

(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
2013 年 4 月 18 日 (18.04.2013)



(10) 国际公布号
WO 2013/053168 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 21/27 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/082512
- (22) 国际申请日: 2011 年 11 月 21 日 (21.11.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201110308833.0 2011 年 10 月 13 日 (13.10.2011) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 中国科学院上海微系统与信息技术研究所 (SHANGHAI INSTITUTE OF MICROSYSTEM AND INFORMATION TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国上海市长宁区长宁路 865 号, Shanghai 200050 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 谭智勇 (TAN, Zhiyong) [CN/CN]; 中国上海市长宁区长宁路 865 号, Shanghai

200050 (CN)。曹俊诚 (CAO, Juncheng) [CN/CN]; 中国上海市长宁区长宁路 865 号, Shanghai 200050 (CN)。周涛 (ZHOU, Tao) [CN/CN]; 中国上海市长宁区长宁路 865 号, Shanghai 200050 (CN)。陈镇 (CHEN, Zhen) [CN/CN]; 中国上海市长宁区长宁路 865 号, Shanghai 200050 (CN)。郭旭光 (GUO, Xu-guang) [CN/CN]; 中国上海市长宁区长宁路 865 号, Shanghai 200050 (CN)。张戎 (ZHANG, Rong) [CN/CN]; 中国上海市长宁区长宁路 865 号, Shanghai 200050 (CN)。

(74) 代理人: 上海光华专利事务所 (J.Z.M.C PATENT AND TRADEMARK LAW OFFICE); 中国上海市杨浦区国定路 335 号 5022 室余明伟, Shanghai 200433 (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU,

[见续页]

(54) Title: TRANSMISSIVE IMAGING APPARATUS AND IMAGING METHOD BASED ON TERAHERTZ QUANTUM DEVICE

(54) 发明名称: 基于太赫兹量子器件的透射成像装置及成像方法

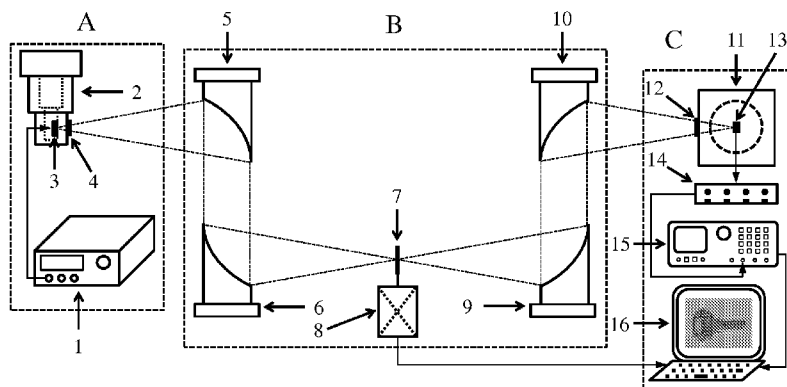


图 1 / FIG. 1

(57) Abstract: Disclosed are a transmissive imaging apparatus and an imaging method based on a terahertz quantum device. The imaging apparatus comprises: a light source part (A), an optical path part (B) and a measuring part (C). The light source part (A) comprises: a driving electric power source (1), a first cooler (2), a first heat sink (3) installed inside the first cooler (2), a terahertz quantum cascade laser installed on the first heat sink (3), and a first polyethylene window (4) installed on the first cooler (2). The optical path part (B) comprises: a first off-axis parabolic mirror (5), a second off-axis parabolic mirror (6), a two-dimensional motorized translation stage (8), a third off-axis parabolic mirror (9) and a fourth off-axis parabolic mirror (10). The measuring part (C) comprises: a second cooler (11), a second polyethylene window (12) installed on the second cooler (11), a second heat sink (13) installed inside the second cooler (11), a terahertz quantum well probe installed on the second heat sink (13), a signal processing circuit (14), an oscilloscope (15), and a computer (16). The imaging method uses the imaging apparatus to obtain a two-dimensional terahertz signature of a measured sample (7). The terahertz radiation source used by the imaging apparatus and the imaging method thereof can function in pulsed mode and, in addition, using a terahertz quantum well probe as a signal detector can effectively improve the imaging speed and imaging quality of the system.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2013/053168 A1



LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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。

