



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103367918 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201310290982. 8

H01Q 21/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2013. 07. 11

(71) 申请人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区西源大道 2006 号

(72) 发明人 屈世伟 白雪 易欢 夏明耀  
杨仕文 聂在平

(74) 专利代理机构 四川省成都市天策商标专利  
事务所 51213

代理人 刘兴亮

(51) Int. Cl.

H01Q 3/26 (2006. 01)

H01Q 3/34 (2006. 01)

H01Q 3/22 (2006. 01)

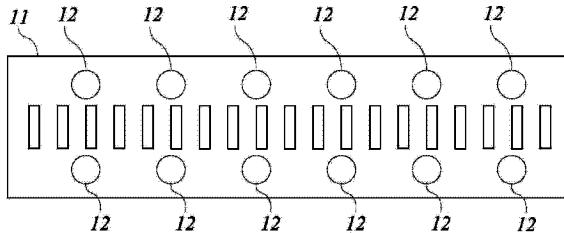
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于准表面等离子体波导的频率扫描阵列天线

(57) 摘要

本发明公开一种基于准表面等离子体波导阵列天线方案。本发明最大的创新点在于利用准表面等离子体波导对阵列单元耦合激励，可以通过调整阵列单元的位置而获得阵列单元所需激励的幅度和相位，实现所需要的辐射特性。本发明构建的以准表面离子体波导为馈电网络的阵列天线集中了众多优点，馈电网络效率高，并且天线结构简单，同时可以实现频率扫描，可通过改变阵列单元形式实现多种极化特性。本发给出了多个具体的实施形式，并在最后给出了一个示例的具体仿真结果。基于相同的思想，合理改变本发明中准表面等离子波导的结构和采用不同的阵元形式，即可构成其它具体实施方案。本发明可用于无线通信和雷达系统中。



1. 一种基于准表面等离子体波导阵列天线,包括准表面等离子波导、微带贴片阵列单元;其特征在于:所述阵列天线由多个单元组成,微带贴片单元由准表面等离子体波导通过耦合馈电激励,形成由准表面等离子体波导馈电的新型阵列。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于准表面等离子体波导阵列天线,其特征在于:所述准表面等离子体波导由周期性结构组成,可以传输准表面等离子表面波。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种基于准表面等离子体波导阵列天线,其特征在于:所述微带贴片阵列单元的位置控制阵列单元的位置,激励所需的幅度和相位,实现所需辐射特性。

4. 根据权利要求 3 所述的一种基于准表面等离子体波导阵列天线,其特征在于:通过准表面等离子体波导耦合激励微带贴片阵列单元构建的阵列天线不受准表面等离子体波导和阵元形式的限制,同时适用于各个频段、各种极化形式。

## 一种基于准表面等离子体波导的频率扫描阵列天线

### 技术领域

[0001] 本发明属于无线通信技术、雷达技术领域，具体涉及一种基于准表面等离子体波导的频率扫描阵列天线，可以用于微波、毫米波、太赫兹等通信系统中。

### 背景技术

[0002] 天线阵列作为通信和雷达系统的关键部件，为电磁波的高效率辐射和接收提供了可能，即将电磁信号从导波模式转换为自由空间中的辐射模式，或相反的过程。出于波束扫描的需要，早期的天线阵采用机械扫描方式进行，但是波束扫描的速度很慢，同时一旦天线阵列设计完成之后，阵列波束就固定下来，不能进行灵活的控制。相控阵天线则利用对各个阵元激励相位和幅度的独立控制，通过电调的方式，可以快速进行波束扫描，同时也可实现天线波束形状的快速变换。此外，相控阵天线还具有很多其他方面的独特优势，例如多目标搜索与跟踪、高搜索数据率和跟踪数据率、自适应空间滤波能力与自适应空时处理能力等等。相控阵天线是目前研究最广泛的电扫描天线阵之一，其他还有频率扫描天线阵、开关波束天线阵等等。虽然相控阵天线具有很多方面优势，但是它的造价非常高昂，使得对成本尤其看重的民用领域望而却步，一般在对性能要求很高的军用领域才会使用相控阵天线。频率扫描通过改变信号频率的方式来改变天线单元之间的“阵内相位差”，从而实现波速的扫描。频率扫描天线由于其结构相对简单、可靠性高、实现成本相对低而受到关注。

[0003] 现有的频率扫描天线大致分为漏波天线和串联馈电阵列天线两种形式，漏波天线结构简单、效率高，但是扫描角度受到限制，通常无法实现大角度扫描；串联馈电阵列天线的馈电网络主要形式有同轴型、矩形波导型、微带线型和左右手传输线型等。对馈电网络的主要要求是频带宽、损耗小、阻抗匹配和结构简单。在毫米波以及更高频段，微带线型的馈电网络自身辐射和损耗都很大，左右手传输线的馈电网络由于其结构复杂不易实现而应用较少。

