



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103296772 A

(43) 申请公布日 2013. 09. 11

(21) 申请号 201210050988. 3

(22) 申请日 2012. 02. 29

(71) 申请人 深圳光启创新技术有限公司
地址 518034 广东省深圳市福田区香梅路
1061 号中投国际商务中心 A 栋 18B

(72) 发明人 刘若鹏 赵治亚 郭洁 洪运南

(51) Int. Cl.
H02J 17/00 (2006. 01)

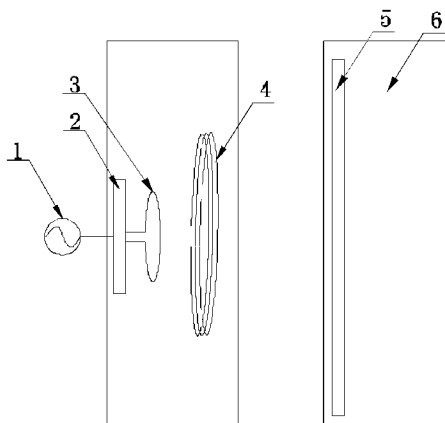
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种无线能量传输系统

(57) 摘要

本发明提供了一种无线能量传输系统,通过对磁共振接收模块进行简化设计,通过一块基材和固定在基材上的金属线结构来实现整个磁共振接收模块的功能,所述金属线结构包括馈线、共振金属线圈以及多个磁性微结构,所述馈线包围所述共振金属线圈,所述多个磁性微结构设置在所述共振金属线圈的中心区域,所述磁性微结构具有负磁导率,所述具有负磁导率的磁性微结构的频率与系统的谐振频率相同。通过对上述金属线结构的优化设计,克服了现有的共振接收线圈和接收天线分别独立设置带来的结构复杂性。



1. 一种无线能量传输系统,包括电源模块、信号激励电路、发射天线、共振线圈和设置在负载设备内的磁共振接收模块,所述发射天线连接所述信号激励电路以提供激励信号使所述共振线圈产生共振,所述磁共振接收模块电连接所述负载设备以提供电能,所述磁共振发射模块与所述共振线圈之间通过共振场倏逝线的耦合进行能量传递,其特征在于:所述磁共振接收模块由基材和固定在基材上的金属线结构组成,所述金属线结构包括馈线、共振金属线圈以及多个磁性微结构,所述馈线与所述负载的电源电路电连接,所述馈线包围所述共振金属线圈,所述多个磁性微结构设置在所述共振金属线圈的中心区域,所述磁性微结构具有负磁导率,所述具有负磁导率的磁性金属微结构的频率与所述共振金属线圈的谐振频率相同。

2. 根据权利要求 1 所述的无线能量传输系统,其特征在于:所述共振金属线圈为方形螺绕线圈。

3. 根据权利要求 2 所述的无线能量传输系统,其特征在于:所述共振金属线圈包括第一方形螺旋线、第二方形螺旋线、连接线和口字型闭合线,所述第一方形螺旋线和第二方形螺旋线的外端头分别连接所述连接线的一端,所述连接线的另一端连接所述口字型闭合线,所述口字型闭合线包围所述第一方形螺旋线和第二方形螺旋线,所述馈线包围所述口字型闭合线,所述第一方形螺旋线和第二方形螺旋线的螺旋中心区域内设置有多个阵列的磁性微结构,所述磁性微结构具有负磁导率,所述具有负磁导率的磁性微结构的频率与所述共振金属线圈的谐振频率相同。

4. 根据权利要求 3 所述的无线能量传输系统,其特征在于:所述第一方形螺旋线和第二方形螺旋线以所述连接线为轴对称设置。

5. 根据权利要求 1 所述的无线能量传输系统,其特征在于:所述磁性微结构的磁导率为 -1 。

6. 根据权利要求 1 所述的无线能量传输系统,其特征在于:所述磁性微结构为开口谐振环或开口谐振环的衍生结构。

7. 根据权利要求 4 所述的无线能量传输系统,其特征在于:单个所述磁性微结构由一根金属线通过多重绕线的方式形成多重螺绕的开口谐振环或开口谐振环的衍生结构。

8. 根据权利要求 6 所述的无线能量传输系统,其特征在于:所述开口谐振环或开口谐振环的衍生结构为矩形、圆形或多边形。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的无线能量传输系统,其特征在于:单个所述磁性微结构为 2-40 圈螺绕的开口谐振环或开口谐振环的衍生结构。

