



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104282995 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 14

(21) 申请号 201410230978. 7

(22) 申请日 2014. 05. 29

(71) 申请人 云南大学

地址 650091 云南省昆明市五华区翠湖北路
2 号云南大学

(72) 发明人 毛福春 黄铭 李廷华

(51) Int. Cl.

H01Q 7/00(2006. 01)

H01Q 19/12(2006. 01)

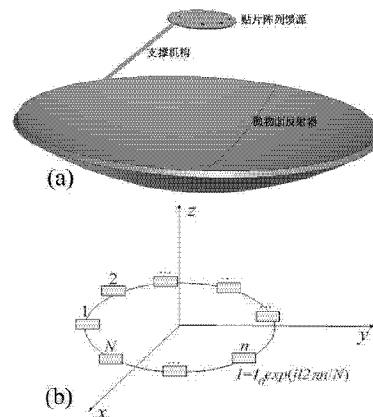
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器

(57) 摘要

本发明涉及一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器,如图 (a) 所示,由圆环形阵列馈源、旋转抛物面反射器和支撑机构组成。图 (b) 所示是圆形阵列馈源的结构,用于产生原始的 OAM 射频波束,它使用沿圆周等距分布的 N 个阵元,各个阵元的激励幅度相等,相位按 $j/2\pi n/N$ 方式设置,此处 n 和 l 分别表示阵元的序号和 OAM 模式,这样可在馈源的阵因子中构成形如 $\exp(jl\varphi)$ 的螺旋相位项,能够生成模式数为 l 的 OAM 射频波束。需要调整该发生器所工作的 OAM 模式时,只需要重设各个阵元电流的相位关系即可。旋转抛物面反射器用以提高 OAM 射频波束的质量,它可以使 OAM 射频波束变窄,提高方向性和辐射增益,使 OAM 射频载波的传输距离增加。本发明提出的一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源 OAM 发生器可应用于无线通信系统,与现有无线相比技术,可大幅提升系统容量和频谱效率。



1. 一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源 OAM 发生器, 其特征在于, 该发生器包括: 圆环形阵列馈源、旋转抛物面反射器和支撑结构; 馈源使用 N 个沿圆周等距分布的贴片阵元, 可制作在同一基底之上; 阵元激励的幅度相等, 相位按 $j/2\pi n/N$ 方式设置, 使阵因子包含形如 $\exp(jl\varphi)$ 的螺旋相位项, 能够生成模式数为 l 的 OAM 射频波束; 这里 n 表示阵元的序号, l 表示 OAM 模式, 其值为 OAM 射频波束模式的大小, 符号代表所产生 OAM 螺旋波束的旋转方向, 为正是右旋波束, 为负则为左旋波束。

2. 如权利要求 1 所述的基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源 OAM 发生器, 其特征在于, 将圆环形天线阵和旋转抛物面天线组合, 馈源使用圆环形天线阵, 用来以相控方式生成螺旋相位因子; 反射器使用旋转抛物面, 用来进一步提高馈源产生的原始 OAM 波束的质量。

3. 如权利要求 1 所述的基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源 OAM 发生器, 其特征在于, 所述馈源阵列的阵元使用的是内嵌式馈电的矩形微带贴片天线, 这种方式对输入阻抗的敏感性较低。

4. 如权利要求 1 所述的基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源 OAM 发生器, 其特征在于, 该发生器的结构形式可以扩展到毫米波和米波频段。

一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器

技术领域

[0001] 本发明属于无线通信技术领域,涉及一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器,主要用于产生各种模式的 OAM 射频波束。

背景技术

[0002] 随着有线接入向无线接入的转移,如何高效地利用无线电频谱资源已成为移动业务发展的关键。为了提高频谱效率,IEEE 分别于 2004 年和 2005 年成立了针对动态频谱接入的 802.22、802.16h 和 P1900 等标准工作组。复用技术允许多路信号综合在同一传输路径(如:载频)上,是提高频谱效率的关键技术。复用技术的发展经历了频分(FDM)、时分(TDM)、码分(CDM)、空分(SDM)以及基于动态谱传感的认知无线电(CR)传输等几个阶段,相应的移动通信系统也从以无线电报、广播以及模拟集群为代表的第一代(1G)发展到以 LTE 技术为代表的第四代(4G)。因此可以说,复用技术是推动移动通信系统不断发展的引擎。

