



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02127249.2

[45] 授权公告日 2007 年 2 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1301567C

[22] 申请日 2002.3.30 [21] 申请号 02127249.2

[30] 优先权

[32] 2001. 3. 30 [33] JP [31] 98589/01

[32] 2001. 4. 4 [33] JP [31] 105382/01

[32] 2001. 4. 16 [33] JP [31] 117461/01

[32] 2001. 8. 1 [33] JP [31] 233692/01

[73] 专利权人 日立金属株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 武田茂 堀口秀人 有田行范
竹内绅一郎 岸本靖 山本伸二

[56] 参考文献

JP11205016A 1999.7.30

审查员 丰学民

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 杨 梧 马高平

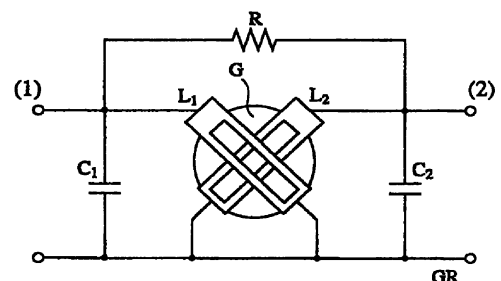
权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图 20 页

[54] 发明名称

二端子对隔离器以及对其的评价方法

[57] 摘要

本发明提供一种二端子对隔离器，它具有：铁氧体薄板、永久磁铁、第一以及第二中心导体、第一以及第二输入输出端子、与所述第一以及第二中心导体的另一端相连的公共部、第一匹配用电容器、第二匹配用电容器、电阻元件；将从第一输入输出端子输入并从第二输入输出端子输出高频信号情况中的损耗作为插入损耗，将从第二输入输出端子输入并从第一输入输出端子输出高频信号情况中的损耗作为反方向损耗的情况中，设定电阻元件的直流电阻值以便使插入损耗比反方向损耗小，并且在增大从外部向所述二端子对隔离器中施加的静磁场时增加反方向损耗。



1. 一种二端子对隔离器，它具有：铁氧体薄板、在所述铁氧体薄板上施加静磁场的永久磁铁、在所述铁氧体薄板中央设置的以彼此电绝缘状态交叉的第一以及第二中心导体、分别在所述第一以及第二中心导体的一端设置的第一以及第二输入输出端子、与所述第一以及第二中心导体的另一端相连的公共部、连接在所述第一输入输出端子和所述公共部之间的第一匹配用电容器、连接在所述第二输入输出端子和所述公共部之间的第二匹配用电容器、连接在所述第一输入输出端子和第二输入输出端子之间的电阻元件；其特征在于：所述电阻元件的直流电阻值为 $60 - 100\Omega$ 。

2. 如权利要求 1 所述的二端子对隔离器，其特征在于：所述公共部与接地导体相连。

3. 如权利要求 1 所述的二端子对隔离器，其特征在于，所述铁氧体薄板由一片以上的铁氧体薄板片组成，在至少一片铁氧体薄板片上设置用于埋设所述中心导体的一部分的沟。

4. 如权利要求 3 所述的二端子对隔离器，其特征在于：所述铁氧体薄板层叠至少 2 个铁氧体薄板片，在第一铁氧体薄板片的沟中埋设中心导体的一部分，在其上层叠第二铁氧体薄板片。

5. 如权利要求 3 所述的二端子对隔离器，其特征在于：所述铁氧体薄板由第一以及第二铁氧体薄板片构成，在第一铁氧体薄板片的第一沟中埋设第一中心导体的一部分，在第二铁氧体薄板片的第二沟中埋设第二中心导体的一部分。

6. 如权利要求 3 所述的二端子对隔离器，其特征在于：多个铁氧体薄板片在所述沟以外的部分中彼此相连。

7. 如权利要求 3 所述的二端子对隔离器，其特征在于：将由第一以及第二铁氧体薄板片组成的铁氧体薄板容纳在兼用作其里面安装了永久磁铁的磁轭的壳体中，将第一铁氧体薄板片配置在所述壳体底部一侧，将第二铁氧体薄板片配置在永久磁铁侧，所述第二铁氧体薄板片具有比第一铁氧体薄板片大的饱和磁化。

8. 如权利要求 1 所述的二端子对隔离器，其特征在于：所述铁氧体薄板是矩形，所述第一以及第二中心导体具有分别分为 3 个以上的导体部，并

使所述矩形铁氧体薄板的边平行地配置。

9. 如权利要求 8 所述的二端子对隔离器, 其特征在于, 在多个铁氧体薄板片之间配置所述第一以及第二中心导体。

10. 如权利要求 8 所述的二端子对隔离器, 其特征在于, 所述中心导体的宽度是与所述中心导体平行的所述铁氧体薄板边宽度 1/2 以上。

11. 如权利要求 8 所述的二端子对隔离器, 其特征在于: 将所述第一以及第二中心导体紧密联接并配置在第一以及第二铁氧体薄板片之间, 通过所述永久磁铁, 自所述第二铁氧体薄板片一侧施加静磁场, 所述第二铁氧体薄板片的饱和磁化比所述第一铁氧体薄板片的饱和磁化大。

12. 如权利要求 1 所述的二端子对隔离器, 其特征在于: 所述第一中心导体中心轴与所述第二中心导体中心轴的交叉角度(所述电阻元件侧)具有 40 - 80°的范围。

13. 如权利要求 12 所述的二端子对隔离器, 其特征在于: 第 3 电容器与所述电阻元件并联连接。

14. 如权利要求 13 所述的二端子对隔离器, 其特征在于, 所述第 3 电容器的静电容量比所述第一匹配用电容器以及第二匹配用电容器的静电容量小。

15. 如权利要求 12 所述的二端子对隔离器, 其特征在于, 电感与所述电阻元件并联或串联连接。

16. 如权利要求 3-15 中的任何一个所述的二端子对隔离器, 其特征在于, 所述公共部与接地导体相连。

17. 一种对二端子对隔离器的评价方法, 其中该二端子对隔离器在壳体内具有: 铁氧体薄板、在所述铁氧体薄板上施加静磁场的永久磁铁、在所述铁氧体薄板中央设置的以彼此电绝缘状态交叉的第一以及第二中心导体、分别在所述第一以及第二中心导体的一端设置的第一以及第二输入输出端子、与所述第一以及第二中心导体的另一端相连的公共部、连接在所述第一输入输出端子和所述公共部之间的第一匹配用电容器、连接在所述第二输入输出端子和所述公共部之间的第二匹配用电容器、连接在所述第一输入输出端子和第二输入输出端子之间的电阻元件, 其特征在于: 在外部电路中连接了所述二端子对隔离器后, 从外部使永久磁铁逐渐靠近所述壳体, 检测静磁场的增加与反方向损耗的关系, 如果所述反方向损耗相对所述静磁场增加为

800A/m 以上而增加 1dB 以上，则判定所述电阻元件的电阻值合适。

18. 如权利要求 17 所述的二端子对隔离器的评价方法，其特征在于：在将所述插入损耗为最小的频率设为 f_0 的情况中，设定所述电阻元件的电阻值以便使在 $0.8 f_0 - 3 f_0$ 频率范围内，所述反方向损耗为 10dB 以上。

19. 如权利要求 18 所述的二端子对隔离器的评价方法，其特征在于：设定所述电阻元件的电阻值以便使所述反方向损耗变为 10 - 20dB。

20. 如权利要求 17-19 的任何一项所述的二端子对隔离器的评价方法，其特征在于：所述公共部与接地导体相连。

二端子对隔离器以及对其的评价方法

技术领域

本发明涉及在宽频带内具有大的反方向损耗以及小的插入损耗的二端子对隔离器以及对其的评价方法。

背景技术

作为当前高频信号使用的隔离器，一般为将3端子对接合型环形器的一个端子以匹配阻抗形式作为终端的3端子对隔离器。将3端子对接合型环形器分类为分布常数型环形器和集中常数型环形器。环形器具有这样的基本结构：具有铁氧体薄板、在铁氧体薄板上施加垂直磁场的永久性磁铁、在铁氧体薄板周围设置的导体，该环形器电特性是不可逆的。在铁氧体薄板的尺寸为其中传入的高频信号的波长的1/4以上的情况中使用分布常数型环形器。在铁氧体薄板的尺寸为其中传入的高频信号的波长的1/8以下的情况中使用集中常数型环形器。因此，集中常数型环形器比分布常数型环形器更适用于小型化应用。

图7是示出了将匹配阻抗(电阻元件R)与当前移动电话等中使用的3端子对集中常数型环形器的一个端子对相连而成为隔离器的电路的概要图。在由石榴石型铁氧体组成的铁氧体薄板G上以120°等间隔配置了3个中心导体L1、L2、L3。各中心导体L1、L2、L3的一端是端子对(1)、(2)、(3)的输入输出线路，另一端与作为接地导体的公共部GR相连。在中心导体L1、L2、L3的一端与公共部GR之间分别并列连接了匹配用电容器C1、C2、C3。为了作为隔离器的操作，在端子对(3)和公共部GR之间连接了能量吸收用电阻元件R。

为了施加大致与铁氧体薄板G的主平面垂直的静磁场，将永久磁铁(图中没有示出)安装在作磁轭的壳体上。图7所示的隔离器中，以所希望的频率(以后称其为“中心频率”)f₀，从端子对(1)输入的高频信号、从端子对(2)输入的高频信号分别以较少的损耗传送到端子对(2)和端子对(3)。但是，由于将电阻元件R连接到端子对(3)上，因此吸收了大部分能量，从端子对(2)

到端子对(1)上几乎不能传播高频信号。即,通过该隔离器,高频信号仅在一个方向上传播,而禁止传播反方向的高频信号。

图7所示的隔离器虽然具有在宽频带范围内插入损耗小的优点,但是,具有得到大的反方向损耗的频带宽度窄的缺点。由于3组中心导体以 120° 的角度交叉,在比所希望的频率 f_0 稍高的频率中,不能忽视中心导体的彼此耦合,在大约 $1.4 f_0$ 的高频信号中出现传送损耗的第二峰值(S.Takeda; 1999IEEE MTT-S Digest, pp.1361-1364(WEF 3-1))。其结果,反方向损耗衰减到5dB。受其影响,在 $2 f_0$ 和 $3 f_0$,反方向高频信号的衰减量不怎么大。

与此相反,图6所示的二端子对隔离器具有两个正交中心导体L1、L2。例如,参考特开昭52-134349号(美国专利第4016510号)、特开昭53-129561号(美国专利第4101850号)。由于这种结构,从中心频率 f_0 (称其为“频带内”)附近偏离开的话,即使不执行正确的隔离操作,也具有在反方向高频信号中能获得高衰减量的优点。

在具有这种结构的二端子对隔离器中,将匹配用电容器C1、C2并联到中心导体L1、L2的一端与公共部GR之间。二端子对隔离器的主要特征是,可以将能量吸收用的电阻元件R的两个端子分别连接到中心导体L1、L2的一端。中心导体L1、L2的另一端连接到作为接地导体的公共部GR。二端子对隔离器由于比3端子对接合型环形器少一个中心导体、少一个匹配用电容器,而适合于高频隔离器的小型化以及薄型化。

但是,具有图6所示的结构二端子对隔离器从来未曾正式实际使用过。其理由是,在该二端子对隔离器中,虽然在宽频带范围内可以获得大的反方向损耗,但是由于存在插入损耗小的频带宽度窄的缺点,因此,与3端子对环形器相比,插入损耗不会变得那么小。以加宽小插入损耗的频带宽度为例,虽然可以考虑通过减小在铁氧体薄板上施加的静磁场,来减小标准化操作磁场 σ ,但是,如果这样,铁氧体的磁损耗就变大,导致增加插入损耗。

以上,详细探讨了3端子对环形器的操作原理。为此,本发明人等开发出分析图6电路的模拟器,基于其分析结果,可以获得在宽频带范围内得到大的反方向损耗以及小的插入损耗的基本情况。下面通过电路分析来说明图6的操作原理。

从端子对(1)输入高频信号时,电流流向中心导体L1,激励铁氧体薄板G。由于通过永久磁铁在铁氧体薄板G主表面方向上将其磁化,从铁氧体薄

板 G 产生高频磁场，通过该高频磁场，在与中心导体 L1 正交的中心导体 L2 中激起电流。这是由于微波频带的铁氧体强磁性共振效果所造成的。利用该效果，中心导体 L1 与中心导体 L2 耦合，从中心导体 L1 向中心导体 L2 传播高频能量。

匹配用电容器 C1、C2 分别与中心导体 L1、L2 成对，构成以中心频率 f_0 共振的并联共振电路。这里要注意，高频能量传播时相位有变化。即，能量从端子对(1)传送到端子对(2)的情况中，其相位差为 0 度，如果输入输出振幅相同，则在电阻元件 R 中没有电流流过。相反，能量从端子对(2)传送到端子对(1)的情况中，其相位差正好为 180 度，此时，在能量吸收用电阻元件 R 中流过大电流，消耗了能量。即，从端子对(2)向端子对(1)传送能量困难。

如此，在图 3(a)以及 (b)中用实线示出了现有技术的二端子对隔离器的插入损耗、反方向损耗以及反射损耗。图中纵轴的 Δ 标记是 0dB 基准线。如图 6 所示，该二端子对隔离器具有这样的结构：在里面安装了铁氧体磁铁的 7mm 角的铁壳中配置了直径 3.9mm 厚 0.4mm 的石榴石薄板 G，与其接近配置了正交的 2 个中心导体 L1、L2，安装了陶瓷电容器 C1、C2。电阻元件 R 的电阻值为 50 Ω 。图 3(a)示出了有关各个插入损耗和输入端子(相当于图 6 的端子对(1))的反射损耗的频率特性，图 3(b)示出了有关各个反方向损耗和输出端子(相当于图 6 的端子对(2))的反射损耗的频率特性。

