



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109980359 B

(45) 授权公告日 2024.04.16

(21) 申请号 201910224783.4
 (22) 申请日 2019.03.24
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 109980359 A
 (43) 申请公布日 2019.07.05
 (73) 专利权人 西安电子科技大学
 地址 710071 陕西省西安市雁塔区太白南路2号
 专利权人 西安中电科西电科大雷达技术协同创新研究院有限公司
 (72) 发明人 姜文 李溪 杨博光 龚书喜 洪涛
 (74) 专利代理机构 陕西电子工业专利中心
 61205
 专利代理师 王品华
 (51) Int. Cl.
 H01Q 15/24 (2006.01)
 H01Q 1/48 (2006.01)
 H01Q 1/50 (2006.01)
 H01Q 1/38 (2006.01)
 H01Q 1/24 (2006.01)

CN 108521018 A, 2018.09.11
 EP 2359437 A1, 2011.08.24
 KR 20100045824 A, 2010.05.04
 CN 209641842 U, 2019.11.15
 CN 106654597 A, 2017.05.10
 CN 106848595 A, 2017.06.13
 CN 107069233 A, 2017.08.18
 CN 107069238 A, 2017.08.18
 CN 107579346 A, 2018.01.12
 CN 108963438 A, 2018.12.07
 US 2017117633 A1, 2017.04.27

丛丽丽;曹祥玉;李文强;赵一;宋涛.一种高增益低RCS微带天线设计.空军工程大学学报(自然科学版).2015,(第02期),全文.

He Zhao.A Broadband Linear Polarization Converter and Its Application in RCS Reduction. 2018 12th International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory (ISAPE).2019,全文. (续)

审查员 楚亚楠

(56) 对比文件
 CN 104701613 A, 2015.06.10

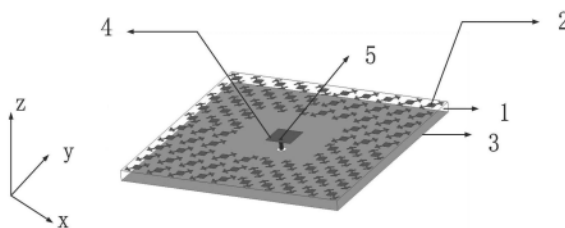
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称
 基于极化转换表面的宽带低RCS天线

(57) 摘要

本发明公开了一种基于极化转换表面的宽带低RCS天线,主要解决现有技术中天线散射特性较强的问题,其包括介质板(1)、极化转换表面(2)、金属地板(3)、金属贴片(4)和同轴金属柱馈电线(5),极化转换表面和金属贴片印制在介质板的上表面,金属地板印制在介质板的下表面,同轴金属柱馈电线位于距离金属贴片上,该极化转换表面(2)由无源谐振的极化转换单元按M×N的棋盘状周期式排列组成,每个极化转换单元是由两个位于中间的方形片状贴片(21)、两个位于顶

点的方形片状贴片(22)、沿对角线的条带式贴片(23)和四条位于顶点的条带式贴片(24)组成,本发明减缩了雷达截面,提高散射效果,可用于低散射特性的雷达系统设计。



CN 109980359 B

[接上页]

(56) 对比文件

于惠存;曹祥玉;高军;韩江枫;周禹龙.一种超宽带反射型极化转换超表面设计.空军工程大学学报(自然科学版).2018,(第03期),全文.

刘英;于旭;龚书喜.环形金属在微带天线雷达散射截面减缩的应用.电波科学学报.2016,(第06期),全文.

王思铭;高军;曹祥玉;郑月军;兰俊祥.基于超表面的低雷达散射截面宽频贴片阵列天线设计.电子与信息学报.2018,(第09期),全文.

张晨;曹祥玉;高军;李思佳;黄河.低RCS宽带磁电偶极子贴片天线设计.电子与信息学报.2016,(第04期),全文.

