

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 5 月 11 日 (11.05.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/075847 A1

- (51) 国际专利分类号:
E04B 2/00 (2006.01) *H01Q 15/08* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/094993
- (22) 国际申请日: 2015 年 11 月 19 日 (19.11.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510740921.6 2015 年 11 月 4 日 (04.11.2015) CN
- (71) 申请人: 苏州大学 (SOOCHOW UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国江苏省苏州市相城区经济学路 8 号, Jiangsu 215100 (CN)。
- (72) 发明人: 赖耘 (LAI, Yun); 中国江苏省苏州市相城区经济学路 8 号, Jiangsu 215100 (CN)。 姚忠琦 (YAO, Zhongqi); 中国江苏省苏州市相城区经济学路 8 号, Jiangsu 215100 (CN)。 罗杰 (LUO, Jie); 中国江苏省苏州市相城区经济学路 8 号, Jiangsu 215100 (CN)。
- (74) 代理人: 苏州市中南伟业知识产权代理事务所 (普通合伙) (CENTRAL SOUTH WELL INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国江苏省苏州

市工业园区若水路 388 号苏州纳米技术国家大学科技园 H-216 室 2 层, Jiangsu 215123 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条(3))。

[见续页]

(54) Title: IMPEDANCE MATCHING-BASED DEVICE WHICH DOES NOT BLOCK WIRELESS SIGNAL

(54) 发明名称: 基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置

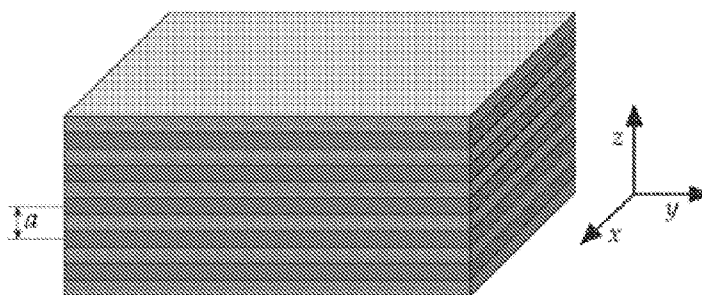


图 1

(57) Abstract: The present invention relates to an impedance matching-based device which does not block a wireless signal, formed by construction materials having two different dielectric constants and periodically stacked in one direction. The impedance matching-based device which does not block a wireless signal of the present invention may be designed as a wall body, and increases the permeability of microwaves such that no angle causes blockage of a wireless signal, thus accomplishing unobstructed transmission of wireless signals; in addition, the materials used to form the wall body are polypropylene and concrete; in contrast to a noble-metal aperture array series, a microscopic circuit electronic component is expanded to a macroscopic wall body application and manufacturing costs are significantly reduced at the same time.

(57) 摘要: 本发明涉及一种基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置, 由两种不同介电常数的建筑材料在一个方向上周期性堆叠形成。本发明的基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置可设计成墙体, 能够提高微波的透波性, 使得任意一个角度都不会阻挡无线信号, 实现了无线信号的无阻碍传输; 另外, 形成墙体的材料为聚丙烯和混凝土, 相比贵金属孔阵系列, 从微观的电路电子器件扩展到宏观墙体应用, 同时大大降低了制造成本。

WO 2017/075847 A1

- 包括关于援引加入遗漏部分和/或项目的信息(细则 20.6)。

基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置

技术领域

本发明涉及一种可供无线信号穿过的墙体，尤其涉及一种基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置。

背景技术

近年来，对微波的透波增强性研究主要集中于周期性金属结构。研究发现，当电磁波入射到亚波长金属孔/缝结构和周期褶皱结构上时，电磁波仍然可以透过金属，且在特定的频率出现了透波增强现象。目前除了亚波长孔阵列，在对亚波长单孔，如狭缝、圆孔、环形空中的研究也发现了透波增强现象。这些增强效应主要来自于小孔边界处激发的局域表面等离子体模式，从而对亚波长单孔产生的透波增强。但这些器件的材料主要取自贵金属，制备成本较高，相应也需要一定的维护措施，同时大多只适用于小型微波器件，如微带天线、微波集成电路等方面，缺少更为宏观的应用。

