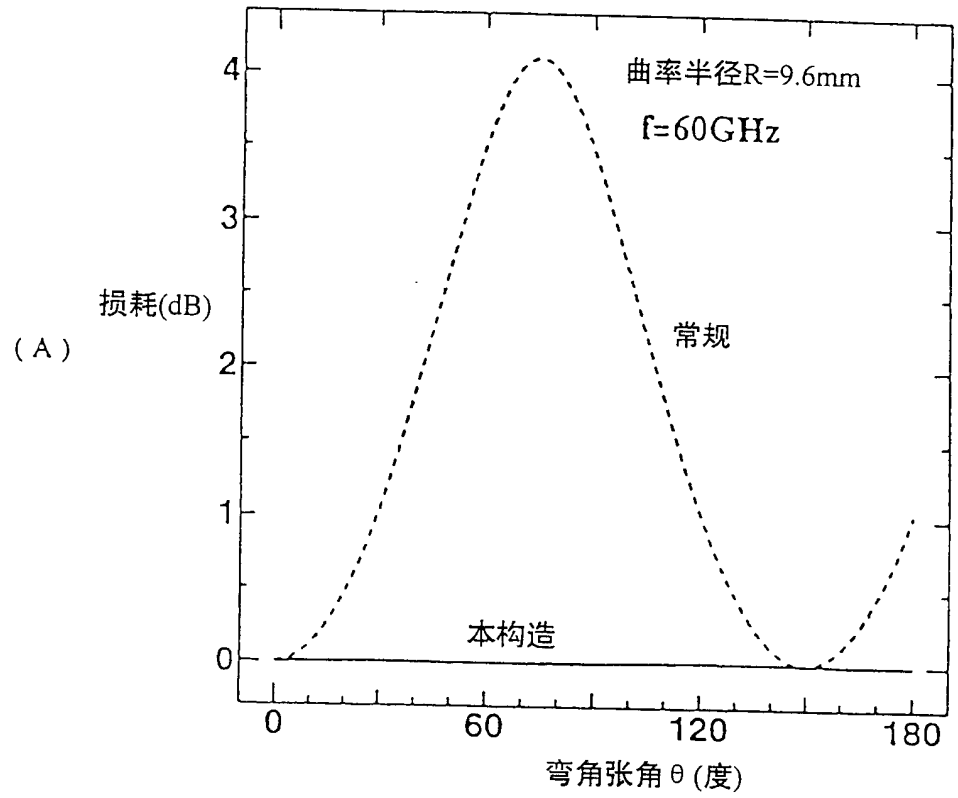

0.50
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
g / hl
0.169
0.161
0.157
0.15
0.135
0.092
1
2
4
6
8
10
20
ε r

图 15



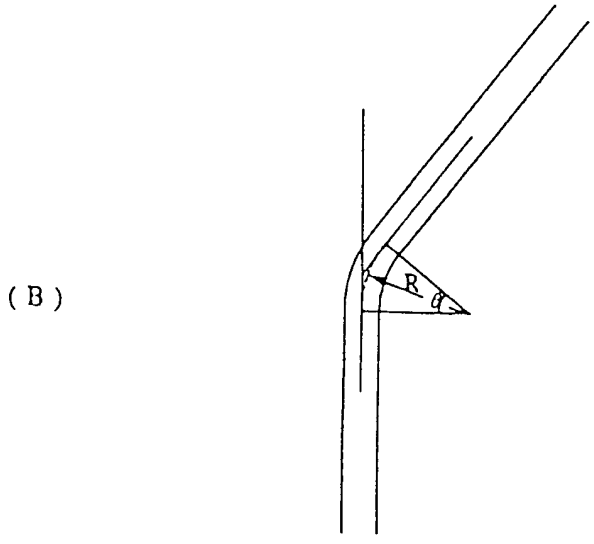
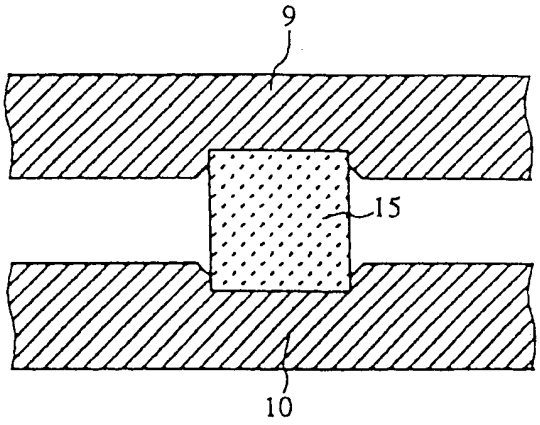


图 16

(A)



(B)

