



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102969800 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 13

(21) 申请号 201110316269. 7

(22) 申请日 2011. 10. 18

(30) 优先权数据

100131295 2011. 08. 31 TW

(71) 申请人 佑华微电子股份有限公司

地址 中国台湾新竹市

(72) 发明人 邓致超

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 汤保平

(51) Int. Cl.

H02J 17/00 (2006. 01)

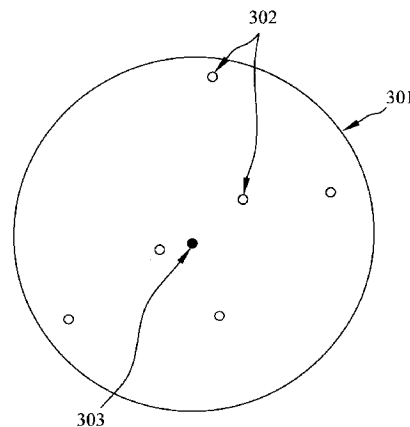
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 8 页

(54) 发明名称

一种一对多点的无线共振能量传输系统

(57) 摘要

本发明提供一种一对多点的无线共振能量传输系统,包含一共振发射线圈、以及至少一个共振接收线圈;其中该共振发射线圈以其特征尺寸所涵盖的面积必须大于或等于该至少一个共振接收线圈的面积总合。本发明的一种一对多点的无线共振能量传输系统更可包含至少一个可调整的失调(off tune)中继线圈,而该至少一个可调整的失调中继线圈是置放于该共振发射线圈所涵盖的范围内,且该至少一个可调整的失调中继线圈的特征尺寸、共振频率及置放位置与配合该共振发射线圈的特征尺寸及共振频率而调整,使得该至少一个共振接收线圈在该共振发射线圈所涵盖的范围内的任何位置能均匀的接收该共振发射线圈所传输的一所需最低工作能量,得以独立正常工作并且互不干扰。



1. 一种一对多点的无线共振能量传输系统,包含一共振发射线圈、以及至少一个共振接收线圈;其中该共振发射线圈具有一共振频率,且以一特征尺寸来表示所涵盖的面积,该所涵盖的面积必须大于或等于该至少一个共振接收线圈的面积总合,且该共振发射线圈所涵盖的面积范围内的磁场密度具有良好平均性,使得该至少一个共振接收线圈在该共振发射线圈所涵盖的范围内的任何位置能均匀的接收该共振发射线圈所传输的一所需最低工作能量,得以独立正常工作并且互不干扰。

2. 如权利要求 1 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,其中该至少一个共振接收线圈中的每一个共振接收线圈还并联于一共振频率控制元件,且设置一能量感测电路,连接于该共振接收线圈与一后续电路之间,该能量感测电路可接收来自该后续电路传来的最低正常工作能量需求值的一信号,用以产生一回馈信号以控制该共振频率控制元件,以产生一失调性,使得该共振接收线圈降低接收无线共振能量的能力,仅接收一所需最低工作能量,得以独立正常工作并且不干扰其它共振接收线圈。

3. 如权利要求 2 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,其中该所需最低工作能量用以推动该后续电路维持正常工作所需的工作能量。

4. 如权利要求 1 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,还包含至少一个可调整的失调性中继线圈;其中该至少一个可调整的失调中继线圈置放于该共振发射线圈所涵盖的面积范围内,且该至少一个可调整的失调中继线圈的一特征尺寸、一共振频率及其置放位置与配合该共振发射线圈的特征尺寸及共振频率而调整,以更进一步改善该共振发射线圈所涵盖的面积范围内的磁场密度的平均性。

5. 如权利要求 4 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,其中该可调整的失调性中继线圈的共振频率在该共振发射线圈共振频率附近,略为偏移该共振发射线圈共振频率,但不与该共振发射线圈共振频率相同。

6. 如权利要求 4 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,其中该可调整的失调性中继线圈的中心位置与该共振发射线圈中心位置重迭,该可调整的失调性中继线圈的涵盖面积形状与该共振发射线圈涵盖面积形状相似,且该中心点至该调整的失调性中继线圈的距离为至该共振发射线圈距离的一半。

7. 如权利要求 4 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,其中该可调整的失调性中继线圈具有高 Q 值。

8. 如权利要求 1 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,是应用于一无线能量传输系统平面盘类游戏台。

9. 如权利要求 8 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,其中该无线能量传输系统平面盘类游戏台为一国际象棋组。

10. 如权利要求 8 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,其中该无线能量传输系统平面盘类游戏台为一拼图。

11. 如权利要求 8 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,其中该无线能量传输系统平面盘类游戏台为一卡片游戏平台。

12. 如权利要求 8 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,其中该无线能量传输系统平面盘类游戏台为一大富翁游戏。

13. 如权利要求 1 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,是应用于一无线能量传

输系统立体盘类游戏台。

14. 如权利要求 13 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,该无线能量传输系统立体盘类游戏台为一迭迭乐。

15. 如权利要求 13 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,该无线能量传输系统立体盘类游戏台为一乐高游戏组。

16. 如权利要求 13 所述的一对多点的无线共振能量传输系统,该无线能量传输系统立体盘类游戏台为一积木组。

一种一对多点的无线共振能量传输系统

技术领域

[0001] 本发明是有关一种无线共振能量传输系统,尤指一种一对多点的无线共振能量传输系统,且其所有在工作范围内的无线共振能量接收器皆能独立正常工作而互不干扰。

背景技术

[0002] 自尼古拉·特斯拉(Nikola Tesla)在1891年所进行的共振线圈实验以来,及在后续众多科学家共同努力下,使用电磁共振线圈以进行无线能量传输的可能性及其工作原理已经获得证实。基于电磁共振线圈可进行无线能量传输的原理,科技界也开发出了,例如,共振变压器,RF 电池充电器及 RFID(Radio Frequency Identification) 等系统,广泛地应用于现代生活的各个层面。

[0003] 图 1 所示为一传统的单点发射,单点接收共振能量传输的系统方块示意图。如图 1 所示,一发射器驱动电路 102 接收自一能量源 101 的能量以驱动发射共振电路 103 的线圈,以圆形的发射线圈为例,该线圈的特征尺寸(characteristic dimension)可以半径 r 表示,令其在空间中产生一频率为 f_0 的周期变化磁场。其它形状的线圈的特征尺寸也可以其它参数表示。而置于离发射共振电路 103 距离 d 的接收共振电路 104,其接收共振线圈被调整到具有相同的共振频率 f_0 ,以保证以最佳的耦合效率从空间中接收该周期变化磁场,扣除经过冗余能量损耗电路 105 的损耗后,最终转变为接收共振电路 104 的后续能量消耗电路 106 的能量源。其中,为了保证系统的适用性及更佳的耦合效率,发射及接收线圈都会设计成小尺寸,使其产生的磁场具有较强的集中方向性。并且,该发射及接收线圈具有相近的特征尺寸,以及极高的 Q 值。

[0004] 随着电磁共振线圈能量传输观念的普及,也引发了许多应用或改善设计的技术尝试。例如,应如何建立一种一对多点的共振能量传输系统,使得该系统能在特定的工作距离范围,例如,一米(1m)内能令所有共振接收器都能吸收到维持其正常工作所需的能量。然而要建立一套一对多点的共振能量传输系统,该系统是必须具有以下特征的:

[0005] 1. 其产生的磁场的面积或体积必须足够大工作范围(work range),至少能容纳系统定义要求下的最大数量的接收器。

[0006] 2. 其产生的磁场在各向(omni-directional)或各点必须足够平均,令位于工作范围内的接收器都能吸收到维持其正常工作所需的能量。

[0007] 3. 所有在工作范围内的接收器应能独立正常工作并且互不干扰。

[0008] 针对以上特征,如果把如图 1 所示的传统单点发射,单点接收共振能量传输作为基础,直接发展为一对多点的共振能量传输系统,一般的办法是直接增加发射能量,以产生更大的磁场,然而这样会存在至少下列几个问题。

