



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113224509 B

(45) 授权公告日 2022.06.14

(21) 申请号 202110387792.2

H01L 41/08 (2006.01)

(22) 申请日 2021.04.12

H01L 41/12 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H01L 41/257 (2013.01)

申请公布号 CN 113224509 A

H01L 41/29 (2013.01)

H01L 41/312 (2013.01)

(43) 申请公布日 2021.08.06

H01L 41/338 (2013.01)

(73) 专利权人 华南理工大学

H01L 41/47 (2013.01)

地址 510641 广东省广州市天河区五山路
381号

(56) 对比文件

JP 2020112411 A, 2020.07.27

(72) 发明人 廖绍伟 黄泽辉 刘仲武 车文荃
薛泉

JP 2007304087 A, 2007.11.22

CN 112582780 A, 2021.03.30

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

CN 106556803 A, 2017.04.05

CN 109103582 A, 2018.12.28

专利代理师 黎扬鹏

CN 101882919 A, 2010.11.10

CN 104321819 A, 2015.01.28

CN 101116223 A, 2008.01.30

(51) Int. Cl.

审查员 李娣

H01Q 1/36 (2006.01)

H01L 41/047 (2006.01)

H01L 41/06 (2006.01)

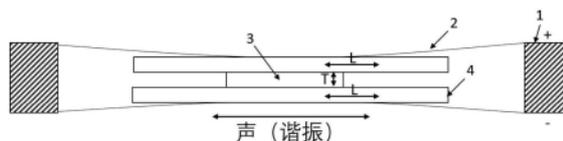
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种声波谐振电小天线及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种声波谐振电小天线及其制备方法,声波谐振电小天线包括磁电复合材料块和样品台,磁电复合材料块作为样品设置在样品台的中空部分,磁电复合材料块包括压电层和上下两侧的磁致伸缩层,压电层的上下两侧均设置有电极,两个磁致伸缩层分别连接在压电层的上下两侧且与电极接触,两个磁致伸缩层的外侧部分别构成磁电复合材料块的上端面和下端面,上端面和下端面分别通过引线搭接在样品台上,以实现电极的引入以及磁电复合材料块的固定。该声波谐振电小天线可等效为磁偶极子天线,可实现天线的小型化,能避免在高导电损耗媒质下的短路问题。



1. 一种声波谐振电小天线,其特征在于:包括磁电复合材料块和样品台,所述样品台的中部设置成中空,所述磁电复合材料块作为样品设置在样品台的中空部分,所述磁电复合材料块包括压电层和位于所述压电层上下两侧的磁致伸缩层,所述压电层为长条状且由压电材料制成,所述磁致伸缩层为长条状且由磁致伸缩材料制成,所述压电层的上下两侧均设置有电极,两个所述磁致伸缩层分别连接在所述压电层的上下两侧且与所述电极接触,两个所述磁致伸缩层的外侧部分别构成所述磁电复合材料块的上端面和下端面,所述磁电复合材料块的上端面和下端面分别通过引线搭接在所述样品台上,以实现电极的引入以及磁电复合材料块的固定;所述压电层沿着厚度方向极化,所述磁致伸缩层的偏置磁场和磁化振荡沿着长度方向,所述声波谐振电小天线产生长度方向的声波,声波谐振频率为:

$$f_r = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{E_{eq}}{\rho_{eq}}}$$

其中, f_r 为谐振频率,L为样品长度, E_{eq} 和 ρ_{eq} 分别是声波谐振电小天线的等效杨氏模量和等效密度。

2. 根据权利要求1所述的声波谐振电小天线,其特征在于:所述压电层为PMNT单晶、PIMNT单晶中的一种,所述磁致伸缩层为Fe-Si-B非晶带材、Fe-Ga-X系合金中的一种,其中X为掺杂组元元素。