在频率 1140MHz(中心频率 f_0)处产生插入损耗的最小值，该值为 0.58dB。该值比 3 端子对环形器的插入损耗大 0.2 - 0.3dB。反方向损耗在中心频率 f_0 处为 11 dB 左右，当然这个值也不太合适。但是，二端子对隔离器的反方向损耗的频率特性不像 3 端子对环形器那样是凹型的，而是凸型的。

图 4 示出了在比图 3 宽的频率范围内测定的上述二端子对隔离器的插入损耗以及反方向损耗。图 4(a)示出了有关插入损耗和输入端子的反射损耗的频率特性，图 4(b)示出了反方向插入损耗和输出端子的反射损耗的频率特性。示出了在插入损耗最小的频率 1140MHz 为 f_0 时及 2 f_0 、3 f_0 处的衰减量。在图 4(b)中，为了比较，用虚线示出了图 4(a)的插入损耗。从两个图中可以看出，在频带外的 2 f_0 、3 f_0 处的频率中，该隔离器几乎接近于全反射，传播衰减量也为 30dB 左右。重要的是，没有在 3 端子对环形器中发现的不需要的共振。插入损耗以及反方向损耗都表现为凸状频率特性。

二端子对隔离器的其它例子具有将2个中心导体夹持在2层铁氧体薄板片之间的结构。图8示出了有关二端子对隔离器中的中心导体L1、L2和铁氧体薄板G之间的位置关系。图8(a)是示出了第一铁氧体薄板片G1与2个中心导体L1、L2之间设置关系的平面图，省去了第二铁氧体薄板片G2。图8(b)是图8(a)的A-A截面图。通过绝缘膜将第二中心导体L2正交设置在第一中心导体L1上。第二铁氧体薄板片G2与第二中心导体L2紧密相连。箭头MF表示通过流向中心导体L1的高频电流所引起的高频磁场。

因为高频磁场通过铁氧体薄板片G1、G2之间的空隙，因此由于空隙的反磁场，不能高效激励铁氧体薄板片G1、G2。其结果，2个中心导体L1、L2不能强有力耦合。通过模拟，可以了解到，在中心导体L1、L2正交的二端子对隔离器中，中心导体L1、L2的耦合不好直接地引起插入损耗的恶化。在不用第二铁氧体薄板片G2的情况中，中心导体L1、L2的耦合特别不好。图3(a)以及(b)中的实线示出了没有使用第二铁氧体薄板片G2时具有仅由第一铁氧体薄板片G1组成的铁氧体薄板片的二端子对隔离器的插入损耗、反方向损耗以及反射损耗。

图16(a)示出了有关现有的二端子对隔离器的具有平行的2个导体部分的中心导体L1、L2和矩形第一铁氧体薄板G1的组合，图16(b)示出了与第二中心导体L2上部紧密相连设置的第二铁氧体薄板片G2。图16所示的组合物与具有图8所示圆盘状铁氧体薄板的组合物相比，中心导体L1、L2的耦合多少可以高一些。

图17所示的结构除了将2个中心导体L1、L2交织在一起之外，其余和图16所示结构相同。这种结构，可以改善2个中心导体L1、L2的耦合。

通过模拟可以了解到，在中心导体L1、L2正交的二端子对隔离器中，体现出中心导体L1、L2耦合不好使插入损耗恶化。为此，分析图16以及图17所示的现有结构，可以了解到整个矩形铁氧体薄板片G1、G2上、2个中心导体L1、L2不一定很好地耦合。特别地，在铁氧体薄板周围，2个中心导体的耦合不充分。

实际上，第一以及第二中心导体之间存在电容，还存在与电阻元件并联的寄生电感。一旦存在这样的寄生元件，就不能希望进行所希望的操作。因此，希望通过模拟使二端子对集中常数型隔离器的电路特性优化。在US专利4210886中记载了：在第一中心导体L1的中心轴和第二中心导体L2的中

心轴的交叉角度 Φ 变化的情况中,模拟这些线间电容以及寄生电感如何变化。但是,该理论的探讨不明确,求出的交叉角度也不一定实用。

通过上述描述,在现有二端子对隔离器中,虽然在宽频带范围内获得大的反方向损耗,但是,存在插入损耗大并且获得小的插入损耗时的频带宽度窄的缺点。

发明内容

因此,本发明的目的在于提供在宽频带范围内具有大的反方向损耗以及小的插入损耗的二端子对隔离器以及对其的评价方法。

本发明提供一种二端子对隔离器,它具有:铁氧体薄板、在所述铁氧体薄板上施加静磁场的永久磁铁、在所述铁氧体薄板中央设置的以彼此电绝缘状态交叉的第一以及第二中心导体、分别在所述第一以及第二中心导体的一端设置的第一以及第二输入输出端子、与所述第一以及第二中心导体的另一端相连的公共部、连接在所述第一输入输出端子和所述公共部之间的第一匹配用电容器、连接在所述第二输入输出端子和所述公共部之间的第二匹配用电容器、连接在所述第一输入输出端子和第二输入输出端子之间的电阻元件;其特征在於:所述电阻元件的直流电阻值为 $60-100\Omega$ 。

本发明还提供一种对二端子对隔离器的评价方法,其中该二端子对隔离器在壳体内具有:铁氧体薄板、在所述铁氧体薄板上施加静磁场的永久磁铁、在所述铁氧体薄板中央设置的以彼此电绝缘状态交叉的第一以及第二中心导体、分别在所述第一以及第二中心导体的一端设置的第一以及第二输入输出端子、与所述第一以及第二中心导体的另一端相连的公共部、连接在所述第一输入输出端子和所述公共部之间的第一匹配用电容器、连接在所述第二输入输出端子和所述公共部之间的第二匹配用电容器、连接在所述第一输入输出端子和第二输入输出端子之间的电阻元件,其特征在於:在外部电路中连接了所述二端子对隔离器后,从外部使永久磁铁逐渐靠近所述壳体,检测静磁场的增加与反方向损耗的关系,如果所述反方向损耗相对所述静磁场增加为 800A/m 以上而增加 1dB 以上,则判定所述电阻元件的电阻值合适。

本发明的第一二端子对隔离器,具有铁氧体薄板、在所述铁氧体薄板上施加静磁场的永久磁铁、在所述铁氧体薄板中央设置的以彼此电绝缘状态交叉的第一以及第二中心导体、分别在所述第一以及第二中心导体的一端设置

的第一以及第二输入输出端子、与所述第一以及第二中心导体的另一端相连的公共部、连接在所述第一输入输出端子和所述公共部之间的第一匹配用电容器、连接在所述第二输入输出端子和所述公共部之间的第二匹配用电容器、连接在所述第一输入输出端子和第二输入输出端子之间的电阻元件，将从所述第一输入输出端子输入并从所述第二输入输出端子输出高频信号情况中的损耗作为插入损耗，将从所述第二输入输出端子输入并从第一输入输出端子输出高频信号情况中的损耗作为反方向损耗的情况中，设定所述电阻元件的直流电阻值以便使所述插入损耗比所述反方向损耗小，并且在从外部向所述二端子对隔离器中施加的静磁场增大时增加所述反方向损耗。

在从外部向所述二端子对隔离器中施加的静磁场增大为 800A/m 以上时，所述二端子对隔离器反方向损耗最好增加 1dB 以上。最好通过所述二端子对隔离器的兼用作磁轭的外壳从上方靠近永久磁铁增加所述静磁场。

使剩余磁通密度为 0.5T 以上的永久磁铁自上方靠近上述壳体到 50mm 以内时，所述二端子对隔离器的反方向损耗可以增加 1dB 以上。所述电阻元件的直流电阻值最好为 $60 - 100\Omega$ 。

在将所述插入损耗为最小的频率设为 f_0 的情况中，在 $0.8 f_0 - 3 f_0$ 频率范围内，所述反方向损耗为 10dB 以上。

本发明的二端子对隔离器的评价方法，由于是对这样的二端子对隔离器评价，其中该二端子对隔离器在壳体内具有：铁氧体薄板、在所述铁氧体薄板上施加静磁场的永久磁铁、在所述铁氧体薄板中央设置的以彼此电绝缘状态交叉的第一以及第二中心导体、分别在所述第一以及第二中心导体的一端设置的第一以及第二输入输出端子、与所述第一以及第二中心导体的另一端相连的公共部、连接在所述第一输入输出端子和所述公共部之间的第一匹配用电容器、连接在所述第二输入输出端子和所述公共部之间的第二匹配用电容器、连接在所述第一输入输出端子和第二输入输出端子之间的电阻元件，在外部电路中连接了所述二端子对隔离器后，从外部使永久磁铁徐徐靠近所述壳体，边增大静磁场边观察反方向损耗，如果所述反方向损耗相对所述静磁场 800A/m 以上的增加而增加 1dB 以上，就认为所述电阻值比外部线路阻抗(从所述二端子对隔离器观察所述外部电路时的阻抗) 大得适当，因此将所述电阻元件的电阻值判断为合适。

本发明的第二二端子对隔离器，具有铁氧体薄板、在所述铁氧体薄板上

施加静磁场的永久磁铁、在所述铁氧体薄板中央设置的以彼此电绝缘状态交叉的第一以及第二中心导体、分别在所述第一以及第二中心导体的一端设置的第一以及第二输入输出端子、与所述第一以及第二中心导体的另一端相连的公共部、连接在所述第一输入输出端子和所述公共部之间的第一匹配用电容器、连接在所述第二输入输出端子和所述公共部之间的第二匹配用电容器、连接在所述第一输入输出端子和第二输入输出端子之间的电阻元件，所述铁氧体薄板由一片以上的铁氧体薄板片组成，在至少一片铁氧体薄板片上设置用于埋设所述中心导体的一部分的沟。

所述铁氧体薄板层叠至少 2 个铁氧体薄板片，最好在第一铁氧体薄板片的沟中埋设中心导体的一部分，在其上层叠第二铁氧体薄板片。

所述铁氧体薄板片由第一以及第二铁氧体薄板片构成，最好在第一铁氧体薄板片的第一沟中埋设第一中心导体的一部分，在第二铁氧体薄板片的第二沟中埋设第二中心导体的一部分。

多个铁氧体薄板片最好在所述沟以外的部分中彼此相连。

将由第一以及第二铁氧体薄板片组成的铁氧体薄板容纳在兼用作其里面安装了永久磁铁的磁轭壳中，将第一铁氧体薄板片配置在所述壳体底部一侧，将第二铁氧体薄板片配置在永久磁铁侧，所述第二铁氧体薄板片最好具有比第一铁氧体薄板片大的饱和磁化。所述第一铁氧体薄板片和所述第二铁氧体薄板片的饱和导磁性之差最好在 0.005T - 0.02T 的范围内。

本发明的第三二端子对隔离器，具有铁氧体薄板、在所述铁氧体薄板上施加静磁场的永久磁铁、在所述铁氧体薄板中央设置的以彼此电绝缘状态交叉的第一以及第二中心导体、分别在所述第一以及第二中心导体的一端设置的第一以及第二输入输出端子、与所述第一以及第二中心导体的另一端相连的公共部、连接在所述第一输入输出端子和所述公共部之间的第一匹配用电容器、连接在所述第二输入输出端子和所述公共部之间的第二匹配用电容器、连接在所述第一输入输出端子和第二输入输出端子之间的电阻元件，所述铁氧体薄板是矩形，所述第一以及第二中心导体具有分别分为 3 个以上导体部，设置成与所述矩形铁氧体薄板的边平行。

最好在多个铁氧体薄板片之间配置所述第一以及第二中心导体。所述中心导体的宽度最好是与所述中心导体平行的所述铁氧体薄板边宽度 1/2 以上。

将所述第一以及第二中心导体紧密联接并配置在第一以及第二铁氧体薄板片之间,通过所述永久磁铁,自所述第二铁氧体薄板片一侧施加静磁场,所述第二铁氧体薄板片的饱和磁化最好比所述第一铁氧体薄板片的饱和磁化大。

本发明的第四二端子对隔离器,其特征在于,具有铁氧体薄板、在所述铁氧体薄板上施加静磁场的永久磁铁、在所述铁氧体薄板中央设置的以彼此电绝缘状态交叉的第一以及第二中心导体、分别在所述第一以及第二中心导体的一端设置的第一以及第二输入输出端子、与所述第一以及第二中心导体的另一端相连的公共部、连接在所述第一输入输出端子和所述公共部之间的第一匹配用电容器、连接在所述第二输入输出端子和所述公共部之间的第二匹配用电容器、连接在所述第一输入输出端子和第二输入输出端子之间的电阻元件,所述第一中心导体中心轴与所述第二中心导体中心轴的交叉角度(所述电阻元件侧)具有 $40-80^{\circ}$ 的范围。