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, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种基于太赫兹量子器件的透射成像装置及其成像方法, 该成像装置包括: 光源部分(A)、光路部分(B)和检测部分(C)。光源部分(A)包括: 驱动电源(1)、第一冷头(2)、安装于第一冷头(2)内的第一热沉(3)、安装于第一热沉(3)上的太赫兹量子级联激光器、安装于第一冷头(2)上的第一聚乙烯窗片(4)。光路部分(B)包括: 第一离轴抛物镜(5)、第二离轴抛物镜(6)、二维电动平移台(8)、第三离轴抛物镜(9)和第四离轴抛物镜(10)。检测部分(C)包括: 第二冷头(11)、安装于第二冷头(11)上的第二聚乙烯窗片(12)、安装于第二冷头(11)内的第二热沉(13)、安装于第二热沉(13)上的太赫兹量子阱探测器、信号处理电路(14)、示波器(15)和计算机(16)。该成像方法采用上述成像装置获得被测样品的(7)的二维太赫兹信号强度图。该成像装置及其成像方法采用的太赫兹辐射源可工作于脉冲模式, 并且采用太赫兹量子阱探测器作为信号检测器, 从而可有效地提高系统的成像速度和成像质量。

基于太赫兹量子器件的透射成像装置及成像方法

技术领域

本发明属于太赫兹应用技术领域，涉及一种成像装置，具体涉及一种基于太赫兹量子器件的透射成像装置及成像方法。

背景技术

随着光子学和纳米技术领域的不断革新，太赫兹（THz， $1\text{THz}=10^{12}\text{Hz}$ ）波在信息通信技术、国家安全、生物医学、无损检测、食品和农产品的质量控制、全球性环境监测等方面取得了较快发展，并被认为在上述领域中具有重大的应用前景和应用价值。近年来，随着对 THz 频段重要辐射源和探测器——THz 量子级联激光器（terahertz quantum-cascade laser, THz QCL）和量子阱探测器（terahertz quantum-well photodetector, THz QWP）研究的深入，基于 THz 量子器件的应用研究也取得了重要进展，如基于 THz QCL 和热探测器阵列的实时成像技术、基于 THz QCL 和 THz QWP 的无线传输技术、基于 THz QWP 的脉冲型 THz QCL 功率测量技术等等。在以 THz QCL 为辐射源的成像技术中，目前采用的检测器大多数为 THz 热探测器，如 Golay Cell、焦热电探测器、bolometer 探测器等。

透射成像是 THz 成像方式的一种，在成像过程中 THz 辐射源的输出功率越大越稳定，对应可达到的成像质量会越好。从现有的技术水平来看，同等条件下脉冲激射型 THz QCL 的峰值功率比连续激射型器件的输出功率大很多，因此我们期望采用脉冲激射的 THz QCL 为辐射源，以获得更好的成像质量。但由于上述 THz 热探测器的响应速度比较慢，难以实现脉冲激射型 THz QCL（通常为脉冲频率 5 kHz，脉宽为 1 μs ）为辐射源情况下的成像。另外，上述热探测器的响应频率范围非常宽，在成像过程中容易受环境噪声的干扰而影响成像质量。THz QWP 是一种与 THz QCL 工作频率范围非常匹配的低维半导体探测器，THz QWP 对可探测范围内的 THz 光的响应速率可达 GHz 量级（ns 量级），非常适合在脉冲激射型 THz QCL 为辐射源的成像系统中作为 THz 光的检测器。另外，与 THz 热探测器的光响应范围相比，THz QWP 的光响应谱非常窄，无论是在连续 THz 辐射源还是脉冲 THz 辐射源情况下，THz QWP 器件均具有很好的滤光功能，可有效消除噪声信号的干扰，提高成像质量。

发明内容

鉴于以上所述现有技术的缺点，本发明的目的在于提供一种基于太赫兹量子器件的透射成像装置及成像方法，该成像装置及成像方法可以使成像装置中的太赫兹辐射源工作于脉冲模式，且装置中采用太赫兹量子阱探测器作为信号检测器可有效提高系统的成像速度和成像质量。