3. 根据权利要求1所述的声波谐振电小天线,其特征在于:所述引线与磁电复合材料块的上端面或下端面通过银胶粘接;所述引线与样品台通过锡焊焊接。

4. 根据权利要求1所述的声波谐振电小天线,其特征在于:所述磁致伸缩层为由多层尺寸相同的磁致伸缩层单元粘接形成的多层结构。

5. 一种如权利要求1至4任一项所述的声波谐振电小天线的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 通过物理切割的方法,获得长条状压电材料和长条状的磁致伸缩材料;

2) 在长条状压电材料的上下表面施加电极并进行高压极化,得到压电层;

3) 使用环氧树脂结合热压工艺,将相同尺寸的磁致伸缩材料粘接成多层结构,得到磁致伸缩层;将粘接得到的磁致伸缩层和压电层粘接成磁致伸缩材料-压电材料-磁致伸缩材料的三层磁电复合材料块;

4) 将粘接得到的磁电复合材料块置于样品台的中空部分,实现电极的引入和样品的悬空。

6. 根据权利要求5所述的声波谐振电小天线的制备方法,其特征在于:步骤2)中,施加电极的方式为利用烧银工艺获得银电极或者利用溅射工艺获得铜、金、银、铂或铜合金。

7. 根据权利要求5所述的声波谐振电小天线的制备方法,其特征在于:步骤2)中,高压极化工艺为在电场500v/mm,120℃下极化5分钟,然后开始冷却,同时降低电场至300v/mm,保持电场至室温。

8. 根据权利要求5所述的声波谐振电小天线的制备方法,其特征在于:步骤3)中,所述热压工艺是提供压强为0.1-1MPa,提供温度为60-80℃压制工艺,热压时间为24h。

一种声波谐振电小天线及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉低频通信应用领域,特别涉及一种声波谐振电小天线及其制备方法。

背景技术

[0002] 无线技术的发展过程中,电小天线对低频无线设备的小型化有非常重要的意义。传统电小天线是电磁谐振天线,设计尺寸小于十分之一波长的传统电小天线十分困难,这是其基本原理决定的,且难以应用于高导电损耗媒质(如人体、海水等)。此外,随着尺寸减小,传统电小天线的辐射电阻下降,匹配困难,欧姆损耗增加,严重降低了其使用性能。传统电小天线难以满足目前低频无线设备发展的要求。

[0003] 基于磁电耦材料的声波谐振电小天线颠覆了传统电小天线以电磁波谐振作为理论基础的发射/接收模式,它借助声波谐振实现电磁信号的辐射或接收。因为声波波长远小于电磁波波长,声波谐振电小天线的理论尺寸是电磁波谐振电小天线的百万分之一,这对于天线小型化具有重大意义。

[0004] 在过去十几年中,对声波谐振电小天线的研究大多集中在理论层面,仅有极少数几篇文章工作报告了利用微纳加工工艺制备声波谐振电小天线(NAT COMMUN, 2017, 8(1):296.)和利用粘接工艺制备了带叉指电极的声波谐振电小天线(IEEE ANTENN WIREL PR, 2020, 19(3):398-402.)。这些论文设计的声波谐振电小天线的结构和制备工艺均比较复杂,且均只能初步实现天线的基本功能。因此,有必要设计一种结构简单的声波谐振电小天线,以便于实现小型化制备,且能有效实现天线的基本功能。

发明内容

[0005] 为解决背景技术中提及的问题,本发明提供一种声波谐振电小天线及其制备方法,制备获得的天线尺寸极小、近场为磁场,可突破传统天线小型化困难和难以使用于高导电损耗媒质中的问题。