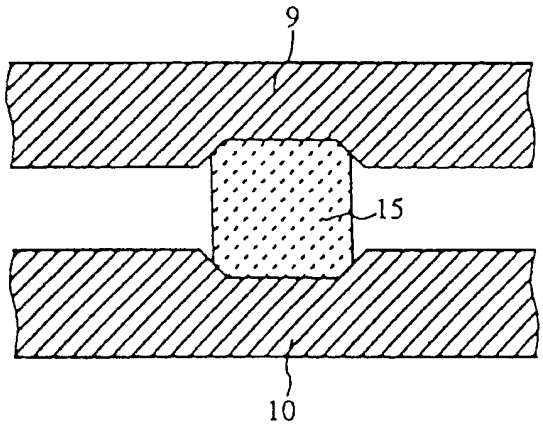


图 17

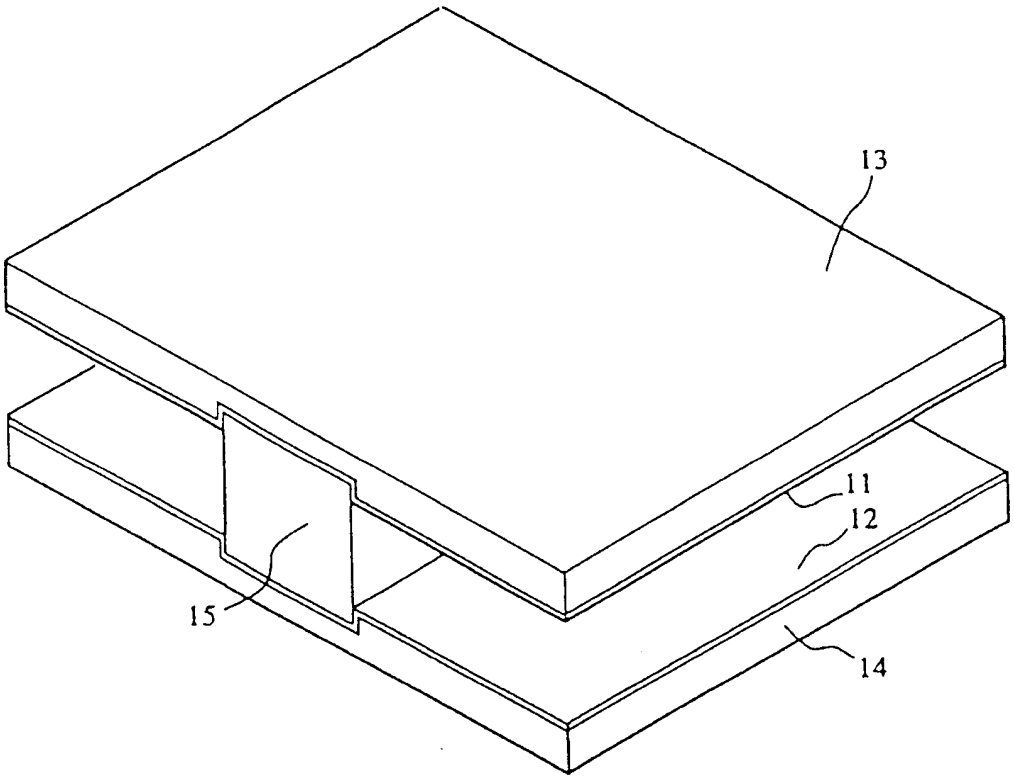


图 18