为实现上述目的及其他相关目的，本发明提供一种基于太赫兹量子器件的透射成像装置及成像方法。

一种基于太赫兹量子器件的透射成像装置，包括光源部分、光路部分、检测部分；

所述光源部分包括：

驱动电源，用以输出电信号；

第一冷头，用以提供低温环境；

第一热沉，安装于所述第一冷头内，用以导热；

太赫兹量子级联激光器，安装于所述第一热沉上，用以在所述电信号的触发下辐射出太赫兹光；

第一聚乙烯窗片，安装于所述第一冷头上，用以使所述太赫兹光通过第一聚乙烯窗片射出；

所述光路部分包括：

第一离轴抛物镜，用以收集并反射经所述第一聚乙烯窗片射出的太赫兹光；

第二离轴抛物镜，用以接收并反射经所述第一离轴抛物镜反射过来的太赫兹光，使太赫兹光穿过被测样品；

二维电动平移台，用以放置被测样品，并通过移动使被测样品的各个部位位于第二离轴抛物镜和第三离轴抛物镜的共同焦点处；

第三离轴抛物镜，用以接收并反射经所述被测样品处透射过来的太赫兹光；

第四离轴抛物镜，用以接收并反射经所述第三离轴抛物镜反射过来的太赫兹光；

所述检测部分包括：

第二冷头，用以提供低温环境；

第二聚乙烯窗片，安装于第二冷头上，用以使所述第四离轴抛物镜反射过来的太赫兹光进入所述第二冷头内；

第二热沉，安装于第二冷头内，用以导热；

太赫兹量子阱探测器，安装于第二热沉上，用以接收从第二聚乙烯窗片透射过来的太赫兹光，并产生相应的电流信号；

信号处理电路，与所述太赫兹量子阱探测器连接，用以将所述电流信号提取为电压信号，并进行放大；

示波器，与信号处理电路连接，用以对所述电压信号进行读取和显示；

计算机，与信号处理电路和二维电动平移台连接，用以将示波器显示的电压值与被测样品的位置信息一一对应，得到被测样品的二维太赫兹信号强度图。

作为本发明的一种优选方案，所述太赫兹量子级联激光器的激射频率范围覆盖 1.2-5.0 THz，所述太赫兹量子阱探测器的工作频率范围覆盖 2.0-10.0 THz。

作为本发明的另一种优选方案，所述太赫兹量子阱探测器为光电导型低维半导体探测器，太赫兹量子阱探测器的有源区是通过在半绝缘 GaAs 衬底上交替生长 GaAs 层和 AlGaAs 层的方式形成的。

作为本发明的再一种优选方案，所述太赫兹量子阱探测器的有源区包括 23 个周期结构，每个周期结构包含交替生长的 GaAs 层和 $\text{Al}_{0.015}\text{Ga}_{0.985}\text{As}$ 层各一层。

作为本发明的再一种优选方案，所述太赫兹量子阱探测器的峰值探测频率为 3.22 THz，太赫兹量子阱探测器光响应谱的半高宽为 1.63 THz。

作为本发明的再一种优选方案，所述太赫兹量子级联激光器的有源区是通过在半绝缘 GaAs 衬底上交替生长 GaAs 层和 AlGaAs 层的方式形成的。

作为本发明的再一种优选方案，所述太赫兹量子级联激光器的有源区为四阱共振声子结构，所述四阱共振声子结构包括 178 个周期结构，每个周期结构包含交替生长的 GaAs 层和 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 层各四层。

作为本发明的再一种优选方案，所述太赫兹量子级联激光器的激射频率范围为 4.02-4.13 THz。

作为本发明的再一种优选方案，所述第一聚乙烯窗片和第二聚乙烯窗片均采用高强度聚乙烯材料；所述第一聚乙烯窗片和第二聚乙烯窗片均通过将灌制的高强度聚乙烯圆柱形材料进行切割、研磨和抛光而制成。

作为本发明的再一种优选方案，所述第一离轴抛物镜、第二离轴抛物镜、第三离轴抛物镜、第四离轴抛物镜的反射面均为 90 度离轴镀金抛物面。

作为本发明的再一种优选方案，所述二维电动平移台为可编程电控二维平移台。

作为本发明的再一种优选方案，所述驱动电源为可编程电压源或电流源。

作为本发明的再一种优选方案，所述信号处理电路包括电压放大器、供电电池、分压电阻、电路连接线；所述供电电池、分压电阻与太赫兹量子阱探测器串联为闭合回路，所述电压放大器与分压电阻并联。