[0009] 首先,根据已知原理,如图 2 所示,以发射线圈为中心点,与发射线圈的为垂直方向所产生的磁场密度(B)与耦合距离(d)之间存在一反比三次方的关系(inverse cube law);而发射线圈的水平方向所产生的磁场密度(B)与耦合距离(d)之间存在一反比二次方的关系(inverse square law)。无论是反比三次方的关系或是反比二次方的关系,都显

示了发射器产生的磁场会随耦合距离 (d) 的增加而急速衰减。虽然高 Q 值的共振发射和接收线圈可吸引更多的磁力线经过接收线圈, 进而增加接收到的能量, 但其接收到的能量仍然是与耦合距离 (d) 成反比二次方的关系。也就是说, 形成耦合效率非常大幅度地取决于耦合距离。换言之, 也就是之间的磁场分布非常不平均。在这种系统的结构下, 如果要做到系统定义的最远工作距离下接收器还能接收到系统定义的最低接收能量, 所需的发射能量必然非常大。然而, 当接收器位于距离 (d) 少于系统定义的最远工作距离时, 接收器能接受到的能量就会多于供应其正常工作所需的最低接收能量。一般来说, 已知的作法是将接收器及其相关后续电路都设计成在接收到系统定义的最低接收能量时, 接收器的相关后续能量损耗电路应该仍能正常工作; 或者, 因为接收器其相关后续电路的工作性能表现不应该在不同的工作距离下有所变化, 所以所接收的过多能量通常是通过限压或稳压电路将其消耗掉。就能量而言, 这是极大的无谓浪费, 而且系统整体的效率也很低。另一方面, 极大的发射能量会大幅地增加了发射器的设计难度, 增加了建置与运作的成本。

[0010] 其次, 根据已知原理, 在发射线圈的物理中心点距离 d 的地点测量, 与发射线圈在垂直方向所产生的磁场密度 (B), 与发射线圈的特征尺寸 (r) 的平方成反比; 然而, 在发射线圈水平方向所产生的磁场密度 (B), 则与其特征尺寸 (r) 的成正比。也就是说, 越是特征尺寸 (r) 细小的发射线圈, 垂直方向所产生的磁场密度 (B) 就越大, 反之在水平方向所产生的磁场密度 (B) 就会越少, 换言之, 发射线圈越具有方向性。这点与系统的必要特征不符, 因为如果全部接收器都需要在位置相同的方向, 便必然会有先后位置, 而比较接近的接收器则会吸收大部分能量并阻止于较远的接收器吸收足够的能量。

[0011] 第三个问题是, 单点发射, 单点接收系统的核心设计思想通常以高 Q 值的发射和接收共振电路, 以期达到接收器能尽量吸收全部发射出来的能量为主要目标。然而, 在一对多点的共振能量传输系统里, 如果将两个高 Q 值的接收共振电路同时放置于系统的工作范围内时, 就会出现两个接收器互相抢夺能量, 导致工作非常不稳定情况。常见的情况是距离较接近的接收器会几乎接收全部发射能量, 距离较远的接收器会几乎接收不到, 也就是接收器间会互相干扰。如果工作范围内有更多接收器, 情况就会非常复杂。而被放置于工作范围内的接收器也可能因为其它接收器的情况而不能正常工作, 这点也不符合系统的必要特征。所以, 这种每个接收器都用最高接收效能的设计, 只适合在单点对单点的传输, 并不适合在一对多点的传输系统。

[0012] 由此可见, 一对多点的共振能量传输系统并非传统单点对单点的无线传输系统的直接延伸或扩大而已。因此, 一个稳定的一对多点的无线共振能量传输系统是设计者面临的重要议题, 不仅目前业界的当务之急, 也是未来开发更多应用的重要技术基础。

发明内容

[0013] 基于上述已知技术的缺点, 本发明的主要目的在于提供一种一对多点的无线共振能量传输系统, 能够使位在该系统的工作范围 (work range) 内的多个无线共振能量接收器都能接收到维持该接收器与其后续相关电路正常工作所需的能量, 而正常运作。

[0014] 本发明的另一目的在于提供一种一对多点的无线共振能量传输系统, 能够在该系统的工作范围内产生各方向及各地点足够平均的磁场, 使得位于该系统的工作范围内的多个无线共振能量接收器不因其所在的位置或方位而有所差异。

[0015] 本发明的再一目的在于提供一种一对多点的无线共振能量传输系统,令位于该系统的工作范围内的多个无线共振能量接收器只接收其需要的能量并拒绝接收冗余能量,因此所有在工作范围内的接收器应能独立正常工作并且互不干扰。

[0016] 本发明的又一目的在于提供一种一对多点的无线共振能量传输系统,其工作范围所涵盖的产生磁场的面积或体积必须至少能容纳该系统定义要求下的最大数量的接收器。

[0017] 为达成上述目的,本发明提供一种一对多点的无线共振能量传输系统,包含一共振发射线圈、以及至少一个共振接收线圈;其中该共振发射线圈以其特征尺寸所涵盖的面积必须大于或等于该至少一个共振接收线圈的面积总合。本发明的一种一对多点的无线共振能量传输系统还可包含至少一个可调整的失调(off tune)中继线圈,而该至少一个可调整的失调中继线圈是置放于该共振发射线圈所涵盖的范围内,且该至少一个可调整的失调中继线圈的特征尺寸、共振频率及置放位置与配合该共振发射线圈的特征尺寸及共振频率而调整,使得该至少一个共振接收线圈在该共振发射线圈所涵盖的范围内能均匀的接收该共振发射线圈所传输的能量得以独立正常工作并且互不干扰。

附图说明

[0018] 以下配合附图、实施例的详细说明及申请专利范围,将上述及本发明的其它目的与优点详述于后,其中:

[0019] 图 1 所示为一传统的单点发射,单点接收共振能量传输的系统方块示意图。

[0020] 图 2 所示为一发射线圈所产生磁场的磁场方向示意图。

[0021] 图 3 所示为本发明的一种一对多点的无线共振能量传输系统架构示意图。

[0022] 图 4 所示为说明两导线外磁场密度的迭加关系图。

[0023] 图 5 所示为说明两导线之间磁场密度的迭加关系图。

[0024] 图 6 所示为磁场密度与发射线圈距离的示意图。

[0025] 图 7 所示为一圆形发射线圈的示意图。

[0026] 图 8 为对应于图 7 圆形发射线圈的磁场密度示意图。

[0027] 图 9 所示为本发明的一种一对多点的无线共振能量传输系统的另一实施例示意图。

[0028] 图 10 所示为于图 7 圆形发射线圈中加入一中继线圈之后的磁场密度分布示意图。

[0029] 图 11 所示为于图 9 的中继线圈失调之后的磁场密度分布示意图。

[0030] 图 12 所示为利用一能量感测电路使得接收共振电路可控性失调的示意图。

[0031] 图 13 所示为本发明的一应用实施例示意图。

具体实施方式

[0032] 图 3 所示为本发明的一种一对多点的无线共振能量传输系统架构示意图,该系统包含一共振发射线圈 301、以及至少一个共振接收线圈 302;其中,点 303 是为该共振发射线圈 301 的中心点,该发射线圈 301 是具有一共振频率,且以一特征尺寸来表示所涵盖的面积,该所涵盖的面积必须大于或等于该至少一个共振接收线圈 302 的面积总合,且该共振发射线圈 301 所涵盖的面积范围内的磁场密度具有良好平均性,使得该至少一个共振接收线圈 302 在该共振发射线圈 301 所涵盖的范围内的任何位置能均匀的接收该共振发射线圈