现有的对无线信号如 Wi-Fi 信号或 4G 信号的透波增强方法，主要是在信号源处进行增强，或是增设相应的设备。由于 Wi-Fi 信号或是手机 4G 信号在传输过程中，始终会受到砖头混凝土墙体的阻隔，主要是因为墙体阻抗与空气阻抗不匹配，目前增强 Wi-Fi 信号透墙的方法主要是将 Wi-Fi 参数设置成 802.11N、选择 MIMO 增强模式等从源头加强 Wi-Fi 信号，或是在信号传播过程中增配电力猫及无线 AP（Access Point，接入点）进行中继扩展，但此种做法设备投入较为昂贵。

现有技术的主要缺点在于：

1、现有 Wi-Fi 的发射频率有 2.4GHz 和 5GHz 两种，鉴于普通墙体主要由混凝土与砖头建造，阻抗往往与空气严重不匹配，故而造成 Wi-Fi 信道被阻，但选择从源头处提升 Wi-Fi 信号效果甚微，而且频率越高的信号波长越短，越难绕过墙体；

2、其他增强微波透波的方法如亚波长金属孔阵列，它的单孔形状、孔的大小数量以及阵列的周期、金属厚度、孔中介质的介电常数都会影响周期孔阵列的透波效应，但主要依托的机理是让金属孔表面的等离子体产生共振，增强透波，这类材料一般用于微型电子器件研制，价格昂贵；

3、其他如在传播途中添加一些中继设备，如电力猫或是无线 AP，虽然对于普通家庭来说投入资金或许不多，但对大公司企业来说，不光设备数目增加，线路铺设也必须重新规划，需要投入较多的人力物力。

有鉴于上述的缺陷，本设计人，积极加以研究创新，以期创设一种新型结构的基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置，使其更具有产业上的利用价值。

发明内容

为解决上述技术问题，本发明的目的是设计微波频段、宽角度、偏振无关的超透复合材料，该复合材料基于阻抗匹配原理，实现大角度范围内的超透，频率响应较宽且易于制备，对环境耐受性好，维护成本也较低，它不仅可以作为墙体对住宅分区，还能作为一堵有形的 Wi-Fi 透明墙实现信号覆盖而不需投入额外资金增设中继设备，降低建造成本。

为了达到上述目的，本发明采用的技术方案是提供一种基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置，由两种不同介电常数的建筑材料在一个方向上周期性堆叠形成。

进一步的，两所述建筑材料分别为聚丙烯、混凝土。

进一步的，两所述建筑材料按交替方式周期性堆叠。

借由上述方案，本发明的基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置可设计成墙体，能够提高微波的透波性，使得任意一个角度都不会阻挡无线信号，实现了无线信号的无阻碍传输；另外，形成墙体的材料为聚丙烯和混凝土，相比贵金属孔阵系列，从微观的电路电子器件扩展到宏观墙体应用，同时大大降低了制造成本。

上述说明仅是本发明技术方案的概述，为了能够更清楚了解本发明的技术手段，并可依照说明书的内容予以实施，以下以本发明的较佳实施例并配合附图详细说明如后。

附图说明

图 1 是本发明的结构示意图；

图 2 是本发明的最小周期的结构示意图；

图 3 是本发明的最小周期结构在四分之一 k 空间中的等阻抗曲线分布；

图 4 是图 3 等阻抗曲线分布对应的等频率曲线图；

图 5 (a) 是结构模拟图，图 5 (b) 表示仅含 ϵ_1 时的全角度透射响应与频率响应，图 5 (c) 表示仅含 ϵ_2 时的角度与频率响应的透射情况，图 5 (d)、(e) 是复合材料在 TE (a) 和 TM (b) 两种偏振波下的频率与角度响应透射图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例，对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明，但不用来限制本发明的范围。