10. 根据权利要求 1 所述的无线能量传输系统,其特征在于:所述电源模块为电源转换电路,所述电源转换电路将交流电转换为直流电。

一种无线能量传输系统

【技术领域】

[0001] 本发明涉及无线能量传输领域,具体地涉及一种基于磁共振原理的无线能量传输系统。

【背景技术】

[0002] 目前,无线能量传输技术主要基于三种原理,分别是电磁感应式、磁共振式以及辐射式,电磁感应式(非接触感应式)电能传输电路的基本特征是原副边电路分离,原边电路与副边电路之间有一段空隙,通过磁场耦合感应相联系。电磁感应式的特点是:有较大气隙存在,使得原副边无电接触,弥补了传统接触式电能的固有缺陷;但是,较大气隙的存在也使得系统漏磁与激磁相当,甚至比激磁高;因此,基于磁感应技术的原因,充电线圈基板与接收线圈基板之间的实际有效充电空间距离大约为 5mm,当两者之间的空间距离超过 5mm 时则无法进行充电工作。

[0003] 磁共振式(又称 WiTricity 技术)是由麻省理工学院(MIT)物理系、电子工程、计算机科学系,以及军事奈米技术研究所(Institutefor Soldier Nanotechnologies)的研究人员提出的。系统采用两个相同频率的谐振物体产生很强的相互耦合,能量在两物体间交互,利用线圈及放置两端的平板电容器,共同组成谐振电路,实现能量的无线传输。2007 年 6 月,来自麻省理工学院的研究人员通过电磁线圈实现了距离 2 米的 60W 电力的传输,他们采用了全新的思考方式,采用了两个能够实现共振的铜线圈,依靠共振进行能量的传输。现有的基于磁共振的无线能量传输系统包括电源模块、信号激励电路、磁共振发射模块和设置在负载设备内的磁共振接收模块,磁共振发射模块通常包括发射天线和磁共振发射线圈,磁共振接收模块同样也包括磁共振接收线圈和接收天线,磁共振发射线圈和磁共振接收线圈通常为绕制的铜线圈,整个系统的结构比较复杂,给设计预定的系统工作频率带来很大难度,所以目前该技术仅仅停留在技术解决方案阶段,还没有成熟的产品。

[0004] 辐射式又分为无线电波式、微波方式、激光方式等,如,Powercast 公司基于无线电波式研制出可以将无线电波转化成直流电的接收装置,可在约 1 米范围内为不同电子装置的电池充电。其缺点是能够传输的能量小,应用范围有限。

[0005] 超材料是指一些具有天然材料所不具备的超常物理性质的人工复合结构或复合材料。通过在材料的关键物理尺度上的结构有序设计,可以突破某些表观自然规律的限制,从而获得超出自然界固有的普通性质的超常材料功能。超材料的性质和功能主要来自于其内部的结构而非构成它们的材料,因此,为设计和合成超材料,人们进行了很多研究工作。2000 年,加州大学的 Smith 等人指出周期性排列的金属线和开环共振器(SRR)的复合结构可以实现介电常数 ϵ 和磁导率 μ 同时为负的双负材料,也称左手材料。之后他们又通过在印刷电路板(PCB)上制作金属线和 SRR 复合结构实现了二维的双负材料。对于磁场具有响应的金属线和开环共振器结构,通常称之为磁性微结构。

【发明内容】

[0006] 本发明所要解决的技术问题是：基于超材料技术提供一种系统结构简单，易于工业化制造的无线能量传输系统。

[0007] 本发明实现发明目的所采用的技术方案是，一种无线能量传输系统，包括电源模块、信号激励电路、发射天线、共振线圈和设置在负载设备内的磁共振接收模块，所述发射天线连接所述信号激励电路以提供激励信号使所述共振线圈产生共振，所述磁共振接收模块电连接所述负载设备以提供电能，所述磁共振发射模块与所述共振线圈之间通过共振场倏逝线的耦合进行能量传递，其特征在于：所述磁共振接收模块由基材和固定在基材上的金属线结构组成，所述金属线结构包括馈线、共振金属线圈以及多个磁性微结构，所述馈线与所述负载的电源电路电连接，所述馈线包围所述共振金属线圈，所述多个磁性微结构设置在所述共振金属线圈的中心区域，所述磁性微结构具有负磁导率，所述具有负磁导率的磁性金属微结构的频率与所述共振金属线圈的谐振频率相同。

[0008] 优选地，所述共振金属线圈为方形螺绕线圈。

[0009] 优选地，所述共振金属线圈包括第一方形螺旋线、第二方形螺旋线、连接线和口字型闭合线，所述第一方形螺旋线和第二方形螺旋线的外端头分别连接所述连接线的一端，所述连接线的另一端连接所述口字型闭合线，所述口字型闭合线包围所述第一方形螺旋线和第二方形螺旋线，所述馈线包围所述口字型闭合线，所述第一方形螺旋线和第二方形螺旋线的螺旋中心区域内设置有多个阵列的磁性微结构，所述磁性微结构具有负磁导率，所述具有负磁导率的磁性微结构的频率与所述共振金属线圈的谐振频率相同。