1. 一种宽带雷达截面RCS减缩天线,包括介质板(1)、极化转换表面(2)金属地板(3)、金属贴片(4)和同轴金属柱馈电线(5),极化转换表面(2)和金属贴片(4)印制在介质板(1)的上表面,且呈方形内外分布,金属地板(3)印制在介质板(1)的下表面,同轴金属柱馈电线(5)位于金属贴片(4)上,其特征在于:

所述极化转换表面(2)由无源谐振的极化转换单元按 $M \times N$ 的棋盘状周期式排列组成, $M \geq 6, N \geq 6$,每个极化转换单元是由两个位于中间的方形片状贴片(21)、两个位于顶点的方形片状贴片(22)、沿对角线的条带式贴片(23)和四条位于顶点的条带式贴片(24)组成,以实现雷达截面的减缩;

所述极化转换表面(2)呈棋盘状周期排列印制在介质板(1)的上表面外围,金属贴片(4)印制在介质板(1)的上表面中心;

其中两个位于中间的方形片状贴片(21)交错重叠置于极化转换单元的中心,两个沿对角线的条带式贴片(23)沿极化转换单元的对角线放置,其一端置于位于中间的方形片状贴片(21)的重叠处,每个沿对角线的条带式贴片(23)的另一端即末端左右各放置一个位于顶点的条带式贴片(24),每个位于顶点的条带式贴片(24)与沿对角线的条带式贴片(23)的夹角都为 80° ,在两个位于顶点的条带式贴片(24)的重叠处放置一个位于顶点的方形片状贴片(22);

所述位于中间的方形片状贴片(21),关于沿对角线的条带式贴片(23)对称;

两个位于顶点的方形片状贴片(22),且每个位于顶点的方形片状贴片关于对角线与其自身对称;沿对角线的条带式贴片(23),其中心与介质板(1)的对角线重合。

2. 根据权利要求1所述的天线,其特征在于:位于中间的方形片状贴片(21),其边长 a 为 $1.87\text{mm}-1.93\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的天线,其特征在于:两个位于顶点的方形片状贴片(22),其边长 b 为 $0.85\text{mm}-0.95\text{mm}$ 。

4. 根据权利要求1所述的天线,其特征在于:沿对角线的条带式贴片(23),其宽度 W_1 为 $0.48\text{mm}-0.52\text{mm}$,长度 L_1 为 $5.84\text{mm}-5.92\text{mm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的天线,其特征在于:四条位于顶点的条带式贴片(24),其宽度 W_2 为 $0.52\text{mm}-0.56\text{mm}$,且与沿对角线的条带式贴片(23)夹角为 $\beta=80^\circ$ 。

6. 根据权利要求1所述的天线,其特征在于:金属贴片(4),其边长 c 为 $8.95\text{mm}-9.05\text{mm}$,中心开有金属通孔。

7. 根据权利要求1所述的天线,其特征在于:介质板(1),其厚度 d 为 $2.9\text{mm}-3.1\text{mm}$,采用相对介电常数 $\epsilon'=2.65$ 的F4B材料。

8. 根据权利要求1所述的天线,其特征在于:金属地板(3),采用导电率为 $\sigma=5.8 \times 10^7 \text{S/m}$ 铜材料。

9. 根据权利要求1所述的天线,其特征在于:所述 $M \times N$ 个无源谐振单元的排列周期为 7.8mm 。

基于极化转换表面的宽带低RCS天线

技术领域

[0001] 本发明属于天线技术领域,特别涉及一种宽带雷达截面RCS减缩天线,可用于低散射特性的雷达系统设计。

背景技术

[0002] 随着通信技术的快速发展,天线的雷达截面减缩技术已成为当今研究的热点。而雷达截面RCS作为定量衡量天线散射性能的物理量,有效的控制和减缩天线的RCS成为优化设计具有弱散射性能雷达系统的重要研究内容。

[0003] 天线作为雷达系统中用于收发电磁信号的重要装置,其本身是一个具有强散射特性的结构。对于大多数雷达系统来说,如何控制和减缩天线的RCS成为了雷达系统设计的关键。

[0004] 传统减缩天线RCS的设计,包括有结构变形技术和雷达吸波材料覆层技术。其中:结构变形技术是通过在天线结构中不参与天线辐射的部分进行开槽或切除,从而有效减少天线在威胁角域内的散射。但由于其对天线本身外形结构的改变,通常会引起对天线工作的影响。雷达吸波材料覆层技术是通过将吸收的电磁能量转化为热能的形式进行消耗,从而减少天线的RCS。而该技术在吸收并消耗自由空间入射电磁能量的同时,对天线本身辐射的电磁能量也有所吸收,进而对天线的辐射性能造成影响。