本发明一较佳实施例所述的一种基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装

置，由聚丙烯（介电常数 $\varepsilon_1 = 2.3$ ）与混凝土（介电常数 $\varepsilon_2 = 9$ ）在一个方向上按交替方式周期性堆叠形成。如图 1 所示，聚丙烯与混凝土排布为 ABABABABA ······，只在 z 方向上呈周期排列， $d_{AB}=a$ ，a 指周期长度。

为测试电磁波进入本发明的复合材料时的阻抗，用 COMSOL Multiphysics 软件来进行理论模拟，它是一款以有限元法为基础的多物理场模拟软件。

为简化运算，我选取出一个最小周期性重复单元来进行研究，如图 2 所示。

宽频、宽角度的超透复合材料即意味着其阻抗能与背景阻抗完全匹配，由于选取的是一种对称结构，电场（或磁场）在其边界处的分布是均匀的，依据电动力学对阻抗的定义，用如下关系式来求出电磁波进入该复合材料时的阻抗

$$Z_x^{PC} \Big|_{z=0} = \frac{\int_L E^{PC} \cdot \hat{z} dy}{\int_L H^{PC} \cdot \hat{y} dy}, Z_y^{PC} \Big|_{z=0} = \frac{\int_L E^{PC} \cdot \hat{z} dy}{\int_L H^{PC} \cdot \hat{x} dy} \quad (1)$$

Z 表示阻抗，E、H 分别表示电场和磁场强度，x 表示入射方向，y 表示垂直于入射方向，z 垂直于 xy 平面，PC 表示该材料的简称光子晶体（Photonic Crystals）。同时空气阻抗可以通过麦克斯韦方程组求得

$$Z_z = |Z_0| = \frac{\mu_0}{\sqrt{k_0^2 - k_x^2}} \omega \quad (2)$$

w 表示圆频率， μ_0 表示真空中的磁导率，图 3 为该周期结构在四分之一 k 空间中的等阻抗曲线分布，可以看到，黑色最深处的区域即代表光子晶体阻抗与空气阻抗相等的地方，对应到该结构的等频率曲线中，如图 4 所示，其中颜色深浅表示频率大小，黑实线表示阻抗完全匹配时的频（ $f=8*c=2.4\text{GHz}$ ， $c=3e^8$ ），在图 4 横轴上 0.25 至 0.75 范围内的频率也几乎可以使得其阻抗与空气基本匹配，实现在光频段对光波的宽角度宽频无偏振透射。

参见图 5（a）所示的是结构模拟图， $\varepsilon_1 = 2.3$ ， $\varepsilon_2 = 9$ ，周期 $a=4.25\text{cm}$ ，其

中浅灰色表示 ϵ_1 部分， $d_1=0.6a$ ，深灰色表示 ϵ_2 部分， $d_2=0.4a$ ， θ 表示入射角，图5(b)表示仅含 ϵ_1 时的全角度透射响应与频率响应(10层透射)，图5(c)表示仅含 ϵ_2 时的角度与频率响应的透射情况(同样是10层透射)。可以看到在2GHz至2.7GHz，仅两种介质时的透射并不连续，高透部分的角度也很窄，而当把两种介质排布成如图5(a)这样的周期结构时(10层堆叠)，频率间的透射不连续可以消除一部分，相应的超透角度范围也变宽，如图5(d)和(e)所示，在Wi-Fi发射频率2.4GHz附近，无论是TE还是TM波都能实现近 0° 到 90° 的超透，实现对该频率Wi-Fi的“隐形”，另外该结构的频率响应也较宽，基本可以涵盖中国三大通信商的4G信号波段。