[0004] 由于可以有效传输光波，表面等离子体波导近年来备受关注。表面等离子体波(Surface plasmon polariton, SPP)实质上是一种在具有正负两种介电常数的介质界面上传播的电磁波。在光波段，SPP 可有效束缚在金属与介质界面上。然而在更低的频带，例如在太赫兹和微波频段，SPP 表现出很微弱的束缚力，由于此时金属可以看做理想导电体，电磁波不能进入金属中，电磁波能量大部分都在介质中。近年来，已有很多研究表明，在理想导电体表面周期性地开槽或者开孔，可以有效地支持一种色散特性与 SPP 色散特性相像的电磁波，这种结构也因此被称为准表面等离子体波导，可广泛应用于太赫兹和毫米波频段。2008 年，W. Zhu 等人提出一种具有一维周期性的矩形盲孔的金属平面等离子体波导，并且实验验证了该等离子体波导可以很好地束缚电磁波，具有良好的传输特性。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了提供一种基于准表面等离子体波导的天线阵耦合馈电机制，具有结构简单、馈电高效率等特点。利用准表面等离子体波导的良好传输特性及电场分布

可以灵活控制的特点,可对多种天线单元耦合馈电,实现频率扫描特性。该发明可以用作构建应用于军事及民用领域的相控阵天线。

[0006] 本发明所述的一种基于准表面等离子体波导的天线阵,基本结构包括准表面等离子体波导,以及通过耦合馈电的天线单元。本发明的特点在于,由于准表面等离子体波导的模式为横磁模,在其场分布中存在与波导表面相垂直及平行的两种电场分布以及垂直于波导轴线方向的磁场分量,针对不同的单元天线形式,这些电场或磁场分量可以通过空间耦合的形式,有效地激励起辐射模式,从而构建出高效的、结构简单的天线阵列。

[0007] 本发明所用的耦合馈电形式是利用阵列单元与准表面等离子体波导的相对位置来控制阵列单元的耦合馈电的幅度,利用贴片单元之间的相对距离来控制阵列单元的相对相位,实现每个阵列单元所需要的馈电的幅度和相位,进而实现所需要的辐射特性。同时,当信号频率改变时阵列单元之间的“阵内相位差”随之改变,从而实现波束的扫描。当信号频率在一定范围内改变时,可实现的波束扫描范围由在该频段内“阵内相位差”的变化量决定,由于“阵内相位差”的变化量由馈电结构也就是准表面等离子体波导的色散特性决定,因此准表面等离子体波导的结构决定了波束随频率扫描范围。

[0008] 本发明所述的阵列单元形状决定阵列的极化特性,可利用不同形状的阵列单元实现线性极化、椭圆极化、或圆极化。

[0009] 本发明中构建的基于准表面等离子体波导阵列天线不受单元形式的限制,可以是矩形贴片、圆形贴片、印刷偶极子、由环天线等效的磁偶极子等任意形式的天线。同时准表面等离子体波导也可以有各种不同形式,如在金属导体上开周期性矩形孔、椭圆形孔、多列圆形孔、V形槽等,也可以是在金属上周期排列矩形栅格等。同时可以用于各种工作频率和各种极化形式的阵列天线中。

[0010] 微带线串馈的微带天线阵列,其中一种是利用微带线直接连接阵列单元进行馈电,其不连续的结构和弯曲结构会带来很大损耗。另一种是利用微带线耦合激励阵列单元,可以减小馈电结构的插损,同时可以通过放置阵列单元与微带线的相对位置,更容易地控制馈电幅度,但是在毫米波频段,微带线的辐射比较明显,因此以上两种天线阵不宜用在毫米波以及更高频段。

[0011] 本发明中构建的基于准表面等离子体波导阵列天线,是通过利用准表面等离子体波导作为阵列天线的串联馈电网络,对阵列单元耦合激励,实现所需要的阵列性能。准表面等离子体波导耦合馈电,不仅结构简单、而且损耗小、效率高。作为串联馈电的阵列天线,当频率变化,天线单元之间的“阵内相位差”发生变化,可以实现频率扫描。在毫米波频段、太赫兹频段,相移器不仅损耗大而且价格昂贵,此时频率扫描有绝对优势。

## 附图说明

- [0012] 图 1(a) 是本发明的顶视图;
- [0013] 图 1(b) 是本发明的侧视图;
- [0014] 图 2(a) 是本发明中的准表面等离子体波导结构示例之一。
- [0015] 图 2(b) 是本发明中的准表面等离子体波导结构示例之一的截面图。
- [0016] 图 2(c) 是本发明中的准表面等离子体波导结构示例之二。
- [0017] 图 2(d) 是本发明中的准表面等离子体波导结构示例之三。