301 所传输的一所需最低工作能量,得以独立正常工作并且互不干扰。值的说明的是,本实施例中的发射线圈与接收线圈皆以圆形的发射线圈为例,其特征尺寸可以半径 r 表示。其它形状的线圈的特征尺寸也可以其它参数表示,以下磁场密度的说明亦适用于其它形状的线圈。

[0033] 本发明的特征与设计原理分别说明如下。首先,根据磁场产生的原理,阐述本发明的共振发射线圈的设计依据,以产生一对多点的无线共振能量传输系统所需的具有高度平均性的磁场密度的工作范围。

[0034] 根据磁场产生的原理,假设有一条无限长的导线,其内部载有电流 I ,则在距离该导线的距离为 d 处所产生的磁场密度 (B) 为:

$$[0035] \quad B = uI/2\pi d = K/d$$

[0036] 其中,磁场密度的单位为 weber/m²,且 $K = uI/2\pi$ 、 $u = 4\pi \times (10)^{-7}$,是为空气导磁系数。

[0037] 图 4 与图 5 进一步说明磁场密度的迭加关系。如图 4 所示,假设发射线圈为两条无限长的导线 L_1 及 L_2 ,其上的电流 (I) 方向相反。两条导线是设置于中心点 O 的两侧,与中心点 O 的距离为 r ,亦即,两导线的实际距离为 $2r$ 。现假设一测量点 A 是位于距离 O 点的距离 d 的位置,根据磁强密度迭加定理,则

$$[0038] \quad B_a = B_{1a} + B_{2a}$$

[0039] 其中, B_{1a} 为导线 L_1 于 A 点所生产的磁场密度,而 B_{2a} 为导线 L_2 于 A 点所生产的磁场密度。

[0040] 由于测量点 A 是位于两条导线的同一侧,而两条导线电流方向相反,根据弗莱明右手定理 (Fleming right hand law),得出 B_{1a} 与 B_{2a} 方向相反,部分互相抵消;亦即,

$$[0041] \quad B_a = B_{1a} - B_{2a}$$

$$[0042] \quad = K/(d-r) - K/(d+r)$$

$$[0043] \quad = K(d+r-d+r)/(d-r)(d+r)$$

$$[0044] \quad = K \times 2r/(d^2 - r^2) \quad (1)$$

[0045] 假设 $d = n \times r$ 而且 $n \neq 1$ (当 $n = 1$ 时, A 点位于其中一条导线上,磁强密度被视为未定义 (undefined)),则

$$[0046] \quad B_a = K \times 2r/(n^2 - 1)r^2$$

$$[0047] \quad = K \times 2/(n^2 - 1)r \quad (2)$$

[0048] 当 $n \gg 1$ 时,(2) 可简化为

$$[0049] \quad B_a = K \times 2/n^2 r \quad (3)$$

[0050] 从上述方程式 (3) 可知道,发射线圈外的磁场密度 (B) 的衰减程度与距离成反比平方关系 (inverse square law)。

[0051] 图 5 所示为当测量点 A 是位于该两导线 L_1 及 L_2 之间时的情况,同样地,根据磁强密度迭加定理:

$$[0052] \quad B_a = B_{1a} + B_{2a}$$

[0053] 其中, B_{1a} 为导线 L_1 于 A 点所生产的磁场密度,而 B_{2a} 为导线 L_2 于 A 点所生产的磁场密度。

[0054] 由于测量点 A 是位于两条导线之间,而两条导线电流方向相反,根据弗莱明右手

定理, 得出 B_{1a} 与 B_{2a} 方向相同, 因此互相迭加。换言之,

$$[0055] \quad B_a = B_{1a} + B_{2a}$$

$$[0056] \quad = K/(r-d) + K/(r+d)$$

$$[0057] \quad = K(r+d+r-d)/(r-d)(r+d)$$

$$[0058] \quad = K \times 2r/(r^2-d^2)$$

$$[0059] \quad = -K \times 2r/(d^2-r^2)$$

[0060] 若只考虑大小, 不考虑方向, 则可将负号移除,

$$[0061] \quad B_a = K \times 2r/(d^2-r^2)$$

[0062] 所得的结果与前述的 (1) 完全相同。

[0063] 假设 $d = r/n$ 而且 $n \neq 1$ (当 $n = 1$ 时, A 点位于其中一条导线上, 磁强密度被视为未定义 (undefined)), 则

$$[0064] \quad B_a = (K \times 2r)/((1/n^2-1)r^2)$$

$$[0065] \quad = (K \times 2)/((1/n^2-1)r) \quad (4)$$

[0066] 当 n 为无限大时, 可得 $1/n^2 = 0$ 。然而, 实际上当 n 为无限大时, A 点是位于 0 点上, 此位置得出的 B_a 应为最弱。此时,

$$[0067] \quad B_a = -K \times 2/r$$

[0068] 同样地, 只考虑大小, 不考虑方向时, 则负号可以移除, 亦即

$$[0069] \quad B_a = K \times 2/r \quad (5)$$

[0070] 从上述方程式 (5) 可知道, 发射线圈内的磁场密度 (B) 的衰减程度是与距离呈反比的关系。

[0071] 比较方程式 (3) 及 (5), 可以得知发射线圈内的磁场密度因距离衰减比率远比发射线圈外要低。图 6 所示为磁场密度 (B) 与发射线圈距离的示意图, 其中两个圆圈是代表发射线圈的位置, 横轴为与发射线圈的距离, 而纵轴是表示磁场密度。

[0072] 举例来说, 假设当测量点 A 是位于发射线圈的外 (如图 4), 且 $n = 3$, 则

$$[0073] \quad B_a = K \times 2/8r = K/4r \quad (6)$$

[0074] 另一方面, 假设图 5 中把两条导线 (L1、L2) 中的导线 L2 放置于如第四图中测量点 A 的位置, 且 $R = 3r$, 而导线 L1 则放在距离 0 点的另外一侧距离 $3r$ 的位置, 此时若测量于 0 点上的磁场密度, 则

$$[0075] \quad B_a = K \times 2/3r = 2K/3r \quad (7)$$

[0076] 从 (6) 和 (7) 比较可得出, 位于发射线圈的内 (如图 5) 的磁场密度大于位于发射线圈的外 (如图 4) 的磁场密度。

[0077] 由上述的分析可以得出一结论, 相较于传统办法以较小的发射线圈支持整个工作范围, 若发射线圈能以一足够大的特征尺寸将整个工作范围包含在其特征尺寸内, 则该整个工作范围的磁场密度将更具平均性。换言之, 可以使用较小的发射能量来保持整个工作范围内的磁场密度最低点处的磁场密度维持在系统定义的最低接收能量以上, 来维持接收器能接收足够的能量以正常工作状态。当然, 这样设计的另一个结论就是, 发射线圈以其特征尺寸所包含的面积, 必须大于能置于工作范围内的接收器的面积的总和, 以便能将所有的接收器涵盖在其工作范围内。

[0078] 上述的描述是以两条无限长的导线为例子来解释发射线圈内外的磁场密度分布

情况,凡熟知此技术的人士,应该可推衍出不管是使用圆形发射线圈或者方形发射线圈,都会在各种方向得到类似的关系及方程式。

[0079] 另外一面,使用较大尺寸的发射线圈还有另一样优点,就是适合三维立体磁场的应用。事实上小尺寸的发射线圈在水平方向的磁场密度与距离关系成快速下降趋势,并不是小尺寸的发射线圈把能量自行损耗掉,而是于线圈的垂直方向产生更大的磁场。已知在发射线圈中心点的垂直方向上的磁场密度(B)与距离(d)的关系为

$$[0080] \quad B = \frac{\mu_0 \times I \times N \times r^2}{2\sqrt{(r^2 + d^2)^3}} = \frac{\mu_0 \times I \times N}{2 \frac{1}{\sqrt{\frac{r^6 + 2r^4d^2 + 2r^2d^4 + d^6}{r^4}}}}$$