作为本发明的再一种优选方案，所述示波器为数字示波器。

作为本发明的再一种优选方案，所述计算机为常用实验室电脑。

一种基于太赫兹量子器件的透射成像装置的成像方法，包括以下步骤：

步骤一，将被测样品安装于二维电动平移台上，控制移动二维电动平移台使被测样品置于光路部分的第二离轴抛物镜和第三离轴抛物镜的共同焦点处，并使被测样品表面垂直于太赫兹光的传播方向；

步骤二，驱动电源给太赫兹量子级联激光器施加电压或电流至超过阈值电压或阈值电流，使太赫兹量子级联激光器辐射出太赫兹光；所述太赫兹光经过第一聚乙烯窗片后到达第一离轴抛物镜上；

步骤三，第一离轴抛物镜将所述太赫兹光反射至第二离轴抛物镜；所述第二离轴抛物镜将所述太赫兹光反射至被测样品上，太赫兹光透过被测样品后到达第三离轴抛物镜；所述第三离轴抛物镜将太赫兹光反射至所述第四离轴抛物镜；所述第四离轴抛物镜将太赫兹光反射至检测部分；

步骤四，所述太赫兹光透过所述检测部分的第二聚乙烯窗片后到达第二热沉上的太赫兹量子阱探测器的敏感面上；所述太赫兹量子阱探测器对入射的太赫兹光响应后产生相应的电流信号；所述信号处理电路将所述电流信号提取为电压信号，并将所述电压信号放大后输入示波器中进行读取和显示；

步骤五，计算机对所述示波器中的显示信号进行提取，并将获取的信号与被测样品的位置信息进行一一对应，得到被测样品的二维太赫兹信号强度图。

如上所述，本发明所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置及成像方法，具有以下有益效果：

(1) 本发明采用了工作频率范围与太赫兹量子级联激光器激射频率范围相匹配的太赫兹量子阱探测器作为成像装置的检测器，该探测器所具有的快速响应能力使其对脉冲太赫兹光的探测效果非常好，可实现脉冲激射型太赫兹量子级联激光器为辐射

源情况下的太赫兹透射成像过程;

(2) 本发明采用的太赫兹量子阱探测器为半导体窄谱探测器, 在成像过程中具有很好的滤光功能, 可以有效减少外界噪声信号对成像结果的影响, 使太赫兹透射成像的效果更好;

(3) 本发明采用了在太赫兹频段有很好的反射(或透射)特性的光学附件, 可以使测量装置达到尽可能大的太赫兹光收集效率。

附图说明

图 1 为本发明所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置的结构示意图。

图 2 为厚度分别为 1.8 mm 和 5.0 mm 聚乙烯窗片在 2.0-5.0 THz 光频段的透射谱示意图。

图 3 为太赫兹量子阱探测器的光响应谱与太赫兹量子级联激光器激光发射谱的对比图。

图 4 为未放被测样品时太赫兹量子级联激光器驱动信号与太赫兹量子阱探测器对太赫兹辐射响应信号的归一化对比示意图。

图 5 为未放被测样品时太赫兹量子级联激光器脉冲驱动信号与太赫兹量子阱探测器对脉冲太赫兹辐射响应信号的归一化对比, 其中插图方框范围内的局部放大图。

图 6 为采用太赫兹量子级联激光器为辐射源、太赫兹量子阱探测器为检测器, 测量得到的信封内钥匙的二维太赫兹信号强度图, 图中强度值为原始信号取 lg 对数后的值。

元件标号说明

- | | |
|-------------|------------|
| A、光源部分; | B、光路部分; |
| C、检测部分; | 1、驱动电源; |
| 2、第一冷头; | 3、第一热沉; |
| 4、第一聚乙烯窗片; | 5、第一离轴抛物镜; |
| 6、第二离轴抛物镜; | 7、被测样品; |
| 8、二维电动平移台; | 9、第三离轴抛物镜; |
| 10、第四离轴抛物镜; | 11、第二冷头; |
| 12、第二聚乙烯窗片; | 13、第二热沉; |

14、信号处理电路；

15、示波器；

16、计算机。

具体实施方式

以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用，在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

请参阅附图。需要说明的是，本实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想，遂图式中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制，其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变，且其组件布局型态也可能更为复杂。