最好与所述电阻元件并联连接第3电容器。所述第3电容器的静电容器量最好比所述第一匹配用电容器以及第二匹配用电容器的静电容器量小。

最好使电感与所述电阻元件并联或串连连接。

最好使所述中心导体的公共部与接地导体相连。

附图说明

图1(a)是示出了在本发明二端子对隔离器中,电阻元件的电阻值为 45Ω 的情况中的插入损耗、反方向损耗以及输入端子的反射损耗的频率特性的曲线图,

图1(b)是示出了在本发明二端子对隔离器中,电阻元件的电阻值为 50Ω 的情况中的插入损耗、反方向损耗以及输入端子的反射损耗的频率特性的曲线图,

图1(c)是示出了在本发明二端子对隔离器中,电阻元件的电阻值为 55Ω 的情况中的插入损耗、反方向损耗以及输入端子的反射损耗的频率特性的曲线图,

图2(a)是示出了在中心频率处的反方向损耗与电阻元件的电阻值之间的关系的关系的曲线图,

图2(b)是示出了在中心频率处的反方向损耗以及反射损耗的频带宽度

比与电阻元件的电阻值之间的关系的曲线图，

图 3(a)是示出了二端子对隔离器的插入损耗以及输入端子的反射损耗的频率特性的曲线图，

图 3(b)是示出了二端子对隔离器的反方向损耗以及输出端子的反射损耗的频率特性的曲线图，

图 4(a)是示出了现有技术的二端子对隔离器的插入损耗以及输入端子的反射损耗的频率特性的曲线图，

图 4(b)是示出了现有技术的二端子对隔离器的反方向损耗以及输出端子的反射损耗的频率特性的曲线图，

图 5 是示出了本发明二端子对隔离器的兼用作磁轭的壳体接近永久磁铁的情况下，永久磁铁与壳体间的距离与反方向损耗的关系曲线图，

图 6 是示出了采用于本发明的二端子对隔离器的等效电路图，

图 7 是示出了由 3 端子对环形器组成的隔离器等效电路图，

图 8(a)是示出了二端子对隔离器中的中心导体以及铁氧体薄板的组合体的平面图，

图 8(b)是图 8(a)的 A-A 截面图，

图 9(a)是示出了根据本发明一个实施例的第一铁氧体薄板片的平面图以及截面图，

图 9(b)是示出了第一以及第二铁氧体薄板片和中心导体之间的组合体截面图，

图 10(a)是示出了根据本发明另一个实施例的第一铁氧体薄板片的平面图以及截面图，

图 10(b)是示出了根据本发明另一个实施例的第二铁氧体薄板片的平面图，

图 10(c)是示出了根据本发明其它实施例的第一以及第二铁氧体薄板片和中心导体之间的组合体截面图，

图 11(a)是示出了根据本发明其它实施例的第一铁氧体薄板片的平面图以及截面图，

图 11(b)是示出了根据本发明其它实施例的第二铁氧体薄板片的平面图以及截面图，

图 11(c)是示出了根据本发明其它实施例的第一以及第二铁氧体薄板片

和中心导体之间的组合体截面图，

图 12(a)是示出了根据本发明其它实施例的第一铁氧体薄板片的平面图以及截面图，

图 12(b)是示出了根据本发明其它实施例的第二铁氧体薄板片的平面图以及截面图，

图 12(c)是示出了根据本发明其它实施例的第一以及第二铁氧体薄板片和中心导体之间的组合体截面图，

图 13(a)是示出了根据本发明其它实施例的第一铁氧体薄板片和 2 个中心导体之间的组合体平面图，

图 13(b)是示出了图 13(a)的第一铁氧体薄板片的平面图以及截面图，

图 14(a)是示出了根据本发明其它实施例的第一铁氧体薄板片和 2 个中心导体之间的组合体平面图，

图 14(b)是示出了图 14(a)的第一铁氧体薄板片的平面图，

图 15 是示出了本发明二端子对隔离器的磁路的截面图，

图 16(a)是示出了矩形第一铁氧体薄板片和中心导体之间的组合体平面图，

图 16(b)是示出了应和图 16(a)的和第一铁氧体薄板片组合的矩形第二铁氧体薄板片的平面图，

图 17 是示出了矩形第一铁氧体薄板片和中心导体的组合体平面图，

图 18(a)是示出了具有 6 个导体部的中心导体和第一铁氧体薄板片的组合的平面图，

图 18(b)是示出了应和图 18(a)的和第一铁氧体薄板片组合的矩形第二铁氧体薄板片的平面图，

图 19 是示出了本发明二端子对隔离器的内部结构的平面图，

图 20 是示出了根据本发明其它实施例将具有 6 个导体部的第一以及第二中心导体和第一铁氧体薄板片组合状态的平面图，

图 21 是示出了本发明二端子对隔离器的内部结构的平面图，

图 22(a)是示出了将中心导体层叠在一起的铁氧体薄板的平面图，

图 22(b)是图 22(a)的铁氧体薄板的斜视图，

图 23 是图 22 的铁氧体薄板的展开图，

图 24(a)是示出了二端子对隔离器的反射损耗的频率特性的曲线图，

图 24(b)是示出了二端子对隔离器的插入损耗频率特性的曲线图，

图 24(c)是示出了二端子对隔离器的反方向损耗的频率特性曲线图，

图 25 是示出了二端子对隔离器的各参数和 2 个中心导体的交叉角度之间关系的曲线图，

图 26 是示出了二端子对隔离器的特性和 2 个中心导体的交叉角度之间关系的曲线图，

图 27 是示出了采用本发明的二端子对隔离器等效电路的其它例子的图，

图 28 是示出了采用本发明的二端子对隔离器等效电路的其它例子的图，

图 29 是示出了采用发明的二端子对隔离器等效电路的其它例子的图。

具体实施方式

图 1 是示出了外部线路阻抗为 50Ω 情况下的二端子对隔离器频率特性。外部线路阻抗是从二端子对隔离器观察与二端子对隔离器相连的外部电路时的阻抗。图 1(a)是电阻元件 R 是 45Ω 的情况，图 1(b)是电阻元件 R 是 50Ω 的情况，以及图 1(c)示出了电阻元件 R 为 55Ω 的情况。中心频率 f_0 都为 1000MHz ，将等效电路假定为理想电路，通过模拟计算二端子对隔离器的插入损耗、反方向损耗以及输入端子的反射损耗。在图 1 中，频率特性向 $2f_0$ 以及 $3f_0$ 的高频侧展开。

从图 1(b)中可知，电阻元件 R 等于外部线路阻抗 50Ω 时，在中心频率 f_0 处的反方向损耗为无限大，插入损耗为零，反射损耗为无限大。在高频一侧，插入损耗呈现单调增加的倾向，没有奇点。反方向损耗在高频一侧基本平坦，并且呈现出 45dB 左右的高衰减量。输入端子的反射损耗在高频一侧变为接近完全反射的状态。

电阻元件为 45Ω 的情况下，如图 1(a)所示，插入损耗以及输入端子的反射损耗与电阻元件为 50Ω 的情况没有大的不同。但是，反方向损耗有大的变化，中心频率 f_0 处的衰减量恶化到 25dB 。反方向损耗在高频一侧增加，在 $1.8f_0$ 左右的频率处呈现出衰减极限。

电阻元件为 55Ω 的情况下，如图 1(c)所示，插入损耗以及输入端子的反射损耗与电阻元件为 50Ω 的情况没有大的不同。但是，反方向损耗和 $R=50\Omega$

有大的不同，中心频率 f_0 处的衰减量恶化到 27dB。在高频一侧，反方向损耗为平稳单调增加，没有出现图 1(a)所示那样的奇点。

图 2(a)示出了在 $20 - 110\Omega$ 的电阻元件 R 的范围内，通过模拟计算中心频率处反方向损耗的结果。从图 2(a)中可知，电阻元件 R 的电阻值比外部线路阻抗 50Ω 小或大，反方向损耗都降低。从实用角度看，反方向损耗的下限值为 10dB 时，电阻元件 R 变为 $25 - 100\Omega$ 的范围是有必要的。

图 2(b)示出了电阻元件 R 的电阻值范围比图 2(a)扩大时，在 $1\Omega - 1000\Omega$ 宽的电阻值范围内，计算出在中心频率处的反方向损耗结果。图 2(b)示出了除了反方向损耗之外的输入端子反射损耗的频带宽度比(用中心频率 f_0 分割反射损耗达到 20dB 时的频率宽度的百分比)。从图 2(b)可知，反方向损耗虽然与电阻元件 R 的电阻值 $=50\Omega$ 时有所不同，但是，频带宽度比呈现出与电阻元件 R 的电阻值相同的单调增加的倾向。即，在 R 小的领域中，与频带宽度比为 2% 左右相反，接近开放的 R 大的领域，频带宽度比变为 10%。

如上所述，在具有图 6 所示的等效电路的二端子对隔离器中，可知：电阻元件 R 的电阻值比 50Ω 过大或过小，作为隔离器不可逆的特性丧失。即，在电阻元件 R 的电阻值中存在所希望的范围。

本发明的要点在于，在二端子对隔离器中，获得大的插入损耗的频带宽度在不增加插入损耗的情况下尽可能宽。如图 2(b)所示，这是通过扩大输入端子的反射损耗的频带宽度实现的。根据这个观点求出电阻元件 R 的最佳电阻值。

在本发明的二端子对隔离器中，反射损耗的频带宽度比实际上为 4% 以上是有必要的。因此，为了扩大输入端子反射损耗的频带宽度，从图 2(b)可知有必要电阻元件 R 的电阻值比外部线路阻抗(50Ω)大。此外，为了使反方向损耗最大值为 10dB 以上，从图 2(a)可知必须使电阻元件 R 的电阻值为 100Ω 以下。

但是，由于在端子对(1)、(2)中存在漂移电容和寄生电感，隔离器的外部线路阻抗恰好是 50Ω 的情况下，有必要求出每个隔离器外部线路阻抗。在实际的隔离器中，如图 3 和 4 所示，电阻元件 R 的电阻值即使为 50Ω ，反方向损耗也不是变为无限大。图 3 以及图 4 的情况中，反方向损耗最多为 11dB 左右。这是因为连接电阻元件 R 部分的外部线路阻抗不是 50Ω 。总之，有必要了解这部分的外部线路阻抗为多少。

鉴于上述刻意研究结果, 本发明人发现通过一边用网络分析器等测定二端子对隔离器反方向损耗, 一边改变施加在铁氧体薄板主平面上的磁场, 能判断外部线路阻抗和电元件大小关系。即使对于在壳体中容纳的二端子对隔离器, 通过从外部接近例如永久磁铁, 可以改变在铁氧体薄板上施加的静磁场。

在增大在铁氧体薄板上设置的静磁场时, 插入损耗为最低的中心频率向高频侧移动。反之, 静磁场减小时, 中心频率向低频侧移动。此时可以测定反方向损耗。在连接作为电阻元件的 $R = 50\Omega$ 的状态下, 增加静磁场的情况中, 反方向损耗增加时, 可知: 不增加来自外部的磁场时的外部线路阻抗比 50Ω 低。相反, 降低磁场的情况中, 增加反方向损耗时, 可知: 没有来自外部的磁场时的外部线路阻抗比 50Ω 高。

图 3 以及图 4 的情况, 通过使反极性的磁铁自外部靠近铁氧体薄板, 使施加在铁氧体薄板上的静磁场降低时, 就增加了反方向损耗。这意味着不靠近磁铁情况下的外部线路阻抗比 50Ω 高。如图 1(b) 所示, 由于外部线路阻抗与电阻元件 R 的电阻值相同时反方向损耗最大, 则可望将电阻元件 R 的电阻值设定为高于 50Ω 。具体来说, 通过使电阻元件 R 为 70Ω , 可以使中心频率 f_0 处的反方向损耗为 30dB 以上。这意味着匹配阻抗不是 50Ω , 而应该是 70Ω (参见图 2)。即, 以图 3 以及图 4 为例, 电阻元件 R 的电阻值位于图 2(a) 的反方向损耗的不同点左侧(低电阻值侧)。从这可以明确看出在图 4(b) 所示的反方向损耗中在靠近 $2.5f_0$ 附近有衰减极限。

通过上述描述, 在图 3 以及图 4 的二端子对隔离器中, 将电阻元件 R 设定为 50Ω 不是最好, 位于图 2(a) 中反方向损耗不同点右侧(高电阻值侧)的部分, 在宽频带范围内可以获得大的反方向损耗。即, 最好使用比反方向损耗为最大时的电阻值高的电阻值的电阻元件。在判断实际 2 端子隔离器电阻元件 R 电阻值是否处于图 2(a) 中的反方向损耗不同点开始的右侧时, 可观察使永久磁铁自外部靠近铁氧体薄板, 增加施加在铁氧体薄板上的静磁场时, 反方向损耗的最小值是否增加, 即, 观察反方向损耗是否增加。作为一个例子, 从外部将施加在二端子对隔离器上的静磁场增加到 800A/m 以上时, 如果反方向损耗至少增加 1dB 以上时, 可以确认电阻元件 R 具有所希望的电阻值。

以上是在图 6 所示的二端子对隔离器在解除共振 (アバブレスナンス)

来操作的情况中成立。所谓解除共振是指实际操作磁场比中心频率 f_0 处的强磁性共振磁场 H_{res} 高。 H_{res} 在不考虑铁氧体薄板的反磁场时具有 $2\pi f_0 = \gamma H_{res}$ 的关系。 γ 是磁性旋转系数。实际操作磁场 H_0 对应于强磁性共振磁场 H_{res} 具有 $H_0 = \sigma H_{res}$ 的关系。这里， σ 为标准化操作磁场，通常是 1.5 - 3.0。

在图 3 和图 4 的例子中，外部线路阻抗虽然是 70Ω ，如果计划使结构参数最优化，则它还可以是 50Ω 。此外，对于反方向损耗，在实际中很少要求超过 20dB，不到 10dB，则作为隔离器功能就没有实用价值。因此，外部线路阻抗为 50Ω 的情况下，自图 2(a)可知，电阻元件 R 的电阻值的所希望的下限为 60Ω ，希望的上限为 100Ω 。由此，电阻元件 R 的电阻值的希望范围为 $60 - 100\Omega$ 。

通过以上描述，本发明的二端子对隔离器通过使用 $60 - 100\Omega$ 的电阻元件 R，在宽频带范围内可以具有小的输入端子反射损耗。由此，在宽的频带范围内，可以获得插入损耗小的二端子对隔离器。并且，在调节到上述希望电阻值的情况下，如图 1(c)所示，在 $0.8f_0 - 3.0f_0$ 宽的频率范围内，可以使反方向损耗为 10dB 以上。

通过本发明，借助自外部靠近永久磁铁而增加静磁场时观察反方向损耗增加，可以确认，组合后，电阻元件 R 的电阻值比外部线路阻抗大。

实施例 1

制造具有图 6 所示电路的二端子对隔离器。铁氧体薄板 G 由外径 2.2mm 以及厚 0.4mm 的石榴石型铁氧体组成，匹配用电容器 C1、C2 的容量都为 2pF，电阻元件 R 为 83Ω 。该二端子对隔离器的中心频率为 2.0GHz，反方向损耗为 10.0dB。