[0005] 随着电磁超材料的问世,利用频率选择表面、电磁带隙结构、左手媒质、极化转换表面等超材料设计具有低RCS特性的天线,成了一种有效的方式。

[0006] 极化转换表面利用其可以形成反射相位相差 180° 的反射波,通过反射波的干涉相消作用实现RCS的减缩效果。2019年,Tao Hong等人在IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters期刊上发表了一篇名为《RCS Reduction and Gain Enhancement for the Circularly Polarized Array by Polarization Conversion Metasurface Coating》的论文,该论文提出了一种由双箭条带式极化转换单元组成的极化转换表面,并介绍了该极化转换表面在天线领域的实际应用。文中将条带式极化转换表面单元棋盘状排列在微带天线周围,仿真结果表明:加载极化转换表面的天线与参考天线相比,天线的辐射性能未受影响,而雷达截面在10.5-35.1GHz的频带范围内有大于4.8dB的RCS减缩,但是仅在10.90-13.10GHz、15.70-19.00GHz和27.50-33.00GHz三个频段内有大于10dB的RCS减缩效果,在10.5-10.9GHz、13.1-15.7GHz和19-27.5GHz频带内RCS减缩效果均小于10dB,无法实现良好的天线散射效果。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于针对上述现有技术中的不足,提出一种基于极化转换表面的宽带低RCS天线,以在整个频段内实现大于10dB的RCS减缩效果,有效降低了天线的散射性能。

[0008] 为实现上述目的,本发明基于极化转换表面的宽带低RCS天线,包括包括介质板、极化转换表面、金属地板、金属贴片和同轴金属柱馈电线,极化转换表面和金属贴片印制介

质板的上表面,且呈方形内外分布,金属地板印制在介质板的下表面,同轴金属柱馈电线位于金属贴片上,其特征在于:

[0009] 所述极化转换表面由无源谐振的极化转换单元按 $M \times N$ 的棋盘状周期式排列组成, $M \geq 6, N \geq 6$,每个极化转换单元是由两个位于中间的方形片状贴片、两个位于顶点的方形片状贴片、沿对角线的条带式贴片和四条位于顶点的条带式贴片组成,以实现雷达截面的减缩。

[0010] 进一步,所述两个方形片状贴片交错重叠置于极化转换单元的中心,两个条带式贴片沿极化转换单元的对角线置于方形片状贴片的重叠处,每个条带式贴片的末端以 80° 的张角左右各放置一个条带式贴片,在两个条带式贴片的重叠处放置一个方形片状贴片。

[0011] 本发明与现有技术相比,具有如下优点:

[0012] 1、本发明中的极化转换表面的单元,由于采用条带式与片状分形式一体化的设计结构,实现了较宽频带内的极化转换效果。

[0013] 2、本发明通过将该一体化结构的极化转换单元按棋盘状周期排列于天线周围,可以将入射电磁波的相位转换 $\pm 90^\circ$,使相位差为 180° 的反射电磁波互相抵消,从而利用无源对消的方式实现了天线宽频带的雷达截面减缩效果。

附图说明

[0014] 图1是本发明的结构示意图;

[0015] 图2是本发明中的极化转换单元结构示意图;

[0016] 图3是本发明天线和参考天线在辐射、接收状态下的反射系数幅度对比图;

[0017] 图4是本发明天线和参考天线在辐射、接收状态下的 yoz 面增益对比图;

[0018] 图5是本发明天线和参考天线在辐射、接收状态下的 xoz 面增益对比图;

[0019] 图6是本发明天线和参考天线的单站雷达截面对比图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明的具体实例和效果作进一步描述。

[0021] 参照图1,本实例包括介质板1、极化转换表面2、金属地板3、金属贴片4和同轴金属柱馈电线5,所述极化转换表面2呈棋盘状周期排列印制在介质板1的上表面外围,金属贴片4印制在介质板1的上表面中心,金属地板3印制在介质板1的下表面,同轴金属柱馈电线5位于距离金属贴片4中心的 2.4mm 处。介质板1采用 $78\text{mm} \times 78\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的矩形板材,其相对介电常数 $\epsilon' = 2.65$;金属贴片4的边长 c 为 $8.95\text{mm} - 9.05\text{mm}$,本实例取但不限于 $c = 9\text{mm}$,该金属贴片4中心开有金属通孔,用于馈电;金属地板3,采用导电率为 $\sigma = 5.8 \times 10^7 \text{S/m}$ 铜材料,尺寸为 $78\text{mm} \times 78\text{mm}$;数十个极化转换单元按间距 7.8mm 均匀排布在天线上表面,本实例取但不限于84个极化转换单元。