[0006] 本发明所采用的技术方案是:一种声波谐振电小天线,包括磁电复合材料块和样品台,所述样品台的中部设置成中空,所述磁电复合材料块作为样品设置在样品台的中空部分,所述磁电复合材料块包括压电层和位于所述压电层上下两侧的磁致伸缩层,所述压电层为长条状且由压电材料制成,所述磁致伸缩层为长条状且由磁致伸缩材料制成,所述压电层的上下两侧均设置有电极,两个所述磁致伸缩层分别连接在所述压电层的上下两侧且与所述电极接触,两个所述磁致伸缩层的外侧部分别构成所述磁电复合材料块的上端面和下端面,所述磁电复合材料块的上端面和下端面分别通过引线搭接在所述样品台上,以实现电极的引入以及磁电复合材料块的固定。

[0007] 有益效果:该声波谐振电小天线的磁电复合材料块设置为分层结构,磁电复合材料块包括压电层和位于压电层上下两侧的磁致伸缩层,磁电复合材料块的上端面和下端面分别通过引线搭接在所述样品台上,以实现电极的引入以及磁电复合材料块的固定,该结构可以简单引出电极并进行天线性能测试。该声波谐振电小天线可等效为磁偶极子天线,

可实现天线的小型化,能避免在高导电损耗媒质下的短路问题。

[0008] 进一步地,所述压电层沿着厚度方向极化,所述磁致伸缩层的偏置磁场和磁化振荡沿着长度方向。

[0009] 进一步地,所述声波谐振电小天线产生长度方向的声波,声波谐振频率为:

$$[0010] \quad f_r = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{E_{eq}}{\rho_{eq}}}$$

[0011] 其中, f_r 为谐振频率, L 为样品长度, E_{eq} 和 ρ_{eq} 分别是声波谐振电小天线的等效杨氏模量和等效密度。

[0012] 进一步地,所述压电层为PMNT单晶、PIMNT单晶中的一种,所述磁致伸缩层为Fe-Si-B-X系非晶带材、Fe-Ga-X系合金中的一种,其中X为掺杂组元元素。

[0013] 进一步地,所述引线与磁电复合材料块的上端面或下端面通过银胶粘接;所述引线与样品台通过锡焊焊接。

[0014] 进一步地,所述磁致伸缩层为由多层尺寸相同的磁致伸缩层单元粘接形成的多层结构。

[0015] 一种声波谐振电小天线的制备方法,包括以下步骤:

[0016] 1) 通过物理切割的方法,获得长条状压电材料和长条状的磁致伸缩材料;

[0017] 2) 在长条状压电材料的上下表面施加电极并进行高压极化,得到压电层;

[0018] 3) 使用环氧树脂结合热压工艺,将相同尺寸的磁致伸缩材料粘接成多层结构,得到磁致伸缩层;将粘接得到的磁致伸缩层和压电层粘接成磁致伸缩材料-压电材料-磁致伸缩材料的三层磁电复合材料块;

[0019] 4) 将粘接得到的磁电复合材料块置于样品台的中空部分,实现电极的引入和样品的悬空。

[0020] 进一步地,步骤2)中,施加电极的方式为利用烧银工艺获得银电极或者利用溅射工艺获得铜、金、银、铂或铜合金。

[0021] 进一步地,步骤2)中,高压极化工艺为在电场500v/mm,120℃下极化5分钟,然后开始冷却,同时降低电场至300v/mm,保持电场至室温。

[0022] 进一步地,步骤3)中,所述热压工艺是提供压强为0.1-1MPa,提供温度为60-80℃压制工艺,热压时间为24h。

附图说明

[0023] 下面结合附图和实施例对本发明进一步地说明:

[0024] 图1是本发明的结构截面图;

[0025] 图2是本发明测试得到在一次(半波)声波处实现电磁波的接收(L 为Fe-Si-B非晶带材的长度)的比对图;

[0026] 图3是本发明测试得到的声波谐振电小天线的谐振频率和磁电复合材料长度的关系图(也即Fe-Si-B非晶带材的长度);