使该二端子对隔离器的壳体从上方开始靠近具有 1.1T 的剩余磁通密度的 $7\text{mm} \times 7\text{mm} \times 7\text{mm}$ 的稀土类永久磁铁(全充磁)，增加在铁氧体薄板上施加的静磁场。图 5 示出了永久磁铁和壳体之间的距离 D 和反方向损耗的关系。从图 5 中可以看出，该二端子对隔离器的反方向损耗随着靠近永久磁铁而增加，距离 D 变为 2mm 时反方向损耗增加 2dB。由于反方向损耗增加的灵敏度受到永久磁铁的特性以及隔离器设计的影响，因此，如果从壳体上方 50mm 处使剩余磁通密度为 0.5T 以上的永久磁铁缓缓靠近壳体时，反方向损

耗最终增加 1dB 以上, 可以实现具有电阻元件 R 所希望的电阻值。

为了增加在铁氧体薄板上施加的静磁场, 除了自外部靠近永久磁铁, 还可以例如在电磁铁磁极片之间连接二端子对隔离器。或者, 也可以取出二端子对隔离器的永久磁铁, 直接减少磁场和增加磁场。

图 9 示出了根据本发明一个实施例的铁氧体薄板。如图 9(a)所示, 在铁氧体薄板 G1 中形成用来埋设第一以及第二中心导体 L1、L2 的沟 M1 以及 M2。沟 M1、M2 分别由 2 个沟组成以便于埋设具有分别平行导体部的中心导体 L1、L2。由此, 通过中心导体 L1、L2 所产生的高频磁场 MF 与铁氧体薄板 G 高效耦合。在沟 M1、M2 中埋设中心导体 L1、L2, 由于在沟 M1、M2 之外的部分中紧密连接了 2 个铁氧体薄板, 因此, 相对于由于第一中心导体 L1 引起的高频磁场 MF 的反磁场非常小。

现有技术中二端子对隔离器的插入损耗大的理由可以理解为由于第一中心导体 L1 和第二中心导体 L2 的耦合不完全。由于中心导体 L1、L2 通过铁氧体薄板耦合, 中心导体 L1、L2 和铁氧体薄板的耦合恶化时, 二端子对隔离器的插入损耗变大。因此, 在宽频带范围内减小插入损耗时, 必须改善中心导体 L1、L2 的耦合。

在与铁氧体薄板片 G1 正交的沟 M1、M2 中埋设的 2 个中心导体 L1、L2 由于在中央部重合, 因此沟 M1 比沟 M2 略深。即使仅仅设置了图 9(a)所示的沟 M1、M2 的 1 个铁氧体薄板 G1, 也能改善铁氧体薄板和中心导体 L1、L2 的耦合。但是, 为了提高耦合效果, 如图 9(b)所示, 将没有沟的铁氧体薄板片 G2 盖在铁氧体薄板片 G1 上, 最好用铁氧体薄板片 G1 完全覆盖中心导体 L1、L2。2 个铁氧体薄板片 G1、G2 在没有沟的部分紧密相接。

图 10 示出根据本发明又一个实施例的铁氧体薄板片。图 10(a)示出了设置了埋设中心导体 L1、L2 所获得的宽度的沟 M1、M2 的第一铁氧体薄板片 G1, 图 10(b)示出了没有沟的第二铁氧体薄板片 G2。图 10(c)示出了将 2 个中心导体 L1、L2 包括在 2 个铁氧体薄板片 G1、G2 之间的组合体。

图 11 示出了根据本发明另一个实施例的铁氧体薄板以及中心导体。图 11(a)示出了设置了埋设整个第一中心导体 L1 全部的宽度的沟 M1 的第一铁氧体薄板片 G1, 图 11(b)示出了设置了埋设第二中心导体 L2 全部的宽度的沟 M2 的第二铁氧体薄板片 G2, 图 11(c)示出了将 2 个中心导体 L1、L2 包括在 2 个铁氧体薄板片 G1、G2 之间的组合体。

图 12 示出了根据本发明另一个实施例的铁氧体薄板以及中心导体。图 12(a)示出了设置埋设第一中心导体 L1 的 2 个导体部的第一沟 M1 的第一铁氧体薄板片 G1, 图 12(b)示出了设置了埋设第二中心导体 L2 的 2 个导体部第二沟 M2 的第二铁氧体薄板片 G2, 图 12(c)示出了将 2 个中心导体 L1、L2 包括在 2 个铁氧体薄板片 G1、G2 之间的组合体。

图 13 示出了根据本发明另一个实施例的铁氧体薄板以及中心导体。图 13(a)示出了具有在 2 个中心导体 L1、L2 平行的 2 个导体部中交叉的沟 M1 的第一铁氧体薄板片 G1, 图 13(b)示出了仅在与中心导体 L1、L2 的中央部相当的部分突出的第一铁氧体薄板片 G1。具有相同形状沟 M2 的第二铁氧体薄板片 G2(图中没有示出)的沟 M2 与第一铁氧体薄板片 G1 的沟 M1 正交。

图 14(a)以及(b)示出了根据本发明其它实施例的矩形铁氧体薄板以及中心导体。该实施例除了铁氧体薄板形状之外, 其它都与图 12 所示的实施例相同。

图 15 示出了根据本发明其它实施例的磁路。将 2 个铁氧体薄板片 G1、G2 容纳在兼用作在里面设置了永久磁铁 MAG 的磁轭的壳体 SH 中。将第一铁氧体薄板片 G1 配置在下侧, 将第二铁氧体薄板片 G2 配置在永久磁铁 MAG 一侧。改善中心导体 L1、L2 的耦合时, 铁氧体薄板片内的静磁场必须均匀。在图 15 的磁路中由于永久磁铁 MAG 为 1 个, 因此在靠近永久磁铁 MAG 的第二铁氧体薄板片 G2 中强磁场作用, 在第一铁氧体薄板片 G1 中作用相对弱的磁场。为了获得本发明的效果, 希望降低磁场的不均匀性。作为降低磁场不均性的方法, 已经了解到可以获得使第二铁氧体薄板片 G2 的饱和磁化比第一铁氧体薄板片 G1 的饱和磁化大的效果。

在图 15 所示的二端子对隔离器中, 使用都具有 0.09T 的饱和磁化的铁氧体薄板片 G1、G2 的情况, 以及将铁氧体薄板片 G2 的饱和磁化变为 0.095T、0.1T、0.11T、0.12T 这 4 种类型的情况中, 通过模拟可以求出插入损耗。其结果, 可知铁氧体薄板片 G2 分别具有 0.095T、0.1T、0.11T 的饱和磁化时, 插入损耗小。铁氧体薄板片 G2 的饱和磁化变大到超过 0.12T 时, 插入损耗增加。这是由于第二铁氧体薄板片 G2 的内部磁场变弱, 磁损耗增加。2 个铁氧体薄板片的饱和磁化之差最好在 0.005T - 0.02T 的范围内。

图 3(a)以及(b)的虚线示出了使用具有图 12 所示沟的 2 个铁氧体薄板片

的二端子对隔离器的插入损耗、反方向损耗以及反射损耗。插入损耗最小值在频率 1140MHz(中心频率 f_0)处的减小到约 0.40dB。该插入损耗与 3 端子对环形器的插入损耗相比毫不逊色。反方向损耗在中心频率 f_0 处为 14dB 的左右,认为略有改善。此外,输入端子的反射损耗的频带宽度也变为接近于 2 倍。

图 18 示出了根据本发明一个实施例的铁氧体薄板和中心导体的组合。如图 18(a)所示,在第一矩形铁氧体薄板 G1 上配置了具有 6 个平行导体部的第一中心导体 L1,以及紧密连接了具有和第一中心导体 L1 上的各个正交的 6 个平行导体部的第二中心导体 L2。图 18(b)示出了在具有 6 个平行导体部的第二中心导体 L2 上紧密连接设置的第二铁氧体薄板 G2。

在该实施例中,由于使用了具有 6 个平行导体部的中心导体,通过在第一中心导体中流过的电流所产生的高频磁场在第一以及第二铁氧体薄板片 G1、G2 的所有部分都均匀分布,并且通过铁氧体薄板片 G1、G2,高效地在具有 6 个平行导体部的第二中心导体中传送能量。该效果时由于铁氧体薄板为矩形而获得的。为了加强第一以及第二中心导体 L1、L2 的耦合,可以降低宽频带宽度中的插入损耗。

在图 16 所示的具有 2 个平行导体部的中心导体中,只有在矩形铁氧体薄板的中央部分能激起高频磁场,2 个中心导体的耦合集中在中心部分。与此相反,在具有图 18 所示的 6 个平行导体部的本发明的中心导体中,能够在铁氧体薄板的周围部分激起高频磁场,第一以及第二中心导体 L1、L2 的耦合扩展到矩形铁氧体薄板的所有部分。有关中心导体 L1 的宽度 W 和与中心导体 L1 平行的矩形铁氧体薄板的边的宽度 S 之比 W/S ,相对于在具有 2 个平行导体部的现有技术中心导体中, W/S 为 $1/3-2/5$,在具有 6 个平行导体部的本发明中心导体中,容易将 W/S 做得在 $1/2$ 以上。在图 18 的例子中, W/S 大体为 0.9。模拟的结果可知 W/S 在 $1/2$ 以上比较好。并且在获得 $1/2$ 以上的 W/S 时,各中心导体的导体部为 3 个以上比较好。

图 19 示出了根据本发明其它实施例的将铁氧体薄板、2 个中心导体 L1、L2 电阻元 R 以及匹配用电容器 C1、C2 组合在矩形壳体 SH 中的状态。将矩形铁氧体薄板片 G1 仅仅设置在矩形壳体 SH 的一个角落上。借此,可以在与壳体对角的角落处有空间,可以在那里设置电阻元件 R 以及匹配用电容器 C1、C2。长方形匹配用电容器的长边平行接近铁氧体薄板的各条边。从图

19 中可知, 可以实现占用率非常高的有效的安装。

图 20 示出了根据本发明其它实施例的铁氧体薄板和中心导体的组合。在该例子中, 2 个中心导体 L1、L2 的导体部交叉, 从而强化两者的耦合。

图 21 示出了组合了图 18 中心导体的二端子对隔离器的截面图。将第一铁氧体薄板片 G1 设置在壳体 SH 的下侧, 将第二铁氧体薄板片 G2 设置在永久磁铁 MAG 一侧。改善具有 6 个导体部的中心导体 L1、L2 的耦合时, 有必要将铁氧体薄板内的静磁场保持均匀。在图 21 的磁路中由于永久磁铁为一个, 因此在靠近永久磁铁的第二铁氧体薄板 G2 中作用强的静磁场, 而在第一铁氧体薄板 G1 中静磁场相对弱。为了消除这种不均匀, 已知最好使第二铁氧体薄板片 G2 的饱和磁化大于第一铁氧体薄板片 G1 的饱和磁化。靠近永久磁铁 MAG 的第二铁氧体薄板片 G2 由于具有相对大的饱和磁化, 因此反磁场大, 而将其设置在外部磁场中时, 其内部磁场对应于反磁场大小而减弱。另一方面, 由于处于远离永久磁铁 MAG 位置的第一铁氧体薄板片 G1 具有相对小的饱和磁化, 反磁场小, 其内部磁场的降低相对小。其结果, 使在第一以及第二铁氧体薄板片 G1、G2 中的静磁场均匀。

图 22 示出了根据本发明其它实施例的将第一以及第二中心导体附着在多个铁氧体薄片上之后叠加并烧制所变成的组合体。用虚线表示各中心导体。连接到输入输出端子的第一以及第二中心导体 L1、L2 的一端作为表面电极出现在铁氧体薄板的上面。此外, 连接到接地导体的第一以及第二中心导体 L1、L2 的端子 GR 出现在铁氧体薄板的下部。

图 23 是将图 22 铁氧体薄板展开图。最下面的铁氧体印刷电路基片 G11 比较厚, 在里面印刷了接地导体用电极 GR。其上的铁氧体印刷电路基片 G12 比较薄, 表面上印刷了第一中心导体 L1。其上的铁氧体印刷电路基片 G21 也比较薄, 表面上与第一中心导体 L1 正交印刷了第二中心导体 L2。最上面的铁氧体印刷电路基片 G22 比较厚, 在表面上印刷了与输入输出端子相连的外部电极 L11、L21。各铁氧体印刷电路基片 G11、G12、G21、G22 为用粘合剂固定铁氧体粉末的状态。压制 4 个薄片叠加体之后, 通过用高温烧制获得将第一以及第二中心导体埋入其中的铁氧体薄板。另外, 还可以获得使靠近永久磁铁的薄片 G22 的饱和磁化增大以及静磁场均匀的效果。

图 27 示出了本发明的二端子对隔离器的等效电路。与图 6 所示的二端子对隔离器的不同之处在于, 第一以及第二中心导体的交叉角度 ϕ 从 90° 开

始变化, 以及为了补偿交叉角度 ϕ 的效果将电阻元件 R 与第三电容器 C_w 并联连接。

图 24(a)、(b)、(c) 示出了在 1000MHz 中心频率 $f_0 \pm 10\%$ 的 $900\text{MHz} - 1100\text{MHz}$ 的频率范围内用图 27 的等效电路计算出的二端子对隔离器的 S 参数的频率特性。此外, 将图 27 中的 2 个中心导体 L_1 、 L_2 的耦合假定为完全的。使用的参数为: 特性阻抗 $Z_0 = 50\Omega$, 空心电感 $K = 1\text{nH}$, 铁氧体薄板的饱和磁化 $4\pi M_s = 900\text{G}$, 电阻元件的电阻值 $R = 50\Omega$ 。图 24 示出了有关 60° 、 90° 以及 120° 这 3 个代表性角度 ϕ 的计算结果。

第三电容 C_w 在 $\phi = 90^\circ$ 时 $C_w = 0$, $\phi = 60^\circ$ 时 $C_w = 7.85\text{pF}$, $\phi = 120^\circ$ 时 $C_w = -7.85\text{pF}$ 。 C_w 为“负”时意味着没有用作电容只用作电感。