[0081] 其中, μ_0 为真空磁导率,也称为磁场场数, I 为电流强度, N 为线圈数, r 则为其特征尺寸。所以,若 $d = k \times r$, 则

$$[0082] \quad B = \frac{\mu_0 \times I \times N}{2 \frac{1}{r \times \sqrt{2k^2 + 2k^4 + k^6}}}$$

[0083] 由于 B 与 r 成反比,所以 r 越小 B 就越大。因此小尺寸的发射线圈会在垂直的方向更有方向性,在垂直面上更加不平均。相反地,使用大尺寸的发射线圈会令垂直方向的磁场密度降低,从而在三维立体来说其磁场密度也更平均。

[0084] 本发明的一种一对多点的无线共振能量传输系统可还包含至少一可调整的失调中继线圈,以增加工作范围内磁场的平均度。已知的中继线圈是一种只包含一线圈及电容的电路,并无功率损耗负载的高 Q 值并联共振电路,且其共振频率会调整至与发射线圈的完全相同。已知的中继线圈技术已经被广泛地应用于无线能量传输的领域,其主要作用是把由发射线圈所产生的,由于距离而分散的磁场,在中继线圈附近重新吸引集中。由于其具有高 Q 值的特性,理论上比一个带有负载, Q 值较低的接收器,在一相对较远的距离处能吸引较多的磁力线。由于中继线圈并不带功率损耗负载,所以被其吸引集中的磁场能量并不会因此被中继线圈损耗掉。而原本在该相对较远的距离因 Q 值较低而无法吸收足够能量的接收器,可因放置在中继线圈附近而接收较多能量。

[0085] 然而,本发明中所应用的中继线圈技术与上述已知的中继线圈技术并不相同。本发明中应用的中继线圈,其共振频率会调整至发射线圈的频率附近,但不完全相同。而其主要作用是令改善由发射线圈所产生的磁场的平均性。

[0086] 图 7 所示为一圆形发射线圈的示意图,而图 8 为对应的磁场密度示意图。该圆形线圈中心点 O 的磁场密度为最低点,

$$[0087] \quad \text{以 } B_o = \frac{\mu_o I}{2r} \text{ 表示。}$$

[0088] 已知从切面 AA 为纵轴测量的磁场密度为反比分布,并于非常接近发射线圈的导线点上变为理论值趋近无穷大(事实上此情况不可能发生,因为发射线圈的 Q 值不可能为无穷大),如图 8 所示。虽然如前述的发射线圈内与线圈外的磁场密度变化的说明中已经证实线圈内的磁场密度分布远较线圈外分布平均,但于中心点 O 点的附近仍然较低,所以以线圈内局部来看,平均性仍可进一步改善,以提升系统的效能。

[0089] 现假设放置一特征尺寸为 r 的发射线圈的 1/2 的高 Q 值的中继线圈于图 7 中的发

射线圈内并且其中心也对齐于 0 点。图 9 所示为本发明的一对多点无线能量传输系统的另一实施例。如图 9 所示,除了共振发射线圈 301、以及至少一个共振接收线圈 302 外,本系统还包含至少一个可调整的失调中继线圈 904,而该至少一个可调整的失调中继线圈 904 是置放于该共振发射线圈所涵盖的范围内,且该至少一个可调整的失调中继线圈 904 的特征尺寸、共振频率及置放位置与配合该共振发射线圈 301 的特征尺寸及共振频率而调整,使得该至少一个共振接收线圈在该共振发射线圈所涵盖的范围内能均匀地接收该共振发射线圈所传输的能量得以独立正常工作并且互不干扰。

[0090] 由于中继线圈的特性是会把于中继线圈附近的磁力线大幅吸引到中继线圈,以至于在中继线圈外围的磁场密度会被降低,而中继线圈的磁场密度会被提高,但仍根据反比分布,可得出如图 10 所示的磁场密度分布图,其中箭头所标示的处为原始的 B_0 值。值得注意的是,在图 10 中,中继线圈外的磁场密度因此大幅降低。也就是说,放置一个完全共振,起具有高 Q 值的中继线圈可能会令于中继线圈外围两侧的磁场密度变得过低。如果在中继线圈上增加功率损耗负载,或者选择使用内阻较大的导线来制作中继线圈,以降低其 Q 值,的确可降低中继线圈吸引磁力线的能力,进而令中继线圈外围两侧的磁场密度不至变得过低。但是,由于增加了功率损耗负载或线圈内阻(等效于一功率损耗负载),该中继线圈的存在便会于整体影响到有效被接收器接收的磁场能量总和,因此影响系统整体的效能。

[0091] 本发明所采用的方法是仍然使用一个高 Q 值的中继线圈,但调整其共振频率至发射线圈的频率附近,但不完全相同于该频率,称为失调(off-tune)。

[0092] 当中继线圈的共振频率被调整至与发射线圈的频率不一致时,中继线圈的等效内部阻抗(impedance)在该频率下会降低(并联共振电路的等效内部阻抗于共振频率时为无限大)从而出现纯容性(pure capacitive)或者纯感性(pure inductive)的阻抗部分。该阻抗部分会阻止共振的发生,也等效于降低该中继线圈的 Q 值,因此中继线圈吸引磁力线的能力降低。然而以失调方式降低中继线圈 Q 值的办法与前述的增加功率损耗负载,或者选择使用内阻较大的导线来制作中继线圈等手段的结果并不相同。因为失调的方式所以产生的阻抗是纯容性或者纯感性的阻抗,实际上并非真正的阻性损耗(ohmic loss),所以并不会整体影响到有效能被接收器接收的磁场能量总和。

[0093] 调整中继线圈的共振频率的原则是令其中心 0 点(磁场密度最低处)的磁场密度调整至中继线圈的外部磁场密度最低点的磁场密度相同。实际上当调整中继线圈的共振频率时,中心 0 点(磁场密度最低点)的磁场密度与中继线圈的外围两侧的磁场密度会朝相反方向变化,因此中继线圈只有两个共振频率(令其具纯容性或者纯感性的阻抗)的设定能满足内外磁场密度相同要求。当调整中继线圈的共振频率至合适的点时,磁场密度会如图 11 所示。值得注意的是,加入失调性的中继线圈后,磁场密度最低点的最低磁场密度比没有中继线圈时(图 11 中箭头所标示处)还高。

[0094] 由此可知,虽然使用失调性的中继线圈并不能增加整体有效能被接收器接收的磁场能量总和,但却可有效地提高了磁场密度最低点的值,也改善了整体磁场的平均性。根据前述的原则,整体磁场的平均性越好,线圈所发射的总能量便可越低,也可是整个系统的效能越好。

[0095] 本发明的又一特征在于该至少一个接收器的每一个接收器都可以选择性地失调。

如众所知,在一已知的磁场密度中,如果接收器的接收线圈的特征尺寸较大,或者接收线圈的 Q 值较高,则理论上可从磁场里吸收更多磁场能量,并可转换成更多的电性能量。当然,接收线圈的特征尺寸及接收线圈的 Q 值往往会受到接收器设计的一些物理限制,如面积及体积等,而令其无法增加。当接收线圈的特征尺寸及 Q 值已经调整到可容许的最佳值,而在工作范围内仍不能接收及转换足够供应其后续电路以保持正常工作的能量时,增加发射能量是已知技术的唯一手段。

[0096] 相反地,当一个接收器的接收线圈被设计为被置于在整个工作范围内的磁场密度最低点,仍然能吸收足够供应其后续电路保持正常工作的能量时,如果将该接收器被放置到工作范围内其它磁场密度较高的位置时,接收线圈就会接收到多于需供应其后续电路保持正常工作的能量。一般的无线能量传输系统设计上此时会考虑到当后续电路直接吸收过多的能量所带来的问题及危险性,已知普遍的做法是增加一个能量稳定电路,一般是恒压、限压、或者恒流电路。让该能量稳定电路吸收并以阻性损耗 (ohmic loss) 的方式损耗来自接收线圈的过多能量。然而,此方式也等效于直接损耗整个发射磁场的能量,从而影响到有效能被其它接收器接收的磁场能量总和。因此这种设计将大大限制了可容许同时在工作范围里正常工作的接收器总量,以及每个接收器的工作稳定性。换言之,增加发射能量与降低稳定度会导致整体效能降低。