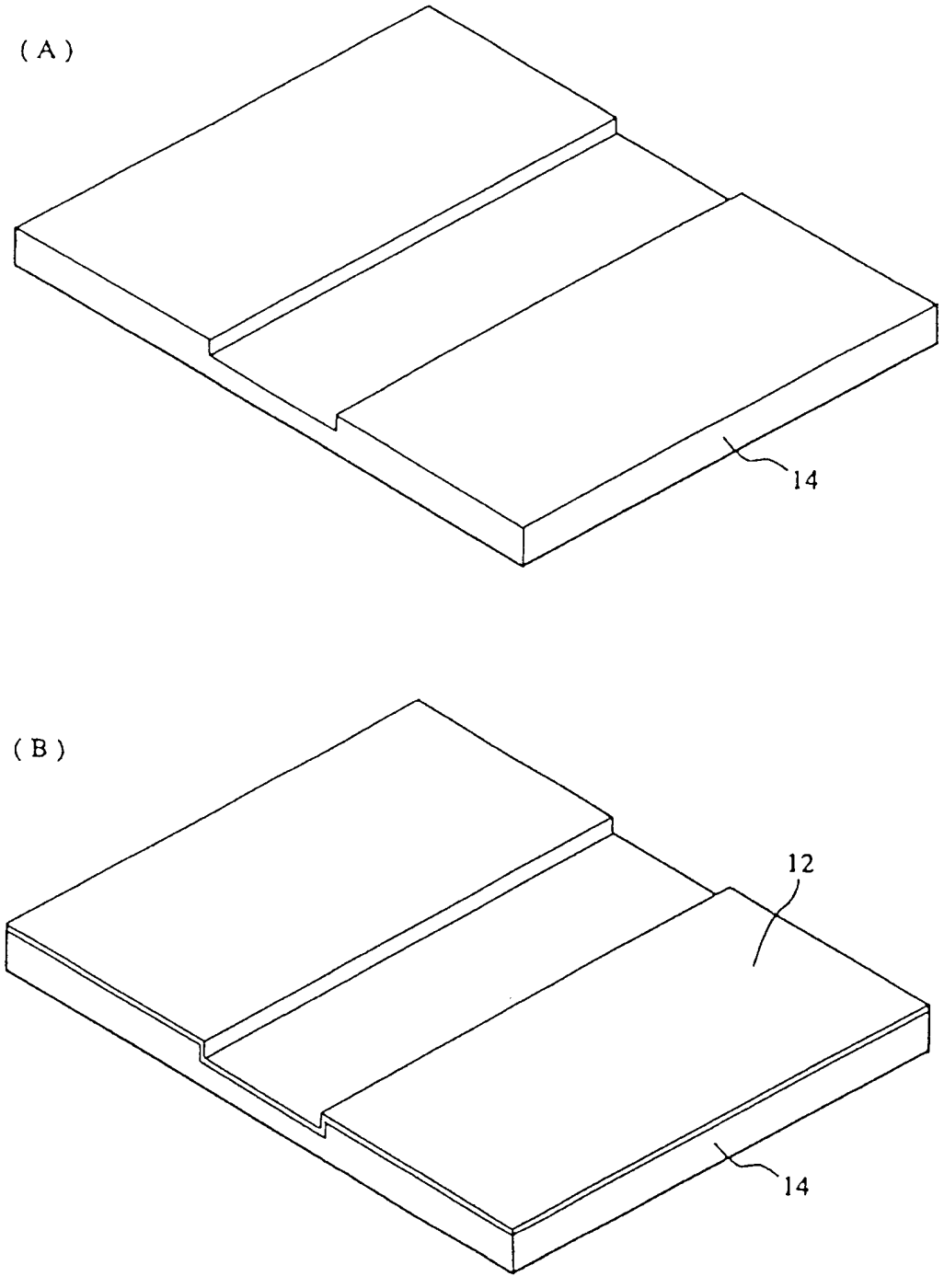


图 19

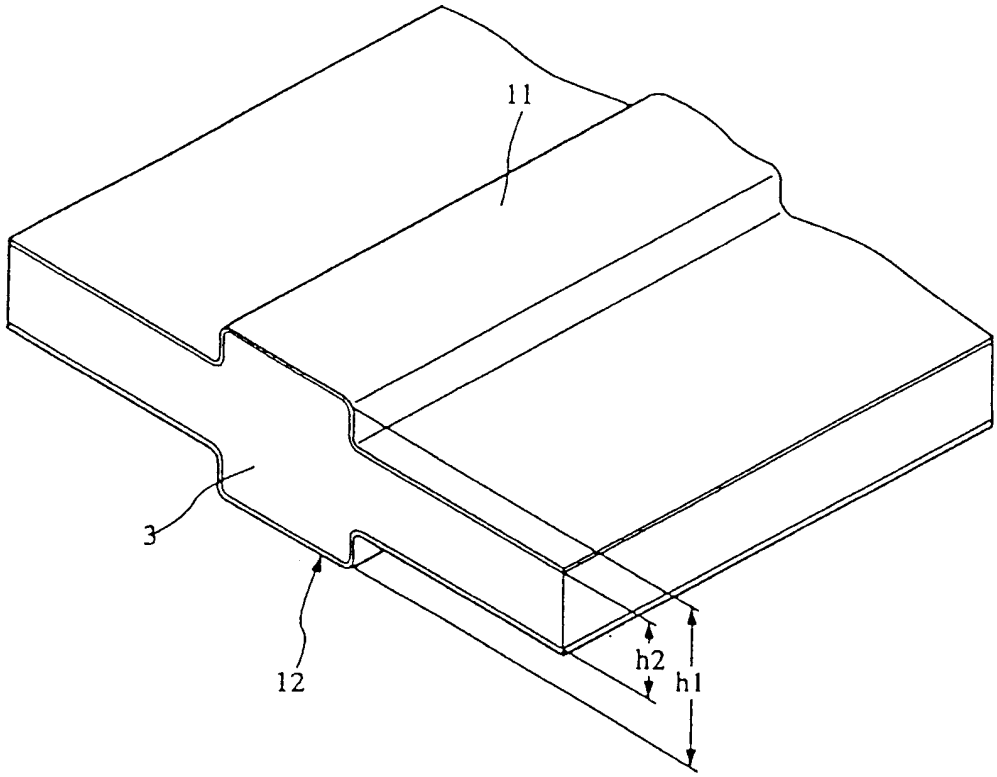


图 20