[0022] 参照图2,极化转换表面2由无源谐振的极化转换单元按 $M \times N$ 的棋盘状周期式排列组成, $M \geq 6, N \geq 6$,每个极化转换单元是由两个位于中间的方形片状贴片21、两个位于顶点的方形片状贴片22、沿对角线的条带式贴片23和四条位于顶点的条带式贴片24组成。其中两个方形片状贴片21交错重叠置于极化转换单元的中心,两个条带式贴片23沿极化转换单元的对角线放置,其一端置于方形片状贴片21的重叠处,每个沿对角线放置的条带式贴片

23的另一端即末端左右各放置一个条带式贴片24,每个条带式贴片24与沿对角线放置的条带式贴片23的夹角都为 80° ,在两个条带式贴片24的重叠处放置一个方形片状贴片22。

[0023] 中间的方形片状贴片21,其边长 a 为 $1.87\text{mm}-1.93\text{mm}$,本实例取但不限于 $a=1.9\text{mm}$,且关于沿对角线的条带式贴片23对称;两个位于顶点的方形片状贴片22,其边长 b 为 $0.85\text{mm}-0.95\text{mm}$,本实例取但不限于 $b=0.9\text{mm}$,且每个方形片状贴片关于对角线与其自身对称;沿对角线的条带式贴片23,其宽度 $W1$ 为 $0.48\text{mm}-0.52\text{mm}$,长度 $L1$ 为 $5.84\text{mm}-5.92\text{mm}$,本实例取但不限于 $W1=0.9\text{mm}$, $L1=5.9\text{mm}$,且其中心与介质板1的对角线重合;四条位于顶点的条带式贴片24,其宽度 $W2$ 为 $0.52\text{mm}-0.56\text{mm}$,本实例取但不限于 $W2=0.54\text{mm}$;金属贴片4的边长 $c=9\text{mm}$,其中心开有金属通孔。

[0024] 本发明的效果可结合以下仿真结果作进一步说明:

[0025] 1、仿真内容与结果

[0026] 仿真1,利用商业仿真软件HFSS_15.0对上述实例中本发明天线和参考天线在辐射、接收状态下的反射系数进行仿真计算,结果如图3所示。其中参考天线的工作频点为 8.95GHz ,本发明天线的工作频点为 9.05GHz ,以 $S_{11} \leq -10\text{dB}$ 为标准,参考天线的工作频带为 $8.32-9.80\text{GHz}$,本发明天线的工作频带为 $8.31-10.0\text{GHz}$,两者得到的反射系数基本一致。从图3可知,本发明天线与参考天线相比天线的谐振点和工作带宽都基本一致。

[0027] 仿真2,利用商业仿真软件HFSS_15.0对上述实例中本发明天线和参考天线在辐射、接收状态下的 yo z面增益进行仿真计算,结果如图4所示。由图4可知,本实例中的本发明天线和参考天线在 yo z面的增益曲线差距较小,说明本发明中的可重构极化转换表面在辐射、接收状态下作为天线的金属反射板对天线的 yo z面辐射方向图影响很小;本发明天线和参考天线在法向的增益大小分别为 6.47dB 和 6.38dB ,本发明增益提高了 1.5% ;本发明天线和参考天线在 xoy 面的方向图基本一致,且两者的后瓣也得到了有效的一致。

[0028] 仿真3,用商业仿真软件HFSS_15.0对上述实例中本发明天线和参考天线在辐射、接收状态下的 xoz 面增益进行仿真计算,结果如图5所示。由图5可知,本发明天线和参考天线在 yo z面的增益曲线差距较小,且方向图关于辐射方向对称,辐射特性良好,说明本发明中的可重构极化转换表面在辐射、接收状态下作为天线的金属反射板对天线的 yo z面辐射方向图影响很小。本发明天线和参考天线在法向的增益大小分别为 6.47dB 和 6.38dB ,本发明增益提高了 1.5% ;本发明天线和参考天线在 xoy 面的方向图基本一致,且两者后瓣得到了有效的一致。

[0029] 仿真4,利用商业仿真软件HFSS_15.0对上述实例中本发明天线和参考天线的单站雷达截面进行仿真计算,结果如图6所示。由图6可知,本实例中的本发明天线与参考天线相比,本发明能在 $7.5-22.3\text{GHz}$ 的宽频带内实现雷达截面减缩,且基本在 $8.07-20.89\text{GHz}$ 频带范围内雷达截面减缩量大于 10dB ,说明本发明中的可重构极化转换表面可以大幅度地减缩天线的雷达截面。