[0003] OAM,即轨道角动量,是除频率(波长)、时间、码型以及空间之外,人们发现的又一种复用资源。根据报道,目前基于 OAM 复用的通信系统已经具备 100Tbits/s 以上的数据传输能力。OAM 复用以载波的轨道角动量状态为信道标志,即使在载波的其他参数,如频率、时间、空间、码片以及极化状态等,都相同的情况下,理论上也能够产生无穷多的 OAM 信道,因此可获得几乎无限的传输能力,对频谱效率和系统容量的提升都将会是远超想象的。当然,这在实际上会受到技术水平的限制。

[0004] OAM 射频波束最显著的特征是其具有螺旋相位波前结构,因此也被称为“无线电涡旋”。发展 OAM 复用的理论与技术,需系统研究 OAM 载波的产生、传输以及检测等问题。针对射频 OAM 波束的生成问题,目前公开报道的只有采用修正抛物面天线和相控天线阵两种方法。

[0005] 基于修正抛物面天线的方法在抛物面反射面上引入开口从而构成 OAM 波束的螺旋相位结构因子 $\exp(jl\varphi)$, 此处 l 、 φ 分别表示 OAM 模式和方位角,通过改变开口的间距来调整所产生的 OAM 模式。这种方式虽然理论上可以产生任意模式的 OAM 射频波束,但由于更改其所工作的 OAM 模式需要变动天线的空间几何结构,因此实际应用上存在不便。目前,在欧洲及美国,基于此方法进行专利申请的有意大利帕多瓦大学(WO 2012175629 A1)、Lambda Sas Di Viviana Marangoni 工作室(WO 2013092470 A1)、欧洲通信卫星公司(WO 2014016655 A1) 和美国博通公司(US 20130235744 A1)。

[0006] 相控天线阵方法使用圆环形天线阵构造出螺旋相位因子,通过调整各个阵元的电流相位,可以使阵因子中出现螺旋相位项 $\exp(jl\varphi)$, 这种方式在不需要改变 OAM 发生器结构的前提下,就可以产生多个 OAM 模式的射频波束,但所能生成的模式数 l 受到阵元数量的限制,一般为 $|l| < N/2$; 由于阵因子与阵元结构和类型无关,天线设计比较灵活,因此,一些新的设计方法被提出,例如,浙江大学申请的专利(CN 103474776 A) 提出基于环形行波天线的方法,使环形阵列上的阵元天线工作在行波状态,通过改变阵元相位调整所产生射频

波束的 OAM 模式。

[0007] OAM 波束的特征之一是中空在场分布,即波束中心区域没有电磁场,电磁能量主要集中在半径 R 为的圆周域内,并且随着传播距离的增加, R 会变大,波束变得愈加发散。这使得与普通射频波束相比, OAM 射频波束有效传输的距离会更短。

[0008] 综上, OAM 复用能极大提高无线电频谱效率及信道容量,但还存在诸多亟待解决的问题。针对 OAM 载波生成及传输的问题,本发明提出一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器。

发明内容

[0009] 为了使 OAM 射频波束传得更远,本发明提出一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器,特点是以圆环形阵列天线为馈源,旋转抛物面为反射器,通过组合同时利用了圆环形阵列天线和抛物面天线的优点,减小 OAM 射频波束的张角,增加了 OAM 射频波束的质量和传输距离。

[0010] 在本发明提出的 OAM 发生器中,馈源使用的是圆环形相控天线阵。螺旋相位结构由阵因子产生,它取决于阵列的结构和阵元的空间取向,但与阵元的类型和结构无关,因此作为馈源的阵列辐射单元可以根据需要随意地替换成贴片天线、行波天线、偶极子甚至分形天线等类型的天线。

[0011] 在本发明提出的 OAM 发生器中,由于馈源使用的是相控天线阵列,更改阵元的电流相位即可改变发生器所产生波束的 OAM 模式,而不必变动发生器的空间几何结构,因此在应用上具有便利性。

[0012] 本发明提出的 OAM 发生器使用旋转抛物面作为反射器,可有效减小 OAM 射频波束的张角,使 OAM 射频波束变窄,增强辐射的方向性,从而提高 OAM 发生器的天线增益。最终的结果是抛物面的聚焦特性使发生器所产生的 OAM 射频波束能量将变得更为集中,因此可以传输更远的距离。

附图说明

[0013] 图 1 本发明提出的 OAM 发生器基本结构。

[0014] 图 2 OAM 发生器馈源的结构。

[0015] 图 3 馈源的反射系数和传输系数。

[0016] 图 4 发生器产生不同模式的 OAM 射频波束的场强分布。

[0017] 图 5 发生器工作于不同 OAM 模式时的二维辐射图。

具体实施方式

[0018] 如图 1 所示,是本发明一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器的基本结构,由馈源、反射器和支撑机构构成。作为实施例子,我们将反射器的口径张角设置为 120° ,口径半径设置为工作波长 λ 的 5 倍大。

