



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109037956 B

(45) 授权公告日 2021.01.05

(21) 申请号 201810578378.8

(22) 申请日 2018.06.07

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109037956 A

(43) 申请公布日 2018.12.18

(73) 专利权人 西安电子科技大学
地址 710071 陕西省西安市太白南路2号西
安电子科技大学

(72) 发明人 岳昊 陈蕾 杨曜洲

(74) 专利代理机构 西安长和专利代理有限公司
61227

代理人 黄伟洪

(51) Int. Cl.

H01Q 15/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105552564 A, 2016.05.04

US 2017/0219739 A1, 2017.08.03

Cheng Huang, ET AL. "Combining FSS and EBG Surfaces for High-Efficiency Transmission and Low-Scattering Properties".《IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION》.2018,

岳昊 等. "一种基于超材料可加载式提高天线增益的结构设计".《2018年全国微波毫米波会议论文集(下册)》.2018,

审查员 范巧音

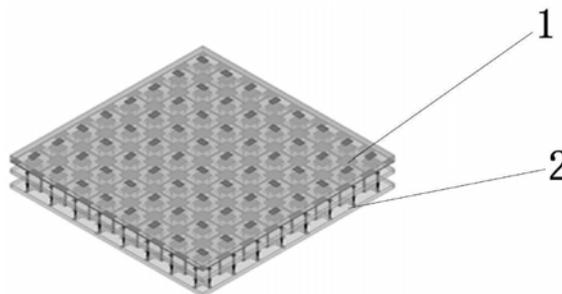
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统、雷达

(57) 摘要

本发明属于天线零部件或与天线结合的装置技术领域,公开了一种具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统、雷达,透射型单元为通过金属柱连接的两层介质板。介质板上表面覆铜为十字形,通过合理设置十字臂长可以实现需要的相位补偿。根据相位补偿原理,对透射型单元十字臂长进行合理设置,组成8*8的透射阵列;使用螺丝、螺母和套筒将人工磁导体阵列与透射阵列进行连接从而形成一种具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面。本发明通过使用频率选择表面替代传统人工磁导体的金属地,在保证人工磁导体阵列能够在其反射频段实现RCS缩减的同时,在透射频段可以实现电磁波的波束汇聚。



1. 一种具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统,其特征在于,所述具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统包括:人工磁导体单元、透射型单元;人工磁导体单元通过螺丝、螺母和套筒与透射型单元连接;

人工磁导体单元通过棋盘型组阵实现RCS缩减;下层透射型单元根据相位补偿原理组阵实现波束汇聚;

所述人工磁导体单元上层覆铜为金属长方形,分为:旋转 0° 及旋转 90° 的单元;

人工磁导体单元下层使用频率选择表面代替金属地面,保证人工磁导体阵列能够在其反射频段实现RCS缩减的同时,在透射频段实现电磁波的波束汇聚;

透射型单元为通过金属柱连接的两层介质板,介质板上表面覆铜为十字形,通过合理设置十字臂长实现需要的相位补偿;

所述旋转 0° 及旋转 90° 的单元分别组成 $2*2$ 的子阵进行棋盘型布阵,进而组成 $4*4$ 的棋盘型阵列。

2. 如权利要求1所述的具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统,其特征在于,所述人工磁导体单元、透射型单元采用介电常数为2.65的F4BM-2介质板;

所述人工磁导体单元、透射型单元结构参数值为: $t_1=3\text{mm}$, $t_2=2\text{mm}$, $h_1=4\text{mm}$, $h_2=6\text{mm}$, $r=0.5\text{mm}$, $L_1=4.7\text{mm}$, $W_1=3\text{mm}$, $W_2=6\text{mm}$, $W_3=8\text{mm}$, $L_2=14\text{mm}$, $d=4.3\text{mm}$; t_1 :人工磁导体介质厚度, t_2 :透射型单元介质厚度, h_1 :人工磁导体与上层透射型单元间距, h_2 :两层透射型单元间距, r :连接上下层透射型单元金属柱半径, L_1 :人工磁导体正面长方形覆铜长度, W_1 :人工磁导体正面长方形覆铜宽度, W_2 :人工磁导体背面中心正方形边长, W_3 :人工磁导体背面开槽长方形宽度, L_2 :人工磁导体背面开槽长方形长度, d :金属柱距离介质中心的距离。

3. 一种使用权利要求1~2任意一项所述具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统的雷达。

一种具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统、雷达

技术领域

[0001] 本发明属于天线零部件或与天线结合的装置技术领域,尤其涉及一种具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统、雷达。