[0027] 图4是本发明所制备的声波谐振电小天线(Fe-Si-B非晶带材的长度为80mm)在500mm处近场方向图的接收测试和磁偶极子天线的理论接收方向图。

具体实施方式

[0028] 本部分将详细描述本发明的具体实施例,本发明之较佳实施例在附图中示出,附图的作用在于用图形补充说明书文字部分的描述,使人能够直观地、形象地理解本发明的每个技术特征和整体技术方案,但其不能理解为对本发明保护范围的限制。

[0029] 在本发明的描述中,需要理解的是,涉及到方位描述,例如上、下、前、后、左、右等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0030] 在本实用新以上型的描述中,若干的含义是一个或者多个,多个的含义是两个以上,大于、小于、超过等理解为不包括本数,以下、以内等理解为包括本数。如果有描述到第一、第二只是用于区分技术特征为目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量或者隐含指明所指示的技术特征的先后关系。

[0031] 本发明的描述中,除非另有明确的限定,设置、安装、连接等词语应做广义理解,所述技术领域技术人员可以结合技术方案的具体内容合理确定上述词语在本发明中的具体含义。

[0032] 参照图1至图4,本发明实施例提供一种声波谐振电小天线,包括磁电复合材料块和样品台1,所述样品台1的中部设置成中空,所述磁电复合材料块作为样品设置在样品台1的中空部分,所述磁电复合材料块包括压电层3和位于所述压电层3上下两侧的磁致伸缩层4,所述压电层3为长条状且由压电材料制成,所述磁致伸缩层4为长条状且由磁致伸缩材料制成,所述压电层3的上下两侧均设置有电极,两个所述磁致伸缩层4分别连接在所述压电层3的上下两侧且与所述电极接触,两个所述磁致伸缩层4的外侧部分别构成所述磁电复合材料块的上端面和下端面,所述磁电复合材料块的上端面和下端面分别通过引线2搭接在所述样品台1上,以实现电极的引入以及磁电复合材料块的固定。本实施例中,样品台1的上侧部连接有正极,样品台1的下侧部连接有负极。

[0033] 优选地,所述压电层3沿着厚度方向极化(如图1中压电层3内箭头所示),所述磁致伸缩层4的偏置磁场和磁化振荡沿着长度方向(如图1中磁致伸缩层4内箭头所示)。继续参照图1,本发明提供的声波谐振电小天线将L-T型(L是长度方向,为磁极化方向;T是厚度方向,为电极化方向)磁电复合材料块搭载在样品台1中完成电极引入和样品悬空。该声波谐振电小天线是具有磁致伸缩层-压电层-磁致伸缩层的多层结构。L-T型的磁电复合材料块由压电材料和磁致伸缩材料构成。

[0034] 继续参照图1,所述声波谐振电小天线产生长度方向的声波(如图1中外部箭头所示),声波谐振频率为:

$$[0035] \quad f_r = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{E_{eq}}{\rho_{eq}}}$$

[0036] 其中, f_r 为谐振频率,L为样品长度, E_{eq} 和 ρ_{eq} 分别是声波谐振电小天线的等效杨氏模量和等效密度。

[0037] 优选地,所述压电层3为PMNT单晶、PIMNT单晶中的一种,所述磁致伸缩层4为Fe-Si-B非晶带材、Fe-Ga合金中的一种。具体地,磁致伸缩层4为Fe-Si-B-X系非晶带材、Fe-Ga-X系合金中的一种,其中X为掺杂组元元素。

[0038] 优选地,所述引线2与磁电复合材料块的上端面或下端面通过银胶粘接;所述引线2与样品台1通过锡焊焊接。

[0039] 进一步优选,所述磁致伸缩层4为由多层尺寸相同的磁致伸缩层4单元粘接形成的多层结构。

[0040] 一种声波谐振电小天线的制备方法,包括以下步骤:

[0041] 1) 通过物理切割的方法,获得长条状压电材料和长条状的磁致伸缩材料;

[0042] 2) 在长条状压电材料的上下表面施加电极并进行高压极化,得到压电层3;