下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细说明。

实施例一

本实施例提供一种基于太赫兹量子器件的透射成像装置，如图 1 所示，该成像装置包括光源部分 A、光路部分 B 和检测部分 C。

所述光源部分包括：

驱动电源，用以输出电信号；

第一冷头，用以提供低温环境；

第一热沉，安装于所述第一冷头内，用以导热；

太赫兹量子级联激光器，安装于所述第一热沉上，用以在所述电信号的触发下辐射出太赫兹光；

第一聚乙烯窗片，安装于所述第一冷头上，用以使所述太赫兹光通过第一聚乙烯窗片射出；

所述光路部分包括：

第一离轴抛物镜，用以收集并反射经所述第一聚乙烯窗片射出的太赫兹光；

第二离轴抛物镜，用以接收并反射经所述第一离轴抛物镜反射过来的太赫兹光，使太赫兹光穿过被测样品；

二维电动平移台，用以放置被测样品，并通过移动使被测样品的各个部位位于第

二离轴抛物镜和第三离轴抛物镜的共同焦点处；

第三离轴抛物镜，用以接收并反射经所述被测样品处透射过来的太赫兹光；

第四离轴抛物镜，用以接收并反射经所述第三离轴抛物镜反射过来的太赫兹光；

所述检测部分包括：

第二冷头，用以提供低温环境；

第二聚乙烯窗片，安装于第二冷头上，用以使所述第四离轴抛物镜反射过来的太赫兹光进入所述第二冷头内；

第二热沉，安装于第二冷头内，用以导热；

太赫兹量子阱探测器，安装于第二热沉上，用以接收从第二聚乙烯窗片透射过来的太赫兹光，并产生相应的电流信号；

信号处理电路，与所述太赫兹量子阱探测器连接，用以将所述电流信号提取为电压信号，并进行放大；

示波器，与信号处理电路连接，用以对所述电压信号进行读取和显示；

计算机，与信号处理电路和二维电动平移台连接，用以将示波器显示的电压值与被测样品的位置信息一一对应，得到被测样品的二维太赫兹信号强度图。

下面分别对光源部分 A、光路部分 B 和检测部分 C 进行详细描述。

【光源部分 A】

光源部分 A 包括：驱动电源 1、第一冷头 2、安装于所述第一冷头 2 内的第一热沉 3、安装于第一热沉 3 上的太赫兹量子级联激光器、以及第一聚乙烯窗片 4；所述第一聚乙烯窗片 4 安装于所述第一冷头 2 上使所述太赫兹量子级联激光器发射出的太赫兹光通过第一聚乙烯窗片 4 射出。

驱动电源 1

所述驱动电源 1 为可编程脉冲电压源，用以输出电压脉冲信号。所述电压脉冲信号的电压范围为 1.00 V-50.0 V，脉宽调节范围为 10.0 ns-150 ms，脉冲重复频率范围为 1 Hz-15.00 MHz，脉冲占空比调节范围为 0.1%-100%。

第一冷头 2

提供低温环境的第一冷头 2 为闭循环机械制冷系统的一部分，其最低温度可以达到 9 K。

第一热沉 3

所述第一热沉 3 为铜质材料，在低温技术领域常作为微型器件的导热体。

太赫兹量子级联激光器

所述太赫兹量子级联激光器的有源区为“四阱共振声子”结构，通过分子束外延方法在半绝缘的 GaAs 衬底上交替生长 GaAs 层和 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 层的方式形成。有源区总共有 178 个周期结构，每个周期结构内包含交替生长的 GaAs 层和 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 层各四层，器件尺寸为 $1\text{ mm} \times 40\text{ }\mu\text{m}$ (长×宽)，器件可激射频率的范围为 4.02-4.13 THz。本实施例中太赫兹量子级联激光器的激射频率优选为 4.13 THz，器件工作时的温度为 10 K。

第一聚乙烯窗片 4

所述第一聚乙烯窗片 4 为高强度聚乙烯 (HDPE) 材料，第一聚乙烯窗片 4 是通过灌制的 HDPE 圆柱形材料进行切割、研磨和抛光而制成，窗片直径为 60 mm，厚度为 5.0 mm，对 4.13 THz 电磁波的透过率为 56%，如图 2 所示。