图 24(a) 示出了反射损耗 S_{11} 的频率特性。以 $\phi = 90^\circ$ 为基准, ϕ 比 90° 小的情况下反射损耗 S_{11} 的频带宽度扩展, ϕ 比 90° 大时, 频带宽度急剧变窄。图 24(b) 示出了插入损耗 S_{21} 的频率特性。以 $\phi = 90^\circ$ 为基准, ϕ 比 90° 小的情况下 S_{21} 的频带宽度扩展, ϕ 比 90° 大时, 频带宽度急剧变窄。 900MHz 内的反射损耗 S_{21} 由于涉及插入损耗的频带宽度, 因此用 Δ 记号表示 IL (位于 $0.9f_0$ 处)。 IL 小意味着插入损耗的频带宽度扩展。从图 24(a)、(b) 的结果可知 $\phi = 60^\circ$ 处反射损耗和插入损耗的频带宽度扩展。

图 24(c) 示出了相同条件下计算出的反方向损耗的频率特性。 $\phi = 90^\circ$ 时, 虽然示出了 $0.9f_0 - 1.1f_0$ ($900\text{MHz} - 1100\text{MHz}$) 频率范围内 45dB 以上的高反方向损耗特性, 但是, 即使 ϕ 比 90° 大以及 ϕ 比 90° 小, 反方向损耗都恶化。尤其是 ϕ 比 90° 小的情况下其恶化显著。 $0.96f_0$ (960MHz) 频带宽度内的反方向损耗为 IS (位于 $0.96f_0$ 处), 用 Δ 记号表示。 IS 大意味着反方向损耗的频带宽度扩展。

图 25 示出了 2 个中心导体的交叉角度 ϕ 在 $40^\circ - 140^\circ$ 宽范围内变化情况下各参数变化。第一匹配用电容器 C_1 和第二匹配用电容器 C_2 具有相同的容量。 ϕ 比 90° 小的情况下, 第 3 电容 C_w 逐渐增加, ϕ 变为 $\phi = 60^\circ$ 时, 第一以及第二匹配用电容器 C 相同, 两者也变为 7.85pF 。

ϕ 变为比 90° 大时, 第一以及第二匹配用电容器的容量急剧变大, 第 3 电容 C_w 为负, 其绝对值急剧变大。用虚线表示负的 C_w 。 C_w 绝对值曲线以 $\phi = 90^\circ$ 为中心左右对称。由于具有负容量的电容等价于电感 L_p , 在图 28 中用其等效电路表示。

ϕ 比 90° 大时, 虽然电阻元件 R 与电感 L_p 并联有必要, 但是, 其等效电路不实用。这意味着, 实际中, 90° 附近重要, 这是由于在 $\phi = 90^\circ$ 处 L_p 变为无穷大。为了避免这样, 如图 29 所示, 将电感 L_s 与电阻元件 R_s 串连插入的电路是实际使用的电路。这是因为将 ϕ 减小到 90° 的情况下, 逐渐靠近 $L_s = 0\text{nH}$, $R_s = 50\Omega$ 。

在图 25 的右半部分示出了 $\phi > 90^\circ$ 时的 L_s 和 R_s 的变化。随着 ϕ 变大 R_s 急剧靠近零, L_s 在 105° 处变为最大。如此, ϕ 变大时 L_s 单调减少。

图 26 示出了在上述条件中计算出的隔离器特性的角度依赖性。显示插入损耗 S_{11} 的频带宽度的 IL (位于 $0.9f_0$ 处的)在 ϕ 小于 90° 时减小, 在 60° 处变为最小, 在大于 90° 时急剧增大。

显示静磁场强度的标准化操作磁场 σ 在 $\phi = 90^\circ$ 时为最小。所谓标准化操作磁场 σ , 由于总是用中心频率 f_0 处的强磁性共振磁场 $H_{res}(= 2\pi f_0/\gamma)$ 分割铁氧体薄板的内部磁场 H_i (与操作磁场 H_0 相同), 因此是无量纲数。 γ 是称其为磁性旋转率的常数。

反射损耗 S_{11} 低于 20dB 的频带宽度 $W(S_{11})$ 在 ϕ 变小时变大, 在大约 60° 变为最大值 7.6% 。 ϕ 大于 90° 时, $W(S_{11})$ 为单调减小。

显示反方向损耗频带宽度的 IS (位于 $0.96f_0$ 处的)在 $\phi = 90^\circ$ 时变为 55dB 为最大。特别地, 在 $\phi < 90^\circ$ 处单调减小, 在 $\phi = 40^\circ$ 处变为 10dB 。 IS 在 $\phi > 90^\circ$ 处减小, 显示出了 30dB 的高衰减量。

从图 26 以及图 27 中可知。

- (1) 重视低插入损耗的情况, 希望 $\phi < 90^\circ$ 的范围。
- (2) 重视反方向损耗的情况, 希望 $\phi = 90^\circ$ 。
- (3) 插入损耗的频带宽度以及反射损耗的频带宽度变为最宽时 ϕ 约 $= 60^\circ$ 。
- (4) IS (位于 $0.96f_0$ 处的)在实际使用中可以允许降低到 10dB , ϕ 可以变为不足 40° 。

通过以上描述, 可知在 $\phi = 60^\circ$ 处, 插入损耗的频带宽度变宽, 反方向损耗也可以充分利用。认为该效果在 IS (位于 $0.96f_0$ 处的)变为 10dB 时的 40° 中实现, 在 ϕ 变为小于 40° 时 IS (位于 $0.96f_0$ 处的)变为过小, 实际中不耐用。为此, ϕ 的下限最好为 40° 。在 $\phi = 80^\circ$ 处比 $\phi = 90^\circ$ 时的插入损耗的频带宽度 IL (位于 $0.9f_0$ 处的)以及反射损耗的频带宽度 $W(S_{11})$ 都颇为改善。但是,

ϕ 比 80° 大时, IS (位于 $0.96f_0$ 处的)大大增加。因此, ϕ 的上限最好为 80° 。

在图 27 的等效电路中存在第 3 电容 C_w , 第一以及第二中心导体的交叉角度 $\phi = 40^\circ$, C_w 有必要比 C 更大, 并且在 $\phi = 80^\circ$ 时 C_w 最好相当小。并且, C_w 也可以不要。原因在于, 由于用薄的绝缘片使 2 个中心导体 L_1 、 L_2 电绝缘, 并且使其在铁氧体薄板 G 的中心部交叉, 在两个中心导体 L_1 、 L_2 之间存在电容, 该线间电容在等效电路中具有与图 27 的 C_w 相同的操作。因此, 如果适当地设定该线间电容, 也可以不用第 3 电容 C_w 。通过线间电容, 在实际应用中, 第 3 电容 C_w 多数比第一以及第二电容 C 小。

线间电容过大, 超过补偿交叉角度 ϕ 的效果所需的 C_w 的量的情况中, 为了补偿这个过大电容, 最好将电感 L_p 与电阻元件 R 并联连接。电阻元件 R 和电感 L_p 的电路还可以用电阻元件 R_s 与电感 L_s 串连来代替。

通过上述描述, 通过将在第一输入输出端子和第二输入输出端子之间连接的电阻元件的电阻值设定为比外部线路阻抗大的所希望水平, 可以在高频信号的宽频带中获得小的插入损耗以及大的反方向损耗。并且, 通过自外部靠近永久磁铁, 可以简单地对二端子对隔离器的电阻元件是否具有所希望的电阻值进行评价。

通过在铁氧体薄板中设定用于埋设中心导体一部分的沟, 可以强化第一中心导体和第二中心导体的耦合, 因而可以在宽频带中实现低的插入损耗。

还使用矩形铁氧体薄板, 在第一以及第二中心导体中设置分别分成 3 个以上的导体部, 并且通过将第一以及第二中心导体与矩形铁氧体薄板的边平行设置, 可以获得在高频信号的宽频带范围内具有小的插入损耗的二端子对隔离器。

通过将第一以及第二中心导体的交叉角度设定为 $40 - 80^\circ$, 可以获得在高频信号的宽频带范围内具有小的插入损耗的二端子对隔离器。

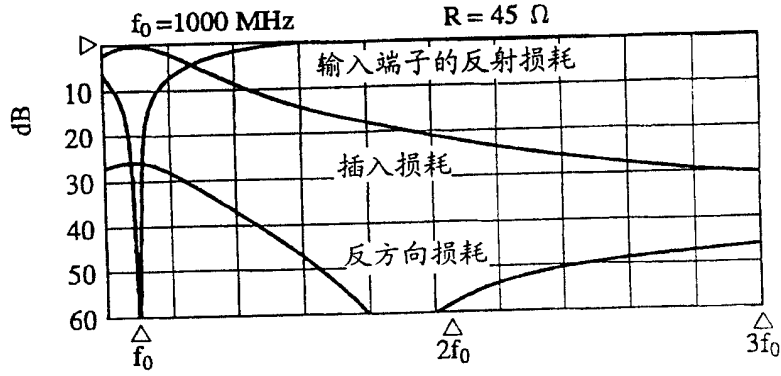


图 1(a)

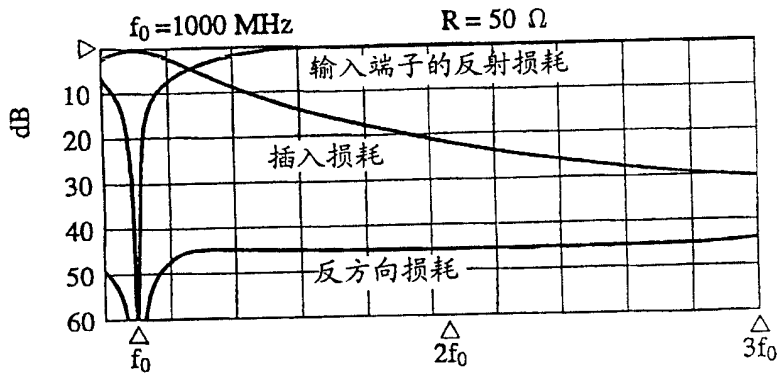


图 1(b)

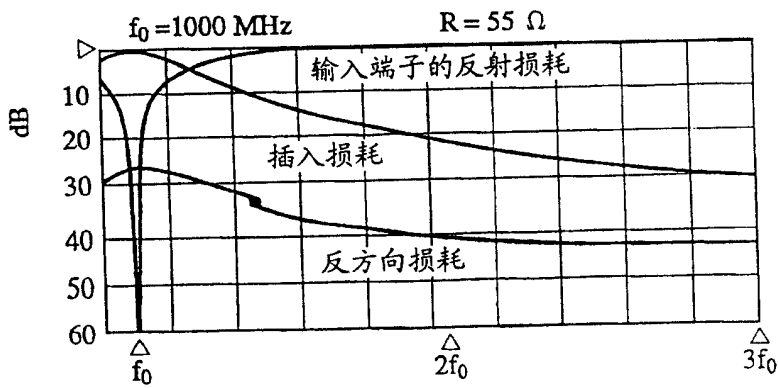


图 1(c)

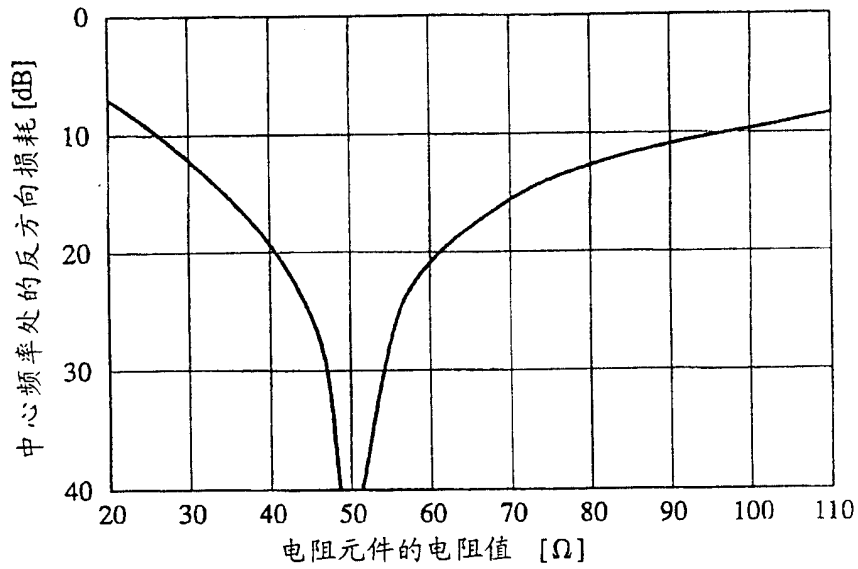


图 2(a)

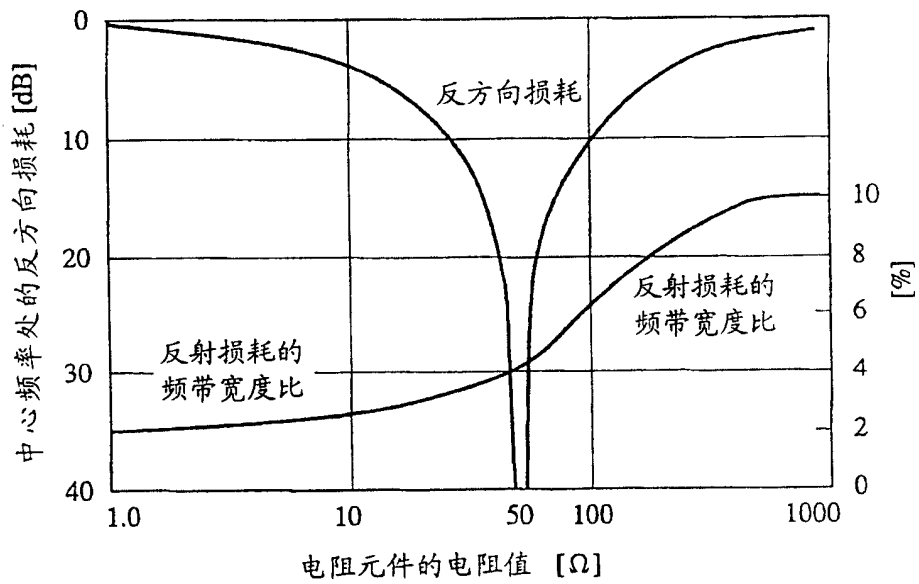


图 2(b)