[0019] 图 2 所示,是本实施例子中馈源的结构,我们令其工作在 5.4GHz 的 wifi 频段,工作波长 λ 为 56.6mm,因此图中所有尺寸都是以 mm 为单位的。此外,由于贴片天线具有质量轻、体积小、低剖面、容易赋形和集成等结构优点,是目前应用非常广泛的一类微波天

线,所以本实施例子中圆环形阵列馈源的阵元使用了贴片天线。其中,图 2(a) 是馈源阵列天线的顶视图,阵列使用了 N 个矩形贴片单元,并让这些贴片单元沿圆周以 $2\pi/N$ 的角向增量等距分布,相应激励的电流相位则为 $j/2\pi n/N$,这样,馈源阵因子的表达式可写为 $F_a = K_0 e^{j\theta} J_l(kR_s \sin\theta)$,从而构成了螺旋相位因子 $e^{j\theta}$,此处的 l 、 R_s 、 k 和 $J_l(\cdot)$ 分别表示 OAM 模式数、阵列半径、波数和第一类贝塞尔函数, K_0 是与激励电流关系有关的常数;图 2(b) 是馈源的侧视图,基底使用相对介电常数为 4.4、损耗角正切为 0.02 的 FR4 材料,厚度为 2mm,半径比阵列半径略大,为阵列半径加上四分之一波长;图 2(c) 给出的是作为辐射单元的矩形贴片的结构和尺寸,采用内嵌的传输线馈电方式,这种方式允许在较大的阻抗范围内灵活设计天线。本实施例子中 $N=8$, $R_s=0.5\lambda$,但这并非是本发明的唯一选择,而是可以根据需要进行增减的。

[0020] 图 3 所示,是本实施例子的馈源计算结果,其中图 3(a) 表示的是单元 1 到其余各个单元的传输系数,而图 3(b) 表示的是馈源阵列各个单元的反射系数。从图 3(a) 可以看到,单元 1 和单元 8 之间的传输系数最大,但也小于 -25dB,说明单元 1 与其它单元的互藕非常小,这带来的好处是抑制了频率漂移,使得工作频率与谐振频率保持一致,这在图 3(b) 的结果中得到了体现,图 3(b) 表明各个贴片单元的谐振频率都为 5.3GHz,刚好等于工作频率。

[0021] 如前所述,采用具有 N 个阵元的环形阵列产生 OAM 波束,则所能够生成的 OAM 模式数范围为 $|l| < N/2$,本实施实例采用了 8 个辐射单元,可以较好地产生模式数为 $0, \pm 1, \pm 2$ 的 OAM 波束,当工作在模式 3 时,波束质量开始下降。图 4 给出了本实施例子中,OAM 发生器工作于 0、1、2 模式时,反射器表面电流分布(上面的矢量图)和电场强度分布(下面的强度图),从中可以看到明显的螺旋特征,因此毫无疑问地,本发明所提出的一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器能够用于产生各种模式的 OAM 射频波束。

[0022] 图 5 表示的是本发明提出的一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器的二维辐射图,与一般阵列型 OAM 发生器二维辐射图的比较。可以看出,本发明提出的一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器,会生成更多微小的旁瓣,但辐射增益得到了极大的提升,并且 OAM 模式数越大,则提高的幅度越大。具体来讲,对于 $l=0$ 的情况,天线增益提高了大约 11dB;对于 $l=1$ 的情况,增益提高了约 13dB;而对于 $l=2$ 的情况,则提高了约 18 dB。此外,由于主瓣宽度变窄,OAM 射频波束中空面积的尺寸也随之变小,波束的发散性也得到了一定的改善,意味着使用本发明提出的一种基于抛物面反射器和圆环形阵列馈源的 OAM 发生器所产生的 OAM 射频载波可以传输更远的距离,这对无线通信系统有着极大实际意义。

[0023] 上面结合附图对本发明的实施进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可以做出许多形式,例如,改变馈源阵列的辐射单元数量和半径,改变反射面口径的张角和半径,以及改变所工作的频率,甚至可以简单地改变作为馈源阵列阵元的辐射天线的类型和结构等等,这均属于本发明的保护之内。

