[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H04B 13/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98115543.X

[45] 授权公告日 2004 年 1 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1136681C

[22] 申请日 1998.7.1 [21] 申请号 98115543.X

[30] 优先权

[32] 1997. 7. 1 [33] JP [31] 176189/1997

[32] 1997. 7.14 [33] JP [31] 188698/1997

[32] 1997. 9. 3 [33] JP [31] 238707/1997

[32] 1997. 9. 3 [33] JP [31] 238735/1997

[32] 1997. 9.18 [33] JP [31] 253917/1997

[32] 1998. 5.11 [33] JP [31] 127897/1998

[71] 专利权人 住友特殊金属株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 山下治 川上诚 西乡恒和

审查员 袁红霞

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

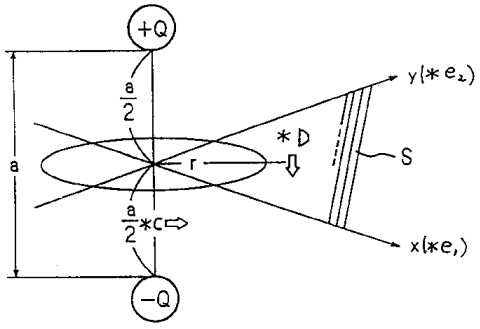
代理人 马 莹

权利要求书 5 页 说明书 39 页 附图 19 页

[54] 发明名称 向量电势产生方法、能量传播系统、以及通信系统

[57] 摘要

一种向量电势产生方法、能量传播系统、以及通信系统，使用向量电势来传播能量，并把向量电势作为信号传播媒体进行通信。 发射装置具有在两个端面设置了电极的介质，当根据传播信号而被调制的交流电压加到这些电极上时，介质就产生向量电势。 把所产生的向量电势经无线线路发送到接收装置。 接收装置具有磁传感器，利用磁传感器检测出由传播来的向量电势所产生的磁场，并从该检测结果得到传播信号。



ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

1.一种向量电势产生方法，其特征在于，把振荡电压施加在介质上，来产生向量电势。

2.如权利要求1所述的向量电势产生方法，其特征在于，把振荡电压分别施加在多个介质上，来产生向量电势。

3.根据权利要求2所述的向量电势产生方法，其特征在于，所述多个介质按放射状被配置在大致同一平面上。

4.一种利用向量电势的能量传播系统，其特征在于，包括：产生并发送向量电势的能量发送装置；以及，捕捉由向量电势的产生而生成的磁场的能量捕捉装置。

5. 如权利要求4所述的的能量传播系统，其特征在于，所述能量发送装置把振荡电压分别施加在多个介质上，再由各介质产生并发送向量电势；所述能量捕捉装置把由所述向量电势的传播所产生的磁场作为能量来捕捉。

6.根据权利要求4所述的能量传播系统，其特征在于，所述多个介质按放射状被配置在大致同一平面上。

7.一种利用向量电势的通信系统，其特征在于，向量电势是信号传播媒体。

8.根据权利要求7所述的通信系统，其特征在于，断续地产生并传播向量电势。

9.根据权利要求7所述的通信系统，其特征在于，向量电势大小变化。

10.一种利用向量电势的通信系统，其特征在于，包括：发射装置，具有产生并发送向量电势的装置；以及接收装置，具有检测由发送出的向量电势所形成的磁场的装置。

11. 如权利要求10所述的通信系统，其特征在于，所述发射装置把振荡电压施加在厚度小于5mm、相对介电常数大于500的介质上，再由所述介质产生向量电势，并把它作为信号传播媒体进行发送；所述接收装置把由向量电势的传播所产生的磁场作为信号来检测。

12.根据权利要求11所述的通信系统，其特征在于，所述介质作成截面为椭圆形的板状，在其相对的两个椭圆形底面上分别固定有电极。

13.根据权利要求11所述的通信系统，其特征在于，所述介质作成截面为椭圆形的板状，其椭圆形的长轴与短轴之比大于4。

14.根据权利要求11所述的通信系统，其特征在于，所述介质作成截面为长方形的板状，在其相对的两个长方形底面上分别固定有电极。

15.根据权利要求11所述的通信系统，其特征在于，所述介质作成截面为长方形的板状，其长方形的长边与短边之比大于4。

16. 如权利要求10所述的通信系统，其特征在于，所述发射装置把输入信号变换为电压信号后施加到介质上而产生向量电势；所述接收装置捕捉所述向量电势并将其变换为电信号而输出。

17. 如权利要求10所述的通信系统，其特征在于，还包括：第一变换装置，捕捉作为传播媒体的向量电势，并把它变换为声音而输出；以及第二变换装置，把声音变换为作为传播媒体的向量电势并进行发射。

18. 如权利要求10所述的通信系统，其特征在于，所述发射装置具有介质、用于把振荡电压施加在所述介质上的电源、以及根据欲发送的信号来调制振荡电压的装置；所述接收装置检测由所述发射装置发送出的向量电势所形成的磁场。

19.如权利要求10所述的通信系统，其特征在于，所述发射装置，把振荡电压分别施加在多个介质上，再由各介质产生向量电势，并把它作为信号传播媒体进行发送；所述接收装置，把由向量电势的传播所产生的磁场作为信号来检出。

20.根据权利要求19所述的通信系统，其特征在于，还包括：把振荡电压同时或交替地分别施加在多个介质上的装置。

21.根据权利要求19所述的通信系统，其特征在于，还包括：把断续的振荡电压同时或交替地分别施加在多个介质上的装置。

22.根据权利要求19所述的通信系统，其特征在于，多个介质按放射状被配置在大致同一平面上。

23. 如权利要求10所述的通信系统，其特征在于，所述发射装置，具有多个介质、用于把振荡电压施加在所述各介质上的电源、以及把振荡电压作为信号并根据应发送的信号来进行调制的装置，并由所述多个介质产生向量电势；所述接收装置，检测由所述发射装置产生并发送的向量电势所形成的磁场。

24. 一种利用向量电势的发射装置，其特征在于，产生并发送向量电势。

25. 如权利要求24所述的发射装置，其特征在于，包括：介质；用于把振荡电压施加在所述介质上的电源；以及，根据发送信号对由所述电源欲施加在所述介质上的电压进行FM调制的装置。

26. 根据权利要求25所述的发射装置，其特征在于，用电磁波屏蔽材料覆罩所述介质的外围。

27. 如权利要求24所述的发射装置，特征在于，包括：介质；用于把振荡电压施加在所述介质上的电源；以及，根据发送信号对由所述电源欲施加在所述介质上的电压进行AM调制的装置。

28. 根据权利要求27所述的发射装置，其特征在于，用电磁波屏蔽材料覆罩所述介质的外围。

29. 如权利要求24所述的发射装置，其特征在于，包括：介质；用于把振荡电压施加在所述介质上的电源；以及，根据发送信号、使由所述电源欲施加在所述介质上的电压断续的装置。

30. 根据权利要求29所述的发射装置，其特征在于，用电磁波屏蔽材料覆罩所述介质的外围。

31. 如权利要求24所述的发射装置，其特征在于，把振荡电压施加在多个介质上，并把所产生的向量电势作为信号传播媒体。

32. 根据权利要求31所述的发射装置，其特征在于，所述多个介质按放射状被配置在大致同一平面上。

33. 如权利要求24所述的发射装置，包括：多个介质；用于把振荡电压分别施加在所述介质上的一个或多个电源；以及，根据发送信号对由所述电源欲施加在所述介质上的电压进行AM调制或FM调制的装置。

34. 根据权利要求33所述的发射装置，其特征在于，所述多个介质按放射状被配置在大致同一平面上。

35. 根据权利要求33所述的发射装置，其特征在于，用电磁波屏蔽材料覆罩所述多个介质的外围。

36. 如权利要求24所述的发射装置，其特征在于，包括：多个介质；用于把振荡电压分别施加在所述介质上的一个或多个电源；以及，根据发送信号、使由所述电源欲施加在所述介质上的电压断续的装置。

37.根据权利要求36所述的发射装置，其特征在于，用电磁波屏蔽材料覆罩所述多个介质的外围。

38.根据权利要求36所述的发射装置，其特征在于，所述多个介质按放射状被配置在大致同一平面上。

39. 如权利要求24所述的发射装置，其特征在于，检测伴随向量电势的产生而形成的磁场。

40.根据权利要求39所述的发射装置，其特征在于，检测伴随断续地产生并传播的向量电势而形成的磁场。

41.根据权利要求39所述的发射装置，其特征在于，检测伴随大小变化的向量电势而形成的磁场。

42. 如权利要求24所述的发射装置，其特征在于，包括：厚度小于5mm、相对介电常数大于500的介质；用于把振荡电压施加在所述介质上的电源；以及，把所述振荡电压作为信号，并根据欲发送的信号对所述振荡电压进行调制的装置。

43.根据权利要求42所述的发射装置，其特征在于，所述介质作成截面为椭圆形的板状，在其相对的两个椭圆形底面上分别固定有电极。

44.根据权利要求42所述的发射装置，其特征在于，所述介质作成截面为椭圆形的板状，其椭圆形的长轴与短轴之比大于4。

45.根据权利要求42所述的发射装置，其特征在于，所述介质作成截面为长方形的板状，在其相对的两个长方形底面上分别固定有电极。

46.根据权利要求42所述的发射装置，其特征在于，所述介质作成截面为长方形的板状，其长方形的长边与短边之比大于4。

47.一种接收方法，把由向量电势对时间的变化所产生的磁场作为传播信号进行接收，其特征在于，用对于与作为信号传播媒体的向量电势无关的磁场进行了磁屏蔽的磁传感器，检测由向量电势对时间的变化而产生的磁场。

48.根据权利要求46所述的接收方法，其特征在于，把振荡电压施加在介质上而产生所述向量电势。

49.一种接收装置，把由向量电势对时间的变化所产生的磁场作为传播信号进行接收，其特征在于，包括：检测由向量电势对时间的变化所产生

的磁场的磁传感器；以及，对于与作为信号传播媒体的向量电势无关的磁场，屏蔽磁传感器的装置。

50.根据权利要求49所述的接收装置，其特征在于，所述磁传感器是平行磁通量闸门式磁传感器，包括：由棒状的软磁材料构成的磁芯；卷绕在所述磁芯上的检测线圈和励磁线圈；以及使励磁电流流过所述励磁线圈的电路，所述励磁电流使所述磁芯的共振频率与感知对象的振荡磁场的振动频率一致。

51.根据权利要求49所述的接收装置，其特征在于，所述磁传感器的检测部用软磁材料进行磁屏蔽。

52.根据权利要求49所述的接收装置，其特征在于，所述磁传感器的检测部用可接地的软磁性金属材料进行磁屏蔽。

53.一种用向量电势的接收装置，其特征在于，包括：励磁线圈；检测线圈；在所述励磁线圈中通电的电路；以及，检测在所述检测线圈上流动的电流的电路。

54.根据权利要求53所述的接收装置，其特征在于，用磁屏蔽材料覆罩所述励磁线圈和检测线圈的外围。

向量电势产生方法、能量传播系统、以及通信系统

技术领域

本发明涉及一种作为全新能量的向量电势（电气ベクトルポテンシャル）的产生方法、和使用这种向量电势的全新的能量传播系统及通信系统、以及通信系统中的发射装置和接收装置。

背景技术

以往，众所周知，在能量传播装置中利用宇宙空间等中的微波，此外，在一般的通信装置中利用电波。但是，它们都容易被障碍物遮挡，使用场所、环境对信号的发送接收产生障碍的情况并不少见。

利用电磁波的通信系统例如移动电话等，由于存在数百毫高斯的泄漏电磁波磁场，在近距离内会引发精密仪器的误动作，有可能招致各种故障的发生，此外，也不能忽视可能对人体产生的不良影响。鉴于这种状况，期望开发能够解决上述问题的新的通信装置。

本发明的发明人等，在有关通信系统的研究过程中，从原来已被证明了其存在的向量磁势（Phys. Rev. Lett. 48, 1443(1982)）得到启发，预测到被称之为向量电势的新能量的存在。

并且，建立了关于该向量电势的理论，并验证了其存在。通过这个过程探索其实用用途的结果，了解到这种向量电势能够传播较远距离，并具有可不受金属等对电磁波具有遮挡作用的导电性物质的任何影响而传播的特性，可利用向量电势作为一种代替电磁波的新的通信用媒体。

发明内容

本发明的一个目的是，提供一种能够有效地产生向量电势的方法。

本发明的又一个目的是，提供一种向量电势的传播系统、即能量传播系统。

本发明的另一个目的是，提供一种把向量电势作为传播媒体的通信系统。

本发明的还一个目的是，提供一种在利用向量电势的通信系统中使用的发射装置和接收装置。

本发明的再一个目的是，提供一种能够在广泛的范围内产生向量电势并能够传播的向量电势产生方法、能量传播系统、以及通信系统。

本发明的再一个目的是，提供一种通过施加低电平的低频交流电压就能够在足够远的距离内进行向量电势通信的通信系统、以及用于这种通信系统的发射装置。

本发明的再一个目的是，提供一种既不牺牲向量电势的传播距离、又能够实现小型化、轻量化的发射装置。

本发明的再一个目的是，提供一种即使在发生电波障碍的场所或难以架设电话线等的场所也能进行通信的通信方法和通信系统。

本发明的再一个目的是，提供一种通过在发生电波障碍的场所或难以架线的场所设置使用向量电势的发射接收设备作为中继基站、而支持现有的有线通信或无线通信的通信方法及通信系统。

本发明的再一个目的是，提供一种通过可进行向量电势和声音的双向交换、从而提高了通信终端的使用方便性的终端装置。

本发明的再一个目的是，提供一种能够屏蔽电磁波的向外辐射、从而能够防止外部仪器的误动作和对人体的不良影响的发射装置。

本发明的再一个目的是，提供一种通过对外部仪器等产生的电磁波磁场进行磁屏蔽、能够大幅度地提高随向量电势产生的电场的检测灵敏度的接收方法和接收装置。

如后述的那样，本发明是发明人等把构成体系的向量电势作为实用技术所取得的成果。作为该实用技术，揭示了把向量电势作为能量传播媒体的能量传播系统、以及把向量电势作为信号传播媒体的通信系统。