[0010] 更好地，所述第一方形螺旋线和第二方形螺旋线以所述连接线为轴对称设置。

[0011] 更好地，所述磁性微结构的磁导率为 -1 。

[0012] 具体实施时，所述磁性微结构为开口谐振环或开口谐振环的衍生结构。

[0013] 更好地，单个所述磁性微结构由一根金属线通过多重绕线的方式形成多重螺绕的开口谐振环或开口谐振环的衍生结构。

[0014] 具体实施时，所述开口谐振环或开口谐振环的衍生结构为矩形、圆形或多边形。

[0015] 具体实施时，单个所述磁性微结构为 2-40 圈螺绕的开口谐振环或开口谐振环的衍生结构。

[0016] 具体实施时，所述电源模块为电源转换电路，所述电源转换电路将交流电转换为直流电。

[0017] 本发明的有益效果是：

[0018] 1、通过对磁共振接收模块进行简化设计，通过一块基材和固定在基材上的金属线结构来实现整个磁共振接收模块的功能，所述金属线结构包括馈线、共振金属线圈以及多个磁性微结构，所述馈线包围所述共振金属线圈，所述多个磁性微结构设置在所述共振金属线圈的中心区域，所述磁性微结构具有负磁导率，所述具有负磁导率的磁性微结构的频率与系统的谐振频率相同。通过对上述金属线结构的优化设计，克服了现有的共振接收线圈和接收天线分别独立设置带来的结构复杂性。

[0019] 2、通过磁性微结构的设置，使整个无线能量传输系统的能量传输效率得到了提高，对于整个系统而言，不但能量传输距离远，接收端的设备不需要紧贴发射端，就能实现能量传输，大大提高了接收端负载设备的使用自由度，给用户带来方便。

[0020] 3、通过对磁性微结构的设计，以多重绕线的方式将磁性微结构设计为多重螺绕的

开口谐振环或开口谐振环的衍生结构,一方面能通过绕线的圈数对磁性微结构的谐振频率进行调节,另一方面能极大地降低谐振频率,减小无线能量传输系统对环境的影响,提高安全性能。

【附图说明】

- [0021] 图 1,本发明无线能量传输系统的整体结构示意图。
- [0022] 图 2,磁共振接收模块的结构图。
- [0023] 图 3,第二实施例磁共振接收模块的结构图。
- [0024] 图 4,方形螺绕线的结构图。
- [0025] 图 5,超材料谐振频率的特征曲线图。
- [0026] 图 6,仿真测试的 S11 和 S21 的曲线图。
- [0027] 图 7,开口环衍生结构图。
- [0028] 图 8,六边形开口环结构图。

【具体实施方式】

[0029] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细说明。

[0030] 首先介绍本发明无线能量传输系统的整体结构,其整体结构示意图参看附图 1,包括电源模块 1、信号激励电路 2、发射天线 3、共振线圈 4、磁共振接收模块 5 和负载设备 6,磁共振接收模块 5 设置在负载设备 6 内,共振线圈 4 与磁共振接收模块 5 之间通过共振场倏逝线的耦合进行能量传递。

[0031] 本发明中,磁共振接收模块 5 的结构图参看附图 2,由基材 51 和固定在基材上的金属线结构组成,其基本结构类似于 PCB 天线,基材在选用上可以是环氧树脂类基板,根据应用需求还可以采用陶瓷类基板,与 PCB 天线所不同的是,金属线结构包括馈线 52、共振金属线圈 53 以及多个磁性微结构 54,共振金属线圈 53 的共振频率等于共振线圈 4 的共振频率,用以与共振线圈 4 产生共振,馈线 52 的输出端电连接负载设备 6 的电源电路以为负载设备 6 提供电能,馈线 52 包围共振金属线圈 53 用以接收共振金属线圈 53 共振信号,多个磁性微结构 54 设置在共振金属线圈 53 的中心区域,磁性微结构 54 具有负磁导率,且具有负磁导率的磁性微结构 54 的频率与共振金属线圈 53 的谐振频率相同。