同时，用来制备该结构的材料在日常生活中也十分常见，主要是聚丙烯($\epsilon_1=2.3$)，混凝土($\epsilon_2=9$)，均是常用的建筑材料。混凝土作为墙体建筑材料具有良好的耐久性能，可塑性好强度高，而PP塑料(即聚丙烯)则具有低密度，良好的成型性能、力学性能以及抗弯曲疲劳性能，且无毒抗电压耐热防腐，具有基本的墙体材料特性，二者的价格也很便宜，制备该结构的工艺也并不困难(多层堆叠，可视具体墙厚而定)，能大大降低建造成本。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，并不用于限制本发明，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明技术原理的前提下，还可以做出若干改进和变型，这些改进和变型也应视为本发明的保护范围。

1、一种基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置，其特征在于：由两种不同介电常数的建筑材料在一个方向上周期性堆叠形成。

2、根据权利要求 1 所述的基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置，其特征在于：两所述建筑材料分别为聚丙烯、混凝土。

3、根据权利要求 2 所述的基于阻抗匹配的对无线信号无阻挡的装置，其特征在于：两所述建筑材料按交替方式周期性堆叠。

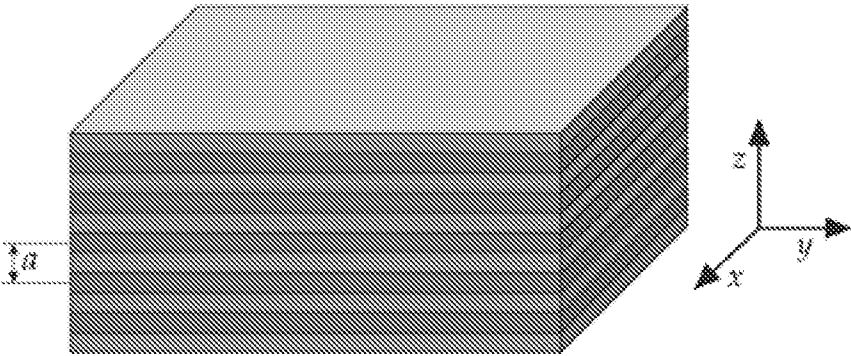


图 1



图 2

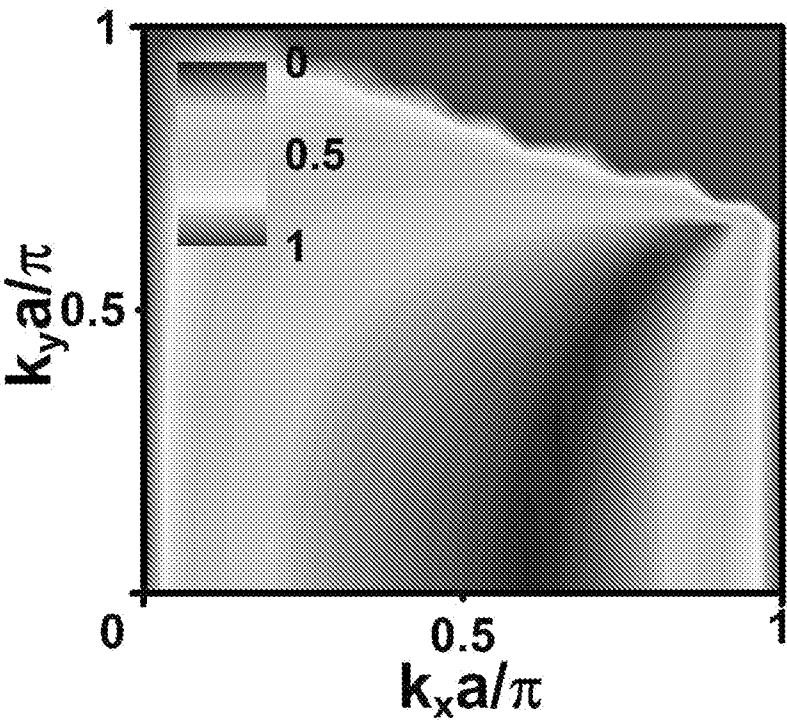


图 3

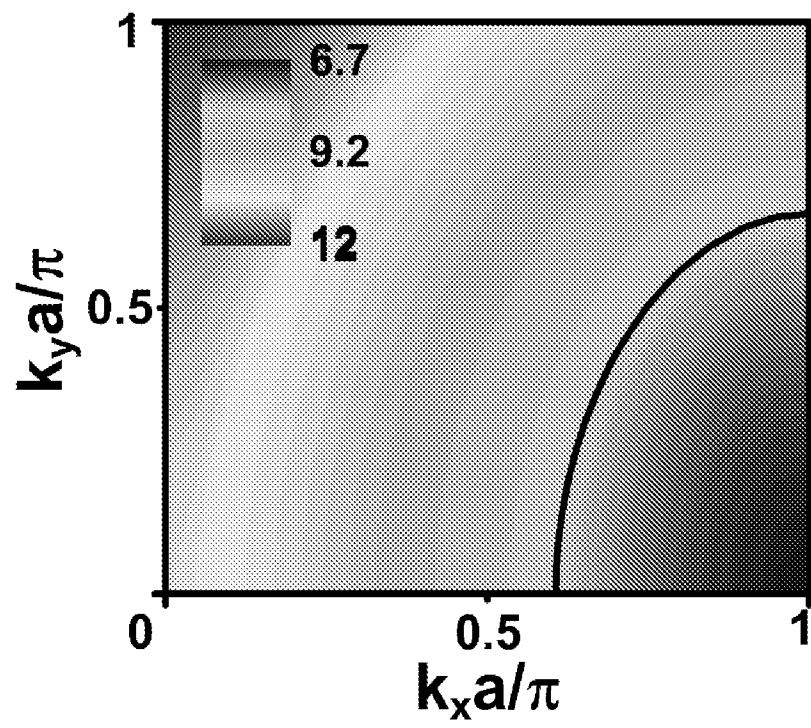


图 4

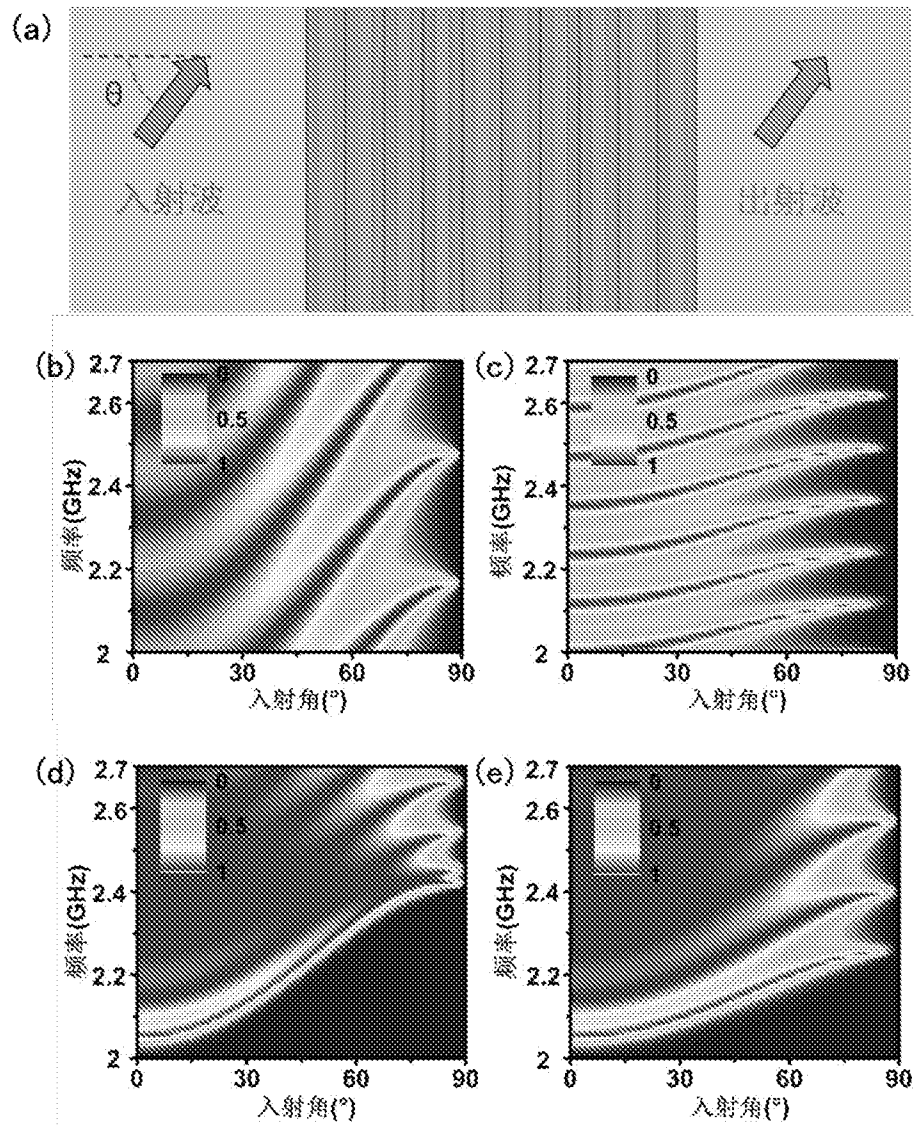


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2015/094993

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E04B 2/00 (2006.01) i; H01Q 15/08 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E04B, H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CNKI: building, dielectric constant/capacitvity, WIFI/WI-FI, VEN: matched impedance, material, architecture, dielectric constant, wireless, WIFI/WI-FI, microwave, polypropylene, concrete, period, pile