在本发明中，在介质上施加振荡电压来产生向量电势。这样，就能够有效地产生向量电势。

此外，在本发明中是使用向量电势进行传播能量。能量发送装置具有在两个端面设置了电极的介质，在这些电极上施加交流电压而产生向量电势。这时，通过改变所施加的交流电压的电压和频率来改变产生的向量电势的大小，和/或通过断续地施加该交流电压而断续地产生向量电势。并且，把所产生的向量电势发送出去。能量捕捉装置具有磁传感器，用磁传感器来检测由到达的向量电势产生的磁场，该磁传感器的输出相当于捕捉的能量。

这样，就能够使用向量电势来进行能量的传播，而不受金属等导电体的影响。

通过把在两个端面设有电极的多个介质按放射状配置在大致同一平面上，就能够把向量电势向全方位传播，且能够在较广的范围内捕捉能量。

为了防止周围仪器的误动作和对人体的不良影响，最好把能量发送装置容纳在由坡莫合金等制成的圆筒体内，来屏蔽电磁波的放射。而且，最好用软磁性金属等对能量捕捉装置进行磁屏蔽，以使磁传感器不检测出由周围仪器发出的电磁波所产生的噪声磁场。

另外，在本发明中，把向量电势作为信号传播媒体而进行信息通信。发射装置具有在两端面设置了电极的介质，把根据传播信号调制了的交流电压即其频率和/或电压不同的振荡电压施加在这些电极上时，介质就产生向量电势。再经无线线路把产生的向量电势发送到接收装置。接收装置具有磁传感器，由该磁传感器检测由传送来的向量电势生成的磁场，由并该检测结果得到传播信号。

这样，使用向量电势就能够实现整体设备的简化，并能够获得在建筑物的室内外不被遮挡地进行发送接收的通信系统。这种通信系统中的发射装置和接收装置的结构极为简单，而且价格低廉。

根据本发明的通信系统，在发生电波障碍的场所或难以架设电话线等的场所，设置利用了透过性优良的向量电势的通信线路中的中继基站，来代替原来的无线线路、有线线路，从而，即使在发生电波障碍的场所或难以架线的场所也能进行通信。本发明的通信系统，不存在电波障碍的问题，不会受移动电话那样的泄漏磁场的不良影响，向量电势也只进行使具有磁偶极子的粒子（例如电子）的相位改变的相互作用，所以，这种相互作用非常弱，具不受导电体等遮蔽的良好的透过性，从而比原来的通信媒体优越得多。

由于配置多个在两个端面设置了电极的介质，并按放射状配置在大致同一平面上，所以，与原来使用的电磁波通信相比，能够消除向量电势通信上的问题，即被发射的向量电势的传播方向主要依赖于发射方介质形状的问题，并能够以向量电势作为信号传播媒体在全方位上进行传播，不管接收位置如何都能使测量磁场稳定。

把介质的厚度设定为小于5mm，介电常数大于500，这样，即使把低电平、低频率的交流电压施加在介质上，也能够把向量电势传播到足够远的

距离。而且，能够降低发射用电源的电压和频率，这就可以不需设置地线，从而实现轻量化，发射装置就容易携带。

为了防止周围仪器的误动作和对人体的不良影响，最好把发射装置容纳在由坡莫合金等制成的圆筒体内，来屏蔽电磁波的放射。为使磁传感器不检测出由周围仪器发出的电磁波所产生的噪声磁场，最好用软磁性金属等来对接收装置的检测部进行磁屏蔽。这样，就能够高精度地感知由向量电势产生的振荡磁场，而不受周围磁场的影响。可以使用例如平行磁通量闸门式磁传感器作为磁传感器，这种情况下，能够只检测出激振电流和具有同一频率的磁场成分，所以就能够提高接收精度。

附图说明

以下结合附图进行的详细说明，将使本发明的上述的和其它目的、特点更加清楚。

图1是向量电势概念的说明图；

图2A是由介质棒的分极向量产生的向量电势的说明图；

图2B是永磁棒的向量磁势的说明图；

图3A是由介质棒的分极向量产生的向量电势的说明图；

图3B是椭圆柱状介质棒中的向量电势的分布图；

图3C是永磁棒的向量磁势的说明图；

图4是表示能量传播系统的一种结构的模式图；

图5是表示能量传播系统的另一种结构的模式图；

图6是表示通信系统结构的模式图；

图7是表示中继基站的设备的方框图；

图8是表示设置在中继基站内的向量电势发射装置的模式图；

图9是表示构成发射装置的电容器的配置的说明图；

图10是表示中继基站的其它设备的方框图；

图11是表示终端装置的设备的方框图；

图12是表示向量电势发射装置的电磁波屏蔽状态的剖面图；

图13A是表示介质的另一种形状的平面图和侧面图；

图13B是表示介质的又一种形状的平面图和侧面图；

图14是由向量电势产生的振荡磁场的说明图；

图15是平行磁通量闸门式磁传感器的检测部的概略结构图；

图16是表示磁传感器的检测部的磁屏蔽状态的剖面图；

图17A～17D是磁传感器的动作原理的说明图；

图18是表示磁传感器中的输出电压的频率特性的曲线图；

图19是表示磁传感器中的磁通密度与输出电压的关系曲线图。

具体实施方式

下面，首先说明作为本发明的基础的向量电势的概念。作为与向量电势相似的物理量，有现在公知的向量磁势。已通过由电子全息照相进行的电子束干涉试验确认了这种向量磁势的存在（Phy.Rev.Lett.48,1443(1982)）。可是，以前却从来没有预测到向量电势这一物理量的存在。

图1是向量电势的说明图。在图1中表示的是电荷量为+Q、-Q的带电粒子隔着距离a而存在的电偶极子。现在，在包含连接两个带电粒子的线段（把+Q侧设为z轴方向）的中点O、且垂直于该线段的平面S上，设置O点为原点的直角坐标轴x轴和y轴。这时，在平面S上的、距原点O的距离为r的位置，由带电量为+Q的带电粒子产生的电通量密度*D（以下对向量标注*号，如向量D表示为*D）只有z轴方向的分量Dz，其x轴方向的分量Dx和y轴方向的分量y都是零，各分量Dx、Dy、Dz用下面的（1）、（2）式来表示。

$$Dx=Dy=0 \qquad \cdots(1)$$

$$Dz=-Q\cdot a/4\pi\{(a/2)^2+r^2\}^{3/2} \qquad \cdots(2)$$

把向量磁势*A（以下把向量A表示为*A）定义为*B=rot×*A，以使*B（以下把向量B表示为*B）满足条件div*B=0。

因此，对于本发明的发明人等正在预测其存在的向量电势*C（以下把向量C表示为*C），从磁和电的相似性出发，当把向量电势*C对应于向量磁势*A时，从（1）、（2）式得出有关电通量密度*D的式子：

$$\mathrm{div}\ Dz=\partial Dz/\partial Z=0$$

即，div*D=0的条件成立。

因此，与向量磁势*A的定义*B=rot×*A相同，可以如下述（3）式那样定义向量电势*C：

$$*D=\mathrm{rot}\times *C \qquad \cdots\cdots(3)$$

该（3）式中的向量电势 *C可如下地求出，即，可把（3）式改写为（4）、（5）、（6）式，进而可得出对应于（4）、（5）、（6）式的（7）、（8）、（9）式。

$$D_z = \left(\frac{\partial C_y}{\partial x} - \frac{\partial C_x}{\partial y} \right) = \frac{-Qa}{4\pi \left\{ \left(\frac{a}{2} \right)^2 + r^2 \right\}^{3/2}} \quad \cdots(4)$$

$$D_x = \left(\frac{\partial C_z}{\partial y} - \frac{\partial C_y}{\partial z} \right) = 0 \quad \cdots(5)$$

$$D_y = \left(\frac{\partial C_x}{\partial z} - \frac{\partial C_z}{\partial x} \right) = 0 \quad \cdots(6)$$

C_x、C_y 是 x、y 的函数,

设 $\frac{\partial C_y}{\partial x} = \frac{\partial C_x}{\partial y}$、则由(4)式可得:

$$\frac{\partial C_y}{\partial x} = \frac{-Qa}{8\pi \left\{ \left(\frac{a}{2} \right)^2 + r^2 \right\}^{3/2}}$$

$$\frac{\partial C_x}{\partial y} = \frac{Qa}{8\pi \left\{ \left(\frac{a}{2} \right)^2 + r^2 \right\}^{3/2}}$$

$$C_x = \frac{-Qay}{4\pi r^2 \left\{ \left(\frac{a}{2} \right)^2 + r^2 \right\}^{1/2}} \quad \cdots(7)$$

$$C_y = \frac{Qax}{4\pi r^2 \left\{ \left(\frac{a}{2} \right)^2 + r^2 \right\}^{1/2}} \quad \cdots(8)$$

$$C_z = 0 \quad \cdots(9)$$

因此，向量电势*C就可以用（10）式来表示。

$$*C=Q\cdot a(-y*e_1+x*e_2)/4\pi r^2\{(a/2)^2+r^2\}^{1/2} \quad \cdots\cdots(10)$$

其中，$*e_1$、$*e_2$：x、y直角坐标系内的单位向量

设 a 》r时，向量电势C就被更简单地表示为（11）式。

$$*C=Q(-y*e_1+x*e_2)/2\pi r^2 \quad \cdots\cdots(11)$$

可是，如果依据向量场中的有限面的斯托克斯定理，向量电势*C作为电势就必须满足（12）式。

$$\int D\,dS=\oint C\,dr=Q \qquad \cdots(12)$$

如果假定向量电势*C是例如闭环状地连续的，可对（12）式证明如下。

即，

$$\int D\,dS=+\frac{Qa}{4\pi}\int_0^{\infty}\int_0^{2\pi}\frac{r^2\,dr\,d\theta}{\left\{\left(\frac{a}{2}\right)^2+r^2\right\}^{3/2}}$$

$$=+\frac{Qa}{4\pi}\,2\pi\int_0^{\infty}\frac{r\,dr}{\left\{\left(\frac{a}{2}\right)^2+r^2\right\}^{3/2}}$$

$$\left[\begin{array}{l}\text{设 } r=\dfrac{a}{2}\tan x \\ \displaystyle\int_0^{\pi/2}\frac{\left(\frac{a}{2}\right)\tan x\left(\frac{a}{2}\right)\frac{dx}{\cos^2 x}}{\left(\frac{a}{2}\right)^3\left(1+\tan^2 x\right)^{3/2}} \\ =\dfrac{2}{a}\displaystyle\int_0^{\pi/2}\frac{\frac{\sin x}{\cos^3 x}\,dx}{\frac{1}{\cos^3 x}}=\frac{2}{a}\left(-\cos x\right)^{\pi/2}=\frac{2}{a}\end{array}\right]$$

$$=\frac{+Qa}{4\pi}\,2\pi\,\frac{2}{a}=+Q$$

另一方面，

$$\oint C\,dr = \oint \frac{Qa(-ye_1+xe_2)(dxe_1+dye_2)}{4\pi r^2\left\{\left(\frac{a}{2}\right)^2+r^2\right\}^{1/2}}$$

$$= \oint \frac{Qa(-ydx+xdy)}{4\pi r^2\left\{\left(\frac{a}{2}\right)^2+r^2\right\}^{1/2}}$$

设 $x=r\cos\theta$，$y=r\sin\theta$，则

$$= \int_0^{2\pi} \frac{Qar^2\,d\theta}{4\pi r^2\left\{\left(\frac{a}{2}\right)^2+r^2\right\}^{1/2}}$$

$$= \frac{Qar^2\,2\pi}{4\pi r^2\left\{\left(\frac{a}{2}\right)^2+r^2\right\}^{1/2}}$$

$$= \frac{Qa}{2\left\{\left(\frac{a}{2}\right)^2+r^2\right\}^{1/2}}$$

设 $a \gg r$，则

$$= \frac{Qa}{2\cdot\frac{a}{2}} = Q$$

两者是相等的。

由此，可反推而知向量电势*C是连续的环状。

这就意味着向量电势 *C始终是连续的，换言之，向量电势 *C是物理意义上不可被遮挡的物理量。因此，把向量电势作为能量而传送当然是可能的，而且，作为通信用的信号媒体使用时，向量电势是一种透过性极好的传播媒体。

从以上的事实，就能够在理论上不矛盾地说明本发明的发明人等所预测的向量电势的存在。而且，根据其特性、即是连续的环状，所以，就可得到在用原来的利用电磁波的通信系统不可能进行通信的环境下、例如水中、地下、由导电材料包围的内外空间中也能够进行通信的通信系统。

下面，来考察把这种向量电势直接用作能量传播媒体或通信信号的传播媒体的情况，其结果如下：

在麦克斯韦电磁方程式（13）中，

$$\mathrm{rot} \times {}^*H = {}^*i + (\partial {}^*D/\partial t) \quad \cdots\cdots (13)$$

当$^*i=0$、即只把电压施加在介质上而电流为零的情况下，由于在磁场$^*H$与电通量密度$^*D$之间具有$\mathrm{rot}\,{}^*H=\partial {}^*D/\partial t$的关系，所以，$^*H=\partial {}^*C/\partial t$，由向量电势$^*C$对时间的变化就直接形成磁场。

磁场$^*H$的绝对值为$H=(\partial Q/\partial t)/2\pi r$，由于磁场同电偶极子与中心的距离r成反比地减少，所以提高了向量电势$^*C$的电平，换言之，为了增大伴随向量电势$^*C$产生的磁场$^*H$，可以增大$\partial Q/\partial t$。

虽然还考虑了地磁等的影响，但是，它们是静磁场，而由向量电势产生的磁场是变动（振荡磁场）的，所以能够容易识别。

下面利用介质棒再说明向量电势的概念。

图2A表示细长圆柱状的分极介质棒1，图2B表示同样圆柱状的永磁棒2。在图2A中，圆柱状介质棒1的半径r_0远小于其轴向的长度L（$r_0 \ll L$）、其截面积为S，在其两端具有+Q和-Q电量的分极电荷，由此来求出介质棒1的内、外电场和电通量密度的分布。把介质棒1的轴向取为z轴方向，在包含该介质棒的1/2长度处中点O且与z轴正交的平面上取直角坐标系的x轴、y轴。

图3A表示已分极的椭圆柱状的介质棒3，图3B表示介质棒3的、包含其中点的截面，图3C表示相同椭圆柱状的永磁棒4。图3A所示的细长的分极的椭圆柱状介质棒3的椭圆长轴半径为a、短轴半径为b、长度为L（$L \gg a、b$）、截面积为$S(=\pi ab)$，并以此来求出其两端存在+Q和-Q电量的分极电荷时的介质棒3的内、外电场和电通量密度的分布。另外，取介质棒3的轴向为z轴方向，包含其1/2长度处的中点O且与z轴正交的平面上取直角坐标系的x轴、y轴。