- [0018] 图 2(e) 是本发明中的准表面等离子体波导结构示例之四。
- [0019] 图 3(a) 是本发明中的阵列单元结构示例之一。
- [0020] 图 3(b) 是本发明中的阵列单元结构示例之二。
- [0021] 图 3(c) 是本发明中的阵列单元结构示例之三。
- [0022] 图 3(d) 是本发明中的阵列单元结构示例之四。
- [0023] 图 3(e) 是本发明中的阵列单元结构示例之五。
- [0024] 图 3(f) 是本发明中的阵列单元结构示例之六。
- [0025] 图 3(g) 是本发明中的阵列单元结构示例之七。
- [0026] 图 3(h) 是本发明中的阵列单元结构示例之八。
- [0027] 图 3(i) 是本发明中的阵列单元结构示例之九。
- [0028] 图 3(j) 是本发明中的阵列单元结构示例之十。
- [0029] 图 3(k) 是本发明中的阵列单元结构示例之十一。
- [0030] 图 3(l) 是本发明中的阵列单元结构示例之十二。
- [0031] 图 4 是矩形波导馈电的基于周期性矩形孔的准表面等离子体波导、以 L 型贴片为单元的阵列天线(在此做为本发明的具体实施方案示例之用)。
- [0032] 图 5 是本发明的具体实施方案示例的扫描角度、增益、轴比仿真曲线。
- [0033] 图 6 是本发明的具体实施方案示例的方向图仿真曲线。
- [0034] 图 7 是本发明的具体实施方案示例的反射系数仿真曲线。

## 具体实施方式

[0035] 下面结合附图,对本发明所述的一种基于准表面等离子体波导阵列天线技术方案进行详细说明,但是本发明的保护范围不局限于所述实施示例。

[0036] 图 1 显示了该阵列天线的基本结构,包括带有周期性结构的准表面等离子体波导 11 和阵列单元 12。图 1(a) 为该天线阵的顶视图,图 1(b) 为该天线阵的侧视图。准表面等离子体波导 11 作为阵列的串联耦合馈电网络,在覆盖于准表面等离子体波导 11 的介质内及上表面存在垂直于介质表面的电场分量,沿着传播方向周期性分布,这种场分布可以激励起微带贴片阵列单元 12,并且可以通过调节微带贴片阵列单元 12 与相邻单元的距离及阵列单元 12 到波导中心线的距离,使得每个阵列单元 12 获得一定的馈电幅度和相位,据此可以设计所需要的阵列辐射性能。

[0037] 图 2 列举了可用作本发明的多种准表面等离子波导结构。图 2(a) 为带有周期性单排矩形孔的等离子波导结构 21 ;图 2(b) 为带有周期性单排矩形孔的准表面等离子波 AA' 面视图 ;图 2(c) 为带有周期性圆角矩形孔的准表面等离子波导结构 22 ;图 2(d) 为带有周期性单排椭圆柱形孔的准表面等离子波导结构 23 ;图 2(e) 为带有周期性三排圆柱形孔的准表面等离子波导结构 24。在以上各结构中,通过调节各孔的截面尺寸、深度及孔距,可以灵活调节各准表面等离子波导的传播特性,从而达到根据实际需要进行灵活设计的目的。

[0038] 图 3 列举了可用作本发明的多种阵列单元结构。图 3(a) 为方形微带贴片结构 301 ;图 3(b) 为圆形微带贴片结构 302 ;图 3(c) 为椭圆形微带贴片结构 303 ;图 3(d) 为三角形微带贴片结构 304 ;图 3(e) 为圆环形微带贴片结构 305 ;图 3(g) 为实现圆极化方形切角的微带贴片结构 307 ;图 3(h) 为实现圆极化带矩形槽的方形微带贴片结构 308 ;图 3(i) 为实现

圆极化的 L 型微带贴片结构 309 ;图 3(j) 为实现圆极化的带矩形微带的圆形微带贴片结构 310 ;图 3(k) 为实现圆极化带矩形槽的圆形微带贴片结构 311 ;图 3(l) 为偶极子微带贴片结构 312 。以上各单元形式主要通过电耦合的形式进行激励,其他如环天线等效的磁偶极子等利用磁耦合进行激励的单元形式也可以用于本发明中。

[0039] 图 4 给出了本发明的一种具体实施方式,包括带有周期性矩形孔的准表面等离子体波导 41 、 L 型微带贴片阵列单元 42 (以便实现圆极化特性) 和放置在等离子波导一端的馈电矩形波导结构 43 。图 4(a) 为本具体实施的顶视图,图 4(b) 为本具体实施的侧视图,本具体实施方式是为了使得该基于等离子体波导微带贴片阵列天线在中心频率 220GHz 时候实现侧射方向图,因此,在 220GHz 时,调节每个 L 型微带贴片阵列单元 42 的位置,使得每个单元馈电的幅度相同、相位相同,达到侧射目的。当频率改变时,阵列单元的馈电相位发生变化,辐射方向图实现扫描特性。