背景技术

[0002] 目前,业内常用的现有技术是这样的:隐身技术是研究如何降低被电磁波、声波、红外光以及可见光等探测系统侦测到的一种技术,该技术是现代电子战争中的一个重要内容。其中针对电磁波的雷达隐身技术成为研究的重点和热点。雷达散射截面积(RCS,Radar Cross-Section)是指是沿一定方向照射目标,给定方向上的返回散射功率的一种量度,是雷达探测技术、隐身和反隐身技术中表征目标可识别特性的重要参数。通过RCS缩减可以降低我方目标的雷达特征,从而使敌方雷达侦测信号减弱或失效,提高我方雷达的生存能力。对于我方目标RCS贡献最大的是位于平台上的天线,因此降低我方天线的RCS成为当今研究的热点,RCS的缩减将为复杂的电磁战争提供关键的作用。目前国内外缩减RCS常采用雷达吸波材料、无源抵消技术、改变天线外形和超表面。前两种方法只适用于高频段;改变天线外形会恶化天线的辐射性能,并且RCS缩减效果较小。超表面通常采用频率选择表面和人工磁导体来缩减目标RCS:使用频率选择表面替代天线的金属地可以实现频带内的RCS缩减,但无法实现带外的RCS缩减,带宽较窄。人工磁导体通过影响散射场实现RCS缩减,在棋盘型结构上将理想电导体和人工磁导体结合从而实现相位差为 180° 的两种反射波,反射波互相干涉从而抵消了入射方向上的散射场,实现RCS缩减。为了展宽带宽,经常采用两种在设计频段内相位差为 180° 的人工磁导体进行棋盘型布阵,进而实现较宽频带内的RCS缩减。通常使用人工磁导体放置于金属表面从而降低金属的RCS。由于人工磁导体采用了金属地作为地面,因此若将人工磁导体加载于天线上,会限制电磁波的辐射,使天线性能恶化,通常只能应用于金属表面涂层。目前有着对人工磁导体阵列开缝的技术,使天线能够将电磁波能够向自由空间进行辐射,虽然解决了天线无法辐射的问题,但是由于对阵列进行开缝处理,敌方雷达的电磁波会通过缝隙直射到我方雷达表面,从而RCS缩减性能会降低,导致我方雷达被敌方侦测到,一定程度上降低了我方雷达的生存率。并且加载阵列后的天线性能仍会有一定程度的恶化,天线增益会有一定程度的降低,辐射方向图会出现一定畸形,天线性能的恶化会导致我方雷达的扫描及侦测性能变差,并没有从根本上解决问题。综上所述,保证我方雷达信号高增益辐射,而对敌方雷达信号不反射或散射,是很矛盾也很难解决的一个课题。而解决人工磁导体对于全频率的电磁波均具有反射特性的问题成为研究的重点和难点。此外,当加载设计的阵列后,天线性能不但未恶化,反而能得到有效改善也是当前研究的另一个难点。

[0003] 综上所述,现有技术存在的问题是:目前对人工磁导体阵列开缝的技术,使天线能够将电磁波能够向自由空间进行辐射,RCS缩减性能会降低,并且加载阵列后的天线性能仍会有一定程度的恶化。

[0004] 解决上述技术问题的难度和意义:由于对人工磁导体阵列开缝会导致RCS性能变

差,而不开缝则会导致电磁波无法进行辐射,这是一个矛盾的难以解决的问题。因此设计一种新型超表面,在实现RCS缩减的同时不仅对天线辐射没有负面影响,反而改善了天线性能,具有汇聚波束的功能成为了研究的热点及难点。这种新型超表面将不仅仅能提高我方雷达生存能力,也可以提高雷达的通信侦测能力,在电磁战争中有着很大的应用前景。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的问题,本发明提供了一种具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统、雷达。

[0006] 本发明是这样实现的,一种具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统,上层为人工磁导体阵列,下层为透射阵,阵列间通过螺丝、螺母和套筒进行链接。本发明由8*8个超表面单元构成,超表面单元由两部分组成:人工磁导体单元、透射型单元;上层人工磁导体单元通过棋盘型组阵实现RCS缩减,下层透射型单元根据相位补偿原理组阵实现波束汇聚。

[0007] 进一步,所述人工磁导体单元上层覆铜为金属长方形,分为:旋转0°及旋转90°的单元。

[0008] 进一步,所述旋转0°及旋转90°的单元分别组成2*2的子阵进行棋盘型布阵,进而组成4*4的棋盘型阵列。

[0009] 进一步,所述透射型单元为通过金属柱连接的两层介质板;