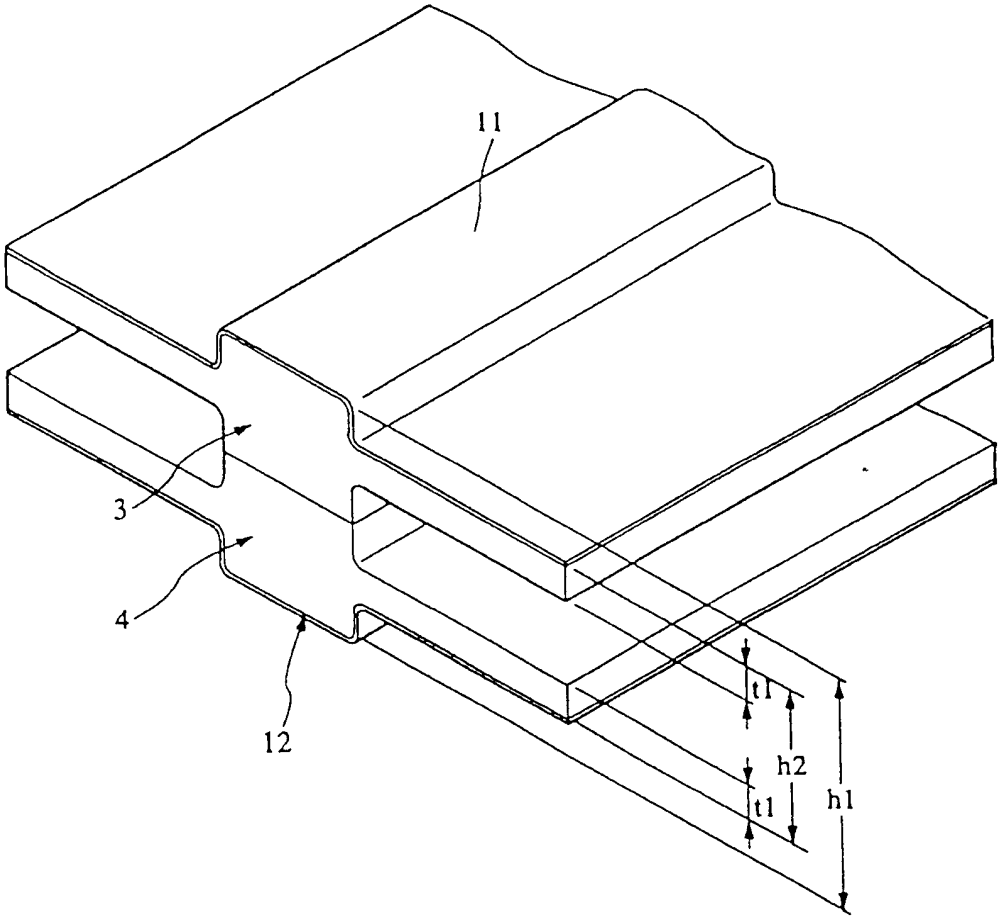
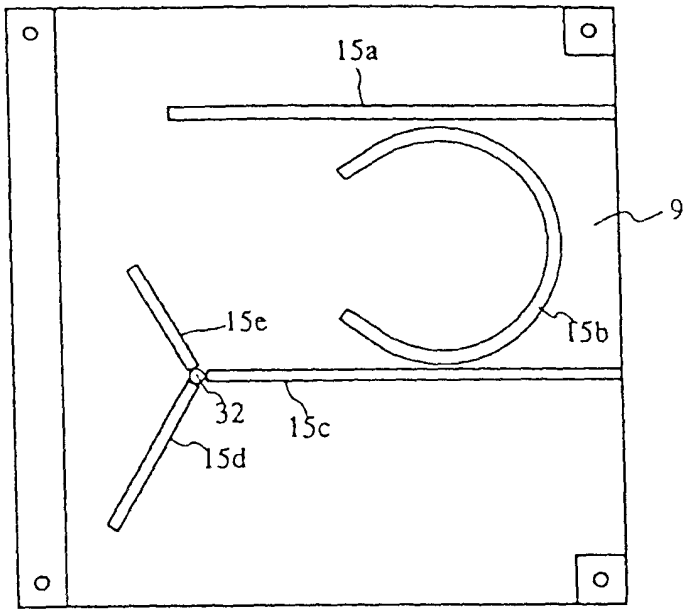


图 21

(A)


15a
9
15e
15b
32
15c
15d

(B)