[0040] 图 5 给出了本发明具体实施方式随频率变化扫描的角度、在不同扫描角度上阵列天线的增益和轴比仿真特性,该阵列工作频带为 190 ~ 235GHz ,随着频率变化扫描角度可以从 -31 ° 扫描到 +26 ° ,同时增益变化范围是 12.1 ~ 15.5dBi 。图 6 给出了该阵列中心频率以及工作范围最高和最低频率对应的仿真辐射方向图。图 7 给出了该阵列天线的反射系数仿真结果。

[0041] 以上是向熟悉本发明领域的工程技术人员提供的对本发明及其实施方案的描述,这些描述应被视为是说明性的,而非限定性的。工程技术人员可据此发明权利要求书中的思想做具体的操作实施,在不脱离所附权利要求定义的本发明的精神和范围前提下,可对其在形式上和细节上做出各种变化。上述这些都应被视为本发明的涉及范围。

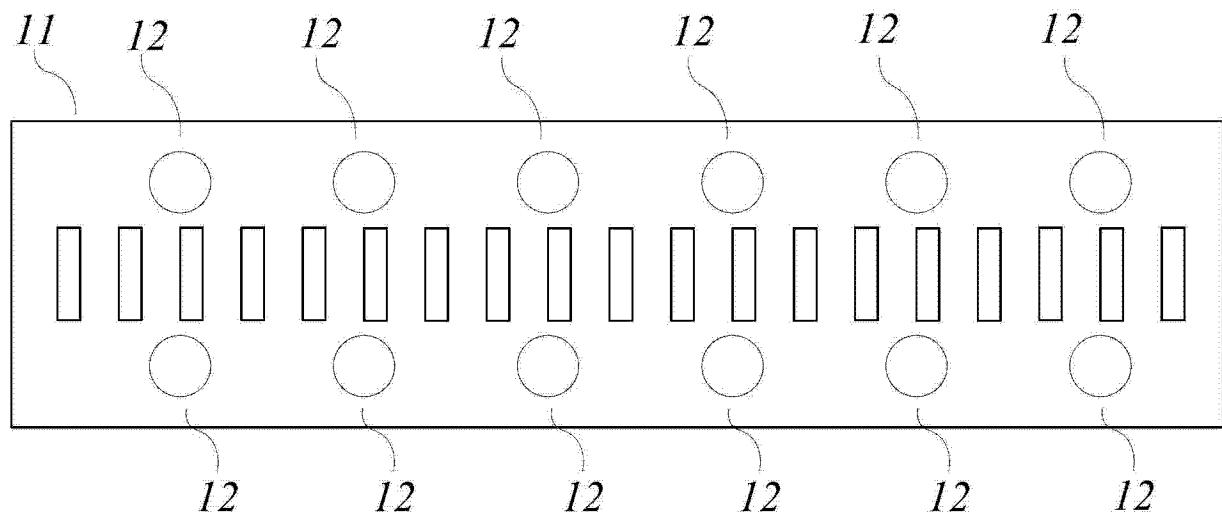


图 1(a)

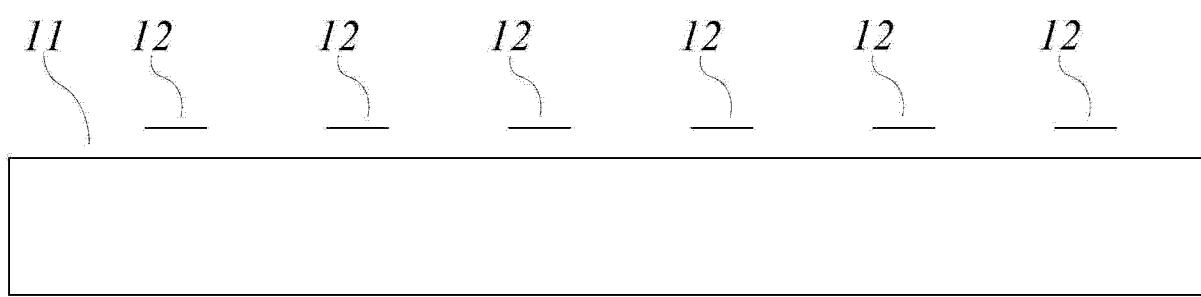


图 1(b)

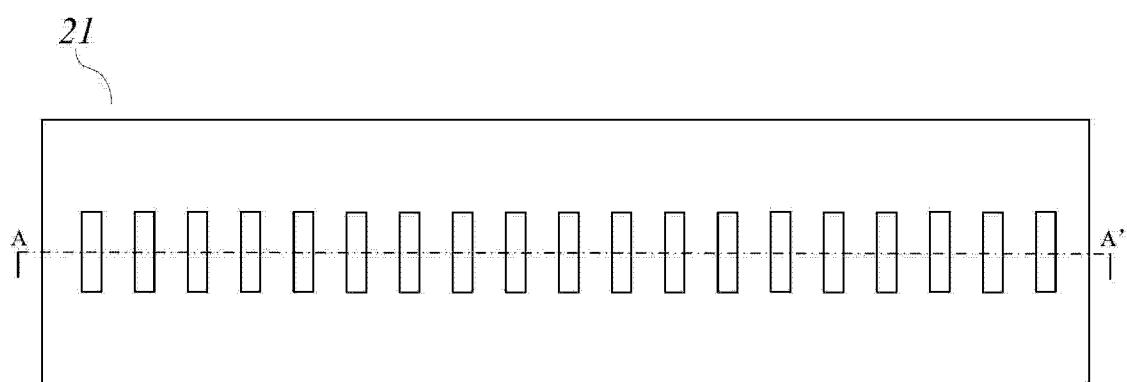


图 2(a)