[0032] 此处,多个磁性微结构 54 及其附着的基材 51 所构成的材料相当于一种超材料,超材料属于一种人工合成的复合材料,一般包括介质基板以及阵列在介质基板上的多个人造微结构,介质基板为介电材料,人造微结构为导电材料,通过将人造微结构设计为磁性微结构,即每个人造微结构(一般称为 cell)均为开口环结构或开口环的衍生结构,可以使超材料在某些频率具有负磁导率的特性,由于该类开口环结构或开口环的衍生结构可等效为 LC 谐振电路,所以通过多个磁性微结构的阵列可实现对磁场的增强。本发明正是通过多个磁性微结构 54 的设置增强磁共振接收模块 5 的共振磁场,以提高共振线圈 4 与磁共振接收模块 5 之间能量传输效率。

[0033] 作为第二实施例,磁共振接收模块 5 还可以采用以下结构,参看附图 3,磁共振接收模块 5 由基材 51 和固定在基材上的金属线结构组成,金属线结构包括馈线 52、共振金属线圈以及多个磁性微结构 54,共振金属线圈由第一方形螺旋线 55、第二方形螺旋线 55'、

连接线 56 和口字型闭合线 57 组成,第一方形螺旋线 55 和第二方形螺旋线 55' 的外端头分别连接连接线 56 的一端,连接线 56 的另一端连接口字型闭合线 57,口字型闭合线 57 包围第一方形螺旋线 55 和第二方形螺旋线 55',馈线 52 包围口字型闭合线 57,馈线 52 的输出端连接负载设备 6 的电源电路,馈线 52 包围共振金属线圈用以接收共振金属线圈的共振信号,第一方形螺旋线 55 和第二方形螺旋线 55' 以连接线 36 为轴对称设置,多个磁性微结构 54 设置在第一方形螺旋线 55 和第二方形螺旋线 55' 的中心区域,磁性微结构 54 具有负磁导率,且具有负磁导率的磁性微结构 54 的频率与共振金属线圈的谐振频率相同。

[0034] 作为具体实施方式,本发明中磁性微结构 54 的具体结构为具有多重绕线的圆形或方形螺绕线,附图 4 给出了一种方形螺绕线的结构图,磁性微结构 54 由一根首尾不相接的金属铜丝多重绕线而成,绕线在整体上呈正方形,绕线为 37 圈,线宽 0.1mm。其制备可采用 PCB 制造技术,通过印刷电路的方法制备出金属铜微结构阵列。

[0035] 对于上述开口谐振环微结构而言,在电路上可以等效为 LC 电路,环形金属线等效电感 L,线间电容等效电容 C,因此,根据谐振频率的公式 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$,对微结构进行多重绕线后,线圈的长度增长,等效地增大了电感 L,从而降低了微结构的谐振频率,通过调整绕线的圈数以及线圈直径可以对微结构的谐振频率进行调节,进而可以调节整个磁性微结构阵列的谐振频率。由于磁性微结构阵列的负磁导率与其谐振频率存在特定的关系,即出现负磁导率的频率范围总会在超材料谐振频率附近,根据超材料谐振频率的特征曲线图,参看附图 5,图中,横坐标为频率、纵坐标为磁导率,由图可知负磁导率总会在谐振峰后面的一段频率范围内,并且磁导率为负的频率段与谐振频率密切相关,即随着超材料谐振频率的变化而变化,因此通过对谐振频率的调节,可以得到满足负磁导率条件下的频率与无线能量传输系统中的磁共振接收模块的谐振频率相同的磁性微结构阵列。

[0036] 下面对上述第二实施例的磁共振接收模块 5 的能量传输效率进行仿真测试,磁共振接收模块 5 的共振线圈大小尺寸为 125mm*125mm,在 Comsol 3.5 的软件中进行仿真测试,得到其 S11 和 S21 的曲线图,参看图 6,由图中可以看出,在系统谐振频率 633MHz 处具有最高的能量传输效率。

[0037] 由于通过磁性微结构阵列的设置,能增强磁共振接收模块 5 与共振线圈 4 之间交变磁场强度,所以整个无线能量传输系统的能量传输效率得到了提高,对于整个系统而言,能量传输距离远,接收端的设备不需要紧贴发射端,就能实现能量传输,并且能应用于功耗较大的用电设备上。

[0038] 对于无线能量传输而言,由于共振线圈 4 和磁共振接收模块 5 之间的能量传输介质均为空气,为提高能量传输效率,需要设计磁性微结构阵列 54 与空气之间具有良好的阻抗匹配,以减少能量的反射,因此,本发明优选出磁导率为 -1 的磁性微结构阵列作为磁场增强器件。

[0039] 出于对无线充电应用过程中对环境的安全性要求,无线充电的频率需要尽可能的降低,从而减少对环境的电磁影响,特别是对人体的电磁影响。因此,对于无线能量传输系统而言,需要尽可能地降低其谐振频率,本发明通过对磁共振接收模块 5 中的磁性微结构将进行设计,以多重绕线的方式将磁性微结构设计为多重嵌套的开口谐振环或开口谐振环的衍生结构,一方面能通过绕线的圈数对谐振频率进行调节,另一方面能极大地降低谐振