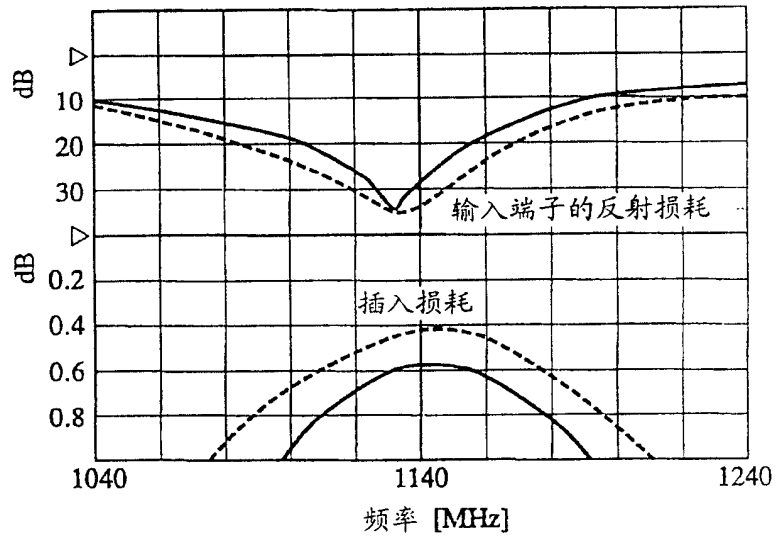


图 3(a)

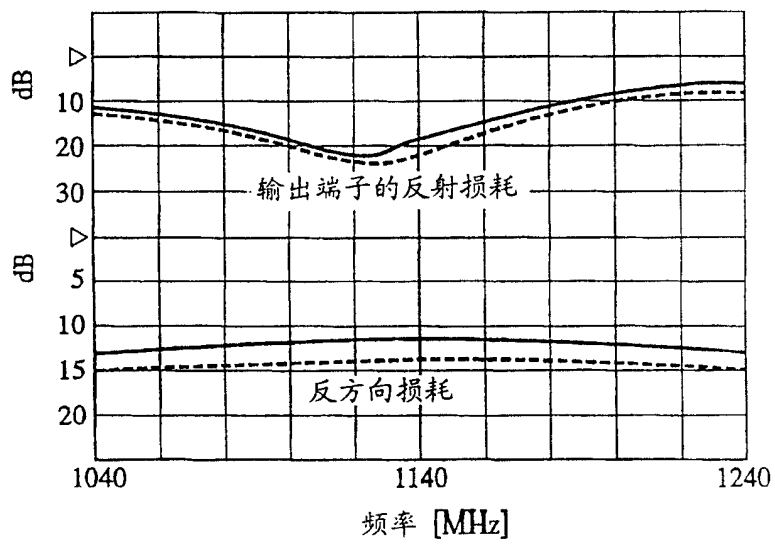


图 3(b)

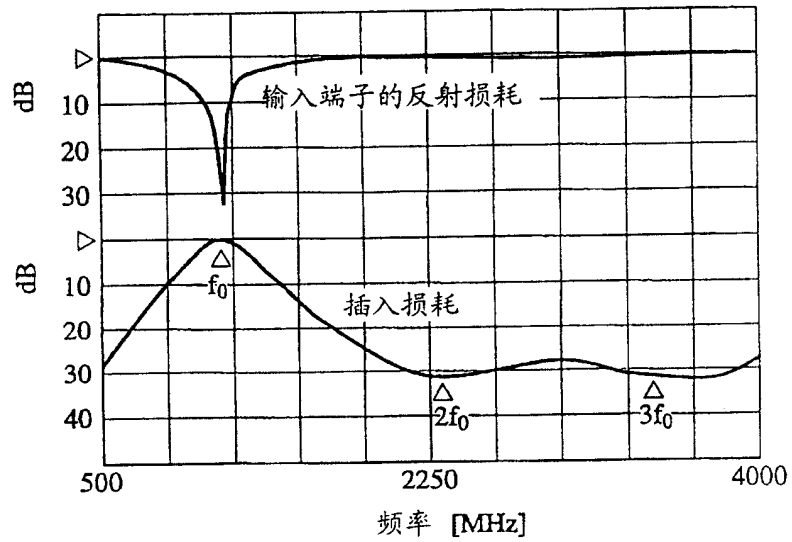


图 4(a)

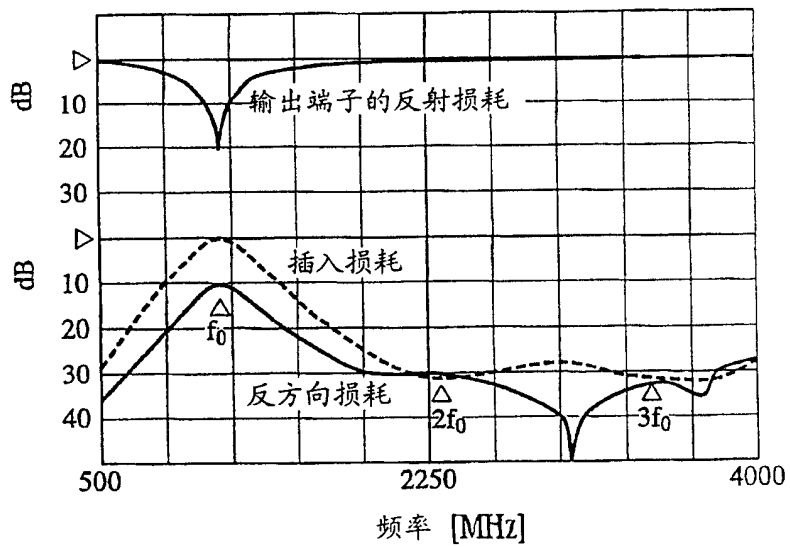


图 4(b)

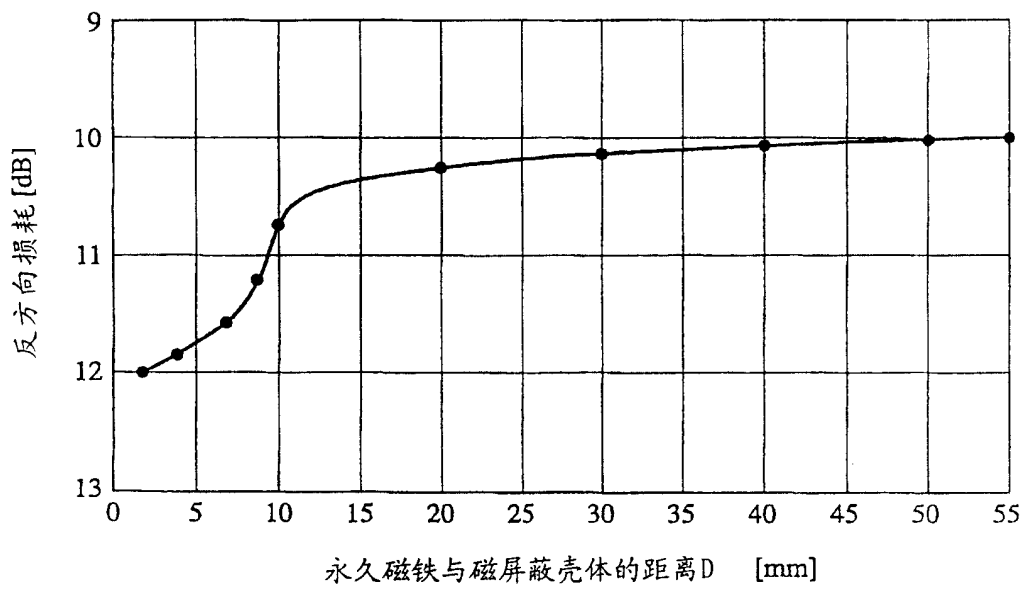


图 5

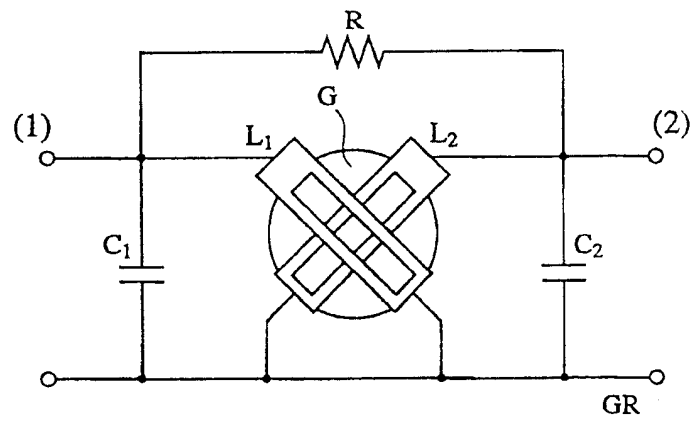


图 6

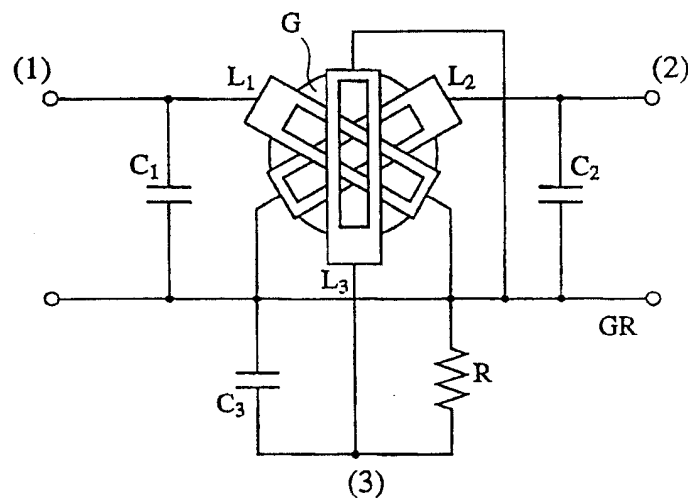


图 7

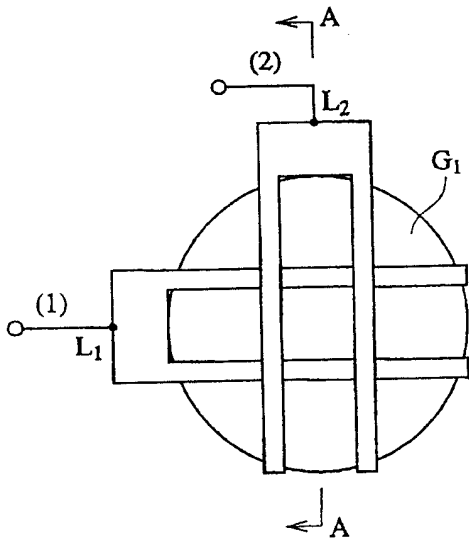


图 8(a)

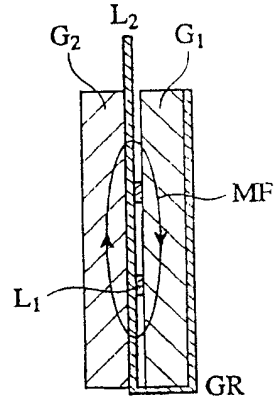


图 8(b)

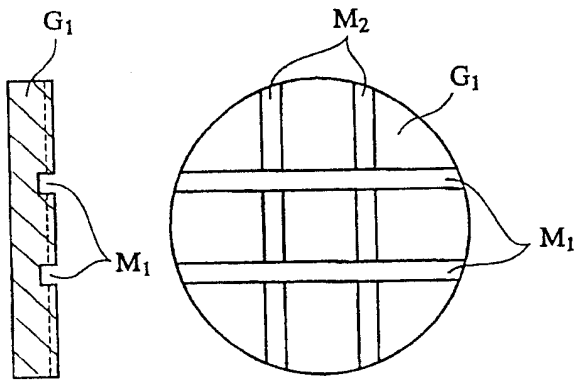


图 9(a)

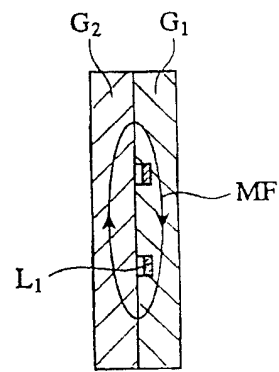


图 9(b)

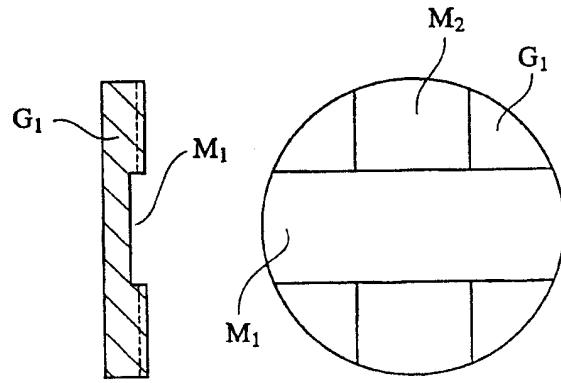


图 10(a)

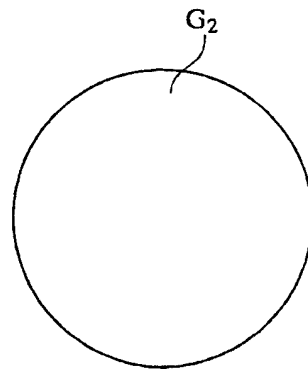


图 10(b)