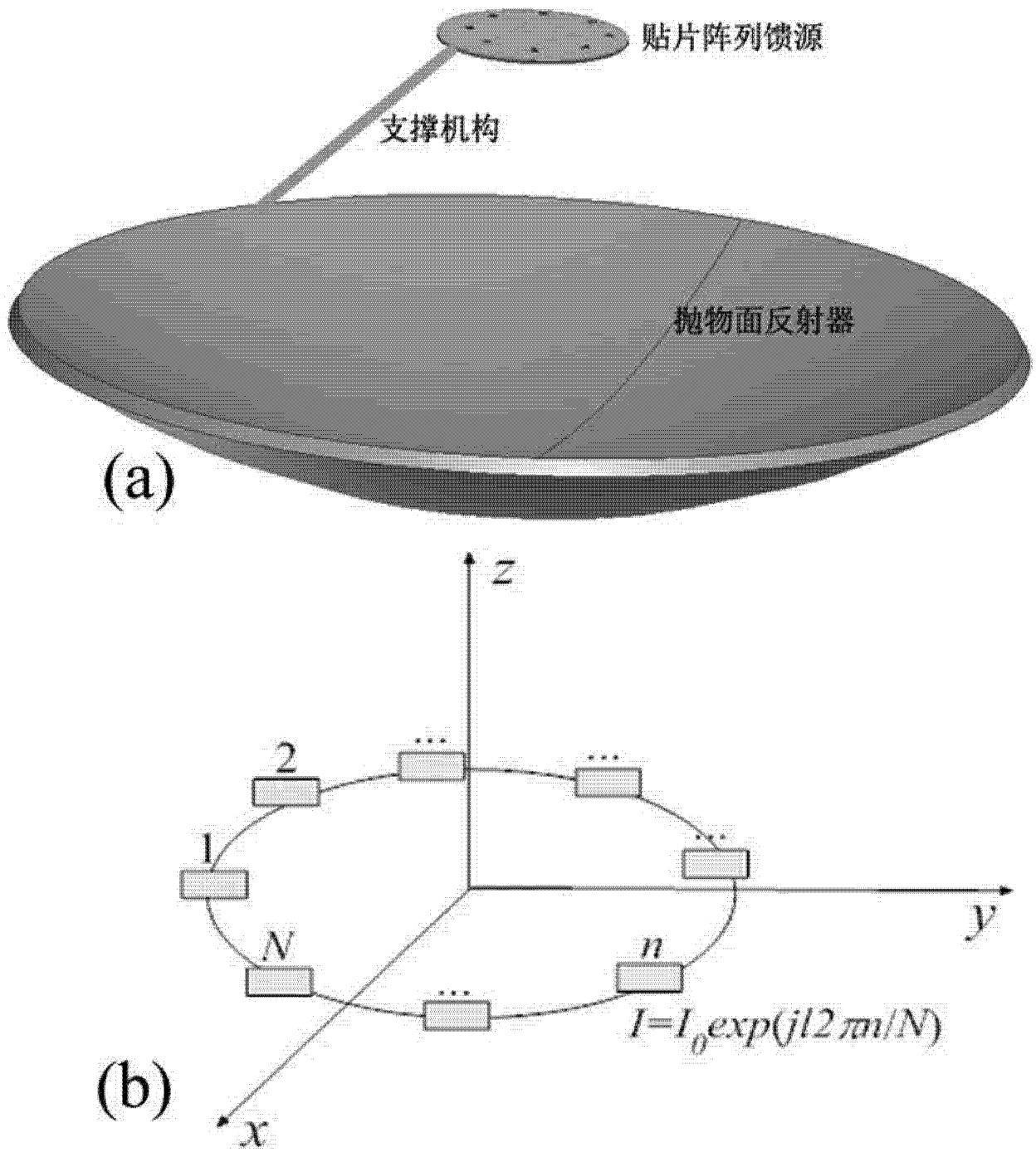


图 1

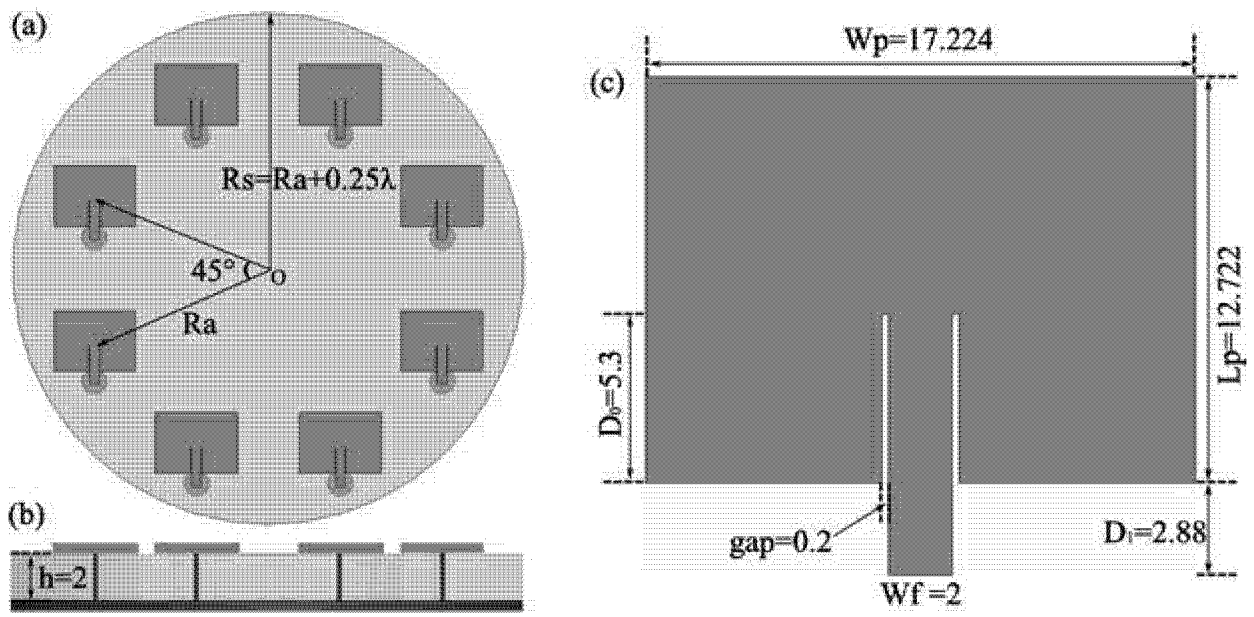