[0097] 针对上述已知的限制,本发明采用一能量感测电路 (power detection circuit) 放置于包含该接收线圈的接收共振电路与一后续电路之间,该能量感测电路并有一回馈信号连接至接收线圈的共振频率控制元件。如图 12 所示,接收共振电路 1201 与其接收线圈的共振频率控制元件 1202 是为并联连接,而能量感测电路 1203 是位于接收共振电路 1201 与一后续电路之间。能量感测电路 1203 更有一回馈信号连接至接收线圈的共振频率控制元件 1202。能量感测电路 1203 接收来自该后续电路传来的最低正常工作能量需求值的一信号,用以产生该回馈信号以控制该接收线圈的共振频率控制元件 1202。当能量感测电路 1203 感测到来自接收共振电路 1201 所接收到的,多于需供应该后续电路保持正常工作的能量时,能量感测电路 1203 产生一个适当的回馈信号至共振频率控制元件 1202,该共振频率控制元件的作用是令接收共振电路 1201 偏离其原本的共振频率,令其适当地失调。其原理与目的与前述的失调性中继线圈类似。当接收共振电路 1201 的共振频率被调整至与发射线圈的频率不一致时,接收共振电路 1201 的等效内部阻抗在该频率下为减少(并联共振电路的等效内部阻抗于共振时为无限大)从而出现纯容性或者纯感性的阻抗部分。该阻抗部分阻止共振的发生,也等效于降低该接收共振电路 1201 的 Q 值,并且因此令接收共振电路 1201 从磁场里吸收能量的能力下降。由于共振频率控制元件是纯容性或纯感性的,所以并不带来真正的阻性损耗,也因此不会整体影响到有效能被其它接收器接收的磁场能量总和。接收共振电路 1201 从磁场里吸收能量的能力下降会直接导致其可转换出的电性能量下降。因此只是适当控制能量感测电路的工作参数,便可在尽量减少影响其它接收器的情况下,令接收器只吸收能供其后续电路能正常工作的最低能量需求。

[0098] 图 13 所示为本发明的一应用实施例示意图。如图 13 所示,该应用实施例是为一无线能量传输的发光国际象棋组,包含一位于底部的棋盘中与多个棋子;其中,该棋盘设有一发射线圈 1301 与一具有可调整性的失调中继线圈 1303,而该多个棋子中的每一个棋子是为了一可控失调性的共振接收器 1302,该共振接收器 1302 中还包含有一含有 LED 的后续电

路。

[0099] 如图所示,发射线圈 1301 包括了整个平面棋盘范围(工作范围),棋盘范围内的中继线圈 1303 改善了磁场平均性,也因此减低了必要的发射功率,维持了良好的系统效率。该发射线圈 1301 的工作范围至少可容纳 32 只棋子,为标准国际象棋组的棋子数。每只棋子实际皆为一个独立接受器,并且包含有前述的能量感测电路及共振频率控制元件,以达到前述的可控失调性,来维持每只棋子的工作独立性并进一步改善系统效率。每个棋子上皆包含有适当数量的发光二极管(LED)以作显示颜色和美观之用。包含发射线圈的发射器上更可包含有一发射功率控制器,可以是手动或者自动感测回馈控制,令最终发射功率最低化至仅足以令全部棋子都在棋盘时,全部能达到吸收让其正常工作的能量。

[0100] 图 13 所示仅为本发明的众多可应用的实施例一种,除了棋类,本发明的一对多点无线共振能量传输系统尚可应用于实现多种平面盘类游戏(board game),例如,拼图、卡片游戏平台、大富翁等。另外,如前所述,由于本发明的一对多点无线共振能量传输系统也可产生一个立体平均磁场,因此本发明亦可应用于实现立体型的游戏,例如,迭迭乐、乐高、积木,或其它教育型教材。并且,其后续电路除了发光的 LED 外,更可具有声音或其它视觉等效果。

[0101] 经由以上本发明的实施例与现有的已知技术比较,本发明有以下的优点:

[0102] 1. 提供一具有平均性磁场密度的工作范围,有效降低所需的总发射能量,并提升系统效能。

[0103] 2. 多个接收器可独立运作,在不影响其它接收器的情况下,只吸收能供其后续电路能正常工作的最低能量需求。

[0104] 3. 其结构简单,可应用于产生平面及立体的工作范围的均值磁场密度,容易制造、具市场竞争力。

[0105] 因此,本发明的一种一对多点的无线共振能量传输系统,确能由所揭露的技术,达到所预期的目的与功效,符合发明专利的新颖性,进步性与产业利用性的条件。

[0106] 惟,以上所述的,仅为发明的最佳实施例而已,当不能依此限定本发明实施的范围。即凡是依本发明申请专利范围所作的均等变化与修饰,皆应仍属本发明权利要求涵盖的范围内。