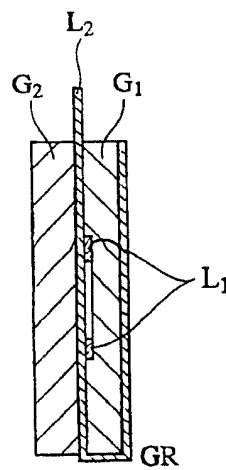


图 10(c)

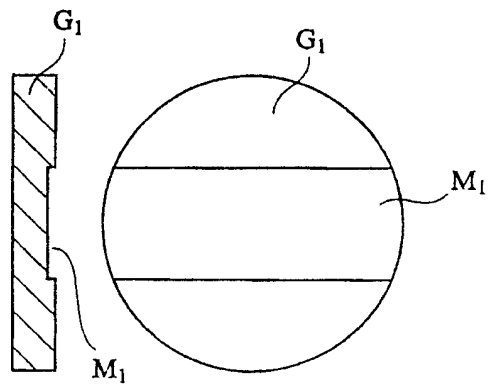


图 11(a)

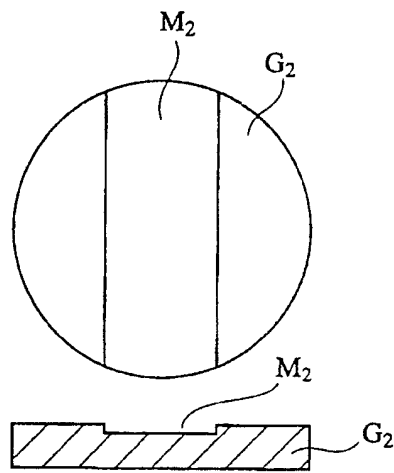


图 11(b)

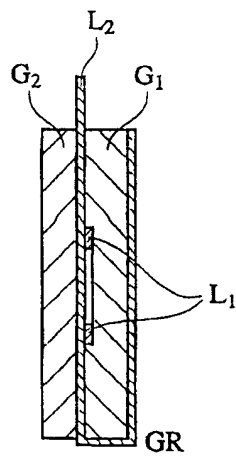


图 11(c)

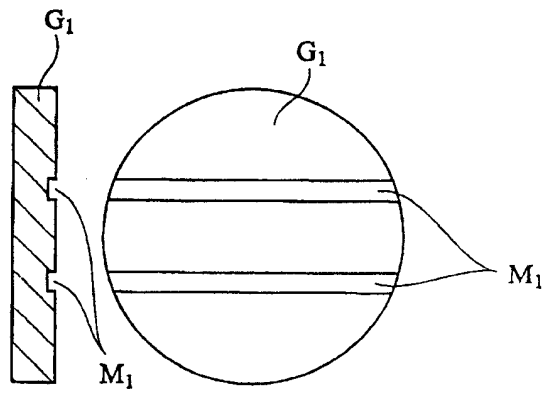


图 12(a)

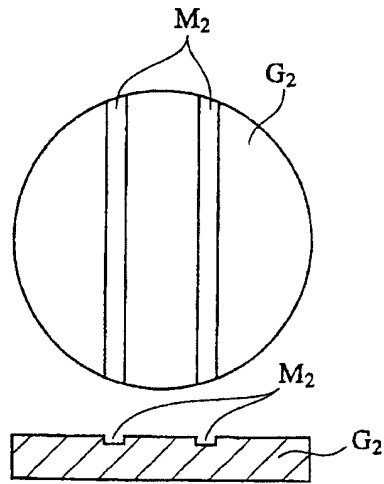


图 12(b)

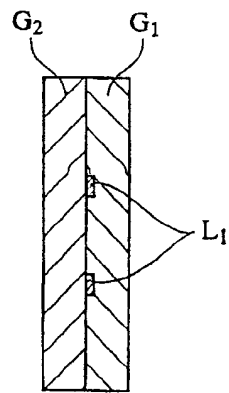


图 12(c)

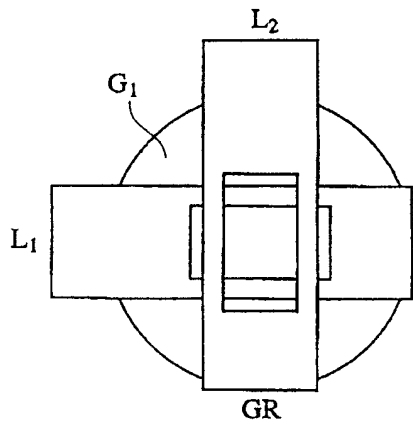


图 13(a)

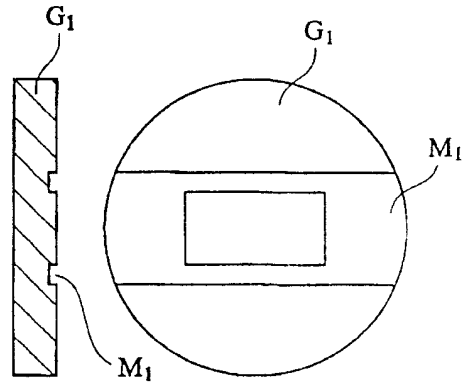


图 13(b)

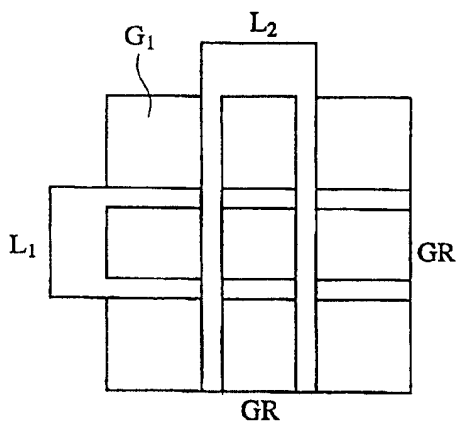


图 14(a)

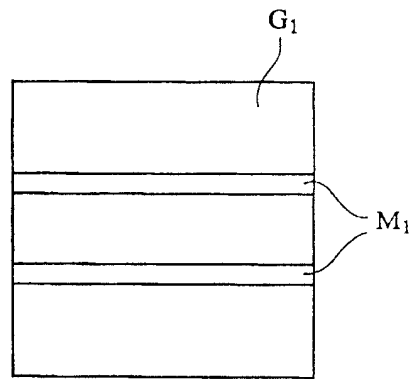


图 14(b)

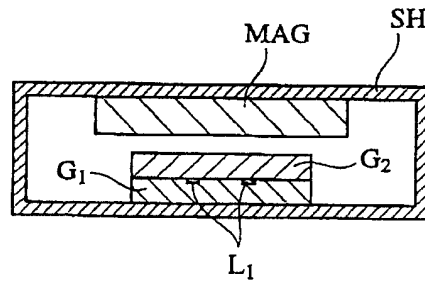


图 15

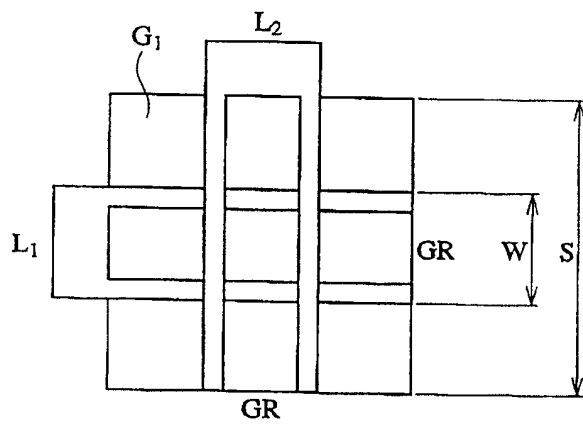


图 16(a)

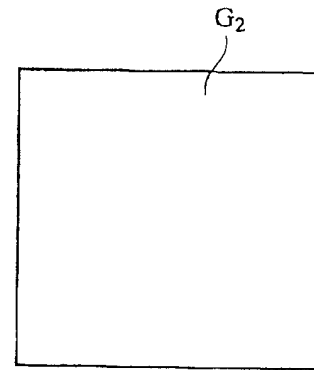


图 16(b)

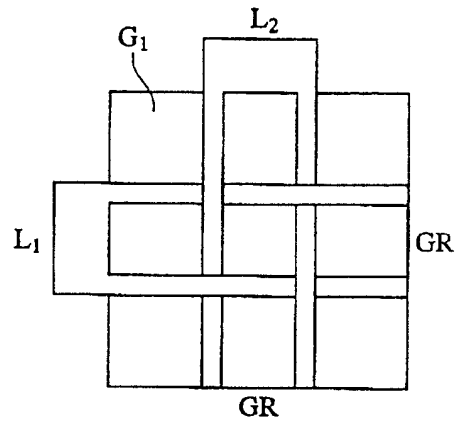


图 17

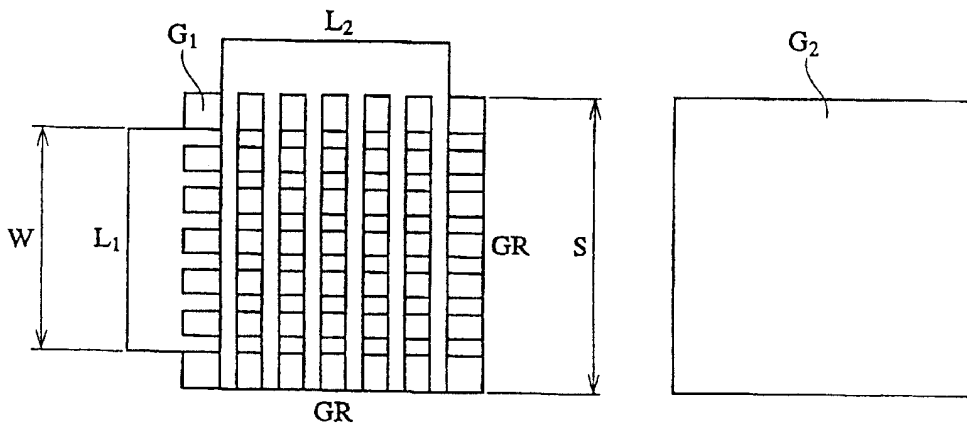


图 18(a)

图 18(b)

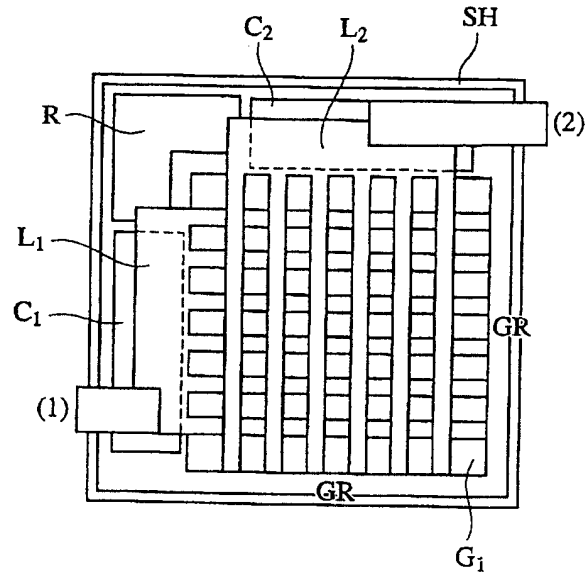


图 19

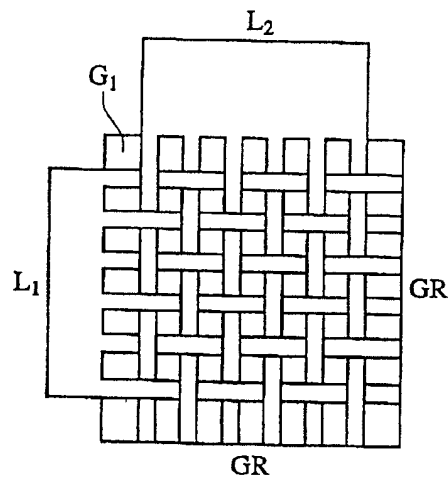


图 20

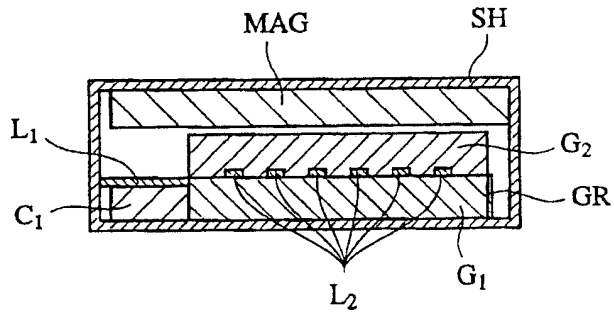


图 21

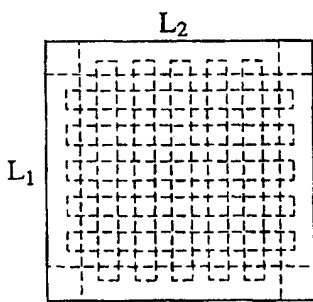


图 22(a)

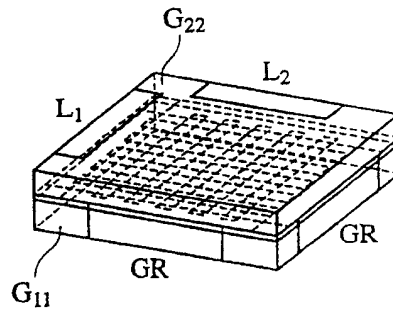


图 22(b)