假定介质棒1、3沿轴向同样地分极且其电分极向量为*P，则，介质棒1为圆柱状时用（14）式、介质棒3为椭圆柱状时用（15）式来表示位于介质棒1、3的上下方向的中心位置处的外部和内部的电通量密度*D及电场*E。

$$\left.\begin{array}{ll} \text{外部}：*D=0, & *E=0 \quad (r>r_0) \\ \text{内部}：*D=*P, & *E=0 \quad (r_0 \geq r \geq 0) \end{array}\right\} \cdots(14)$$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{外部}：*D=0, & *E=0 \quad (x^2/a^2+y^2/b^2>1) \\ \text{内部}：*D=*P, & *E=0 \quad (x^2/a^2+y^2/b^2 \leq 1) \end{array}\right\} \cdots(15)$$

其中，由于电分极向量*P的绝对值为P = Q/S，所以，介质棒1为圆柱状时用（16）式、介质棒3为椭圆柱状时用（17）式来表示外部和内部的电通量密度*D。

$$\left.\begin{array}{ll} \text{外部}：*D=(0,\ 0,\ 0) & (r>r_0) \\ \text{内部}：*D=(0,\ 0,\ Q/S) & (r_0 \geq r \geq 0) \end{array}\right\} \cdots(16)$$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{外部}：*D=(0,\ 0,\ 0) & (x^2/a^2+y^2/b^2>1) \\ \text{内部}：*D=(0,\ 0,\ Q/S) & (x^2/a^2+y^2/b^2 \leq 1) \end{array}\right\} \cdots(17)$$

另一方面，如图2B和图3C所示，由中心轴位于z轴上的细长的永磁棒2、4的所产生的、包含1/2长度处的中点O且与z轴正交的平面上的磁通密度*B，由向量磁势*A来表示为（18）式。

$$*B=\mathrm{rot} \times *A \quad \cdots\cdots (18)$$

因此，与此相对应，从电和磁的相似的性质可知，对应于（18）式地由向量电势*C来表示电通量密度*D的式子为（19）式。

$$*D=\mathrm{rot} \times *C \quad \cdots\cdots (19)$$

根据（16）式或（17）式和（19）式，介质棒1为圆柱状时用（20）式、介质棒3为椭圆柱状时用（21）式来表示向量电势*C。

$$\left.\begin{array}{ll} \text{外部}：*C=Q(-y*e_1+x*e_2)/2\pi r^2 & (r>r_0) \\ \text{内部}：*C=Q(-y*e_1+x*e_2)/2\pi r_0^2 & (r_0 \geq r \geq 0) \end{array}\right\} \cdots(20)$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{外部}: {}^{*}C = Q\,(-y{}^{*}e_1 + x{}^{*}e_2)\,/\,2\pi\,(x^2/a^2 \\ \qquad + y^2/b^2)\,ab \quad (x^2/a^2 + y^2/b^2 > 1) \\ \text{内部}: {}^{*}C = Q\,(-y{}^{*}e_1 + x{}^{*}e_2)\,/\,2\pi\,ab \\ \qquad (x^2/a^2 + y^2/b^2 \leq 1) \end{array}\right\} \cdots(21)$$

在（20）式、（21）式中，x，y代表对介质棒垂直二等分的平面内的坐标，$*e_1$，$*e_2$分别代表x、y直角坐标系中的单位向量.

由此可知，在不含有电荷的平面、即把介质棒1、3的长度二等分的平面上，可以如（19）式所示地用向量电势*C来表示电通量密度*D，另一方面，根据斯托克斯定理，可把该（19）式改写成（22）式所示的*C的线积分形式，可知向量电势*C的线积分就表示电荷量Q.

$$\int {}^{*}D\,d{}^{*}S = \oint {}^{*}C\,dr = Q \qquad \cdots(22)$$

其中，d*S：圆形或椭圆形的面积的变化量

dr：圆形或椭圆形的轮廓线的变化量

把（16）式或（17）式的*D和（20）式或（21）式的*C 代入（22）式，就能很容易地证明（22）式成立.

也就是说，与磁通密度*B相同，由于在电分极的介质棒1、3的中心附近电通量密度*D也平行于z轴，所以，在介质棒1、3的外侧，反映该介质棒1、3的截面形状而存在着如图2A或图3A、3B所示的连续的圆形或椭圆形的向量电势*C. 换言之，由于斯托克斯定理成立，所以，向量电势*C必须始终是连续的，因此，从物理意义上说，就不可能遮挡它，作为通信媒体，是透过性非常好的信号. 另外，在向量电势*C为椭圆形的情况下，如果积极地利用该向量电势*C分布的各向异性，就能够以低的输出功率进行长距离的传播.

下面来探讨这样的向量电势*C是否为电磁学可测得到的物理量.（23）式是有关磁场*H和电通量密度*D的麦克斯韦电磁方程式.

$$\mathrm{rot} \times {}^{*}H = {}^{*}i + \partial {}^{*}D/\partial t \quad \cdots\cdots (23)$$

在没有电流密度*i 的情况下，表示为（24）式.

$$\mathrm{rot} \times {}^{*}H = \partial {}^{*}D/\partial t \quad \cdots\cdots (24)$$

再把（19）式的*D代入（24）式，用数量（ゲ－ジ）函数grad·φ推导出（25）式。

$$*I=\partial *C/\partial t+\mathrm{grad}\cdot\phi \qquad \cdots\cdots(25)$$

由（25）式可知，向量电势*C对时间的变化量直接与磁场*H相关。

如上所述，通过在电流密度*i=0、即不存在电流和电荷的区域采用放射数量，能够使数量函数grad·φ=0，所以能把（25）式表示成（26）式，向量电势*C对时间的变化直接被提供给磁场*H。

$$*I=\partial *C/\partial t \qquad \cdots\cdots(26)$$

这样，把（20）式所示的外部的向量电势*C代入（26）式，就能用（27）式来表示使圆柱状介质棒1两端的电荷量随时间变化而观测到的磁场*H的绝对值H。

$$H=(\partial Q/\partial t)/2\pi r \qquad \cdots\cdots(27)$$

把（21）式所示的外部的向量电势*C代入（26）式，就能用（28）式来表示使椭圆柱状的介质棒3两端的电荷量随时间变化而观测到的磁场*H。

$$*I=(\partial Q/\partial t)(-y*e_1+x*e_2)/2\pi(x^2/a^2+y^2/b^2)ab \qquad \cdots\cdots(28)$$

因此，由（27）式可知，在介质棒1为圆柱状时，在接收侧测得的磁场强度与距离r成反比地下降，由（28）式可知，在介质棒3为椭圆柱状时，在接收侧测得的磁场强度与距离r略成反比地下降。所以，只要使$\partial Q/\partial t$尽可能地大，就能够进行远距离通信。

本发明的发明人等在探讨利用这样定义的向量电势的通信系统中的信号发射装置的结果，想到了代替电分极的介质棒的、施加电压的情况下增加感应电荷的电容型发射装置。因此，对该通信系统中的发射装置、接收装置进行试验、研究的过程中得到了如下的事实。

（1）如果在平行平板状的金属电极板之间安装厚度薄而介电常数大的介质并施加经过频率调制的电压时，则，即使降低施加的电压或频率，也能产生对应于该调制频率的电平较高的向量电势。

（2）通过使与施加电压垂直的方向上的介质形状为椭圆柱状或长方体的板状，则沿长轴半径或长边方向传播的向量电势就难以降低其信号强度。

（3）作为接收装置，使用可感知微弱磁场的高灵敏度的磁传感器，即使是十分远的距离也能够测量到由调制过的向量电势形成的振荡磁场，即，

磁传感器能够检测到由磁场产生的感应电流。其结果，通过把高灵敏度的磁传感器作为接收装置而使用，即使在发射装置中施加低电压或低频率的电压，也能够利用向量电势进行信号的发送接收。

下面，说明使用向量电势作为能量传播媒体的本发明的能量传播系统。

图4是表示本发明的能量传播系统的一种结构的模式图，图中的标号11是能量发送装置，21是能量捕捉装置。能量发送装置11对应于在所述向量电势的说明中使用的电偶极子，具有在介质12的两面设置电极13、14（在结构上相当于电容器，以下把它称为电容器）的结构。把导线15、16的一端连接在电极13、14上，各自的另一端连接在含有交流电源17的控制部18上。导线16的中间安装有开关W。闭合该开关W后，根据控制部18的控制并通过电极13、14，由交流电源17向介质12施加经过调整后具有规定频率f的交流电压V。

控制部18改变施加到介质12上的振荡电压、即交流电压V和频率f，并使交流电源17断续地向介质12施加交流电压，从而使所发送出去的向量电势改变大小、或使其断续，而且能够向能量捕捉装置21传播能量。

构成能量发送装置11的电容器的介质12，是由PLZT等材料以圆柱板状（厚度a）形成的，可适当地设定材料（介电常数ε）、截面积S（与电极13、14平行的方向的截面积或正交方向的截面积）、厚度（相当于电极13、14之间的距离）、形状（圆柱状之外的长方体）等。也不特别限定由交流电源17施加到介质12上的交流电压V（$=V_0 \sin\omega t$）和频率f（$\omega=2\pi f$）的值，只要能够产生向量电势的值，并考虑传播距离r、能量捕捉装置21的灵敏度等，使之满足（29）式或（30）式即可。

（29）式是关于电荷量Q对时间的变化量$\partial Q/\partial t$的条件式。

$$\partial Q/\partial t=\varepsilon S V_0 2\pi f \cos\omega t/a \quad \cdots\cdots (29)$$

（30）式表示在包含介质12的二等分点O的平面S上的距离O点r处的磁场*H的绝对值H。

$$H=\varepsilon S V_0 f \cos\omega t/a \cdot r \quad \cdots\cdots (30)$$

因为$B=\mu_0 H$（μ_0是真空导磁率），所以磁通密度*B的绝对值B用（30）式由（31）式给出。

$$B=\mu_0 \varepsilon S V_0 f \cos\omega t/a \cdot r \quad \cdots\cdots (31)$$

该磁场的磁通密度由能量捕捉装置21的磁传感器来检测。

由（31）式也可知道，如果提高频率f和电压Vo，磁通密度就变大，所以，提高频率和电压就能得到可检测的磁场强度。如果只过分提高频率，会辐射电磁波，而且，若产生的磁场过大，对周围仪器的影响也大，成为误动作的原因，还要考虑对人体的不良影响。所以为了防止电磁波的辐射，最好用金属筒等罩住能量发送装置11的整体，并且，最好把产生的磁场抑制在大约几十毫高斯以内。

另一方面，能量捕捉装置21应具有如下结构，它包括：构成磁传感器并能产生与磁通密度变化对应的感应电流的线圈、向该线圈通电的电源、以及检测线圈中的电流的电流传感器等，并且，检测上述的磁场*H或磁通密度*B后把它转换为电流或电压，从而得到对应于磁通密度的输出信号。也可以直接使用市售的高灵敏度磁传感器（例如：能够检测出大约5μG的、使用霍尔元件的磁传感器、电流式磁传感器、SQUID系列等的任一种）。

但是，能量捕捉装置21有可能测量到由周围的各种仪器所产生的电磁波引起的磁场，结果有可能降低S/N比，因此，最好用软磁性金属或包含软磁性金属的材料在能量捕捉装置21（磁传感器）的周围进行磁屏蔽。

下面来说明这种结构的能量传播系统的动作。接通开关W，交流电源17通过电极13，14向介质12施加具有由控制部18设定的频率f、电压V的交流电压。这样，能量发送装置11的介质12就在由连接其对角线的两条线段围成的角度θ范围内发送并传播向量电势而到达能量捕捉装置21。能量捕捉装置21处于线圈通电的状态。这样，一旦该向量电势到达，磁通密度的变化就在线圈上产生感应电流，流过线圈的电流变化。电流传感器检测到这种变化，在线圈上产生的感应电流或电流传感器的输出就成为捕捉的能量。

图5是表示本发明的能量传播系统的另一结构的模式图。在图5中，与图4中相对应的部分标注同一标号。在本实施例中，使用在介质12的两个相对面上设置电极13、14而构成的多个电容器，把这些电容器按放射状配置在以O_1点为中心的同一平面上的约大于半圆的范围内，各介质12的未设有电极13、14的侧面朝外。由于各电容器在夹角θ方向上产生并传播向量电势，θ是连接介质12中的平面上的两个对角点的对角线12a、12b之间的夹角，其顶点为两对角线的交点Q，所以，为了覆盖全方位，可以以相互之间的适当夹角α、在中心O_1周围的约半圆以上的范围内配置多个电容器。

加在各个电容器上的引线15、16、交流电源17、控制部18、以及开关W的结构与上例（图4）相同．虽然可以在每个电容器上设置交流电源17、控制部18、以及开关W，但也可以共用．在分别设置的情况下，其优点是各向量电势单元可以产生大小各不相同的向量电势；在共用的情况下，其优点是结构简单．

可是，由（31）式可知，为了维持相同的磁场强度且使施加的交流电压的频率低、电平低，可以使用相对介电常数（$\varepsilon/\varepsilon_0$，$\varepsilon_0$：真空的介电常数）高的介质，且介质的厚度a要薄，面积S要大．使施加的电压频率低、电平低的优点是，所辐射的电磁波弱，屏蔽电容器和引线的金属中产生的感应电荷量减少，不需设置地线．但是，如果介质的厚度变薄，向量电势的分布就成为二维分布（定向性强）．

因此，介质12的厚度通常小于5mm，相对介电常数大于500，且最好把这样的电容器沿径向配置成放射状．这样就能降低屏蔽材料等所带的电荷量，且不需要地线，减轻了重量，还容易携带，还能够确保向量电势的全方位传播．

在本实施例中，接通开关W后，交流电源17通过电极13，14向介质12施加具有由控制部18设定的频率f、电压V的交流电压，这时，如图5所示，能量发送装置11的介质12在由连接其对角线的两条线段12a、12b围成的角度θ范围内发送并传播向量电势，而到达能量捕捉装置21．各能量捕捉装置21的动作与具有图4所示结构的实施例相同．