频率,减小无线能量传输系统对环境的影响,提高安全性能。

[0040] 在上述磁性微结构的实施例中,仅仅给出了一种正方形的开口环结构,应当理解的是,将开口环设计为任意多边形、圆形或其他衍生结构,并通过多重绕线的方式设计为多重绕线的结构,均能实现本发明的有益效果。作为具体实施方式,图7、图8分别给出了另外两种磁性微结构的结构图,图7为凹形开口环结构图,图8为六边形开口环衍生结构图。

[0041] 在上述实施例中,仅对本发明进行了示范性描述,但是本领域技术人员在阅读本专利申请后可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下对本发明进行各种修改。

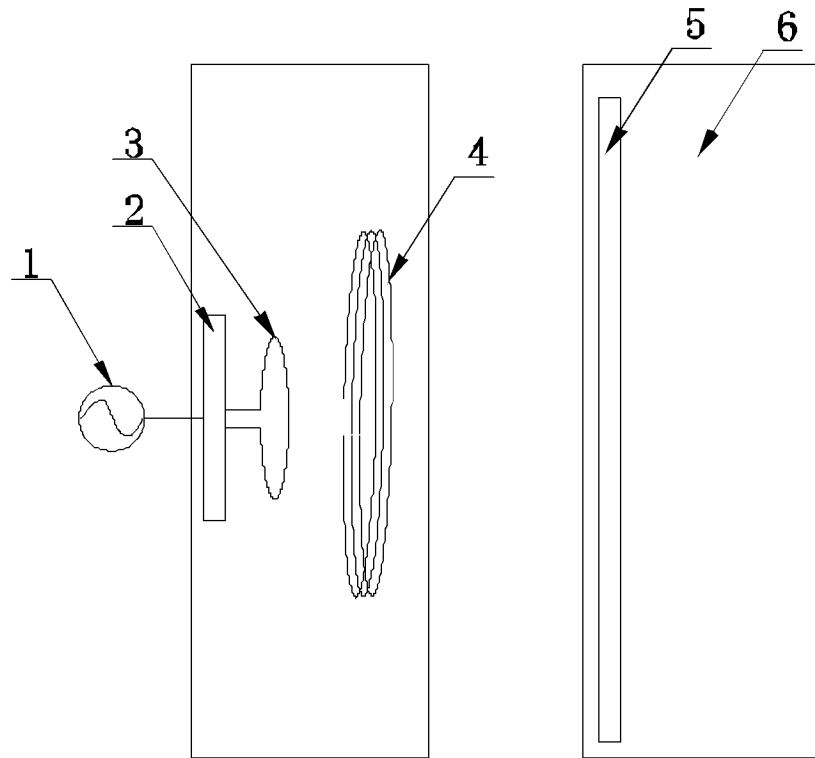