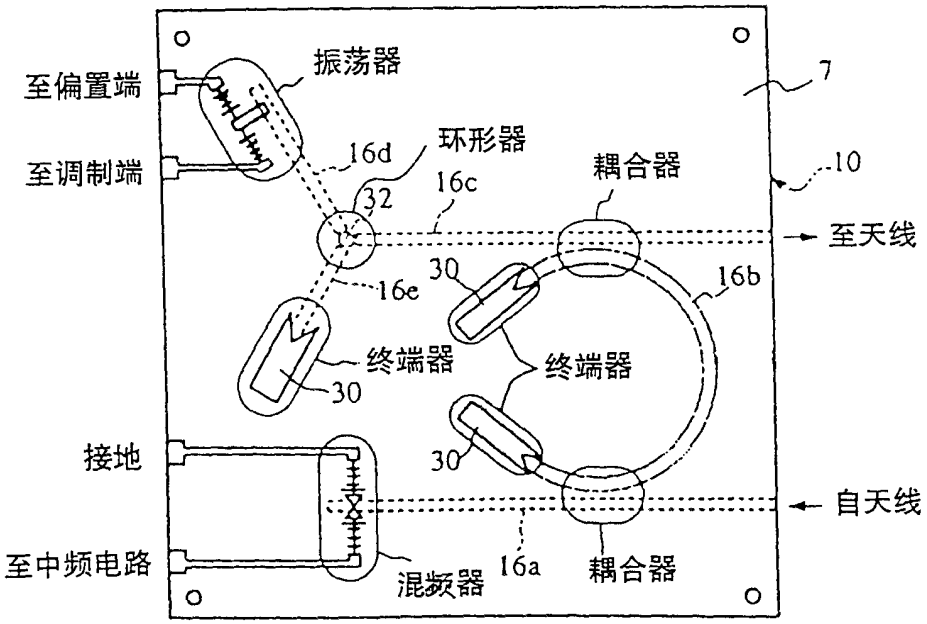

至偏置端
振荡器
7
至调制端
16d
环形器
耦合器
10
32
16c
至天线
30
16b
16e
终端器
终端器
30
接地
30
自天线
至中频电路
混频器
16a
耦合器