研究了把使用相对介电常数为5000、厚度为1.0的mm介质而构成的电容器如图5所示地按放射状配置的情况下的磁场强度与角度之间的关系．在把电容器放入由坡莫合金制圆筒体（外径：82mm，内径：80mm，长度：30mm，壁厚：1.0mm）构成的地线内而屏蔽电磁波的情况下和不屏蔽的情况下进行测量．还用坡莫合金罩住磁传感器的整个检测部后改变电压V和频率f来测量磁通密度，测量距离是离开放射状配置的中心O_1的距离．把磁传感器转90度并向与向量电势的传播方向垂直的方向倾斜后，进行背景磁场的测量．测量磁场/背景磁场之比大于10时，判定为S/N合适，而小于10时判定为不合适．测量角度θ（度）是相对于通过介质的中心Q且与电压施加方向垂直的平面的角度．试验结果示于表1中．

由表1可知，如果多个电容器被配置成放射状，向量电势分布的各向异性就小，即使增大测量角度，也能得到足够大的测量磁场的强度，与现有的电磁波大致相同，利用向量电势进行通信的通信系统也是优良的通信系统。

以下来说明使用向量电势作为信号传播媒体的本发明的通信系统。

图6是表示本发明通信系统概况的模式图。图中，31是中继基站，32表示终端装置。在中继基站31与终端装置32之间是例如发生电波障碍地域或难以架设有线线路的地方。在中继基站31与包含其它基站的外部之间设置有利用电磁波（包含光波）的双向无线线路33、电话等的有线线路34。在中继基站31与终端装置32之间设有利用向量电势的双向无线线路35。

图7是表示中继基站31中的主要设备的方框图。从其它基站通过无线线路33传播来的信号电磁波（包含光信号）首先由限幅器41进行限幅，再由鉴频器42对高频域进行滤波后，作为降低到规定频率的电压信号由电压放大器45进行放大，并输入到使用向量电势的发射装置46中。另外，通过有线线路34传来的信号电流首先被频率调制器43进行频率调制，然后被电压变换器44变换为电压信号，由电压放大器45放大之后输入到以向量电势作为传播媒体的发射装置46中。在与终端装置32之间，通过该发射装置46进行以向量电势为媒体的通信。

图8是表示发射装置46结构的模式图。在发射装置46中，引线55、56的各自一端连接到电容器中的电极53、54上，其各自的另一端连接到调制器57上，并把调制器57连接在交流电源58和信号发生器59上。在该电容器中，用银浆等把铜制电极53、54接合固定在由PLZT等材料（介电常数大于500）制成的圆柱形、椭圆柱形或长方体板状（厚度小于5mm）的介质52的相对着的两个表面上。调制器57使来自交流电源58的交流电压对应于来自信号发生器59的信号，并对其频率进行AM调制或FM调制，或PCM调制、如脉冲宽度调制等后，把经调制的电压施加到介质52上。这样，就使由电容器发送出的向量电势发生例如大小变化或断续（脉冲状）变化。

在图中表示了具有一个电容器的情况，由于由此产生的向量电势的传播方向被限定在连接介质52对角线的2条直线之间的夹角θ范围内，所以，为了覆盖全方位，最好是如图9所示地在以O_1点为中心的约大于半圆周的范围内放

射状地配置多个电容器，介质52的未设置各个各电极53、54的侧面朝向外侧．这种情况下，各电容器并连在调制器57上．

另外，在中继基站31设置有检测出由终端装置32产生并传播过来的向量电势形成的磁场、并把它变换成为用于无线线路33中的信号电磁波（包含光信号）或用于有线线路34中的信号电流后进行传送的设备．

图10是表示设置在中继基站31中的其它的信号发送接收设备的方框图．图中，61是用于检测由向量电势形成的磁场的磁传感器．磁传感器61检测出由向量电势形成的振荡磁场，并输出与其相对应的电流．由于该输出电流是微分值，为了进行积分后恢复为原来的信号，所以向积分器62输出该输出电流．积分器62对电流进行积分，并把该积分值向频率放大调制器63和频率调制器64输出．频率放大调制器63进行频率放大后输出到微波发射器65，在这里通过无线线路33发送微波．频率调制器64把积分值的频率降低之后，由电压放大器66放大，再通过有线线路34向外部发送．

另一方面，终端装置32包含图8所示的向量电势的发射装置和如图11所示的接收装置．在接收装置中，该接收装置利用积分器62对磁传感器61的输出进行时间积分，并利用频率调制器64降低积分值的频率之后，再由电压放大器66进行放大，然后连接到扬声器67上．发射装置的结构实质上与把话筒68连接到图8所示的信号发生器59上的结构相同，能够通过话筒68发送声音．

这样，使用者就能够接收作为声音的传送信号，并通过终端装置32进行利用声音信号的信号发送．

如图6所示，在中继基站31内设有利用向量电势的发射·接收装置、和通过利用电磁波（包含光）的无线线路33工作的发射·接收装置或通过有线线路34工作的发射·接收装置，另外，在终端装置32内设有能够进行向量电势与声音之间的双向变换的发射·接收装置，所以，用中继基站1和终端装置2就能够进行向量电势的双向通信．而且，由于中继基站1与原来的无线线路33或有线线路34连接，所以，即使在产生作为原来通信系统的弱点的通信障碍的情况下也能进行S/N比良好的通信，而且，能够大幅度地缓和干扰等引起的电波障碍．另外，由于测量的磁场是交变磁场，所以完全可以忽略地磁场等静磁场的影响．

图12是表示中继基站1和终端装置2中的发射装置的具体结构模式的剖面图。介质52由PLZT等材料制成的，成圆柱形（截面积S、厚度a、介电常数ε）。对介质52的材料、介电常数、形状等没限定成同上述的相同，材料可使用钛酸钡等，形状可以是椭圆柱、长方体、立方体等形状。介电常数可以在500～10000范围内。

为了屏蔽来自介质52的放射电磁波，把一个或多个电容器包含着引线55、56的一部分整个地容纳在由作为软磁性金属的坡莫合金制成的圆筒体71内。设置多个电容器的时候，在使未设有电极53、54的面朝外地沿园弧配置多个电容器的状态下，把多个电容器容纳在圆筒体71内。

引线55、56的被引出到圆筒体71外面的部分，通过其周围的绝缘体72、以及其再外侧的坡莫合金制的屏蔽管73进行双重电磁屏蔽。

当在发射装置的介质52的电极53、54之间加上频率为f且最大电压为V_0的电压时，设$\omega=2\pi f$，则加在介质52上的电压V可用（32）式来表示。

$$V=V_0 \sin\omega t \quad \cdots\cdots (32)$$

因此，向量电势（电荷量）对时间的变化量$\partial Q/\partial t$就成为（33）式。

$$\partial Q/\partial t=\varepsilon S V_0 2\pi f \cos\omega t/a \quad \cdots\cdots (33)$$

在电极53、54之间对圆柱形的介质52二等分的平面内的、距离中心轴r处所产生的磁场H，根据（27）式用（34）式表示。

$$H=\varepsilon S V_0 f \cos\omega t/ar \quad \cdots\cdots (34)$$

另一方面，由于在磁传感器61测量的是磁场的磁通密度，所以从$B=\mu_0 H$的关系可改写成（35）式。该磁通密度B由磁传感器61进行测量。

$$B=\mu_0 \varepsilon S V_0 f \cos\omega t/ar \quad \cdots\cdots (35)$$

因此，即使所加的电压低，为了以高输出功率发射向量电势，可使用厚度薄且相对介电常数高的介质52。

以下说明构成电容器的介质52的其它形状（椭圆柱形、长方体形）的例子。图13A是表示椭圆柱形（长轴半径a，短轴半径b，厚度L）介质52的平面图和侧视图，图13B是表示长方体形（长边2a，短边2b，厚度L）介质52的平面图和侧视图。

在图13A所示的椭圆柱形介质52中，设定其长轴半径a与短轴半径b之比大于4：1，在图13B所示的长方体形介质52中，同样设定其长边2a与短边2b

之比大于4：1，如图9所示地配置，使其长轴半径或长边的方向分别成为放射形状的内外方向。

因为，由所产生的向量电势的传播引起的测量磁场强度正比于长宽比（a/b）的平方，所以从测量磁场强度的角度出发，介质52的形状最好尽可能接近于棒状，但是，从降低施加电压、频率的角度出发，介质52的形状最好作成椭圆柱、长方体的形状。此外，使长轴半径与短轴半径之比、或长边与短边之比大于1的理由如下。

因为施加在介质52上的交流电压V由上述的（32）式表示，所以，向量电势（电荷量）对时间的变化量$\partial Q/\partial t$就成为（36）式。

$$\partial Q/\partial t=\varepsilon SV_0\,2\pi f\,\cos\omega t/L \qquad \cdots\cdots(36)$$

因此，把（36）式代入上述的（28）式，可求出用于表示图9中的（x，y）处（把介质52的椭圆形的长轴方向作为x轴、短轴方向作为y轴）产生的磁场*H的x、y分量的（37）式。图14是表示由来自椭圆柱形介质52的向量电势的传播而形成的振荡磁场（对应于作为地磁场的静磁场的概念）的方向的说明图。

因为由接收装置中的磁传感器61测量的磁场是磁通密度，所以，根据$*B=\mu_0*H$，就可以用（38）式表示（37）式。

其中，x轴（a轴）上和y轴（b轴）上的磁通密度的x、y分量用（39）式来表示，在x轴上y=0，在y轴上x=0。

因此，为了降低所施加的电压的频率或电平，首先可使用相对介电常数高的介质52，并把介质52的厚度L作得极薄，而且可加大长轴半径（或长边）与短轴半径（或短边）之比即a/b的比，这样，x轴上的磁通密度的y分量就变大，可提高在x轴上测量到的磁场强度。

如此地，通过使介质52的形状具有各向异性，就能够进一步降低所加电压的频率和电平，并使辐射的电磁波变弱，而且，能够提高向量电势的发射效率，减少在屏蔽电容器及引线的金属上产生的感应电荷量，可以不设置地线，减轻了重量，所以便于发射装置的携带。

在中继基站31和终端装置32中使用由各种软磁材料进行磁屏蔽的高灵敏度的磁传感器61，以便尽量只检测由向量电势的信号形成的磁场，并排除来自其它仪器的泄露磁场，且提高S/N比，

$$H=\frac{\frac{\varepsilon S V_0\ 2\pi f}{L}\cos(\omega t)(-y e_1+x e_2)}{2\pi\left(\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}\right)ab}$$

代入 $S=ab\pi$

$$H=\frac{\frac{\varepsilon ab\pi V_0\ 2\pi f}{L}\cos(\omega t)(-y e_1+x e_2)}{2\pi\left(\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}\right)ab}$$

$$=\frac{\frac{\varepsilon\pi V_0\ f}{L}\cos(\omega t)(-y e_1+x e_2)}{\left(\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}\right)}$$

$$=H_x e_1+H_y e_2$$

$$\left.\begin{aligned}H_x&=-\frac{\varepsilon\pi V_0\ f y}{L}\cos(\omega t)\Big/\left(\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}\right)\\H_y&=\frac{\varepsilon\pi V_0\ f y}{L}\cos(\omega t)\Big/\left(\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}\right)\end{aligned}\right\}\cdots(37)$$

$$\left.\begin{aligned}B_x&=-\mu_0\varepsilon V_0\pi f y\cos\omega t/(x^2/a^2+y^2/b^2)L\\B_y&=+\mu_0\varepsilon V_0\pi f y\cos\omega t/(x^2/a^2+y^2/b^2)L\end{aligned}\right\}\cdots(38)$$

$$\left.\begin{aligned}B_x&=-\mu_0\varepsilon V_0\ \pi f y\cos\omega t\cdot b^2/yL\ (y\text{軸上})\\B_y&=\ \mu_0\varepsilon V_0\ \pi f y\cos\omega t\cdot a^2/xL\ (x\text{軸上})\end{aligned}\right\}\cdots(39)$$

由于磁传感器61的检测对象是由向量电势对时间的变化所引起的磁通密度的变化，只要是能够高灵敏度地检测振荡磁场，并只要是能够检测5μG左右的任何工作原理的磁传感器都可以，如霍尔元件、磁阻元件、SQUID系列元件等，并不限定于在下面作为一个例子详细说明的平行磁通闸门式磁传感器。但是，任何一种工作原理的磁传感器，在测量向量电势的时候，都可能检测出由周围的各种仪器产生的电磁波所引起的磁场，其结果降低S/N比，因此，需要用软磁性金属或包含软磁性金属的材料来屏蔽检测部，对于向量电势的测量来说，这种磁屏蔽是必不可少的。

图15是作为磁传感器61的一个例子的、平行磁通闸门式传感器的检测部的概略结构图，图16是表示该检测部的磁屏蔽状态的剖面图。为了与由向量电势引起的振荡磁场平行，把由具有高导磁率的棒状软磁体构成的磁芯81设置在检测部内。在磁芯81上卷绕着两端连接到励磁电路82上的励磁线圈83和两端连接到接收电路84上的检测线圈85。用由可有效吸收振荡磁场的软磁材料构成的屏蔽箱86覆罩该磁传感器61的检测部周围，而且，引线88通过由同样的软磁材料构成的屏蔽管87内部。

作为这种屏蔽材料，基本上可以选择对应于振荡磁场的频率而具有较高屏蔽效率的材料。当通过反射电磁波进行屏蔽的时候，选用金属软磁材料，当通过吸收电磁波进行屏蔽的时候，选用吸收效率高的铁氧体材料。另外，为了在宽频带内进行屏蔽，如果复合使用这些材料，可以提高屏蔽效果。总之，可用易于反射电磁波的材料或易于吸收电磁波的材料来进行磁屏蔽，而不必特别限定于软磁材料。

以下参照图17A～17D来说明磁传感器61的工作原理。在图17A～17D中，实线是无输入磁场的情况，虚线是有输入磁场的情况。

图17A表示的是为产生图17B所示的三角波磁场而在励磁线圈83中流过励磁电流时、在软磁材料构成的磁芯81中产生的B-H曲线。如果最大施加磁场的振幅是使磁芯81饱和的足够大振幅，产生的磁通量φ（t）随磁芯81所具有的磁特性而如图17C所示地周期性地饱和，并在检测线圈85上产生如图17D所示的周期性变化的电动势。