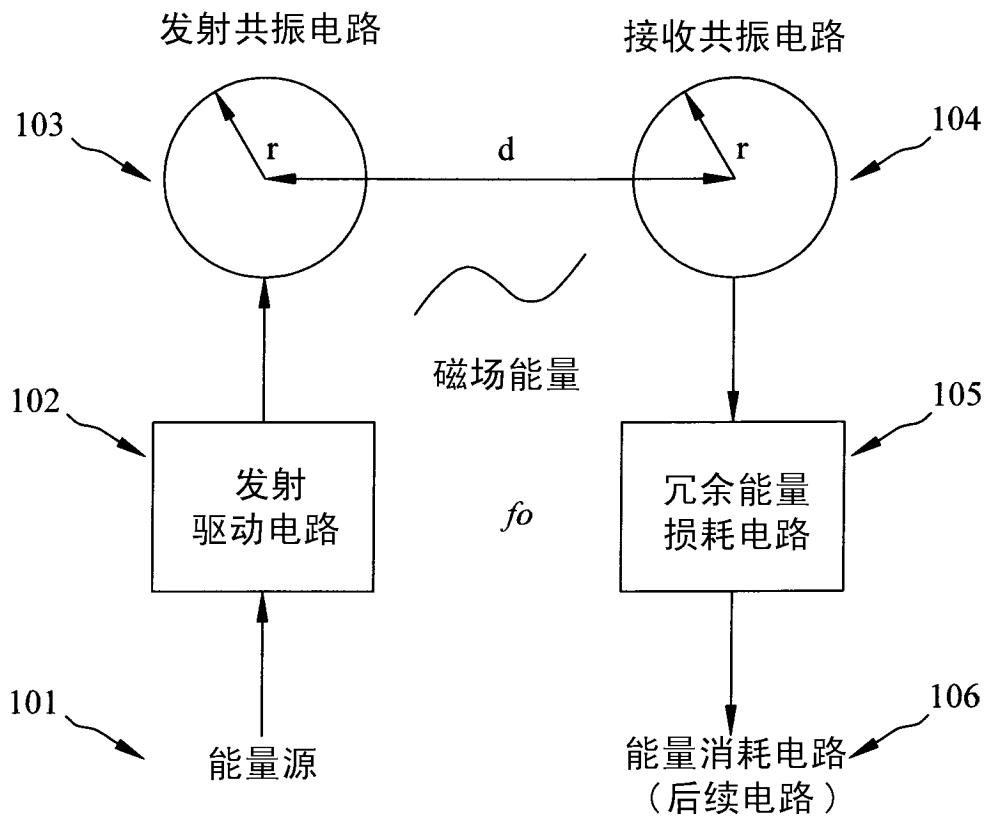


图 1

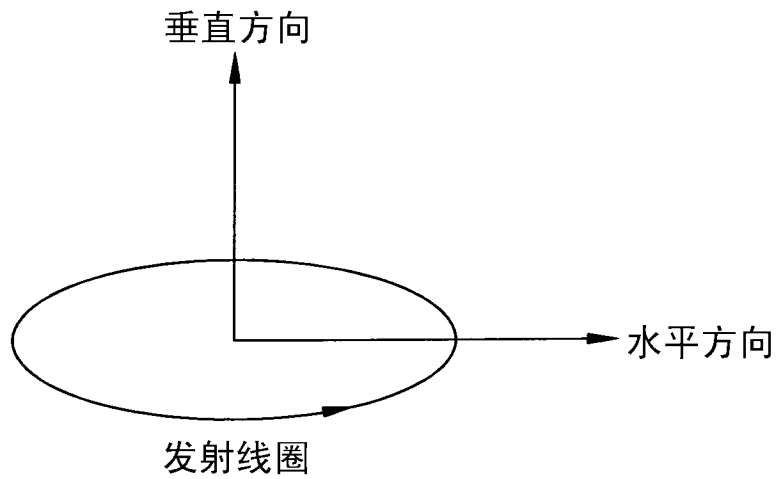


图 2

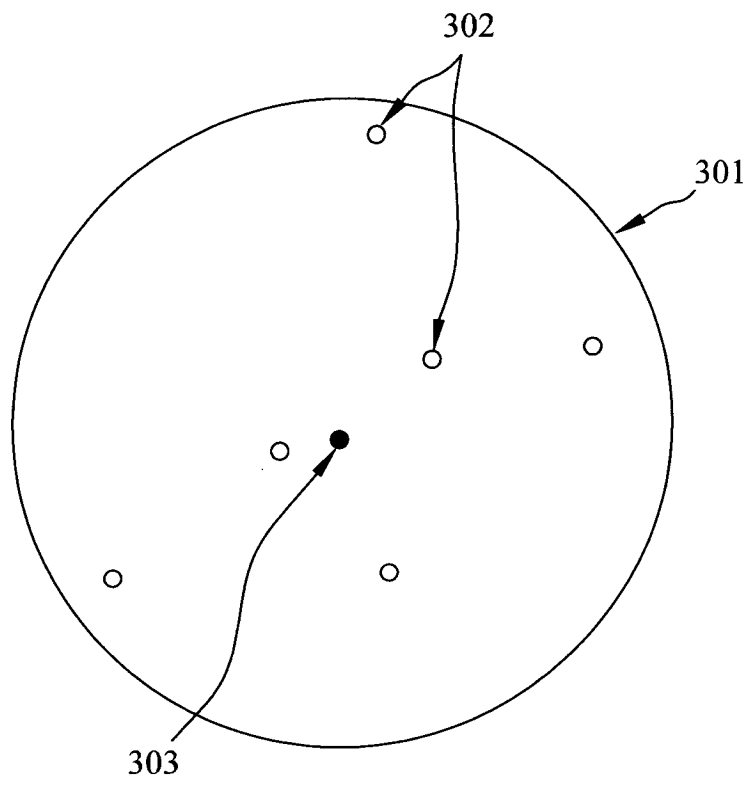


图 3

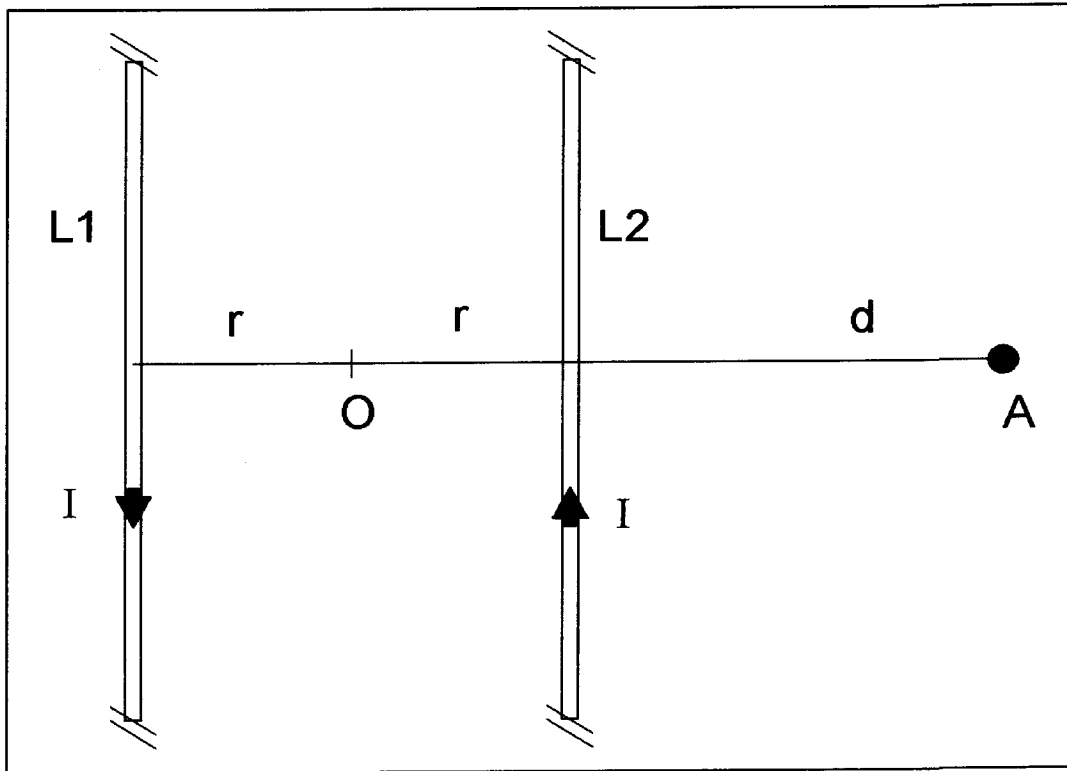


图 4