图 1

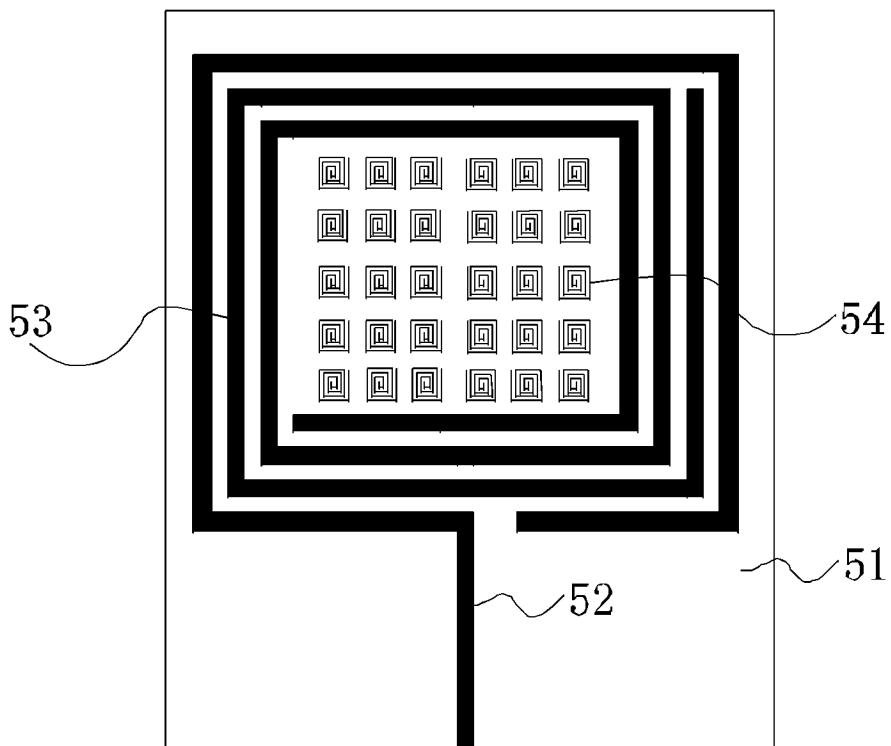


图 2

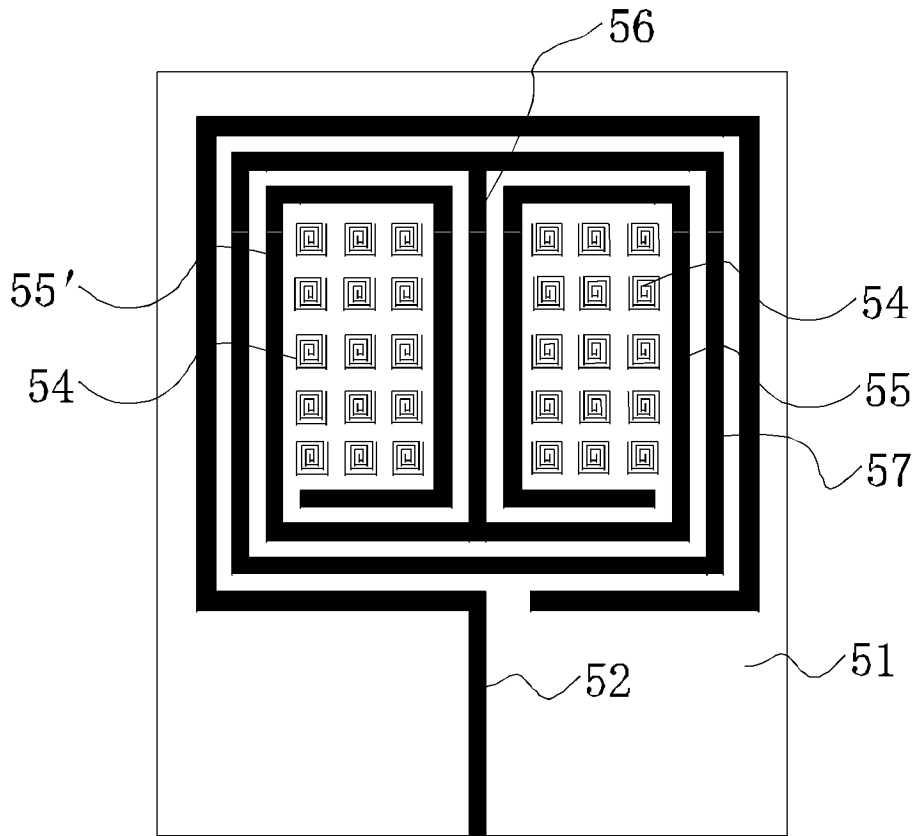


图 3

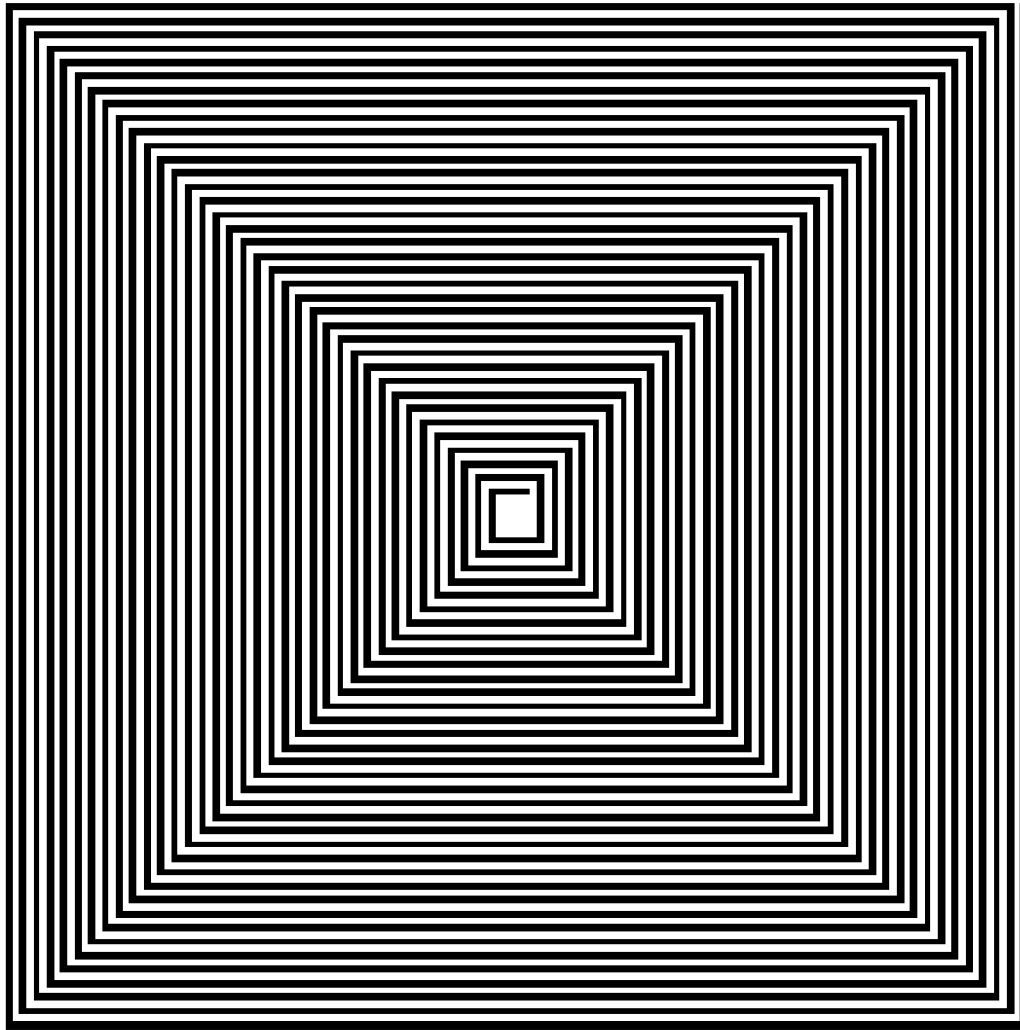


图 4