在输入磁场为0的情况下，在检测线圈85上产生由（40）式表示的电动势V，即，根据磁通量φ的时间微分而产生如图17D所示的周期性变化的矩形波电动势。

$$V=\partial\phi/\partial t \qquad \cdots\cdots (40)$$

对于此，在有振动的微弱输入磁场的情况下，如果使励磁电流的频率与该输入磁场的振动频率一致，则施加在磁芯81上的磁场就按图17B中虚线所示的曲线变化，磁芯81的磁通量φ（t）移动至图17C中的虚线。结果，按照（40）式产生的电动势发生图17D中虚线所示的相位偏移，在检测线圈85上产生具有励磁电流的二倍频率的电压。滤波电路把这个二倍频成分提取出来，并对提取出来的该成分进行交流放大、同步整流处理，从而能够得到与输入磁场成正比的直流电压的输出功率。

可是，由于测量的磁场是交变磁场，所以，可完全忽略地磁场等静磁场的影响。因为该平行磁通闸门式磁传感器能够只检测出频率与励磁电流相同的磁场成分，所以，可除去由各种仪器产生的磁场成分，这对于大幅度提高灵敏度是非常有效的。而且，由于磁屏蔽材料的厚度能够很薄，所以在减轻重量方面也颇为有效。

在上述的例子中，说明了把励磁线圈和检测线圈卷绕在棒状磁芯上的磁传感器，但也可以在接收装置中使用把励磁线圈和检测线圈绕在多个环形磁芯上的磁传感器，来检测各检测线圈的电流变化。在使用这样构成的磁传感器的情况下，能够更有效地检测出由从各种不同方向传播的向量电势形成的磁场。另外，通过把在环形磁芯上卷绕多个励磁线圈和检测线圈而成的多个磁传感器进行立体配置，能够更有效且无定向性地检测出存在于三维空间的、由向量电势形成的磁场。

如上所述，在中继基站31和终端装置32中，作为向量电势的接收装置而使用进行磁屏蔽的磁传感器61的情况下，在中继基站31与终端装置32之间能够进行利用该向量电势的通信。如果把中继基站31与一般的通信网络连接，即使在发生作为原来通信系统的弱点的通信障碍的场所，也能够进行S/N比良好的通信，还可以大幅度地缓和干扰等电波障碍。另外，如果利用这种方式，在通信系统之外，还可以实现例如取消个人计算机与鼠标器之间的连接软线等各种仪器的无连线化。

下面来说明这种通信系统的动作．接通未图示的开关，调制器57根据来自信号发生器59的信号调制（FM调制、AM调制或脉冲调制）来自交流电源58的交流电压，并根据发送信号从交流电源58通过两电极53、54施加具有规定频率（例如10kHz）、规定电压值（例如10kV）的电压．这样，介质52就在如图9所示的连接其对角线的两条线段52a,52b之间的角度θ范围内发送出向量电势．而且，介质52发送大小变化的向量电势或断续的向量电势，并向接收装置（磁传感器61）传播．

如上所述，磁传感器61把励磁线圈83保持在通电状态，向量电势一旦到达，伴随该向量电势的磁场、具体地说是磁通密度发生变化，随之，在磁传感器61的检测线圈85中流过的电流发生变化．检测出该电流变化，并输出对应于该变化的电压或电流信号，这样就能够进行通信．

在这样的通信系统中的发射装置内，即使介质52、电极53、54产生了电磁波，由于圆筒体71、绝缘体72、以及屏蔽管73屏蔽了该电磁波，所以，它不会向外部放射．在接收装置中，由于利用屏蔽箱86和屏蔽管87对由周围的电子仪器发出的电磁波形成的磁场进行屏蔽，所以，能够只正确地检测由来自发射装置的向量电势的传播而形成的磁通密度的变化．

在这样的通信系统中，由于是利用向量电势进行通信，所以，因其优良的透过性而能够完全不用担心由于通信环境造成的信号强度低、由于周围电磁波引起的S/N比的下降等情况，而且，由于向量电势不是像电磁波那样直向前进，而是形成封闭曲线的轨迹，再加之其透过性好，所以，即使在不能进行无线通信的环境下也能够进行通信．

对本发明的通信系统进行了各种试验，以下来说明这些试验的结果．

（试验例1）

发射装置中使用一个电容器，在电极53、54上施加频率为10kHz、电压为10kV的交流电压，并且，为了泄放在圆筒体71和屏蔽管73上产生感应电荷，把它们接地．另一方面，接收装置的磁传感器1使用分辨率为5μG的磁传感器，并改变离开发射装置的距离r来测量磁通密度．结果如表2所示．

作为比较例，发射装置的结构是，直接连接一对电极，并进行调整而使其产生与本发明例同样大小的磁场，并流过频率为10kHz的电流，而且，接收装置测量由坡莫合金罩住整个检测部的情况和未罩住情况下的磁场振幅．

由表2可知，即使距离r为100m，接收装置也能够以良好的再现性检测出磁场。而且，不论是否屏蔽接收装置的磁传感器的检测部，向量电势引起的磁场都与计算值一致，由此可知，完全不受磁屏蔽的影响，磁屏蔽仅起着屏蔽来自周围电子仪器的电磁波的作用。

对应于此，在比较例中，在屏蔽电磁波时和不屏蔽电磁波时，电流所产生的磁场存在很大的差异。

（试验例2）

然后，构成如下构的发射装置：把相对介电常数ε为100、500、1000、3000、5000的强介质（PLZT）加工成不同厚度的直径为68mm的圆形介质52，用银浆把它粘夹在预先设置了引线55、56的铜制的金属板（电极）53、54之间，再把这样的电容器整体插入到软磁性金属制的圆筒体71（外径：82mm，内径：80mm，长度：30mm，壁厚：1mm）内，进行电磁波的屏蔽。

再用绝缘体72罩在引线55、56周围，再用壁厚0.5mm的坡莫合金制的屏蔽管73对其外部进行屏蔽，然后把交流电压加在电极53、54上，由此来研究是否必须把在屏蔽用的圆筒体71和屏蔽管73上产生的感应电荷泄放到大地中，为此，检测把圆筒体71接地的情况下和不接地情况下的发射强度。

另一方面，接收装置的磁传感器61使用分辨率为5μG的高灵敏度磁传感器，并用壁厚0.5mm的坡莫合金制的屏蔽箱86罩住整个检测部，进行磁屏蔽。再把由同屏蔽箱86一样材料制成的屏蔽管87的一端连接到引线88的引出部上，引线通过其内部后被引出到外部。

使用如上所述的发射装置和接收装置，使施加在电容器上的交流电压的幅值在20V～10kV的范围内、其频率在2kHz～10kHz的范围内变化，并在离开介质52的中心一定距离处测量磁场（μG）。其结果如表3、表4所示。

在表3、表4中，测量角度是与包含介质52的厚度方向的中点、且同电压施加方向垂直的平面所构成的角度θ/2（参照图8、图9）。背景磁场是把磁传感器61的角度转过90°、朝与向量电势的传播方向垂直的方向倾斜而测量的背景的磁场。如果测量磁场/背景磁场（S/N）之比超过10则判定为适宜，小于10则判定为不适宜。

由表3、表4可知，如果介质52的介电常数大于500、介质52的厚度小于5mm且最好是薄到0.1mm，随圆筒体71接地与否、测量角度的不同，是否适宜

的结果会产生一些误差，如果把电压、频率分别降到50V、4kHz，电源也能够变得很小．由于不要地线，所以能够制成可携带的发射装置．

（试验例3）

改变厚度、形状、尺寸地加工相对介电常数ε为100、500、3000、5000的强介质（PLZT）后，制成图12所示的平板电容器，再插入到坡莫合金制的圆筒体71内对放射电磁场进行磁屏蔽，并如图8所示地接线而装配成发射装置．另一方面，接收装置的磁传感器61，用图16所示的壁厚2.0mm的坡莫合金制的屏蔽箱86罩住高灵敏度（分辨率为2μG）的整个检测部，进行磁屏蔽．

使施加在电容器上的交流电压的幅值在20V～10kV的范围内、其频率在2kHz～10kHz的范围内变化，而测量振荡磁场的振幅．测量沿介质的长轴（或长边）及短轴（或短边）的方向、从介质52的中心离开规定距离（m）处的测量磁场（μG）．其它主要条件与试验例2相同．测量结果如表5、表6所示．

在表5、表6中，2a、2b 分别表示椭圆柱形的介质52的长轴、短轴尺寸，或长方体的介质52的长边、短边的长度．其它都与表3、表4中相同．由表5、表6可知，如果介质52的相对介电常数大于500、介质52的形状各向异性（a/b）较大最好大于4、其厚度L薄到2.0mm时，即使在电压、频率分别下降到50V、5kHz的状态下使发射装置与接收装置相隔300m，也能进行通信．从编号为No.10的测量磁场得到的结果可知，即使两装置之间的距离达到1000m，也能够进行通信．

（试验例4）

使用图12所示的结构作为向量电势的发射装置．但是，介于电极之间的介质52的相对介电常数为500、厚度为30mm、直径为28mm．此外，坡莫合金制的圆筒体71的外径为42mm、内径为38mm、长度为60mm．

另一方面，使用市售的磁阻元件和平行磁通闸门式两种磁传感器作为磁传感器61．并且，对使用具有表7所示磁特性的材料进行磁屏蔽的情况和不进行磁屏蔽的情况下的磁场的实际有效值进行测量，磁传感器71的磁芯81，在介质52的垂直二等分平面内朝着向量电势的接线方向．把磁芯81配置成磁芯81的长轴平行于振荡磁场．

图18和图19分别表示平行磁通闸门式磁传感器中的输出电压的频率特性和磁通密度与输出电压之间的关系。为了使磁屏蔽效果更加显著，把介质52与磁传感器61之间的距离一般定为0.5m。

表8、表9表示这样的测量结果。若磁场的计算值与实际有效值之比大于0.80，则判断为磁传感器良好，若小于0.80则判断为不合适。即，把背景磁场成分占20%作为阈值，来判断是否良好。在表8、表9中，表示磁传感器的形式的MR和FG分别代表磁阻元件和平行磁通闸门式磁传感器。在把作为磁传感器材料的软磁体进行复合使用的情况下，在外侧配置坡莫合金后接地。在使用Ni-Zn的情况下，由于是高电阻材料，所以就不接地。

由表8、表9的结果可知，如果用软磁材料进行磁屏蔽，则与磁传感器的型式无关，能够高精度地测量向量电势的振荡磁场，在使用金属软磁材料的情况下，通过接地能够进一步提高其测量精度。

（试验例5）

进行由中继基站31发射而在终端装置32接收的通信系统是否可行的试验。首先，为了在中继基站31接收微波，用市售的移动电话（PHS）进行检波，取出被放大的电压，并把频率调整到10kHz，然后把电压放大到500V，再如图8所示地接到向量电势的发射装置上。在发射装置的电极53、54之间插入安装介电常数为5000、厚度为1mm、直径为20mm的圆柱形介质52，并通过电极53、54把电压施加在介质52上，发射装置就产生按照信号调制的向量电势。为了屏蔽来自介质52的电磁波，如图12所示地在介质52的周围同轴地设置坡莫合金制的圆筒体71（外径为32mm，内径为30mm）。引线55、56经过绝缘材料72和坡莫合金制的屏蔽管73，连接到电压放大器上。

另一方面，如图16所示，在接收装置中，用壁厚2mm的坡莫合金制的屏蔽管87罩住高灵敏度（分辨率为2μG）的磁传感器61的整个检测部而进行磁屏蔽，引线88也从坡莫合金制的屏蔽管87内经过，并如图10所示地连接到积分器62等上。这样，在测量由向量电势的时间变化而引起的磁场的同时，通过积分器62把在磁场中产生的信号电流恢复为原来的信号。把该信号进行放大后送到扬声器67中转换成声音。

进行试验，来确认能否利用电话线路连接到作为中继基站31的移动电话(PHS)上、使电话声音以向量电势为媒体、从终端装置32内的如图11所示地连线而连接在传感器61上的扬声器37中输出。

作为把在中继基站31中利用有线线路34接收的信号发送到终端装置32的试验，是验证能否把电话线路中的电流进行电压变换并进行电压放大后输入到如图8所示的向量电势发射装置的信号发生器59中、然后从连接在终端装置32上的传感器61的扬声器67输出电话声音。向量电势的接收装置内的扬声器67被安置在电波暗室内，而向量电势的发射装置安置在室外。测量距离是向量电势发射装置与电波暗室内的向量电势接收装置之间的距离。测量结果如表10所示。

（试验例6）

与试验例5相反，通过试验来验证能由终端装置32发射向量电势、而由中继基站31进行接收的通信系统是否可行。

首先，把由话筒68接收的声音的信号电流变换为电压，并放大到500V之后，把频率调整到10kHz，与试验例5相同，再输入到如图8所示的向量电势发射装置中的信号发生器59，产生向量电势。再把由与试验例5相同的磁传感器61接收到的所产生的向量电势的信号电流输入到市售的移动电话（PHS），而发射微波。试验是验证能否以向量电势为媒体传播话筒68的声音、并由磁传感器61接收之后以微波形式从移动电话发射出去而把声音连接到电话线路上。

还进行了验证能否实现由磁传感器61接收之后进行电流放大而直接连接到电话线路上、并利用电话机的受话器闻听声音的试验。试验时，把话筒68和向量电势发射装置安置在电波暗室内，而把向量电势接收装置和移动电话（PHS）安置在室外。测量距离是电波暗室内的向量电势发射装置与室外的向量电势接收装置之间的距离。测量结果如表11所示。

由表10和表11可知，如果把向量电势用作通信媒体，即使在电波暗室的内外部之间也能够容易地进行通信，由试验例5和试验例6可知，即使存在电波障碍的场所或不能进行有线线路通信的场所也能够进行相互通信。

不背离本发明的基本特征的宗旨可以按照几种形式来实施，因此，本实施例仅仅是说明性的，而不被限定于此，因为本发明的保护范围由权利要求

书来限定，而不由上述的说明来限定。因此，落入权利要求书界定范围内的所有变化或其等效的界定范围都由权利要求书所包括。

表1

	No	是否有金属圆筒的地线	介质厚度 a (mm)	径向配置的电容器数量	距离 r (m)	测量角度 θ (度)	电压 (V)	频率 (kHz)	感测磁场 (μG)	背景磁场 (μG)	合适否
试验例	1	有	1.0	12	2.0	0	1000	2	4300	80	合适
	2	有	1.0	12	2.0	10	1000	2	1800	60	合适
	3	有	1.0	12	2.0	15	1000	2	150	30	否
	4	有	1.0	12	2.0	30	1000	2	4250	75	合适
	5	有	1.0	36	2.0	0	400	5	6800	150	合适
	6	有	1.0	36	2.0	5	400	5	3300	100	合适
	7	有	1.0	36	2.0	10	400	5	6900	170	合适
	8	无	1.0	12	2.0	10	200	5	930	80	合适
	9	无	1.0	36	2.0	5	200	5	1720	110	合适