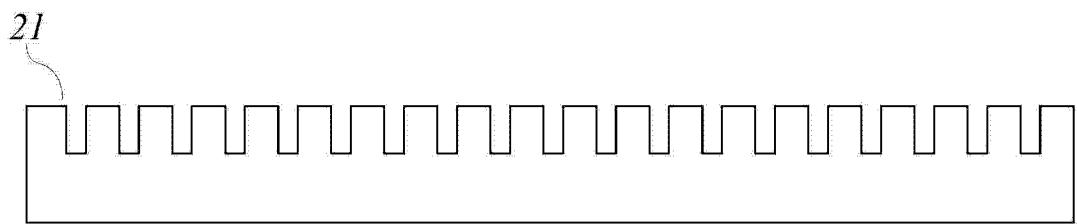


图 2(b)

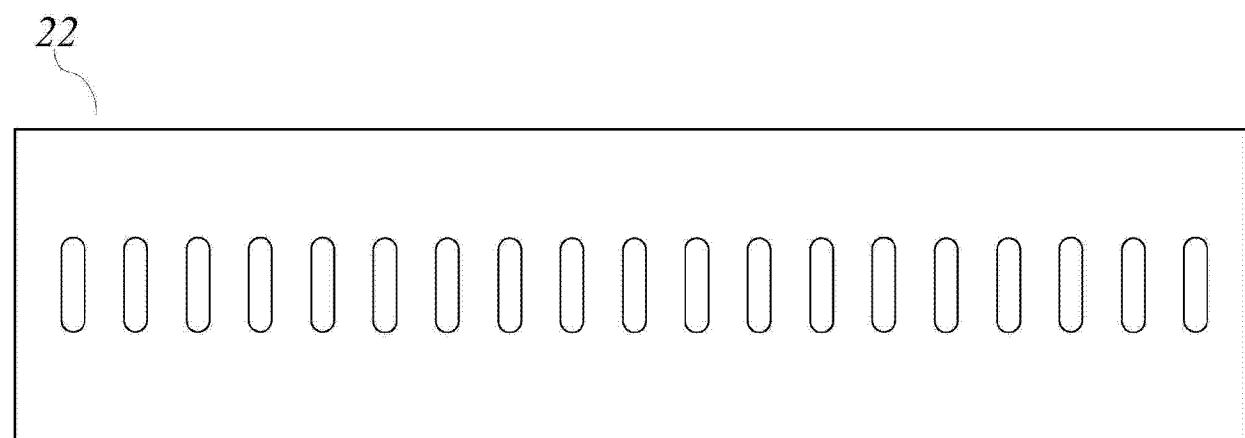


图 2(c)

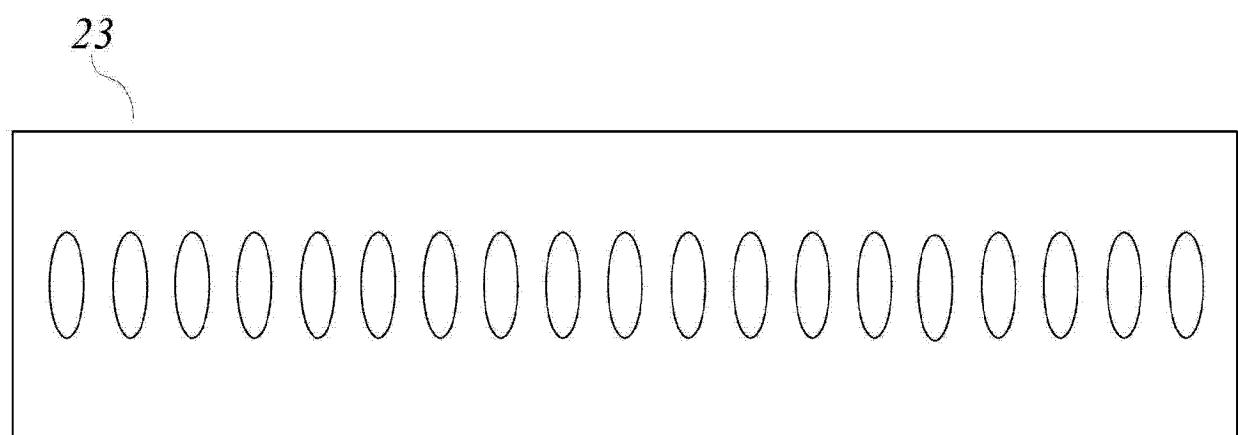


图 2(d)