[0010] 介质板上表面覆铜为十字形。

[0011] 进一步,所述人工磁导体单元、透射型单元采用介电常数为2.65的F4BM-2介质板;

[0012] 所述人工磁导体单元、透射型单元结构参数值为: $t_1=3\text{mm}$, $t_2=2\text{mm}$, $h_1=4\text{mm}$, $h_2=6\text{mm}$, $r=0.5\text{mm}$, $L_1=4.7\text{mm}$, $W_1=3\text{mm}$, $W_2=6\text{mm}$, $W_3=8\text{mm}$, $L_2=14\text{mm}$, $d=4.3\text{mm}$ 。

[0013] 本发明的另一目的在于提供一种使用所述具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统的雷达。

[0014] 综上所述,本发明的优点及积极效果为:透射型单元为通过金属柱连接的两层介质板。介质板上表面覆铜为十字形,通过合理设置十字臂长可以实现需要的相位补偿。根据相位补偿原理,对透射型单元十字臂长进行合理设置,组成8*8的透射阵列;使用螺丝、螺母和套筒将人工磁导体阵列与透射阵列进行连接从而形成一种具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面。

[0015] 本发明通过使用频率选择表面替代传统人工磁导体的金属地,在保证人工磁导体阵列能够在其反射频段实现RCS缩减的同时,在透射频段可以实现电磁波的波束汇聚。传统的人工磁导体由于使用了金属地面,在全频段内对电磁波都有着反射的特性,无法加载与雷达上方。而使用对人工磁导体开槽的技术将恶化天线的性能,并且RCS缩减效果会变差,无法广泛使用。本发明使用频率选择表面替代金属地,克服了传统人工磁导体会导致我方雷达辐射的电磁波无法向自由空间辐射的缺点,在敌方电磁波的频段内可以实现与传统人工磁导体相同的功能,而在我方雷达工作的频段内可以保证电磁波的正常通过。与开槽技术相对比,在保证良好的RCS缩减效果的同时,不仅未恶化天线性能,反而由于透射阵的作用,使波束得到了汇聚,优化了天线的性能。

附图说明

[0016] 图1是本发明实施例提供的具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统结构示意图；

[0017] 图中：1、人工磁导体单元；2、透射型单元。

[0018] 图2是本发明实施例提供的具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统的单元结构示意图；

[0019] 图中：(a) 侧视图；(b) 人工磁导体上层覆铜旋转 0° ；(c) 人工磁导体上层覆铜旋转 90° ；(d) 人工磁导体下层频率选择表面；(e) 低剖面透射型单元上下介质层。

[0020] 图3是本发明实施例提供的具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统工作状态示意图；

[0021] 图中：(a) 雷达隐身工作原理示意图；(b) 波束汇集工作原理示意图。

具体实施方式

[0022] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0023] 本发明通过使用频率选择表面替代传统人工磁导体的金属地，在保证人工磁导体阵列能够在其反射频段实现RCS缩减的同时，在透射频段可以实现电磁波的波束汇聚。

[0024] 下面结合附图对本发明的应用原理做详细的描述。

[0025] 如图1所示，本发明实施例提供的具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面系统包括：人工磁导体单元1、透射型单元2。

[0026] 人工磁导体单元1通过螺丝、螺母和套筒与透射型单元2连接。

[0027] 人工磁导体单元1下层使用频率选择表面代替金属地面，频率选择表面的通带设置为与我方雷达相同的频带，阻带设置为敌方雷达的频带。在阻带内，人工磁导体单元1工作，人工磁导体单元1上层覆铜为金属长方形，进而将单元分为两种：旋转 0° (A) 及旋转 90° (B) 的单元，通过设置合理的长宽使电磁波在A和B单元上形成 180° 的相位差。在频率选择表面的通带内，透射型单元工作。透射型单元2为通过金属柱连接的两层介质板。介质板上表面覆铜为十字形，通过合理设置十字臂长可以实现需要的相位补偿。

[0028] 将人工磁导体单元A和B分别组成 $2*2$ 的子阵进行棋盘型布阵，进而组成 $4*4$ 的棋盘型阵列。根据相位补偿原理，对透射型单元十字臂长进行合理设置，组成 $8*8$ 的透射阵列。使用螺丝、螺母和套筒将人工磁导体阵列与透射阵列进行连接从而形成一种具有波束汇聚功能的雷达隐身超表面。