图 22

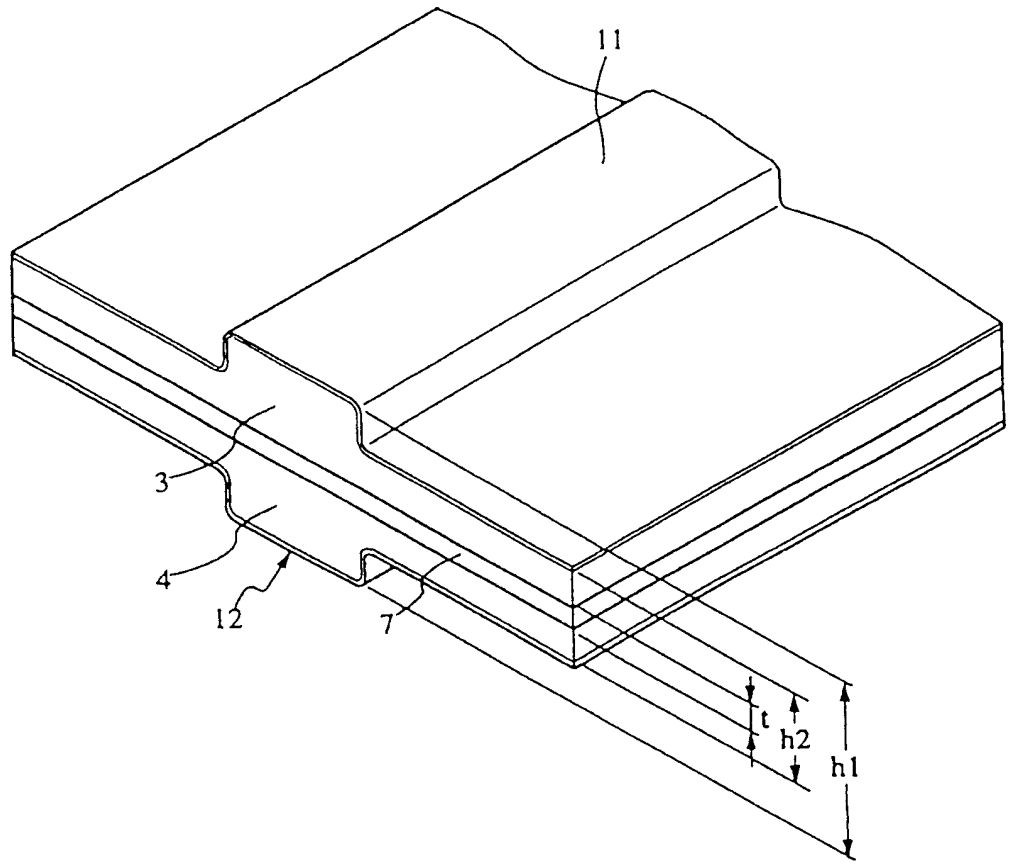


图 23