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101072145 A (CHINA MOBILE GROUP GUANGDONG COMPANY LIMITED) 14 November 2007 (14.11.2007) claim 1 and the abstract	1-3
A	CN 201243307 Y (FUJIAN CENTRON ELECTRONIC CO., LTD.) 02 May 2009 (20.05.2009) the whole document	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 05 July 2016	Date of mailing of the international search report 12 August 2016
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer HU, Xiangli Telephone No. (86-10) 62411489

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/094993

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101072145 A	14 November 2007	None	
CN 201243307 Y	20 May 2009	None	

A. 主题的分类 E04B 2/00(2006.01)i; H01Q 15/08(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类											
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) E04B, H01Q 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS, CNTXT, CNKI: 匹配阻抗, 材料, 建筑, 介电常数/电容率, 无线, WIFI/WI-FI, 微波, 聚丙烯, 混凝土, 周期, 堆叠 VEN: matched impedance, material, architecture, dielectric constant, wireless, WIFI/WI-FI, microwave, polypropylene, concrete, period, pile.											
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 101072145 A (中国移动通信集团广东有限公司) 2007年 11月 14日 (2007 - 11 - 14) 权利要求1、摘要</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 201243307 Y (福建先创电子有限公司) 2009年 5月 20日 (2009 - 05 - 20) 全文</td> <td>1-3</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 101072145 A (中国移动通信集团广东有限公司) 2007年 11月 14日 (2007 - 11 - 14) 权利要求1、摘要	1-3	A	CN 201243307 Y (福建先创电子有限公司) 2009年 5月 20日 (2009 - 05 - 20) 全文	1-3
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求									
A	CN 101072145 A (中国移动通信集团广东有限公司) 2007年 11月 14日 (2007 - 11 - 14) 权利要求1、摘要	1-3									
A	CN 201243307 Y (福建先创电子有限公司) 2009年 5月 20日 (2009 - 05 - 20) 全文	1-3									
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。											
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件											
国际检索实际完成的日期 2016年 7月 5日		国际检索报告邮寄日期 2016年 8月 12日									
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 胡向莉 电话号码 (86-10)62411489									

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/094993

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	101072145	A	2007年 11月 14日	无	
CN	201243307	Y	2009年 5月 20日	无	