[0029] 下面结合附图对本发明的应用原理作进一步的描述。

[0030] 如图1-图3所示：本发明上下层单元均采用介电常数为2.65的F4BM-2介质板，这种介质板在保证价格低廉的同时具有稳定的介电常数。单元结构参数值为： $t_1=3\text{mm}$ ， $t_2=2\text{mm}$ ， $h_1=4\text{mm}$ ， $h_2=6\text{mm}$ ， $r=0.5\text{mm}$ ， $L_1=4.7\text{mm}$ ， $W_1=3\text{mm}$ ， $W_2=6\text{mm}$ ， $W_3=8\text{mm}$ ， $L_2=14\text{mm}$ ， $d=4.3\text{mm}$ 。这保证了人工磁导体A和B在反射频段(13.5-18GHz)具有着 $180\pm 30^{\circ}$ 的相位差以及在透射频点(8.7GHz)透射型单元具有大于 250° 的相位覆盖角和88%以上的透射率。此外，传统透射型单元采用多层结构展宽相位覆盖角，这种方法严重增大了阵列的剖面，不易于

安装,本发明中透射型单元使用了金属柱连接透射型单元的两层,在实现低剖面结构的同时具有较高相位覆盖角和的透射率。

[0031] 人工磁导体A和B的2*2子阵列进行棋盘型布阵后,可以对敌方雷达具有RCS缩减的性能。预先设定好阵列距离雷达的距离,透射阵可以通过单元的相位补偿可以将雷达发射的电磁波由球面波转换为平面波,增强了波束的定向性,汇聚了雷达波束,提高了增益。

[0032] 根据预先设定好的距离将本发明固定于雷达上方,当敌方雷达照射到我方雷达时,首先会照射到本发明上。由于敌方雷达辐射的电磁波处于阻带(13.5-18GHz),本发明的A、B子阵列会对敌方雷达发射的电磁波进行反射,且两组子阵反射的电磁波相位差约为 180° ,两种相位差为 180° 的电磁波进行互相干涉,便会在入射方向上进行抵消,从而降低了入射方向上的RCS,对我方雷达起到了隐身作用。当我方雷达辐射电磁波(8.7GHz)时,准球面波由于路程差,到达本发明时相位具有差异,通过合理设置十字臂长进行相位补偿,使电磁波具有相同的相位,将球面波转换成为平面波,又由于我方电磁波频率处于通带,电磁波可以保证高增益,低副瓣的特性进行辐射,汇聚了波束。

[0033] 本发明具有很强的拓展性,可以应用于多种口径雷达的RCS缩减和波束汇聚。只需要根据雷达的大小设置合理的超表面口径,并根据预设的焦距调整单元的相位补偿大小,便可实现对多种雷达的RCS缩减和波束汇聚功能。

[0034] 本发明的8*8阵列适用于120mm*120mm口径的雷达。当应用于不同雷达时,人工磁导体单元的子阵仍采用棋盘型布阵,根据预设的焦距和相位补偿原理设置不同位置透射型单元金属十字的臂长,选择合适的阵列规模大小进而组成与雷达口径相同或略大于雷达口径的阵列,加载与雷达上方,便可实现不同雷达的RCS缩减与波束汇聚的性能。

[0035] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

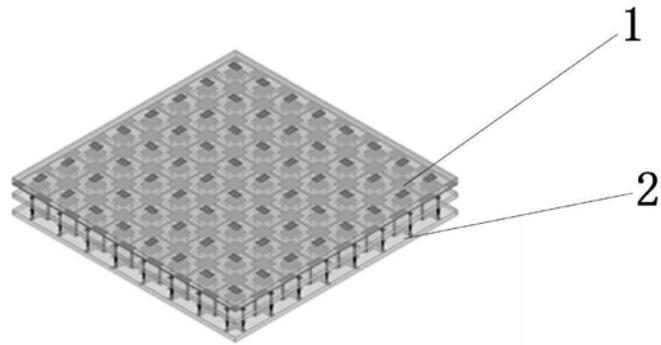
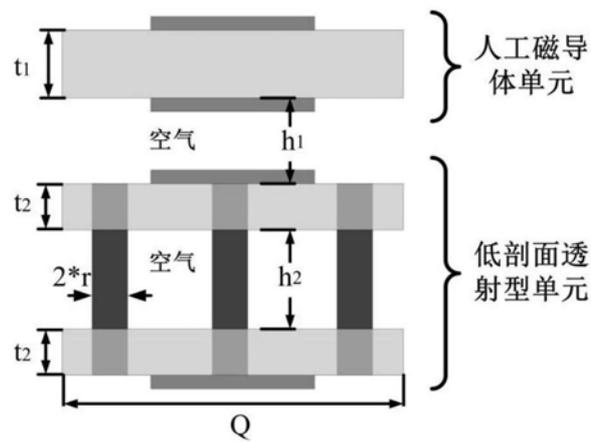
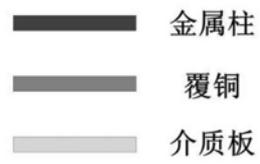
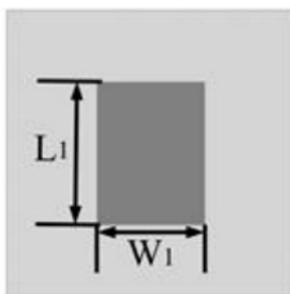