24

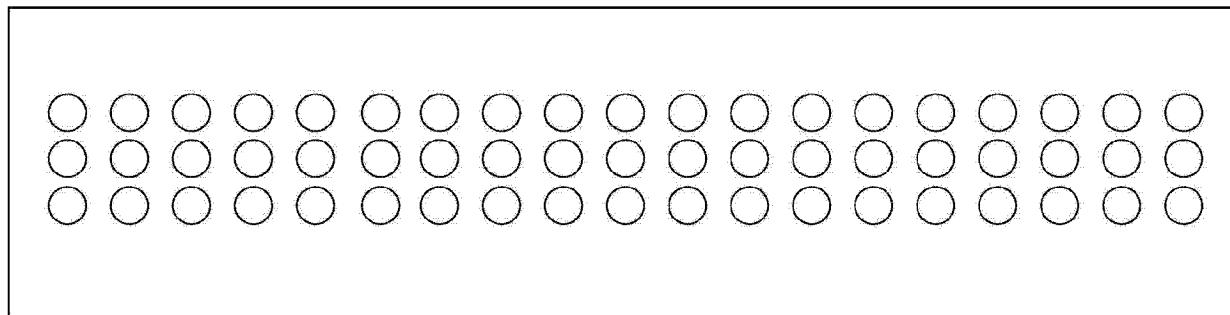


图 2(e)

301

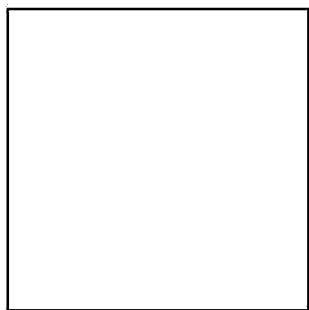


图 3(a)

302

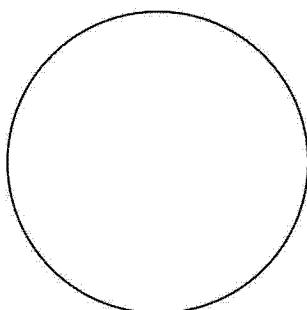


图 3(b)

303

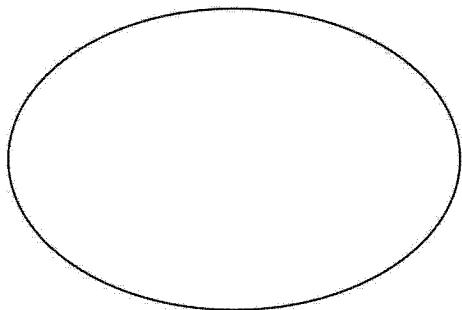


图 3(c)

304

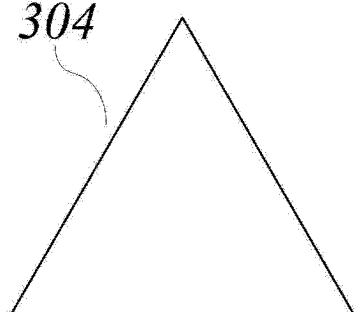


图 3(d)

305

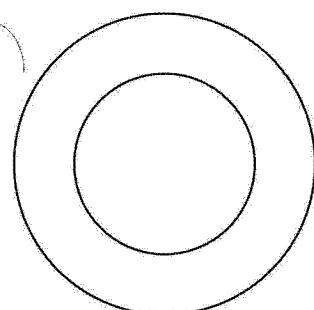


图 3(e)

306

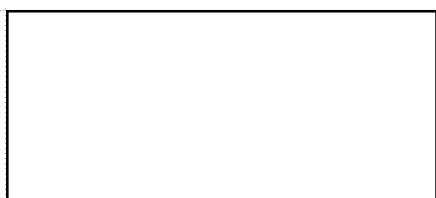


图 3(f)

307

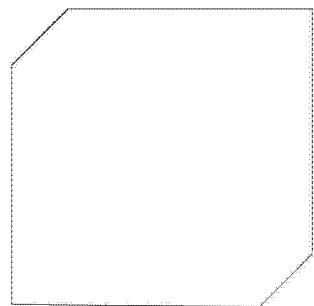


图 3(g)

308

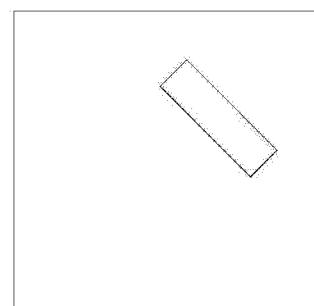


图 3(h)

309

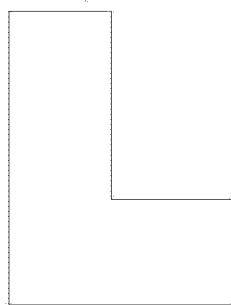


图 3(i)