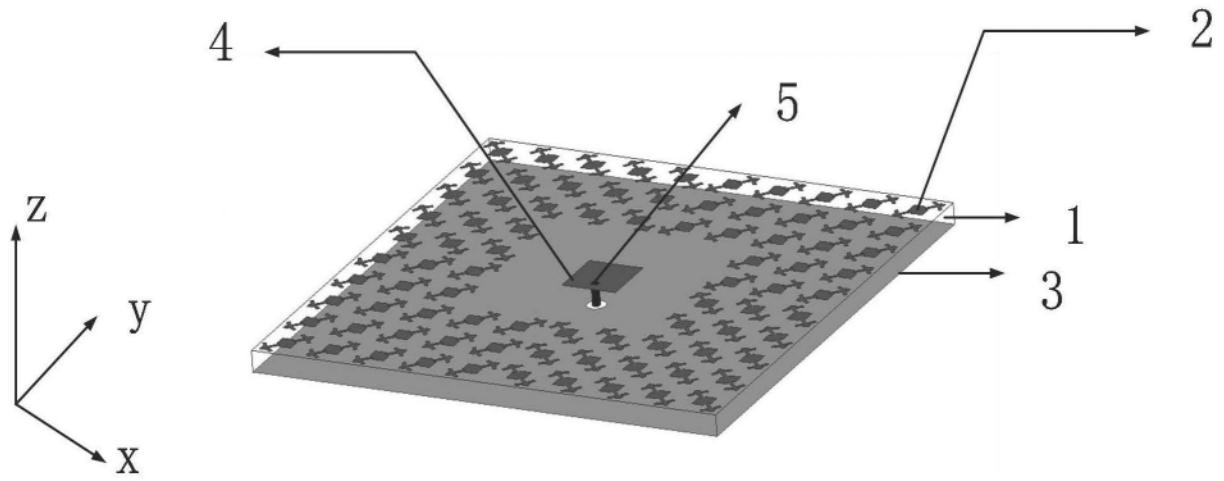


图1

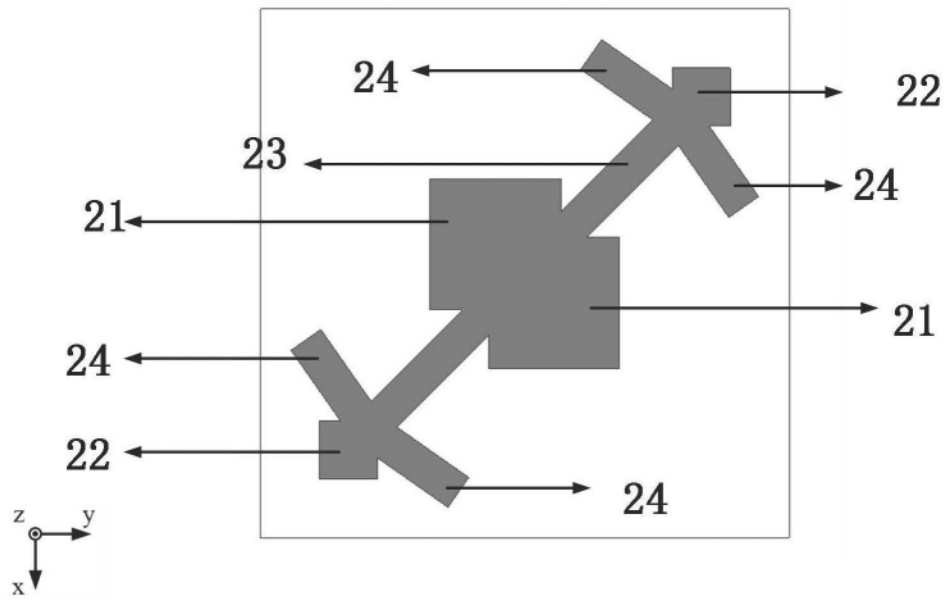


图2

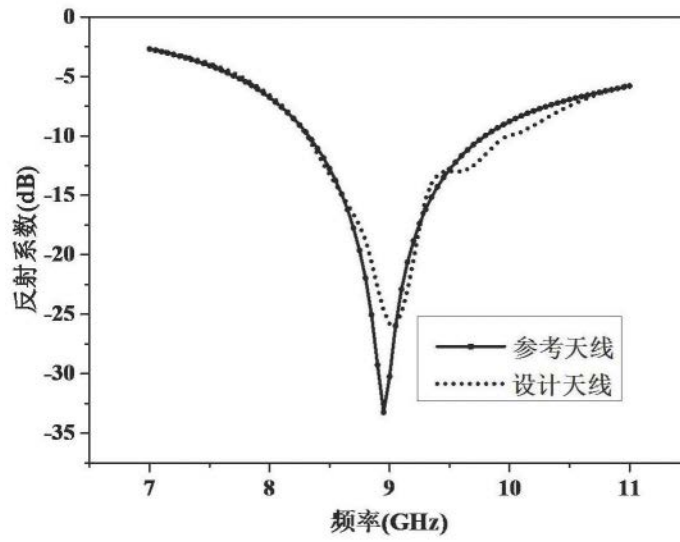


图3