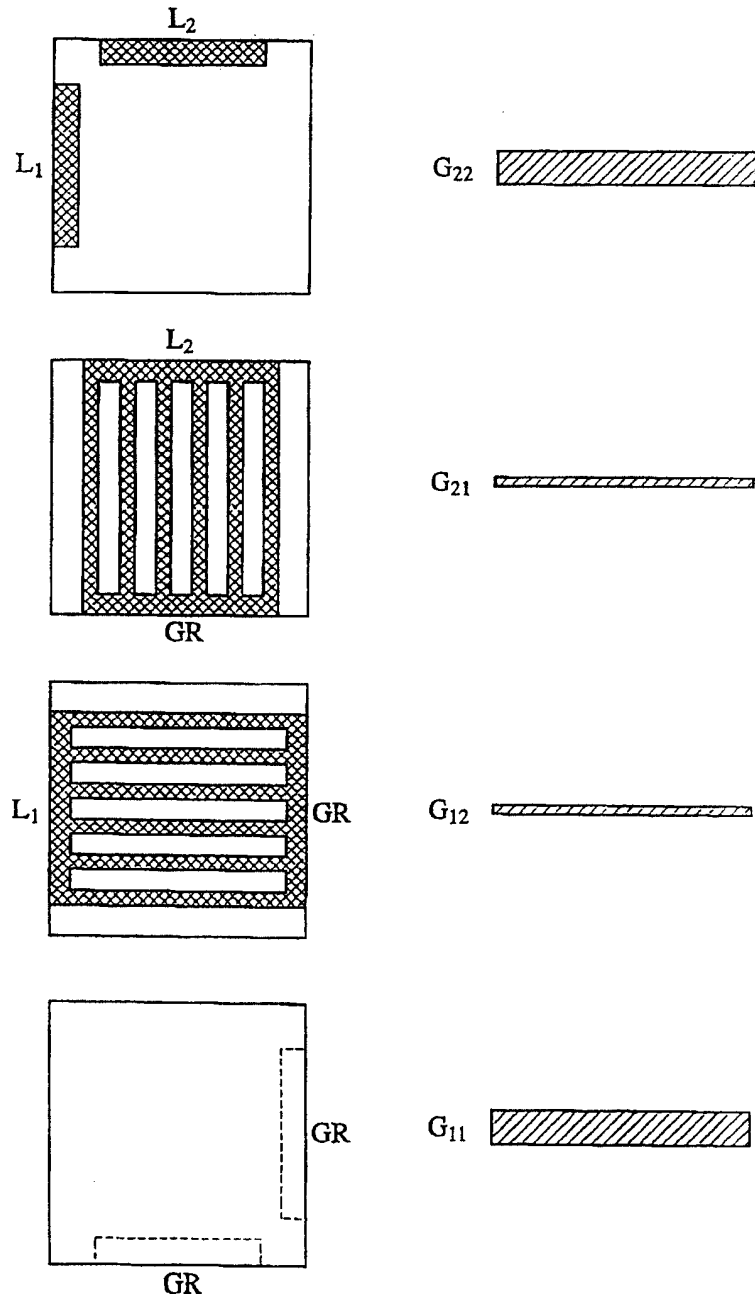


图 23

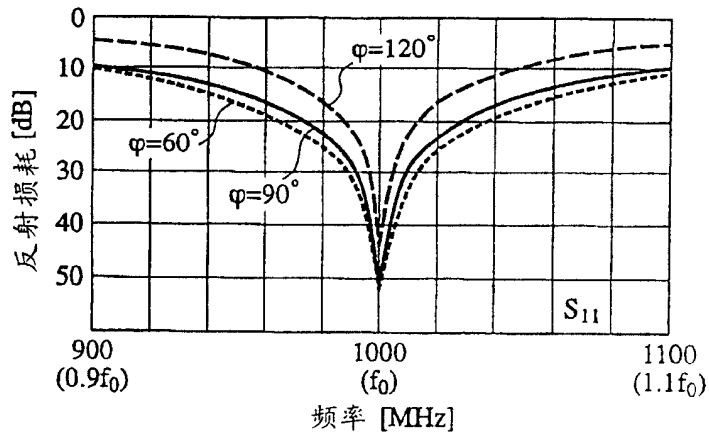


图 24 (a)

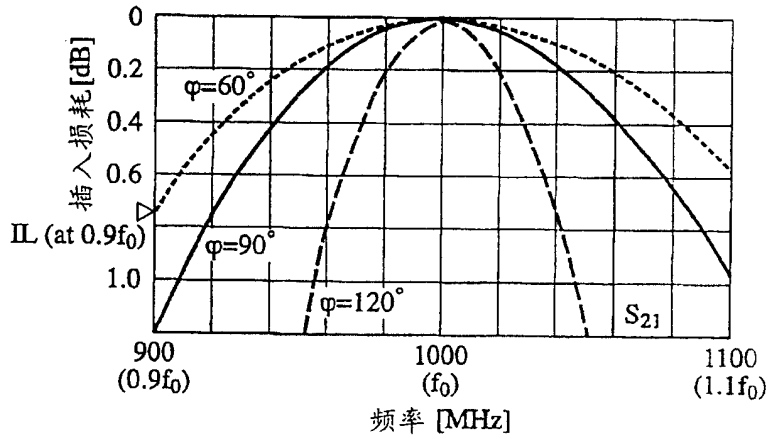


图 24 (b)

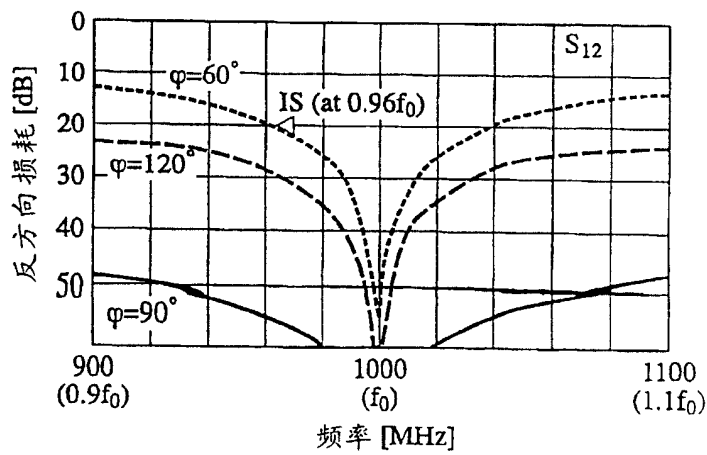


图 24 (c)

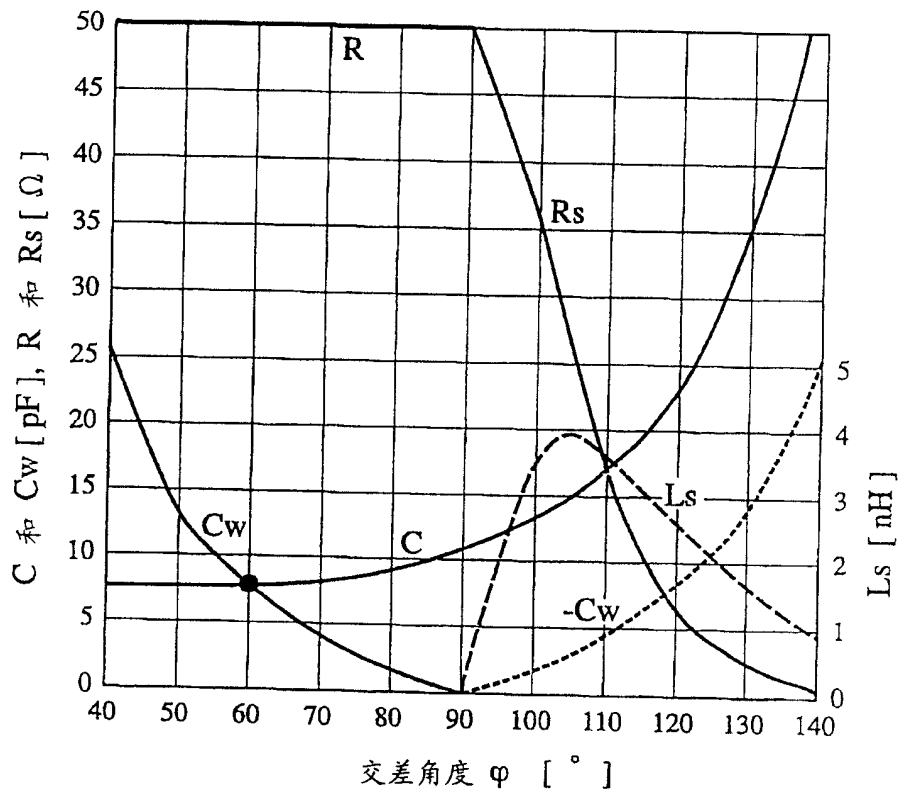


图 25

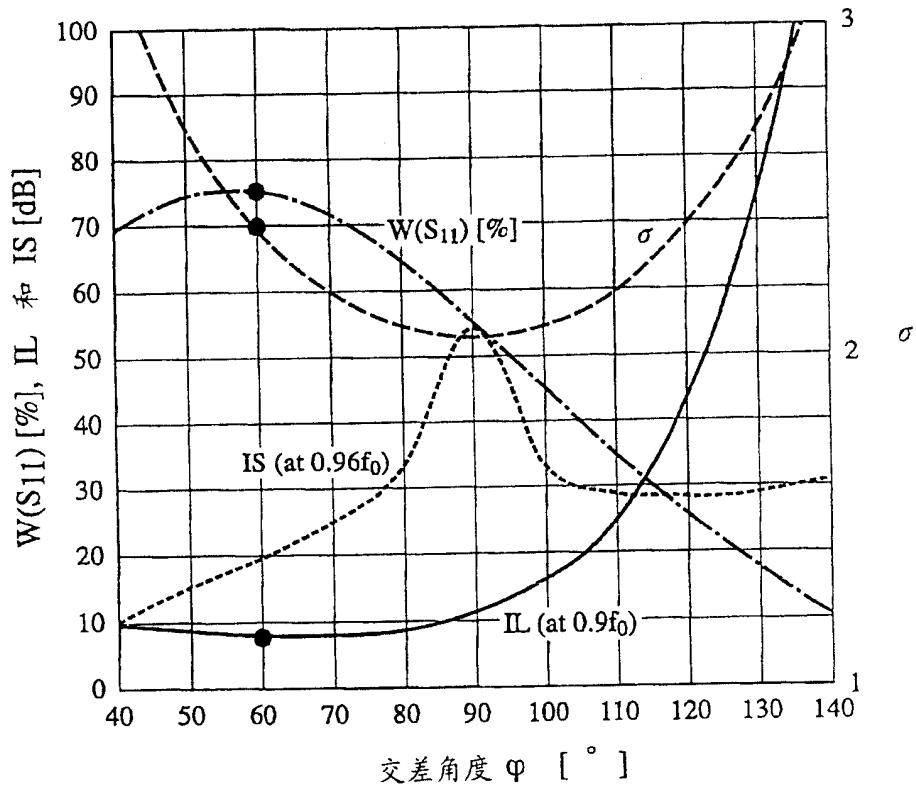


图 26

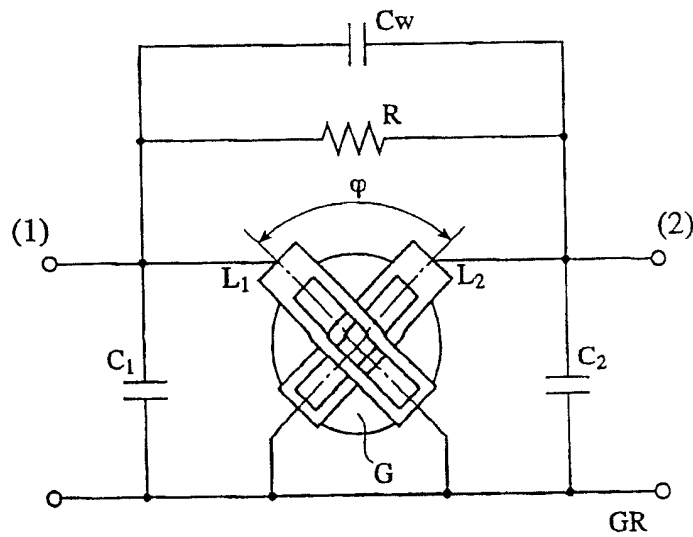


图 27

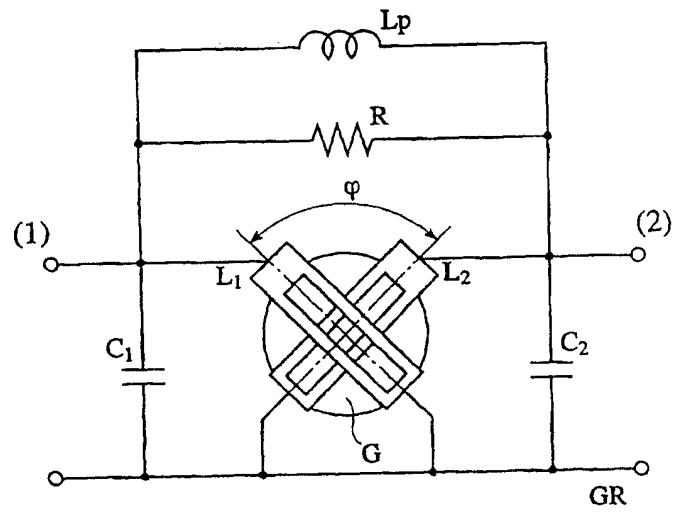


图 28

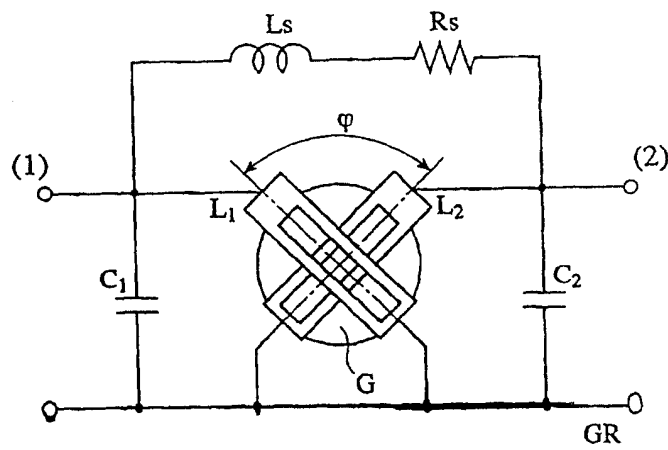


图 29