310

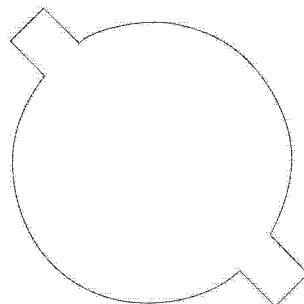


图 3(j)

311

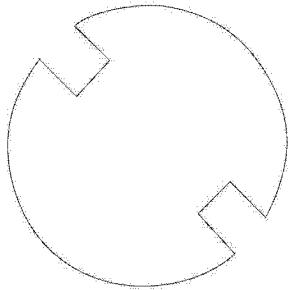


图 3(k)

312



图 3(l)

43

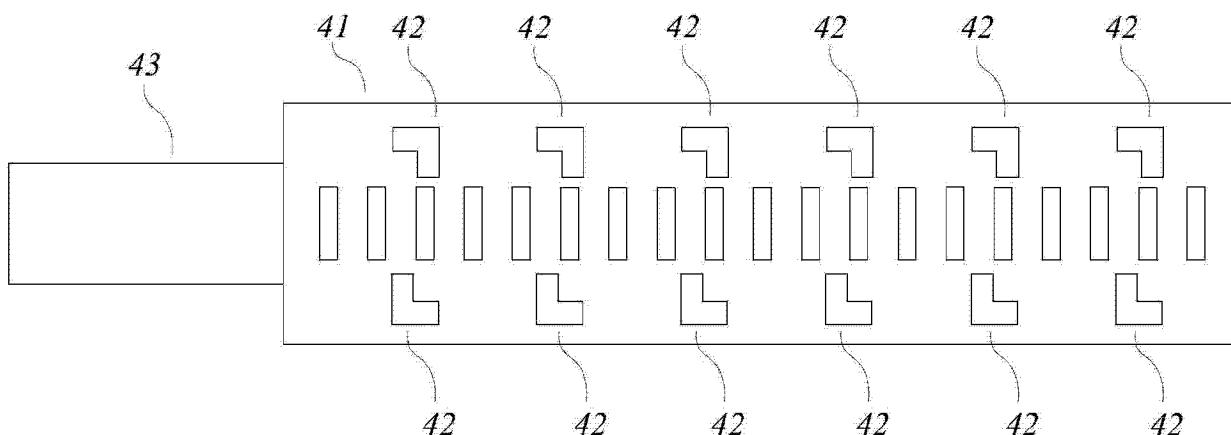


图 4(a)

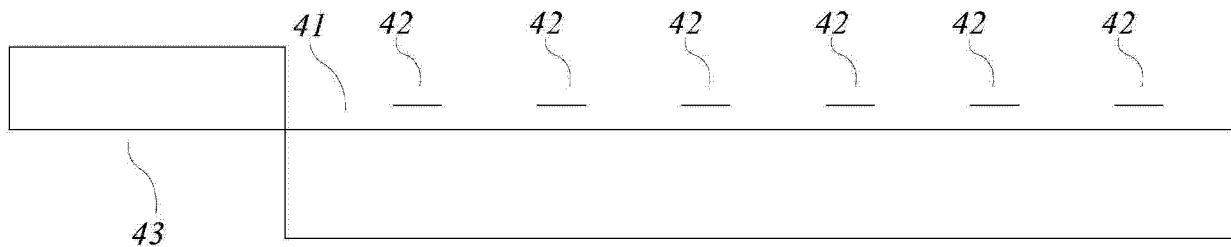


图 4(b)