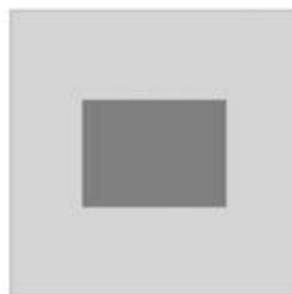
图1



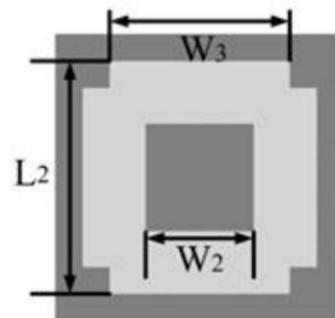
(a)



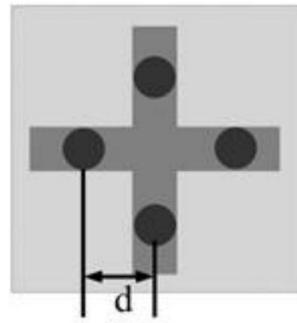
(b)



(c)



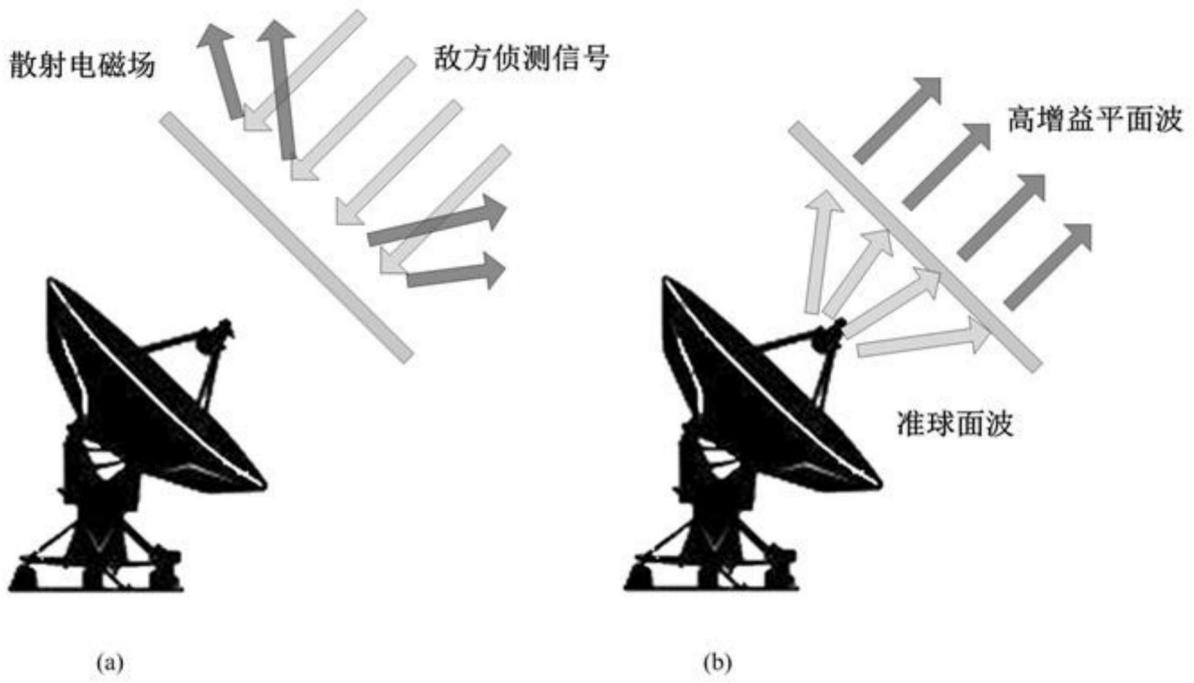
(d)



(e)

图2

—— 本发明



(a)

(b)

图3