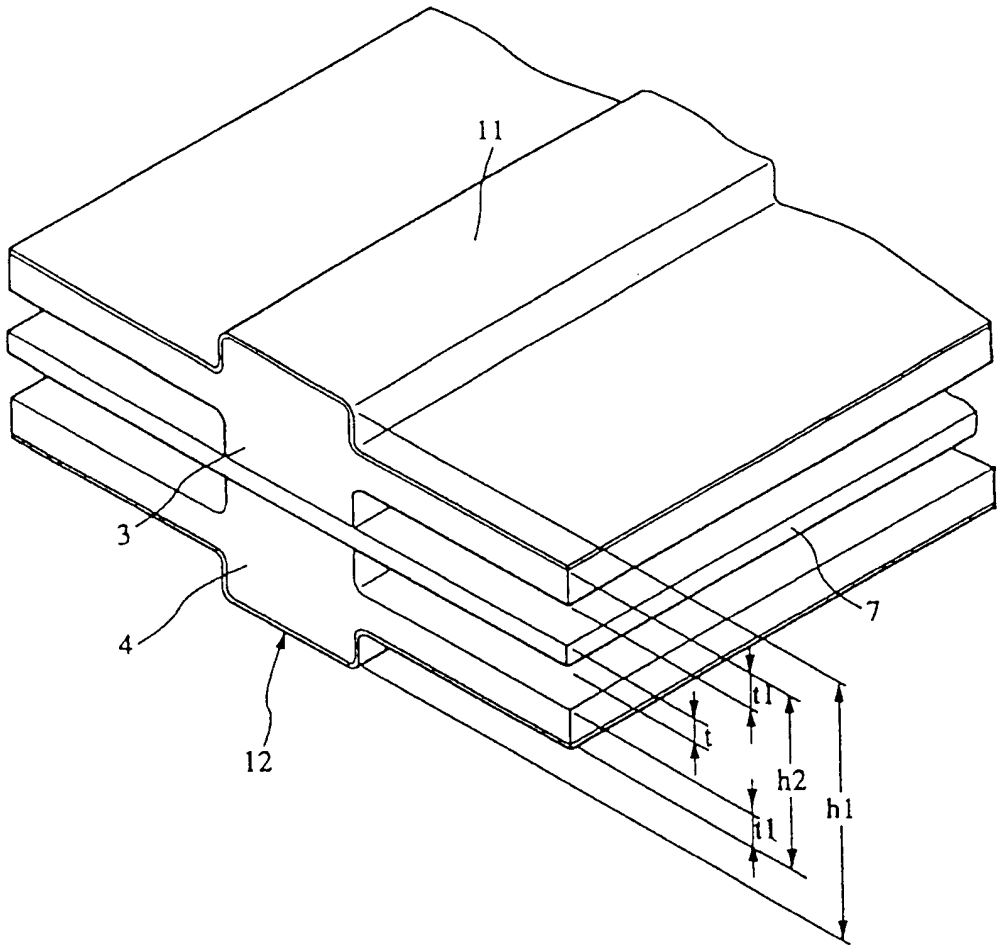
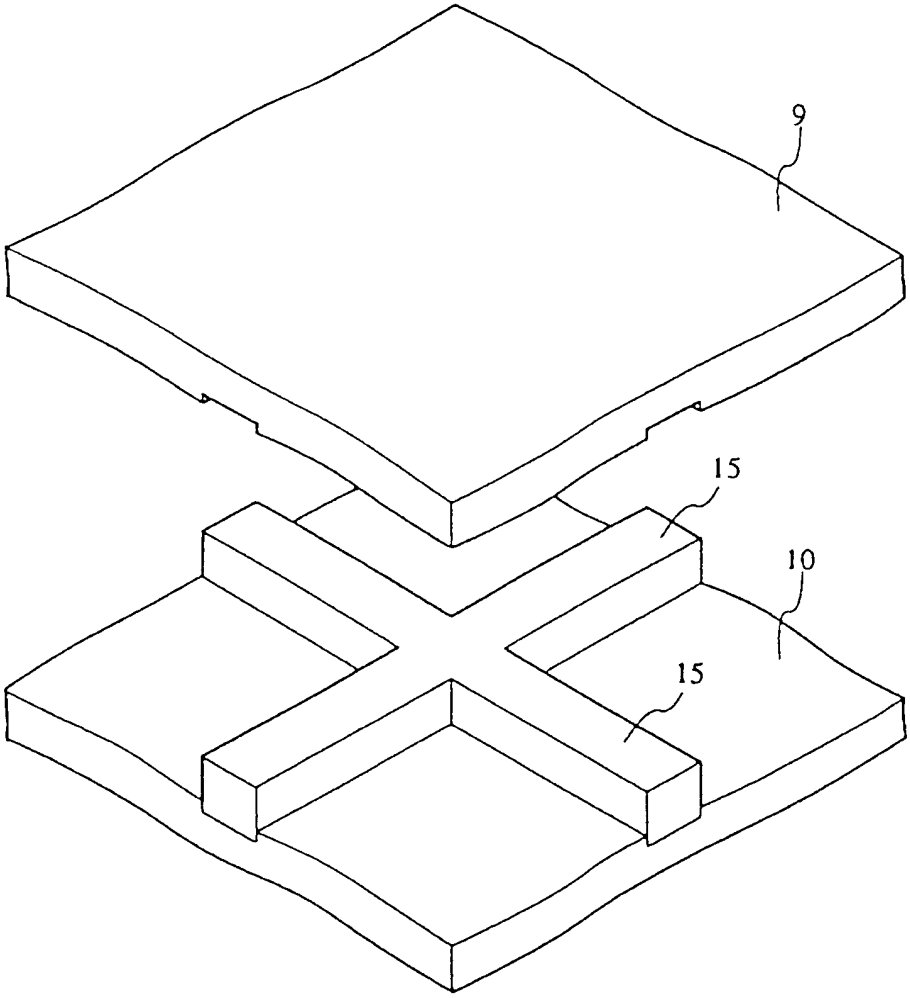