表2

	No.	是否有磁传感器的屏蔽	距离 r (m)	电压 (kV)	电流 (A)	感测磁场 (μG)	计算磁场 (μG)
试验例1	1	有	0.5	10	—	6850	6800
	2	有	2.0	10	—	1650	1700
	3	有	4.0	10	—	865	850
	4	有	7.0	10	—	480	485
	5	有	10.0	10	—	355	340
	6	有	20.0	10	—	175	170
	7	有	40.0	10	—	90	85
	8	有	100.0	10	—	40	34
比较例	9	有	0.5	—	1.71	55	6800
	10	无	0.5	—	1.71	6950	6800
	11	有	4.0	—	1.71	55	850
	12	无	4.0	—	1.71	870	850

表 3

	No.	是否有金属圆筒的地线	相对介电常数	介质厚度 a (mm)	距离 r (m)	测量角度 θ (度)	电压 (V)	频率 (kHz)	感测磁场 (μG)	背景磁场 (μG)	合适否
试验例2	1	有	5000	5	2.0	0	1000	10	2050	30	合适
	2	无	5000	5	2.0	0	1000	10	2600	520	否
	3	有	5000	5	2.0	10	1000	10	810	25	合适
	4	有	5000	5	2.0	30	1000	10	120	20	否
	5	有	5000	4	2.0	0	800	10	2270	220	合适
	6	有	5000	1	2.0	0	200	10	2020	20	合适
	7	有	5000	0.5	2.0	0	100	10	2020	20	合适
	8	无	5000	0.5	2.0	0	100	10	2240	200	合适
	9	有	5000	0.2	2.0	0	40	10	2020	20	合适
	10	有	5000	0.1	2.0	0	100	2	2030	30	合适

表4

	No	是否有金属圆筒的地线	相对介电常数	介质厚度 a (mm)	距离 r (m)	测量角度 θ (度)	电压 (V)	频率 (kHz)	感测磁场 (μG)	背景磁场 (μG)	合适否
试验例2	11	有	5000	0.1	2.0	0	50	4	2030	30	合适
	12	无	5000	0.1	2.0	0	50	4	2120	60	合适
	13	无	5000	0.05	2.0	0	20	5	2120	60	合适
	14	无	3000	0.1	2.0	0	83	4	2050	25	合适
	15	无	1000	0.1	2.0	0	250	4	2010	70	合适
	16	无	500	0.1	2.0	0	250	8	1980	80	合适
	17	无	100	0.1	2.0	0	250	8	420	60	否

表5

	No	介质的形状	介电常数	介质厚度和尺寸			距离 r (m)	a／b	测量方向	电压 (V)	频率 (kHz)	感测磁场 (μG)	背景磁场 (μG)	合适否
				L (mm)	2a (mm)	2b (mm)								
试验例3	1	圆形	5000	5	20	20	2	1	a	1000	10	170	2	合适
	2	椭圆形	5000	5	40	20	2	2	a	1000	10	700	3	合适
	3	椭圆形	5000	5	40	20	2	2	b	1000	10	160	2	合适
	4	椭圆形	5000	5	80	20	2	4	a	1000	10	2750	13	合适
	5	椭圆形	5000	5	80	20	2	4	b	1000	10	175	2	合适
	6	椭圆形	5000	5	160	20	2	8	a	1000	10	11200	49	合适
	7	椭圆形	5000	5	160	20	2	8	b	1000	10	190	2	合适
	8	椭圆形	5000	2	80	20	100	4	a	1000	10	140	2	合适
	9	椭圆形	5000	1	80	20	300	4	a	1000	10	95	2	合适
	10	椭圆形	5000	0.2	160	20	300	8	a	1000	2	370	3	合适

表6

	No	介质的形状	介电常数	介质厚度和尺寸			距离 r (m)	a／b	测量方向	电压 (V)	频率 (kHz)	感测磁场 (μG)	背景磁场 (μG)	合适否
				L (mm)	2a (mm)	2b (mm)								
试验例3	11	椭圆形	5000	0.2	160	20	300	8	a	100	10	185	2	合适
	12	椭圆形	5000	0.2	160	20	300	8	a	50	5	49	2	合适
	13	长方形	3000	0.2	160	20	300	8	a	100	10	105	2	合适
	14	长方形	500	0.2	160	20	300	8	a	100	10	19	2	否
	15	长方形	500	0.1	160	20	300	8	a	100	10	39	2	合适
	16	长方形	100	0.1	160	20	300	8	a	100	10	7	2	否

表7

材料	磁特性		电阻（Ωm）
	iHc（Oe）	μ_m	
Fe-Ni系坡莫合金	0.007	4500000	1.4×10^{-7}
Mn-Zn系铁氧铁	0.025	30000	$4.3\times10^{+1}$

表8

	No	发射频率 (kHz)	介质的厚度和半径 (mm) t	r	最大施加电压 (kV)	距离 r (m)	磁传感器 屏蔽材料 材料	厚度 (mm)	有无接地	型式	实测磁场 (μG)	计算磁场 (μG)	比率 B_{cal}/B_{obs}	合适否
试验例4	1	10	30	14	10	0.5	无	0	无	MR	4100	2280	0.56	否
	2	100	30	14	1	0.5	无	0	无	MR	8200	2280	0.28	否
	3	10	30	14	10	0.5	无	0	无	FG	2820	2280	0.81	合适
	4	100	30	14	1	0.5	无	0	无	FG	3350	2280	0.64	否
	5	10	30	14	10	0.5	坡莫合金	2	无	FG	2400	2280	0.95	合适
	6	10	30	14	10	0.5	坡莫合金	2	有	FG	2310	2280	0.99	合适
	7	10	30	14	10	0.5	坡莫合金	2	无	MR	2800	2280	0.81	合适
	8	10	30	14	10	0.5	坡莫合金	2	有	MR	2600	2280	0.88	合适
	9	100	30	14	1	0.5	坡莫合金	2	无	FG	2540	2280	0.90	合适
	10	100	30	14	1	0.5	坡莫合金	2	有	FG	2480	2280	0.92	合适

表9

	No	发射频率 (kHz)	介质的厚度和半径 (mm) t	介质的厚度和半径 (mm) r	最大施加电压 (kV)	距离 r (m)	磁传感器 屏蔽材料 材料	磁传感器 屏蔽材料 厚度 (mm)	磁传感器 有无接地	磁传感器 型式	实测磁场 (μG)	计算磁场 (μG)	比率 $\frac{B_{cal}}{B_{obs}}$	合适否
试验例4	11	100	30	14	1	0.5	坡莫合金	2	无	MR	3200	2280	0.71	否
	12	100	30	14	1	0.5	坡莫合金	5	有	MR	3000	2280	0.76	否
	13	100	30	14	1	0.5	Ni-Zn	5	无	FG	2420	2280	0.94	合适
	14	10	30	14	10	0.5	Ni-Zn	5	无	FG	2690	2280	0.85	合适
	15	100	30	14	1	0.5	Ni-Zn	5	无	MR	2800	2280	0.81	合适
	16	10	30	14	10	0.5	Ni-Zn 坡莫合金	5 2	有	MR	2400	2280	0.95	合适
	17	100	30	14	1	0.5	Ni-Zn 坡莫合金	5 2	有	MR	2350	2280	0.97	合适
	18	10	30	14	10	0.5	Ni-Zn 坡莫合金	5 2	有	FG	2300	2280	0.99	合适
	19	100	30	14	1	0.5	Ni-Zn 坡莫合金	5 2	有	FG	2310	2280	0.99	合适

表10

	No	基站的接收信号	介电常数	介质的厚度和半径		最大施加电压 (V)	距离 r (m)	感测磁场 (μG)	计算磁场 (μG)	通话状况
				t (mm)	r (mm)					
试验例5	1	微波	5000	1	10	500	2.0	420	436	良好
	2	微波	5000	1	10	500	5.0	180	175	良好
	3	微波	5000	1	10	500	10.0	90	87	良好
	4	微波	5000	1	10	500	20.0	45	44	良好
	5	微波	5000	1	10	500	50.0	20	17	良好
	6	有线	5000	1	10	500	50.0	10	17	良好

表11

	No.	基站的接收信号	介电常数	介质的厚度和半径		最大施加电压	距离 r	感测磁场	计算磁场	通话状况
				t (mm)	r (mm)	(V)	(m)	(μG)	(μG)	
试验例6	1	微波	5000	1	10	500	2.0	430	436	良好
	2	微波	5000	1	10	500	5.0	170	175	良好
	3	微波	5000	1	10	500	10.0	95	87	良好
	4	微波	5000	1	10	500	20.0	47	44	良好
	5	微波	5000	1	10	500	50.0	20	17	良好
	6	有线	5000	1	10	500	50.0	18	17	良好