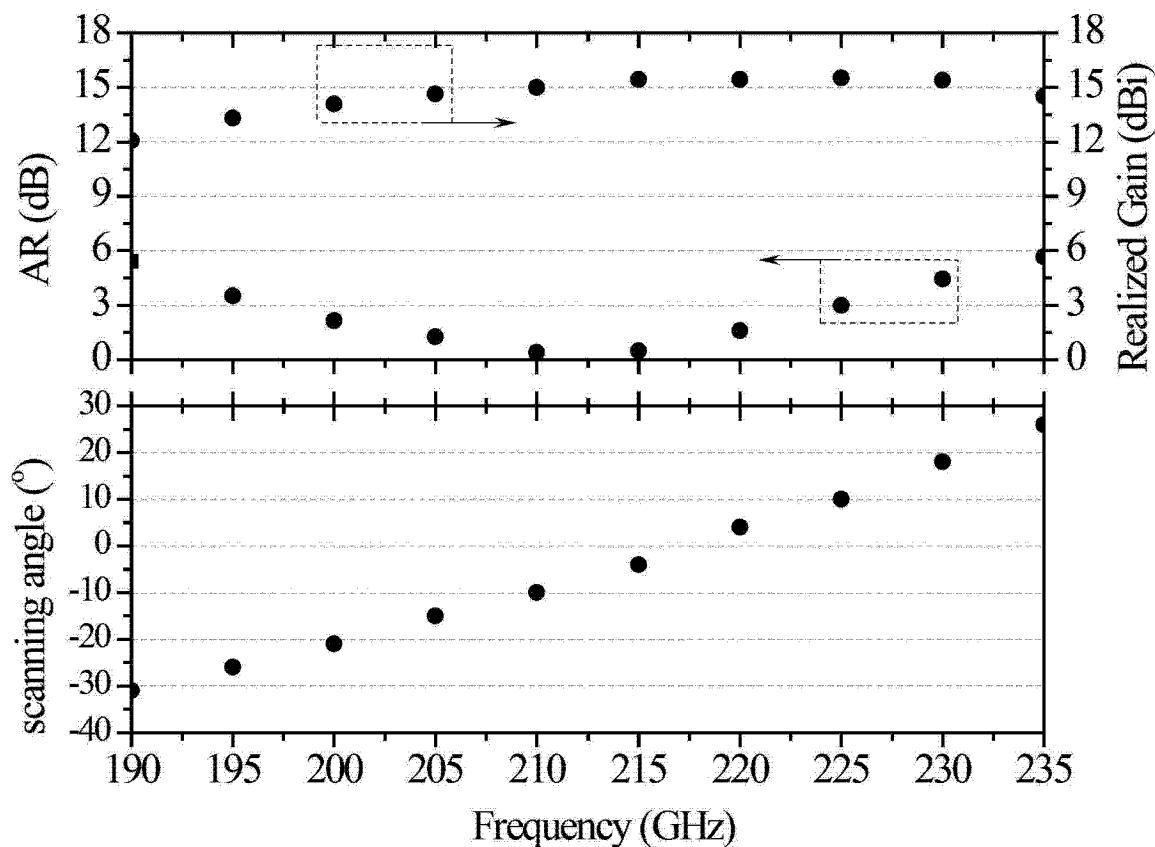


图 5

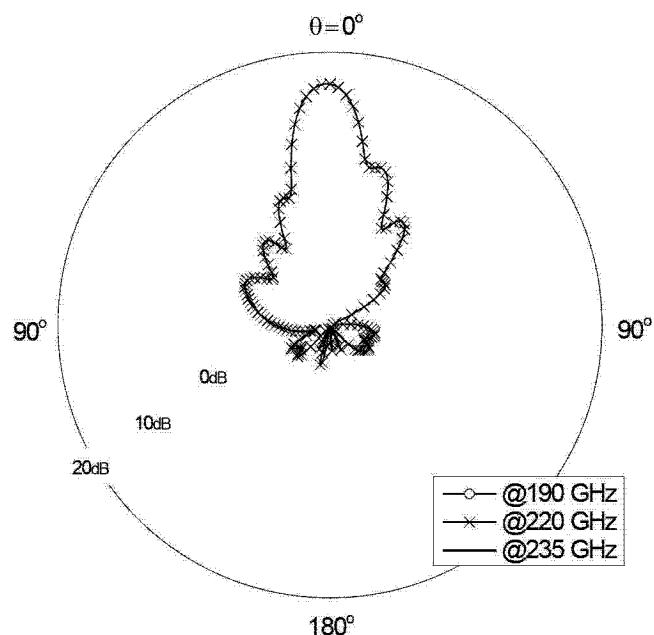


图 6

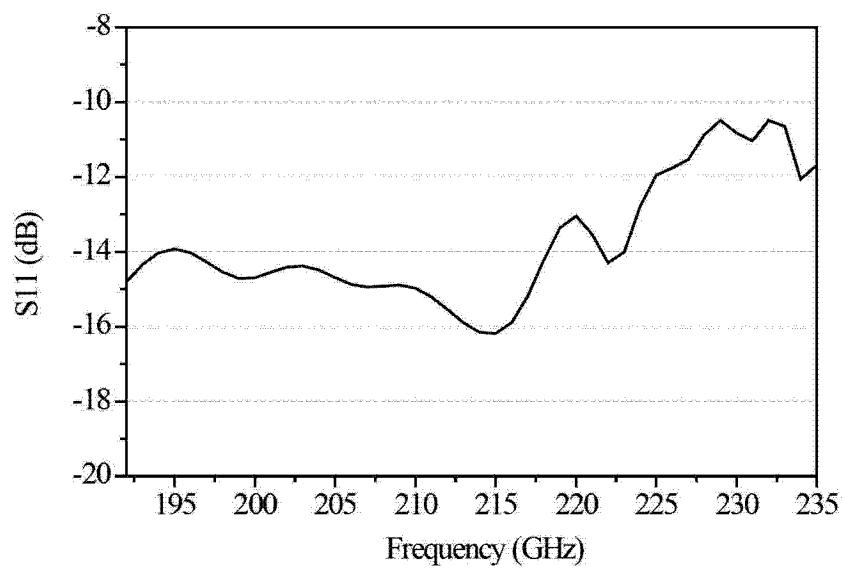


图 7