图 24

(A)



(B)

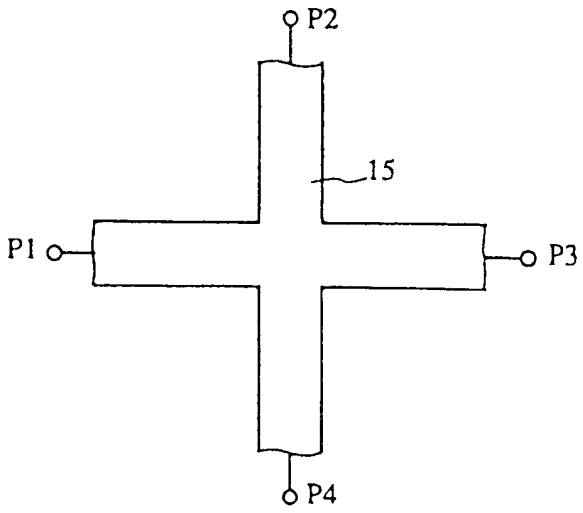


图 25

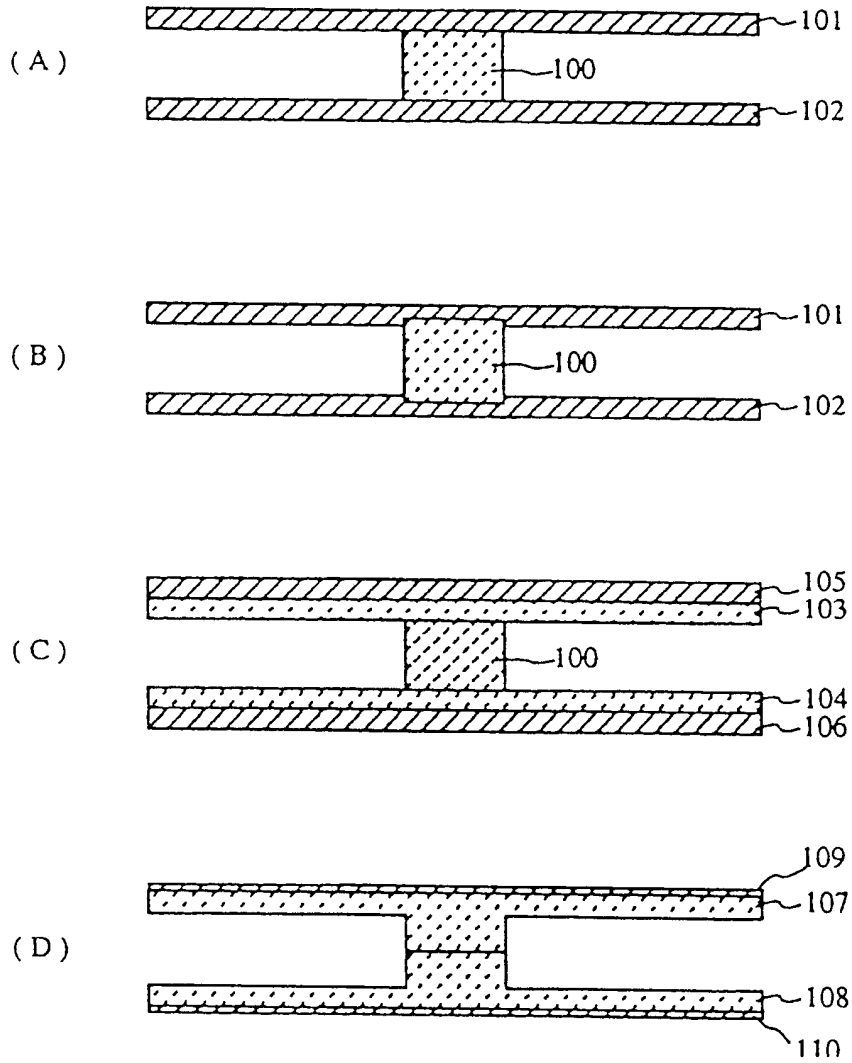


图 26

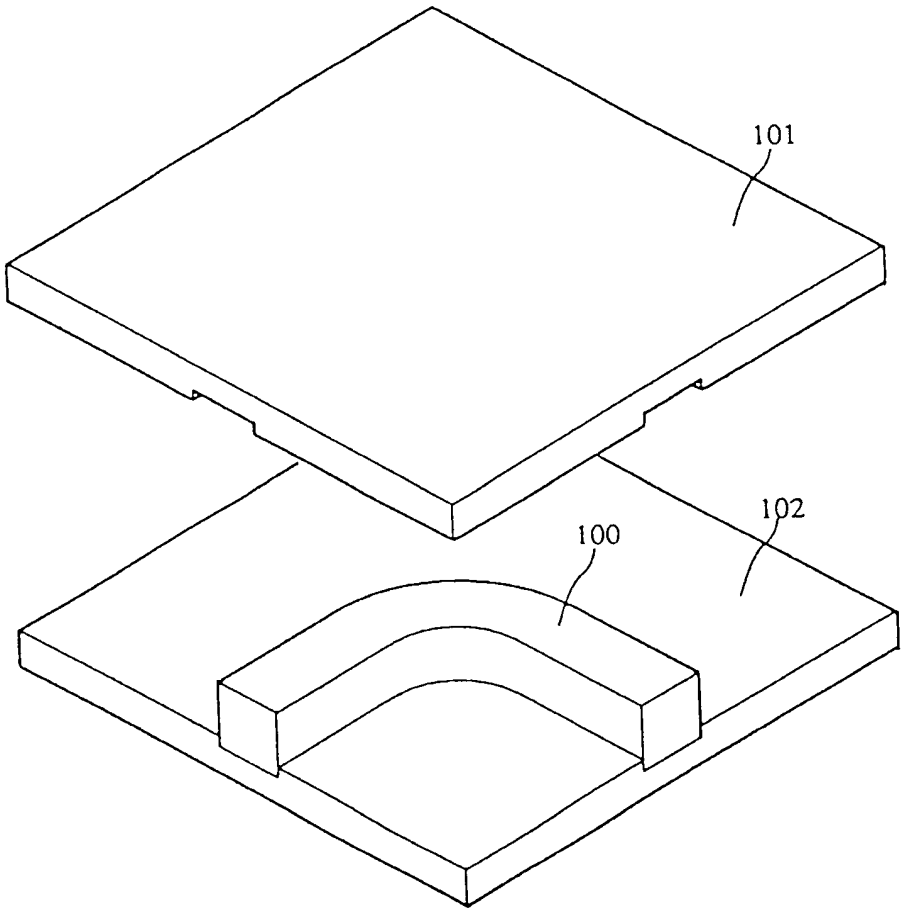
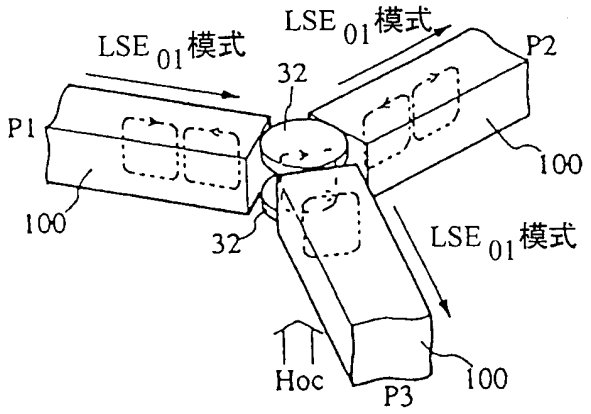


图 27

(A)


LSE 01模式
LSE 01模式
P2
32
P1
100
100
32
LSE 01模式
Hoc
P3
100

(B)

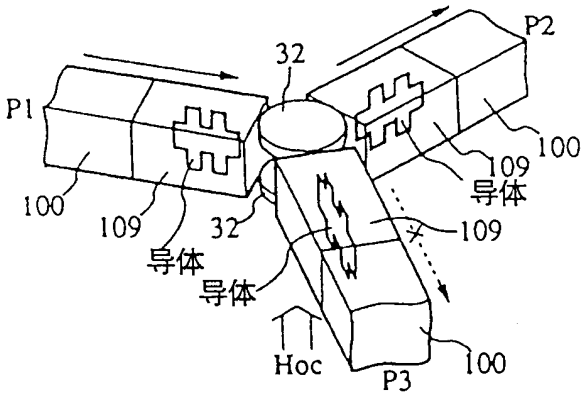

P2
32
P1
100
109
导体
100
109
32
109
导体
导体
Hoc
P3
100

图 28