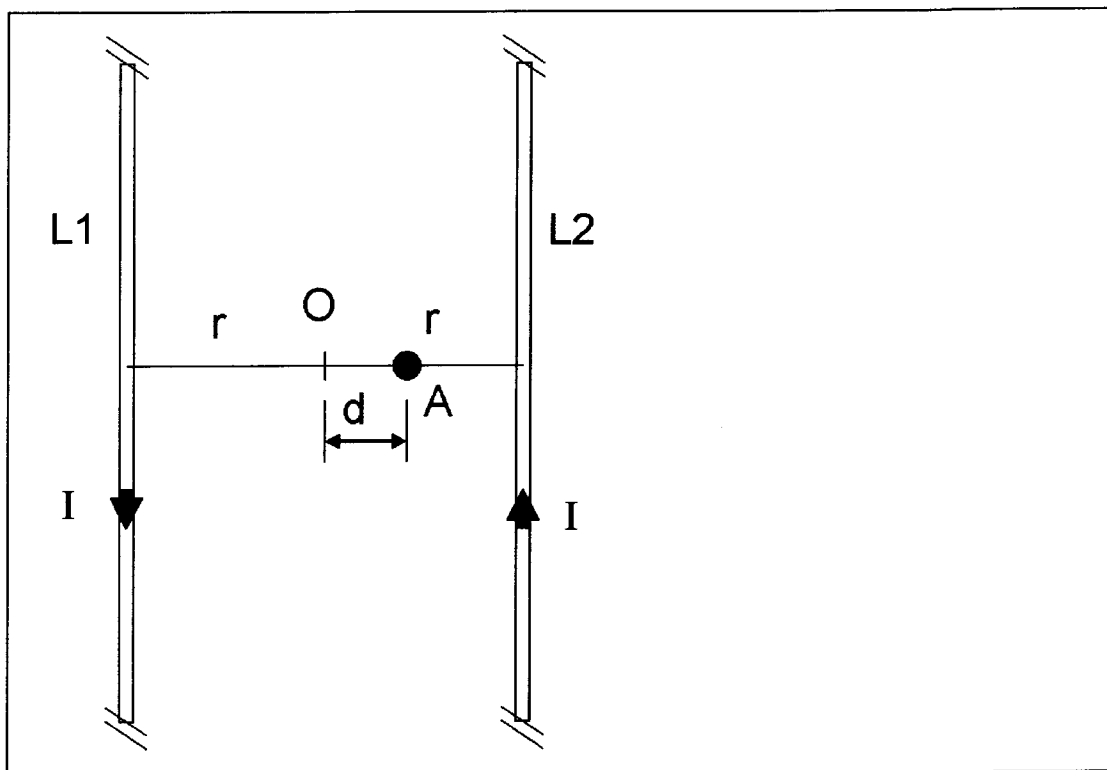


图 5

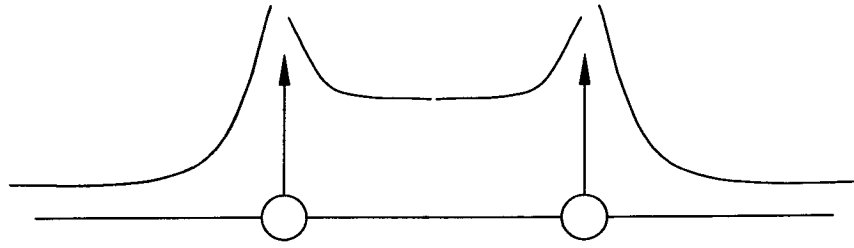


图 6

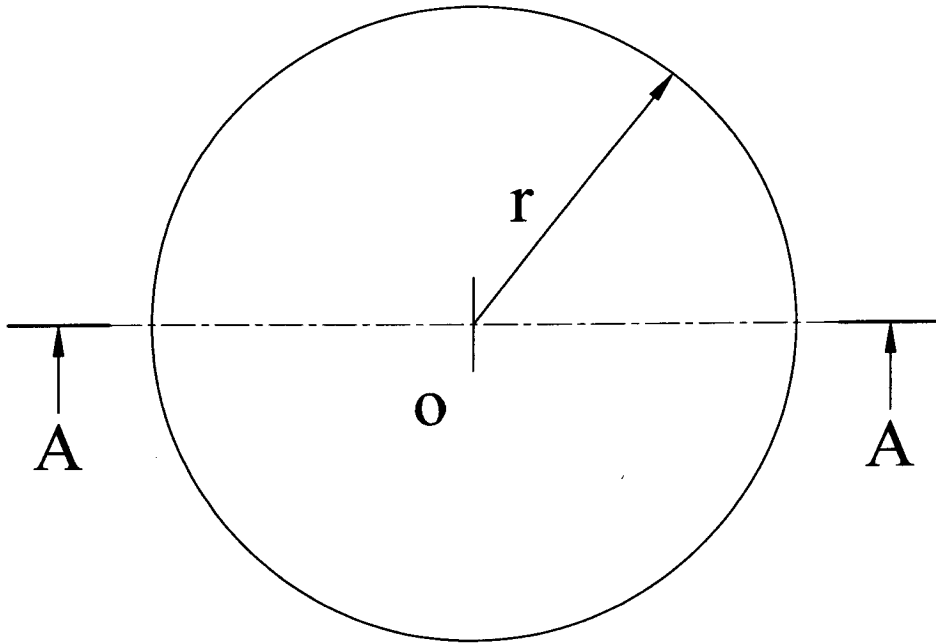


图 7

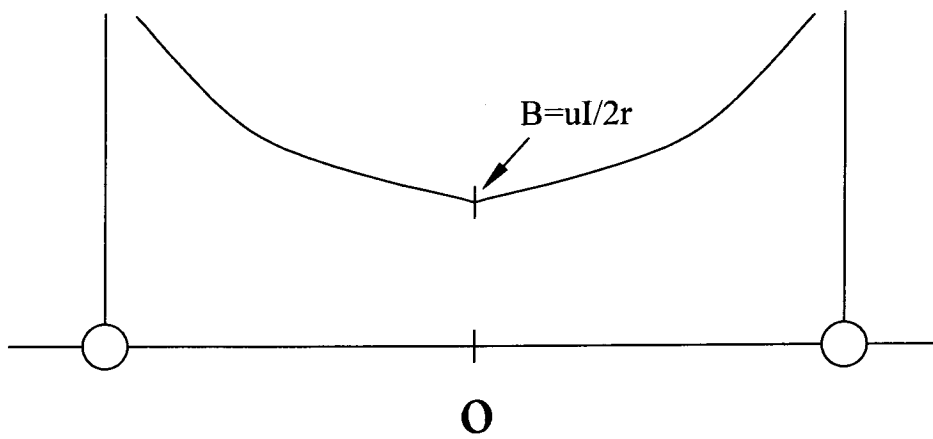


图 8

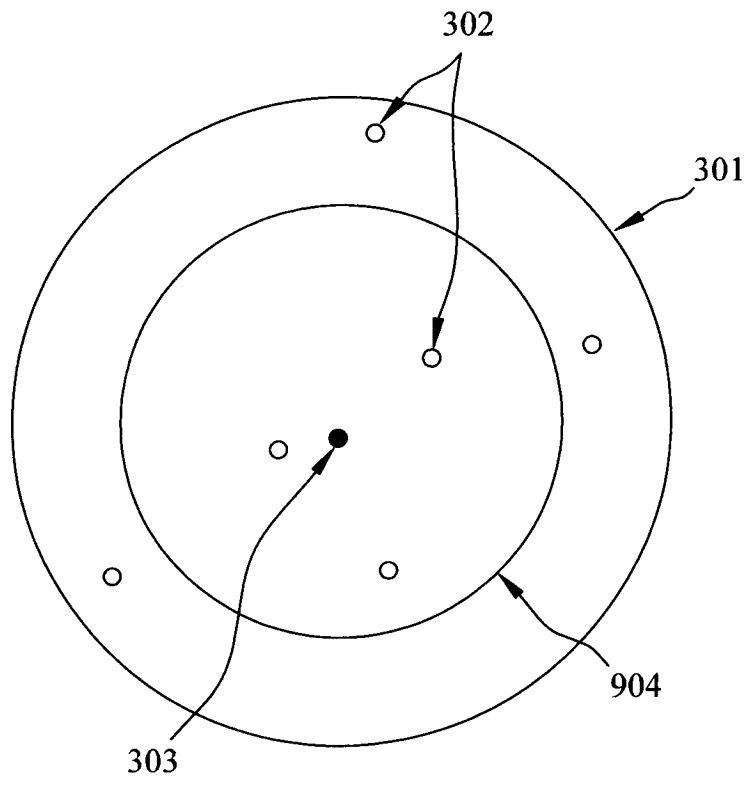