图 2

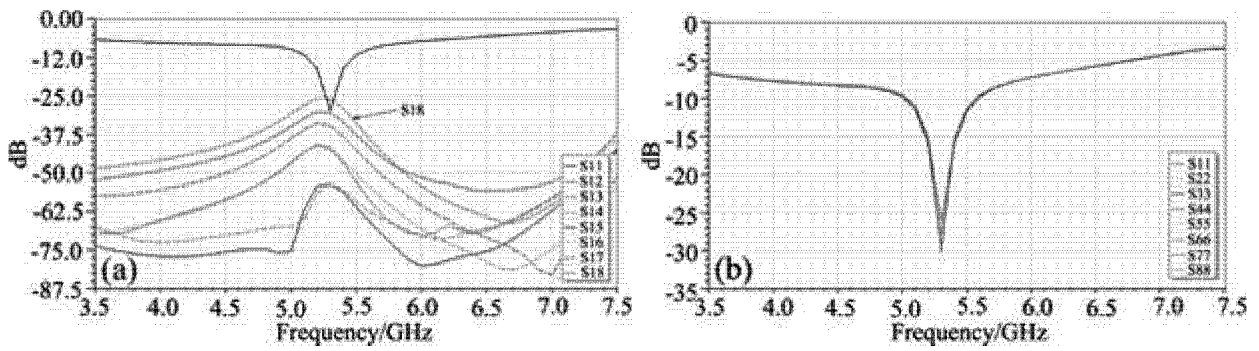


图 3