图 1

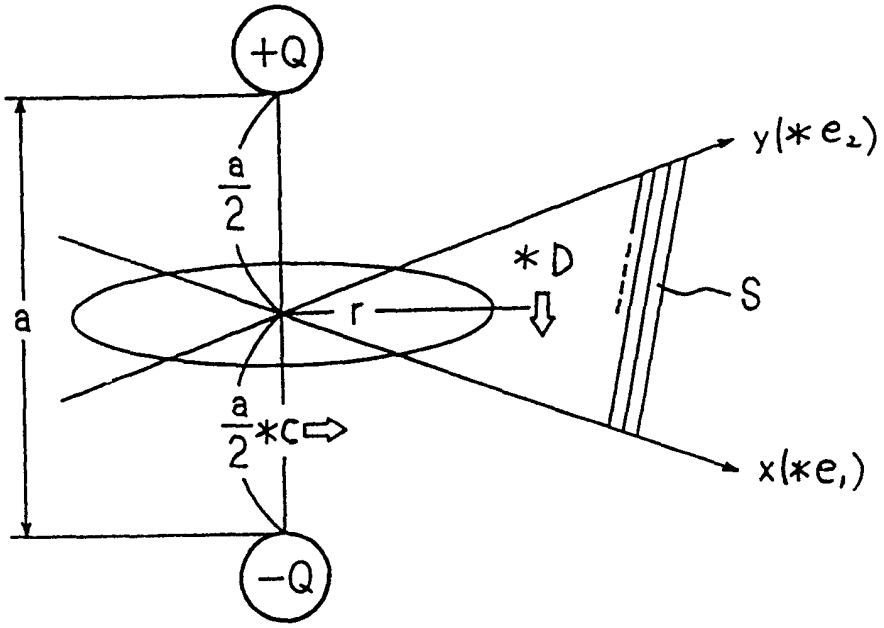


图 2A

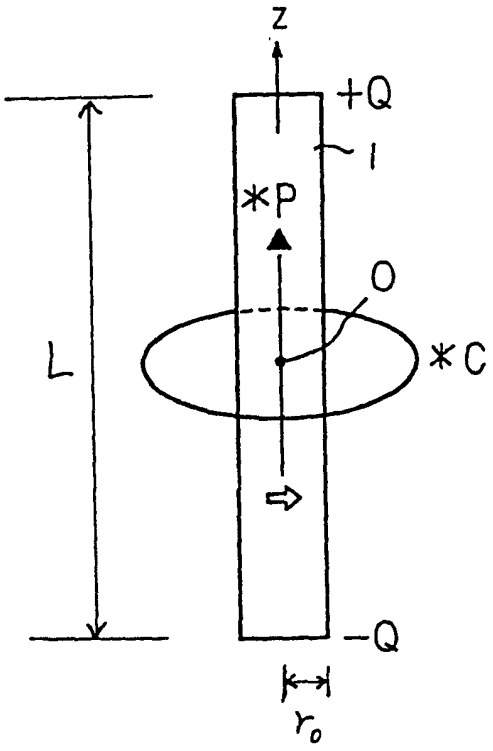


图 2B

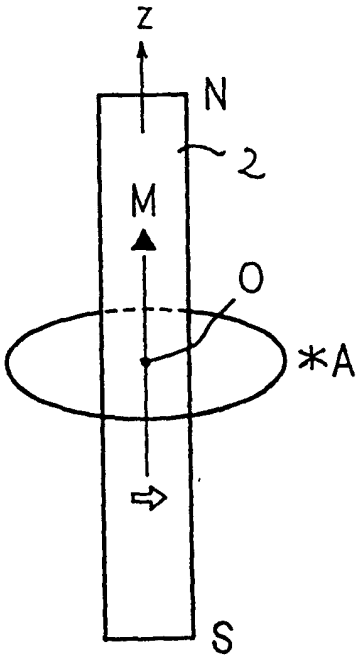


图 3A

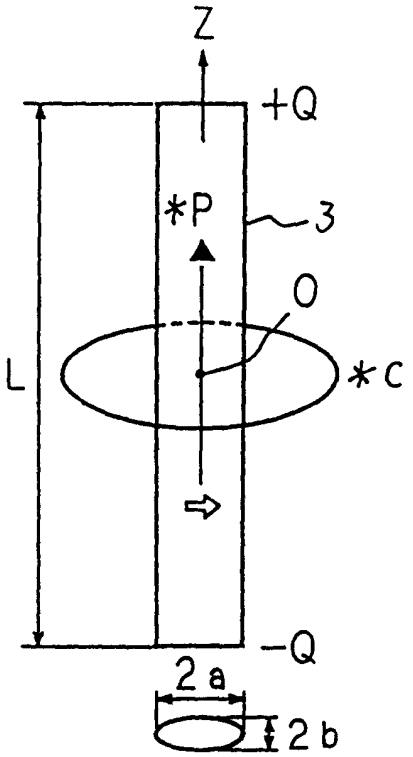


图 3C

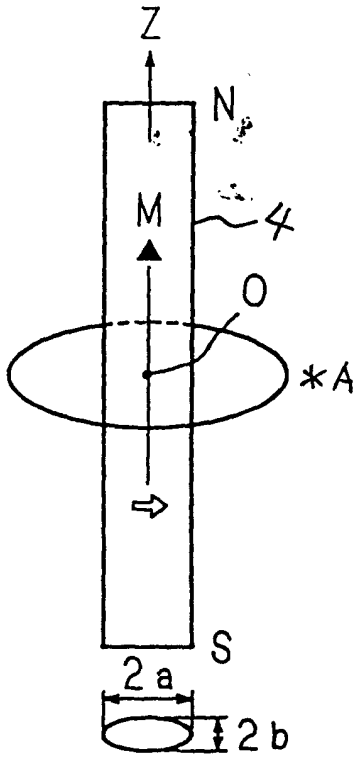


图 3B

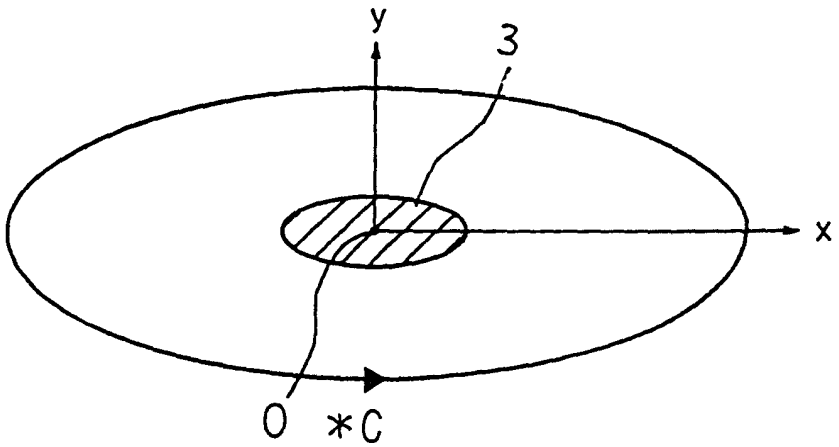


图 4

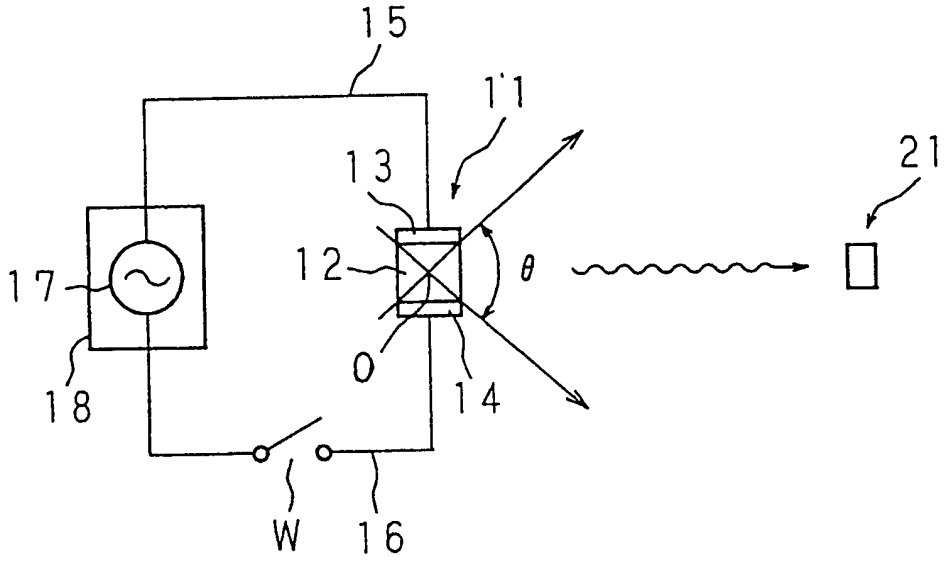
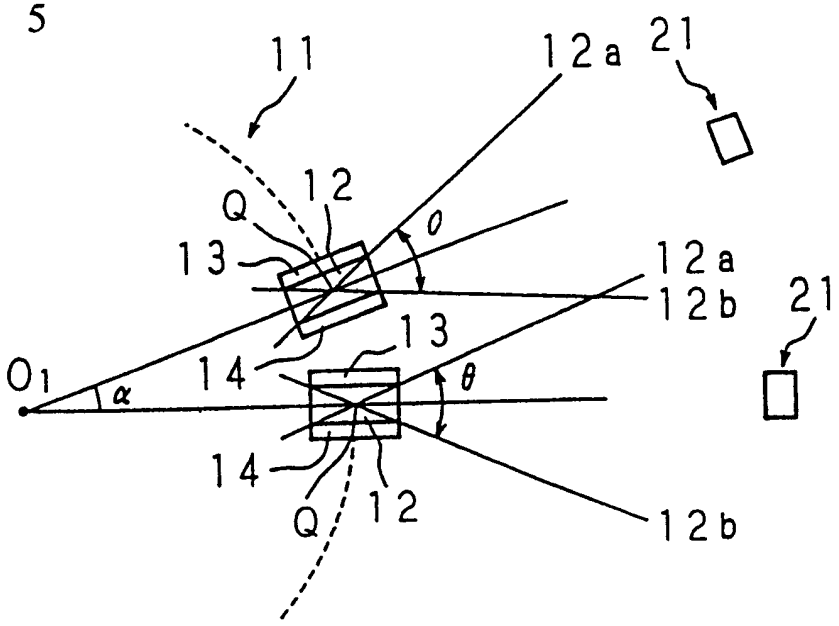


图 5



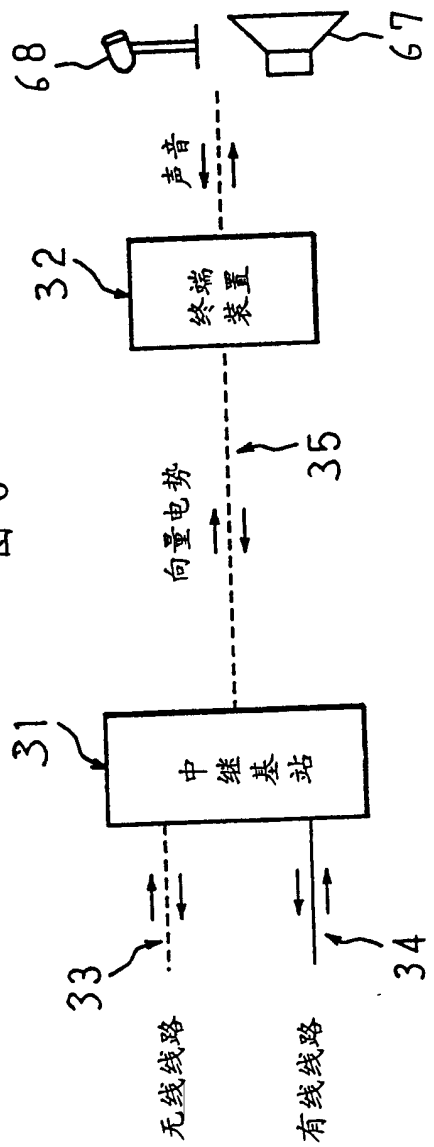
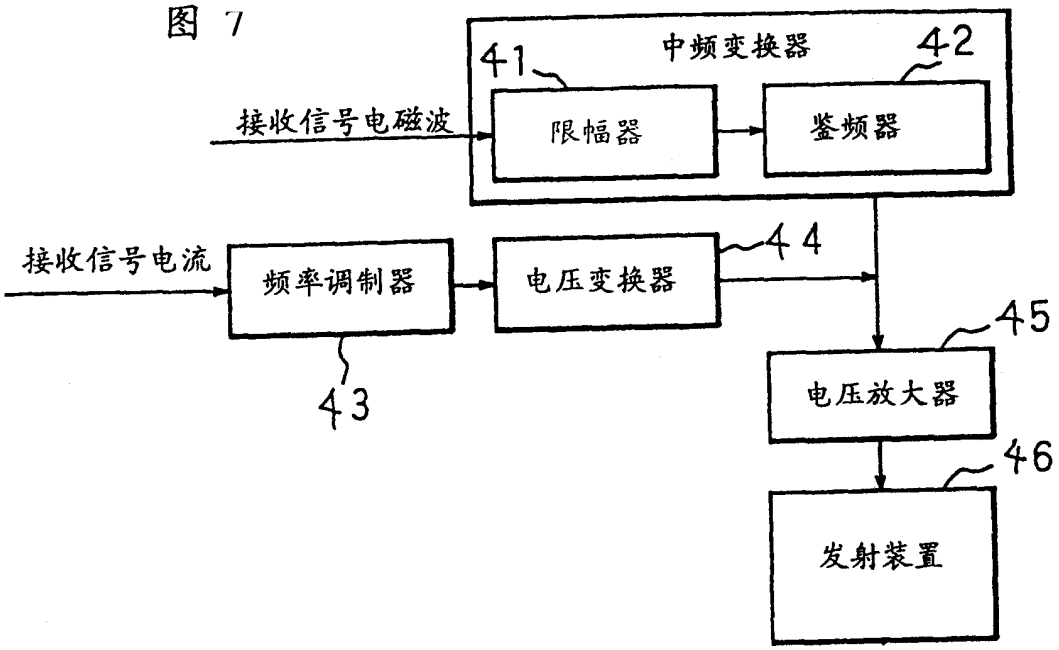