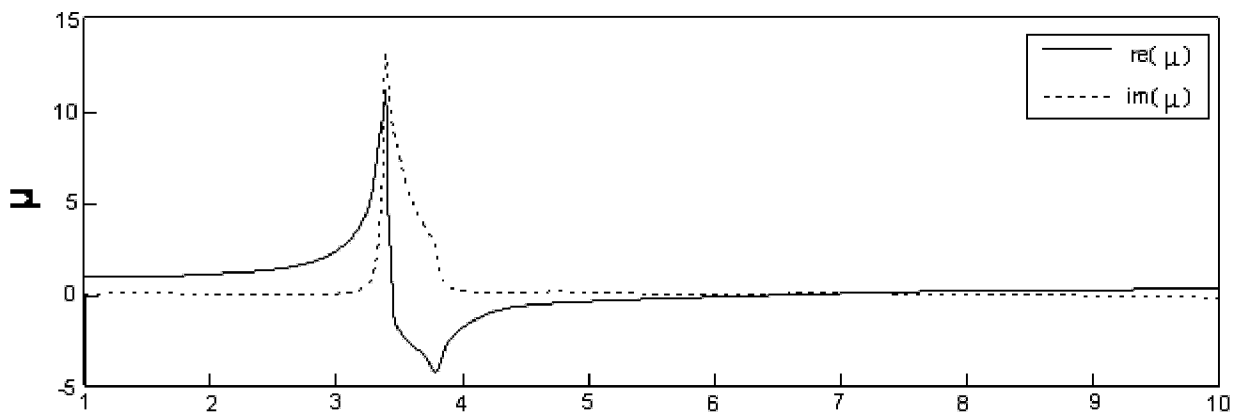


图 5

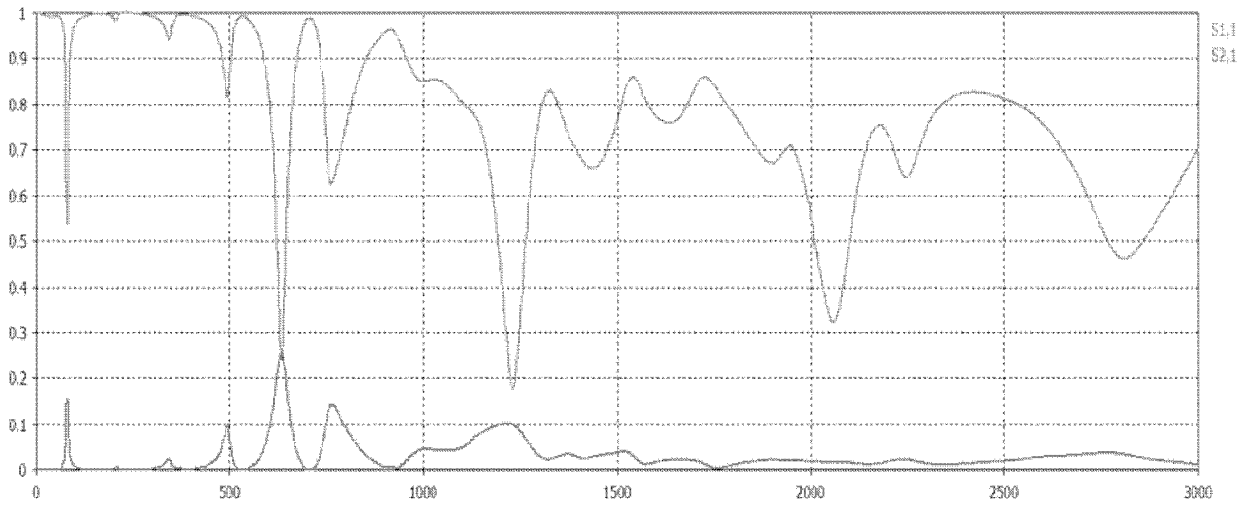


图 6

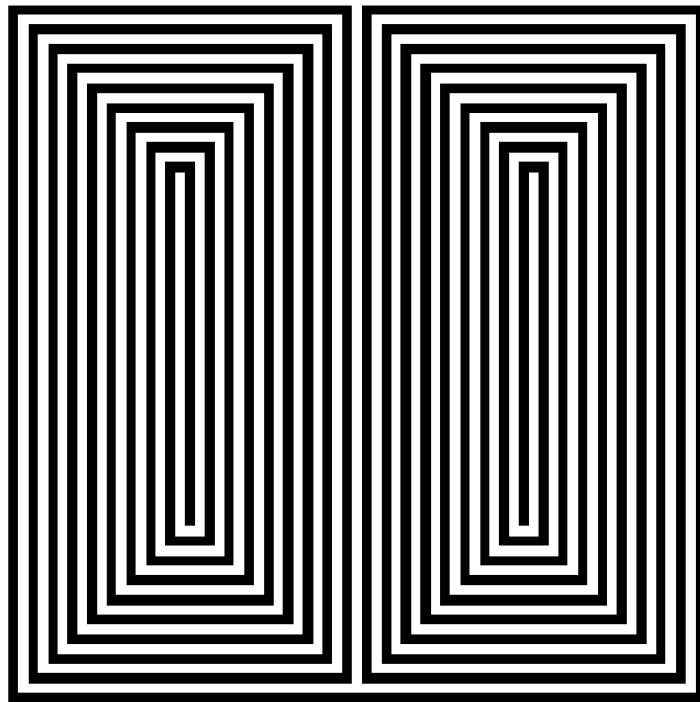


图 7

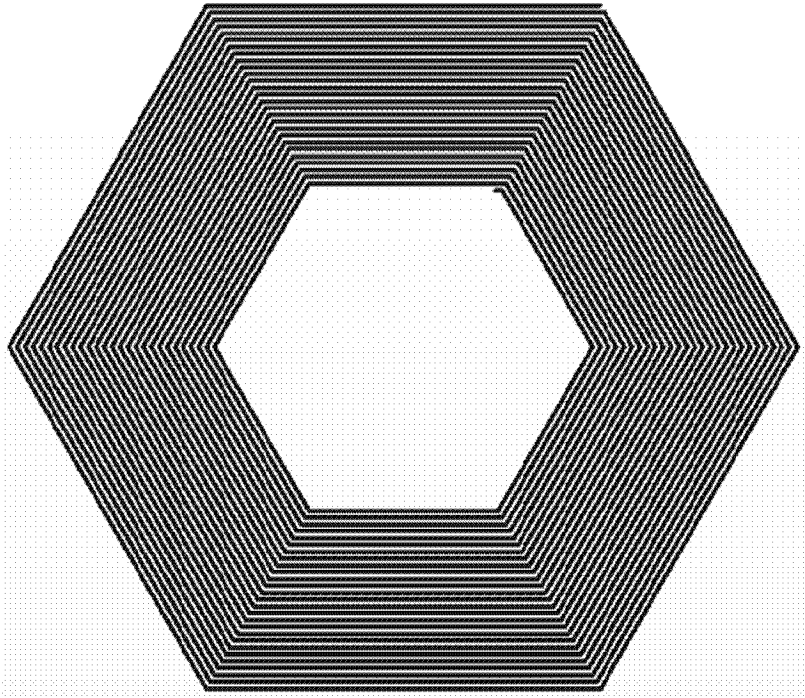


图 8