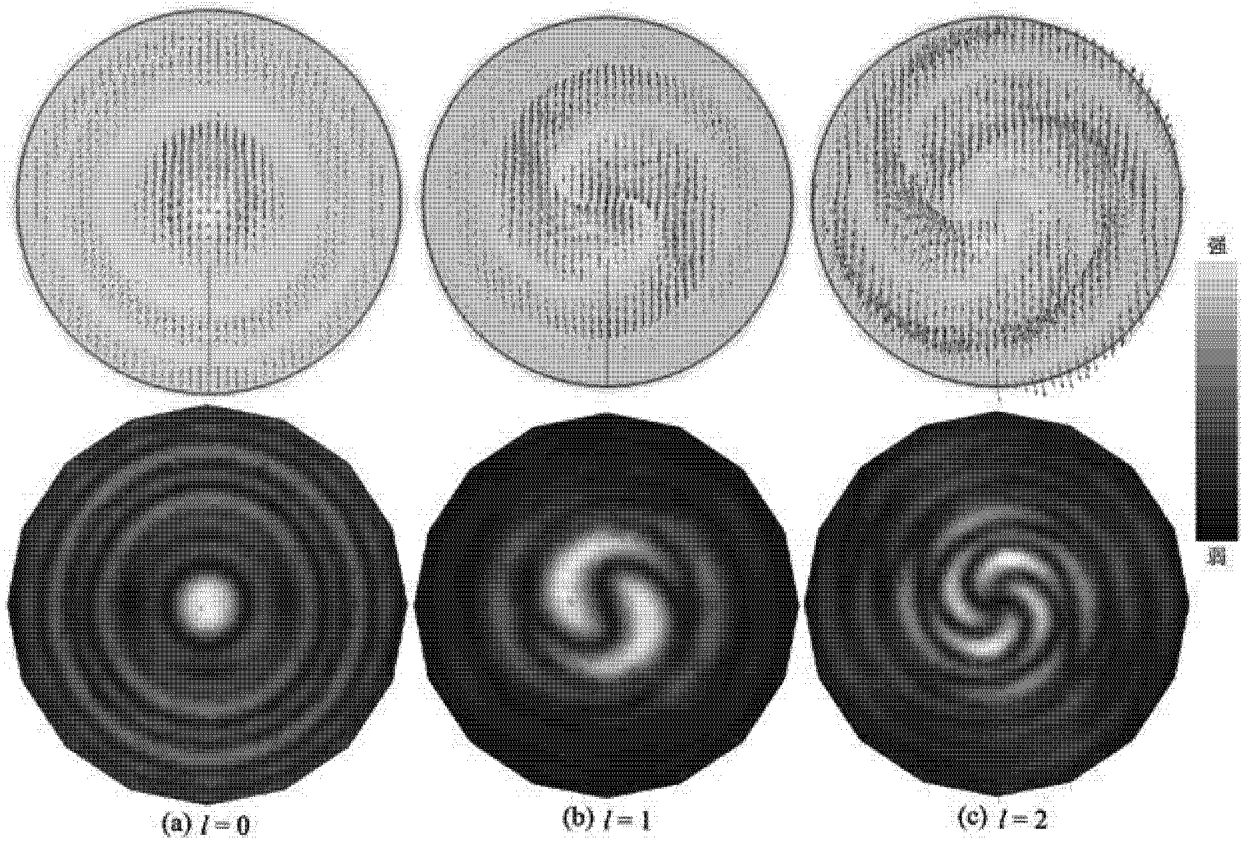


图 4

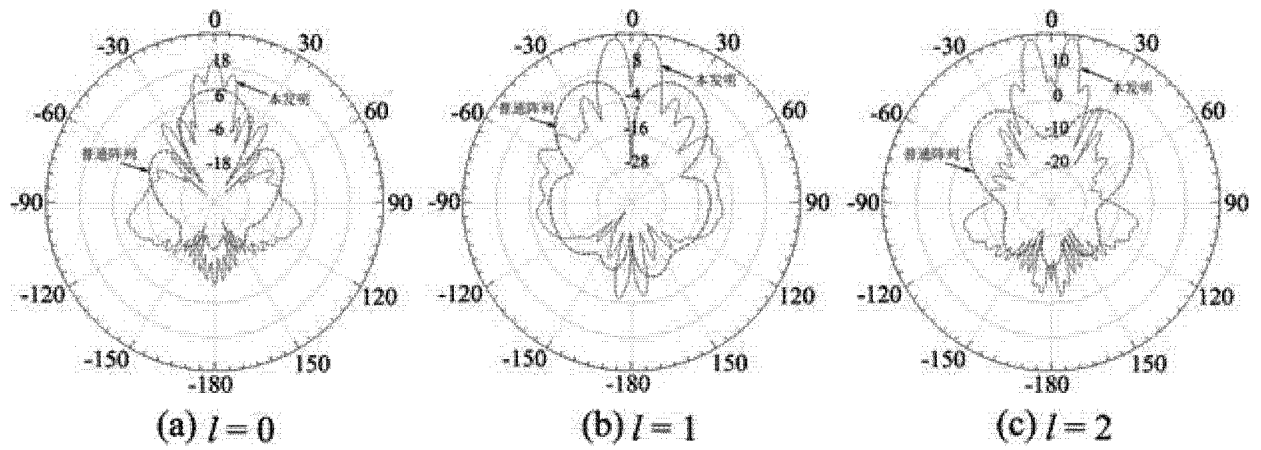


图 5