图 9

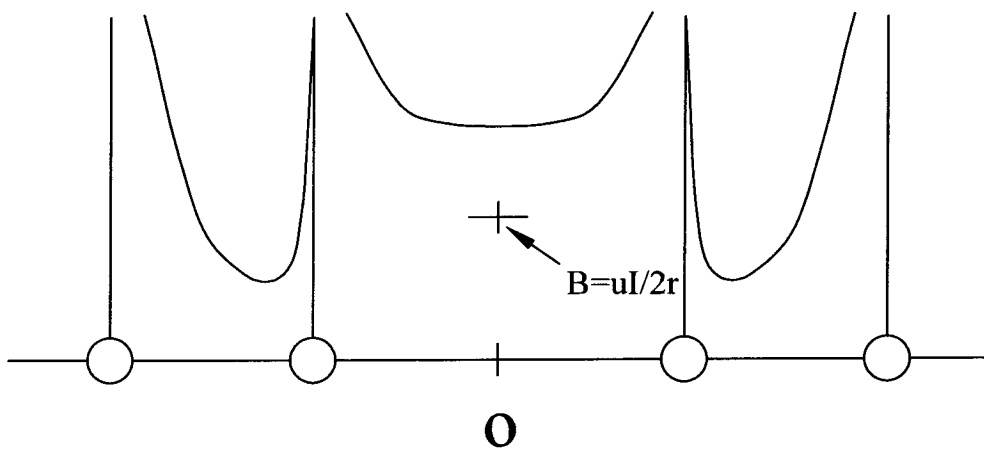


图 10

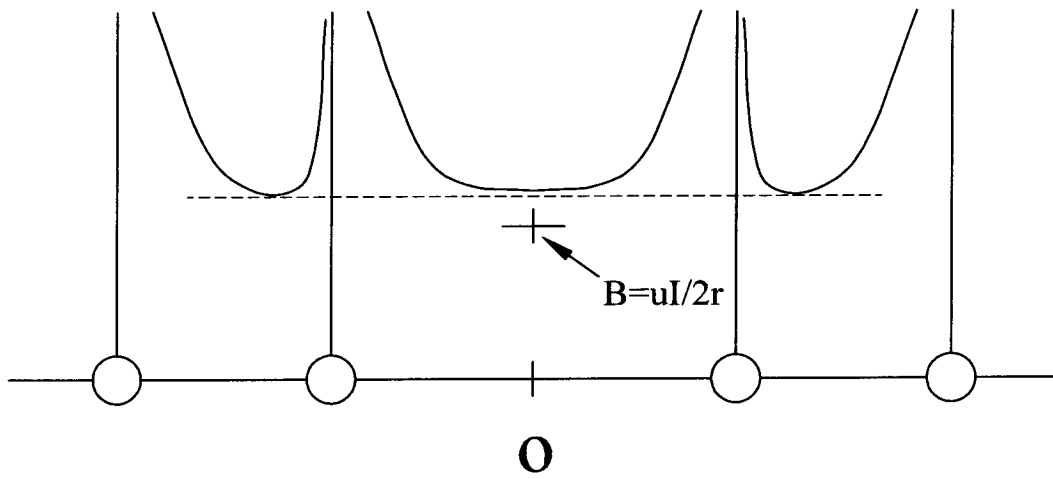


图 11

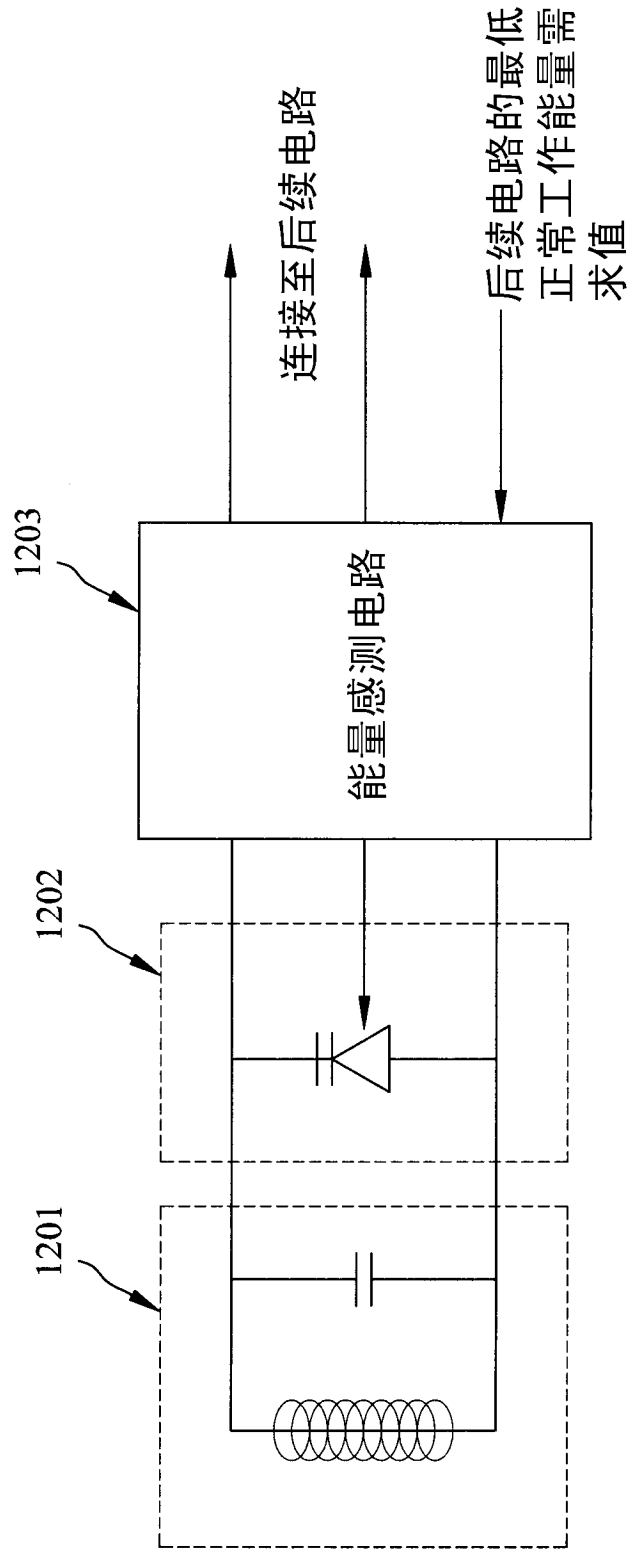


图 12

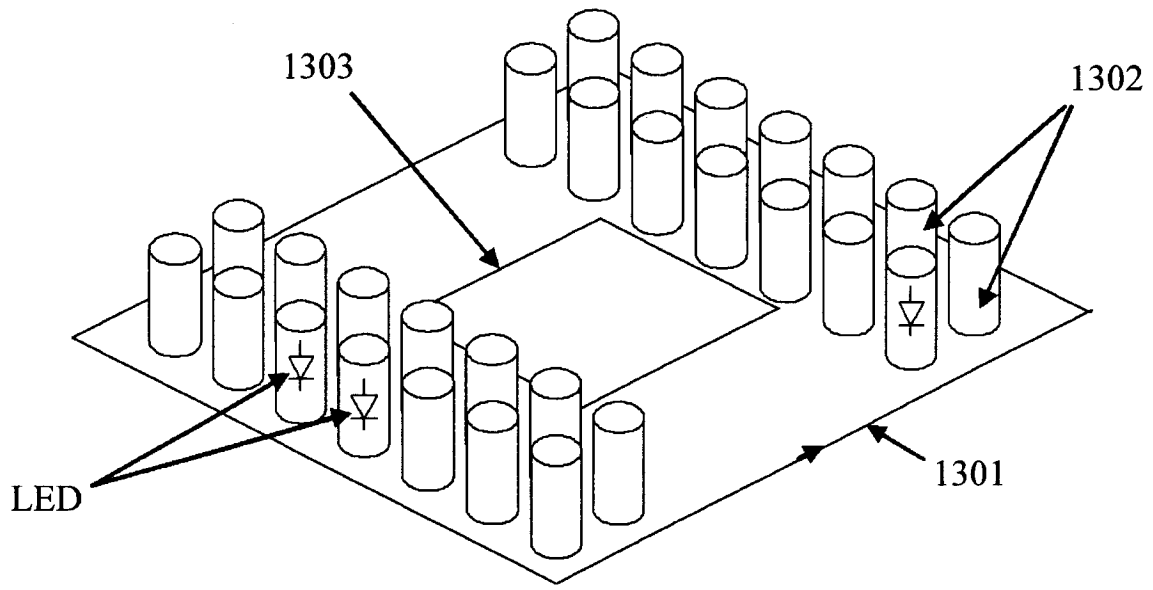


图 13