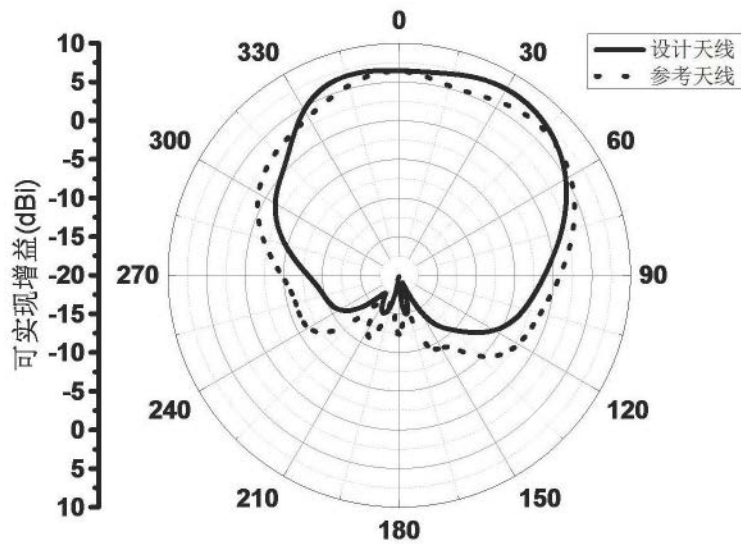


图4

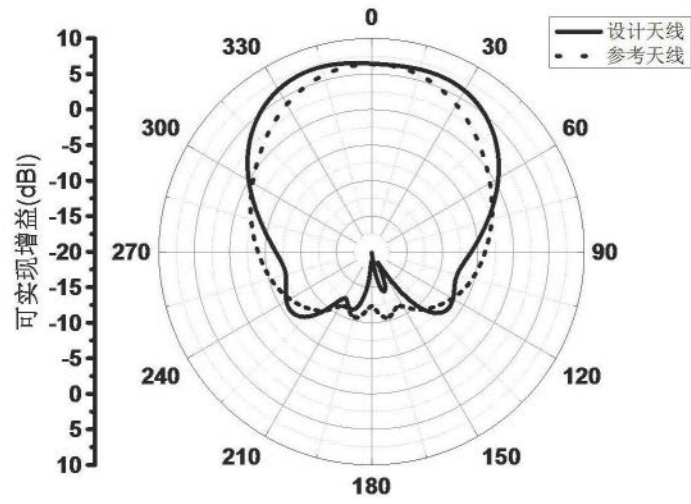


图5

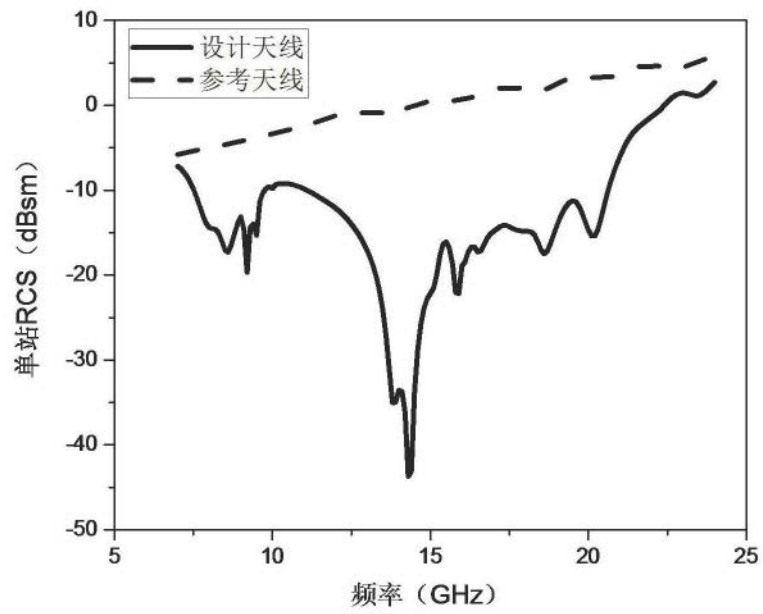


图6