[0043] 3) 使用环氧树脂结合热压工艺,将相同尺寸的磁致伸缩材料粘接成多层结构,得到磁致伸缩层4;将粘接得到的磁致伸缩层4和压电层3粘接成磁致伸缩材料-压电材料-磁致伸缩材料的三层磁电复合材料块;

[0044] 4) 将粘接得到的磁电复合材料块置于样品台1的中空部分,实现电极的引入和样品的悬空(获得力学近自由边界条件)。

[0045] 优选地,步骤1)中所述的切割方式可以使用金刚石切割机,内圆切割机,多线切割机进行切割;

[0046] 优选地,步骤1)中所述的压电材料为坩埚下降法生产的PIMNT压电单晶、PMNT单晶;

[0047] 优选地,步骤1)中所述的长条状压电材料的切型是(110)切型,且主要使用其为沿 $\langle 001 \rangle$ 的长度振动;

[0048] 优选地,步骤1)中所述的长条状压电材料的尺寸为 $37*1*0.28\text{mm}$;

[0049] 优选地,步骤1)中所述的磁致伸缩材料为Fe-Si-B系非晶带材,Fe-Ga合金;

[0050] 优选地,步骤1)中所述的长条状磁致伸缩材料的尺寸为 $200*6*0.024\text{mm}$ 或 $150*6*0.024\text{mm}$ 或 $100*6*0.024\text{mm}$ 或 $80*6*0.024\text{mm}$ 或 $50*6*0.024\text{mm}$;

[0051] 优选地,步骤2)中所述的施加电极的方式是利用烧银工艺获得银电极或者利用溅射工艺获得铜、金、银、铂或铜合金;

[0052] 优选地,步骤2)中所述的高压极化工艺为:在电场 500v/mm , 120°C 下极化5分钟,然后开始冷却,同时降低电场至 300v/mm ,保持电场至室温;

[0053] 优选地,步骤3)中所述的环氧树脂为WEST SYSTEM 105/206型环氧树脂;

[0054] 优选地,步骤3)中所述的热压工艺为 $0.1\text{-}1\text{MPa}$,提供温度为 $60\text{-}80^\circ\text{C}$ 压制装置,粘接时间为 24h ;

[0055] 优选地,步骤3)中所述的磁致伸缩材料粘接的多层结构的层数为3层。

[0056] 本发明具有以下优点及突出性的技术效果:①本发明旨在提出一种基于磁电复合材料的声波谐振电小天线结构,该结构可以简单引出电极并进行天线性能测试。②通过本发明可简单制备声波谐振电小天线,可以实现天线小型化的应用,同时避免在高导电损耗媒质下的短路问题。③通过本发明制备的声波谐振电小天线在该尺寸($0.05\text{m}\sim 0.2\text{m}$)下可实现 $10\text{kHz}\sim 45\text{kHz}$ 下的谐振,并实现电磁波信号的传输。相比与传统电小天线若要在该频率范围内谐振,至少需要大约 1000m 的天线尺寸,声波谐振电小天线的小型化是十分明显的。通过本发明所制备的声波谐振电小天线有望相比于传统的电小天线有望实现极大程度天线小型化,同时能实现基本的收发性能,且等效为磁偶极子天线。

[0057] 以下为制备声波谐振电小天线的具体步骤:

[0058] 1) 使用内圆切割机从使用坩埚下降法生产的大尺寸PIMNT单晶上切割得到(110)切型,且主要使用其为沿<001>的长度振动的长条状压电单晶。切割得到的长条状的PIMNT单晶尺寸为:长*宽*高=37*1*0.28mm。使用金刚石切割机从国产牌号为1k101的Fe-Si-B非晶带材上切割得到长条状磁致伸缩材料。切割得到的长条状的Fe-Si-B非晶的尺寸为:长*宽*高=200*6*0.024mm或150*6*0.024mm或100*6*0.024mm或80*6*0.024mm或50*6*0.024mm;