图 6

图 7


中频变换器
41
42
接收信号电磁波
限幅器
鉴频器
接收信号电流
频率调制器
电压变换器
44
45
43
电压放大器
46
发射装置

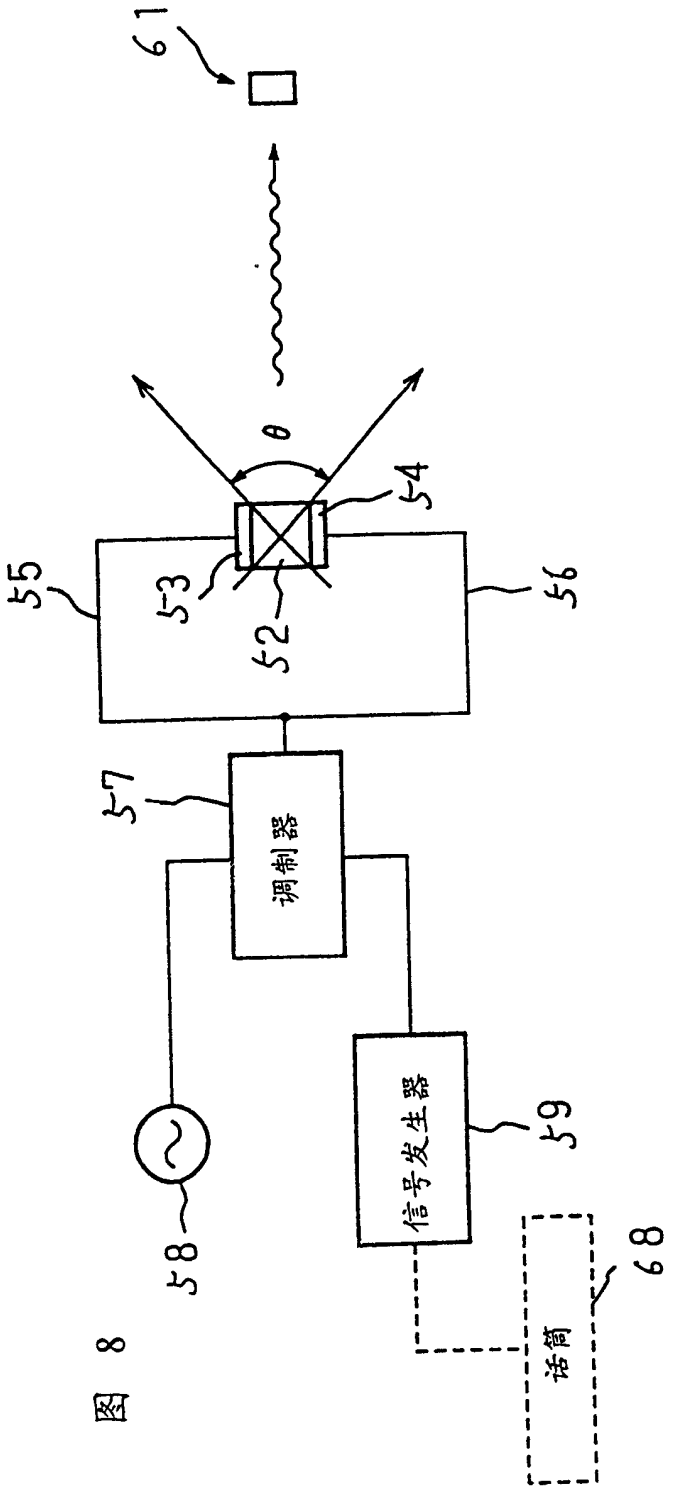


图 8

图 9

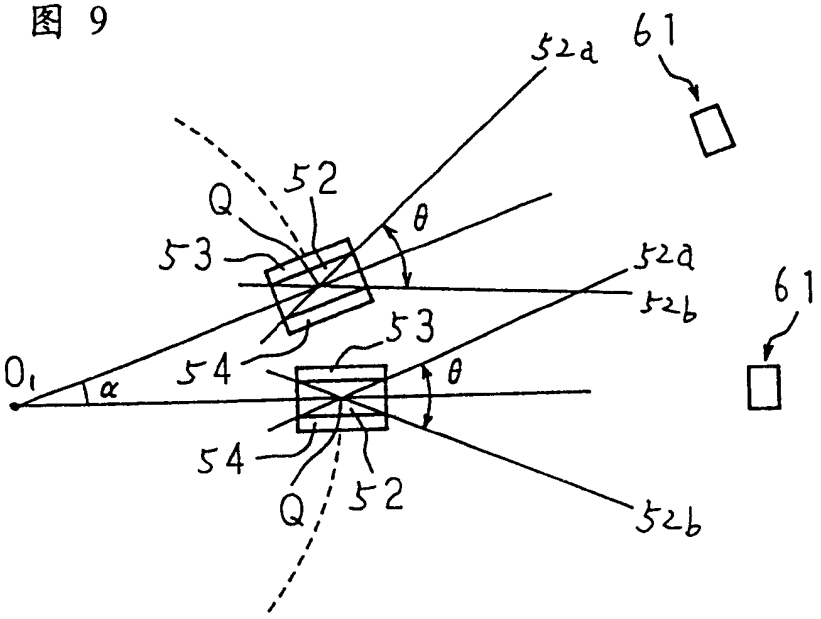


图 10

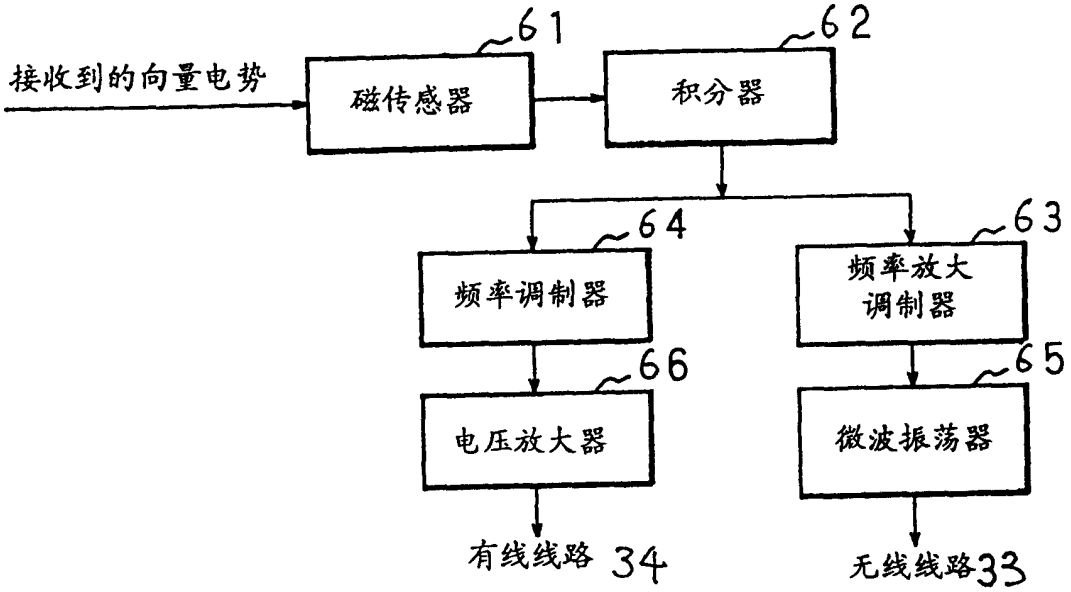

接收到的向量电势
磁传感器
61
积分器
62
频率调制器
64
频率放大
调制器
63
电压放大器
66
微波振荡器
65
有线线路 34
无线线路33

图 11

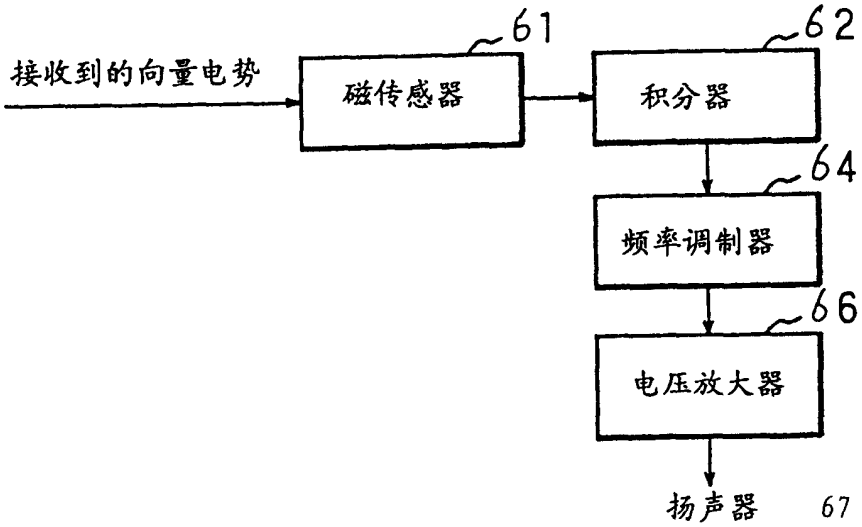


图 12

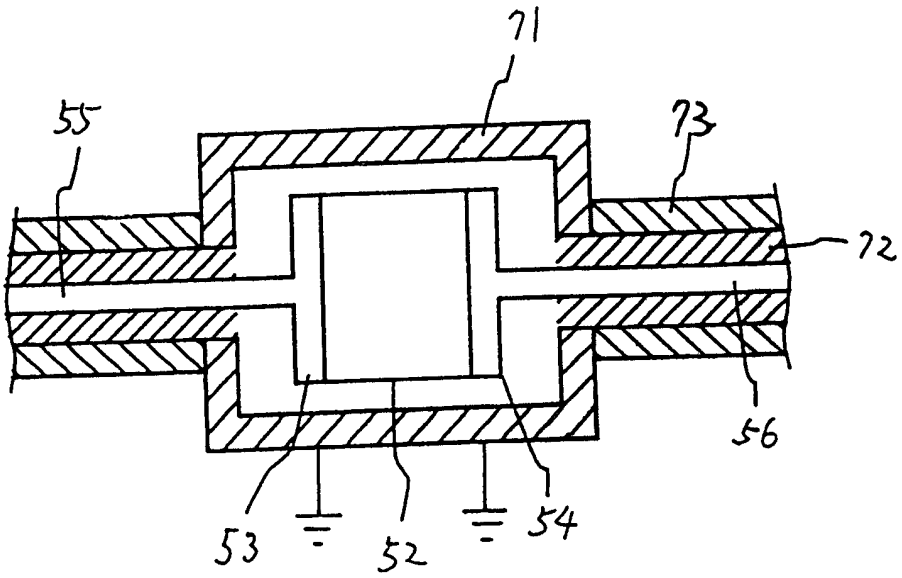


图 13A

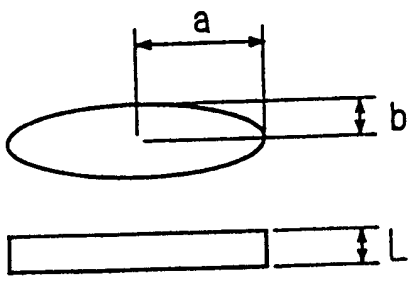


图 13B

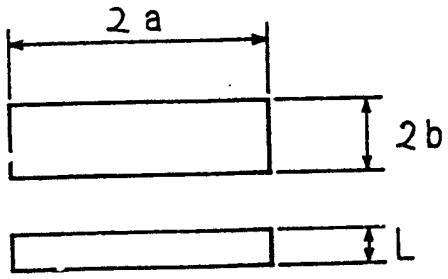


图 14

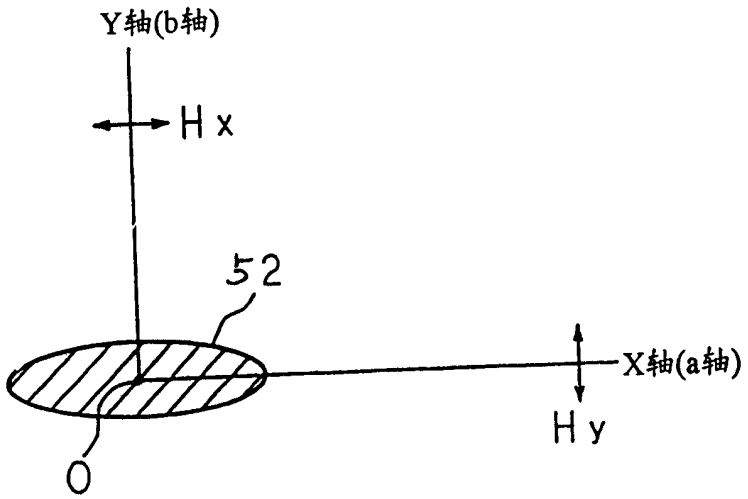


图 15

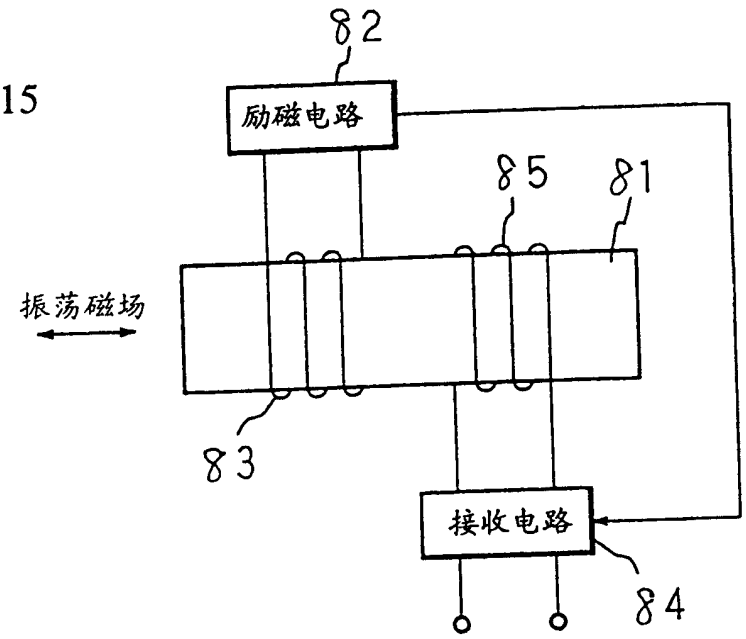
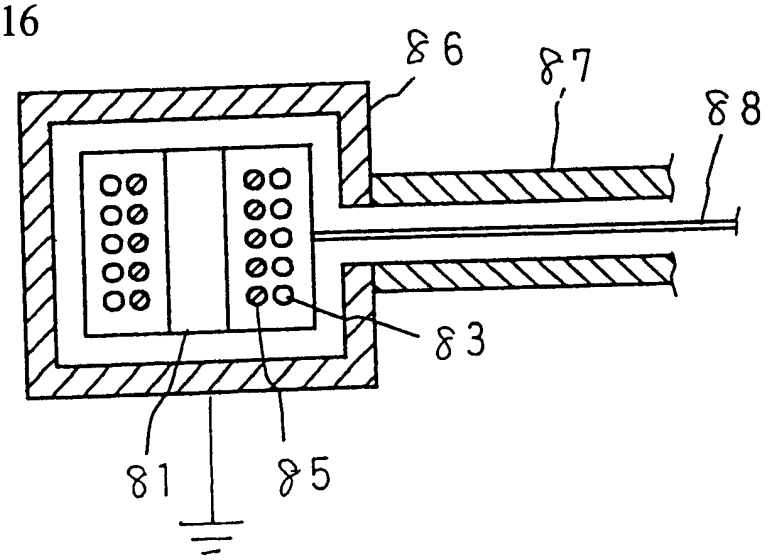


图 16



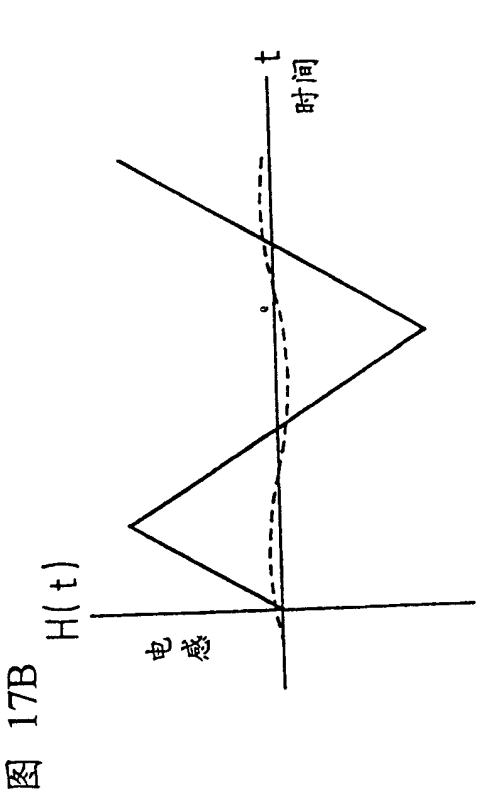


图 17B

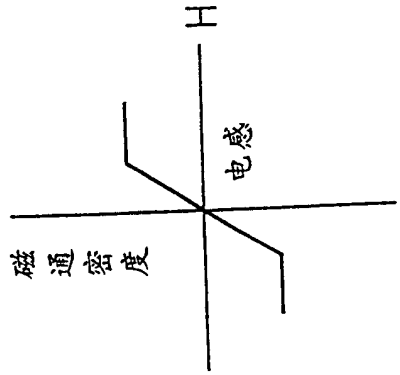


图 17A

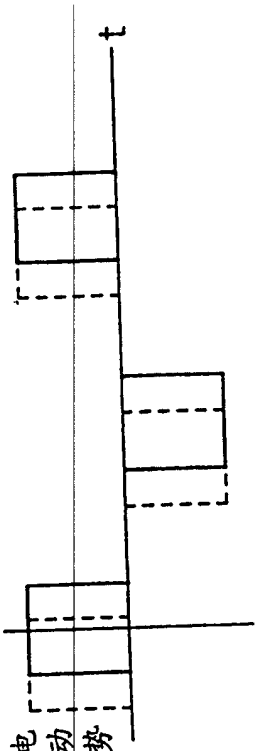


图 17D

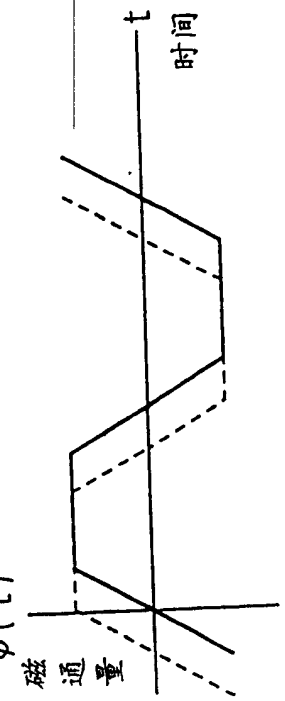


图 16C

图 18

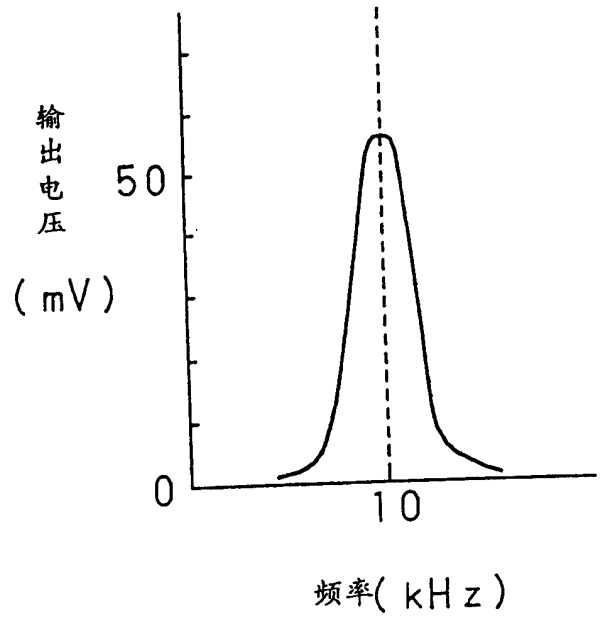


图 19