[0059] 2) 在切割得到的长条状压电材料上下表面通过烧银工艺施加银电极,对压电材料进行极化:在银电极两端施加电场500v/mm,在120℃下极化5分钟,然后开始冷却,同时降低电场至300v/mm,保持电场至室温;

[0060] 3) 将相同尺寸的3片Fe-Si-B非晶(eg.80*6*0.024mm)通过WEST SYSTEM 105/206型环氧树脂粘接成多层的结构,粘结时对样品施加0.1-1MPa的压强,并提供温度为60-80℃,粘接时间为24h。重复以上步骤,获得两个3层Fe-Si-B非晶粘接结构。将得到的两个3层Fe-Si-B非晶和PIMNT单晶粘接成(Fe-Si-B)*3-(PIMNT)-(Fe-Si-B)*3三层磁电复合材料结构。

[0061] 4) 将粘接得到的磁电复合材料置于样品台1中,样品台1上下两面分别引出电极,对长条型磁电复合材料的上下两个端面引入电极,并将样品悬空(获得两端近自由的力学边界条件)。

[0062] 上面结合附图对本发明的实施方式作了详细说明,但是本发明不限于上述实施方式,在所述技术领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

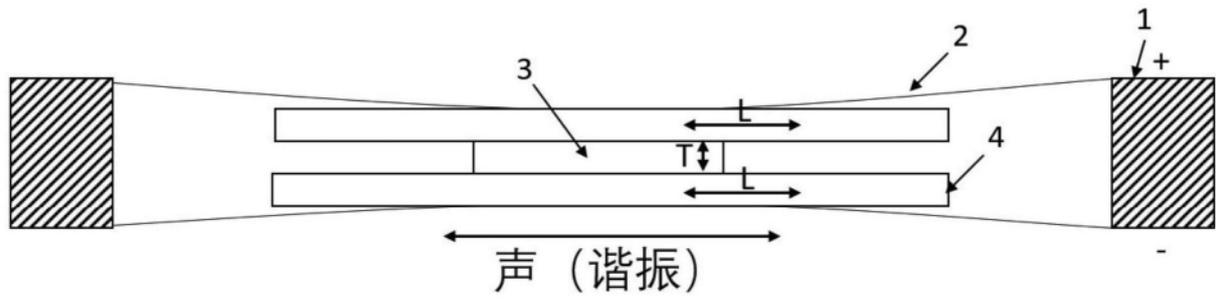


图1

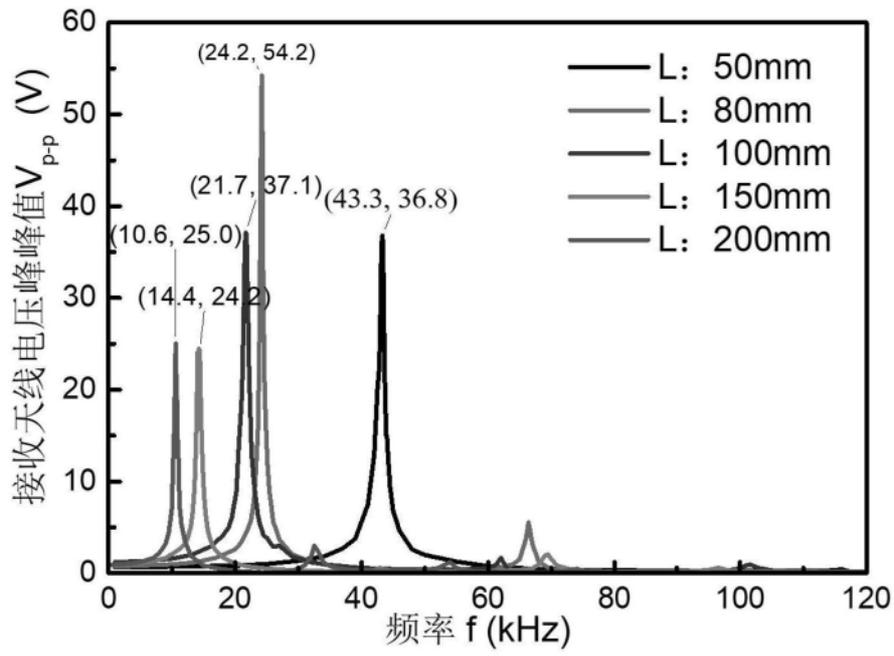


图2

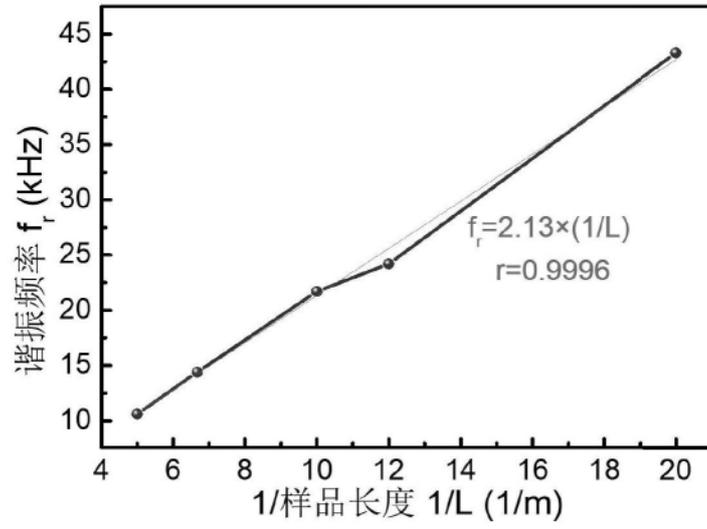


图3

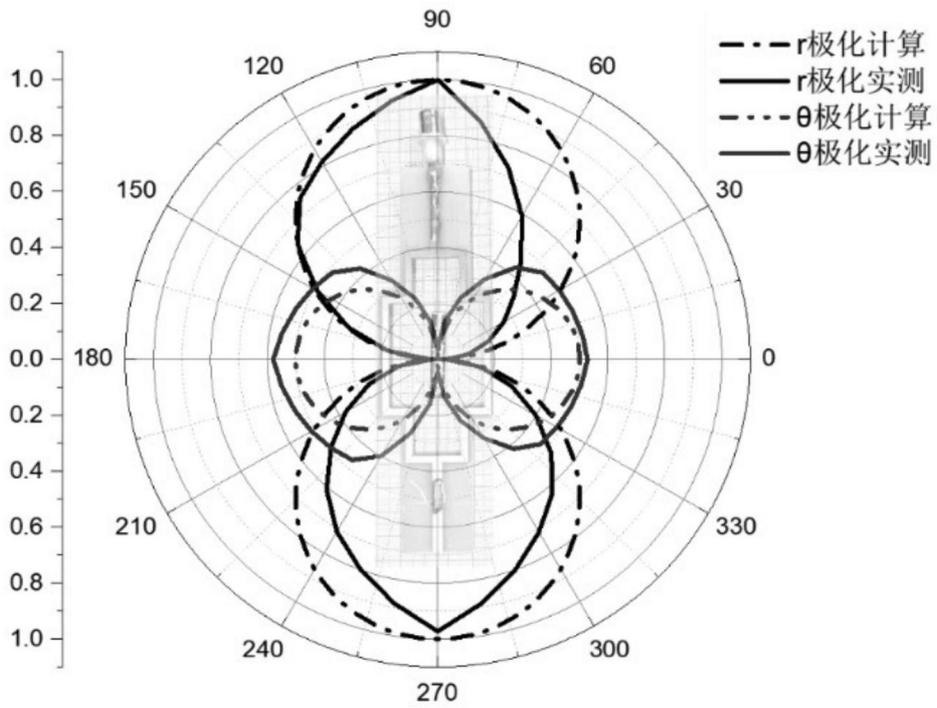


图4