【光路部分 B】

光路部分 B 包括：第一离轴抛物镜 5、第二离轴抛物镜 6、被测样品 7、二维电动平移台 8、第三离轴抛物镜 9 以及第四离轴抛物镜 10。

第一离轴抛物镜 5

所述第一离轴抛物镜 5 收集经所述第一聚乙烯窗片 4 射出的太赫兹光，并使该太赫兹光反射至第二离轴抛物镜 6。

第二离轴抛物镜 6

所述第二离轴抛物镜 6 接收经所述第一离轴抛物镜 5 反射过来的太赫兹光，并使该太赫兹光穿过被测样品 7。

被测样品 7、二维电动平移台 8

被测样品 7 放置于二维电动平移台 8 上，所述二维电动平移台 8 通过移动使被测样品 7 位于第二离轴抛物镜 6 和第三离轴抛物镜 9 的共同焦点处。

所述二维电动平移台为 X-Z 型，最大承重为 10 kg，X 轴和 Z 轴行程均为 50 mm，重复定位精度为 0.002 mm，平移台控制电机的规格为 2 相 42 步进电机，其整步运行分辨率为 2.5 μm 。

第三离轴抛物镜 9

所述第三离轴抛物镜 9 接收经所述被测样品 7 处透射过来的太赫兹光，并使该太赫兹光反射至第四离轴抛物镜 10。

第四离轴抛物镜 10

所述第四离轴抛物镜 10 接收经所述第三离轴抛物镜 9 反射过来的太赫兹光，并使该太赫兹光反射至所述检测部分 C。

其中，第一离轴抛物镜 5、第二离轴抛物镜 6、第三离轴抛物镜 9 和第四离轴抛物镜 10 均为 90 度离轴抛物镜，其反射的有效焦距均为 101.6 mm，反射面均为镀金抛物面，其对 4.13 THz 电磁波的反射率均为 98%。

【检测部分 C】

检测部分 C 包括：第二冷头 11、安装于第二冷头 11 上的第二聚乙烯窗片 12、安装于第二冷头 11 内的第二热沉 13、安装于第二热沉 13 上的太赫兹量子阱探测器、与所述太赫兹量子阱探测器连接的信号处理电路 14、与所述信号处理电路 14 连接的示波器 15、以及与所述示波器 15 和二维电动平移台 8 连接的计算机 16。

第二冷头 11、第二聚乙烯窗片 12

所述第二聚乙烯窗片 12 使所述第四离轴抛物镜 10 反射过来的太赫兹光进入所述第二冷头 11 内，并到达所述太赫兹量子阱探测器的敏感面上。

提供低温环境的第二冷头 11 为闭循环机械制冷系统的一部分，其最低温度可以达到 3 K；第二聚乙烯窗片 12 为高强度聚乙烯（HDPE）材料，第二聚乙烯窗片 12 是通过灌制的 HDPE 圆柱形材料进行切割、研磨和抛光而制成，窗片直径为 35 mm，厚度为 1.8 mm，对 4.13 THz 电磁波的透过率为 75%，如图 2 所示。

第二热沉 13

所述的第二热沉 13 为铜质材料，在低温技术领域常作为微型器件的导热体。

太赫兹量子阱探测器

所述太赫兹量子阱探测器接收从第二聚乙烯窗片 12 透射过来的太赫兹光，并产生相应的电流信号。

所述太赫兹量子阱探测器为光电导型低维半导体探测器，其有源区采用分子束外延方法在半绝缘的 GaAs 衬底上交替生长 GaAs 层和 $\text{Al}_{0.015}\text{Ga}_{0.985}\text{As}$ 层而形成；有源区总共有 23 个周期结构，每个周期结构内包含交替生长的 GaAs 层和 $\text{Al}_{0.015}\text{Ga}_{0.985}\text{As}$ 层各一层，器件尺寸为 $800\ \mu\text{m} \times 800\ \mu\text{m}$ （长×宽），器件的峰值探测频率为 3.22 THz，探测器光响应谱的半高宽为 1.63 THz，即归一化光响应幅度 $\geq 50\%$ 所对应的频率宽度，所对应的频率范围为：3.08-4.71 THz，其在 4.13 THz 处的响应幅度为归一化光响应幅度的 67%，如图 3 所示。器件的工作温度为 4.2 K，外加偏压为 25 mV。

信号处理电路 14

所述信号处理电路 14 将所述电流信号提取为电压信号，并进行放大。

所述信号处理电路 14 包括电压放大器、供电电池、分压电阻、电路连接线；所述供电电池、分压电阻与太赫兹量子阱探测器串联为闭合回路，并采用电压放大器提取分压电阻两端的电压。其中，电压放大器的耦合方式为直流耦合，放大倍数为 2 倍；所述供电电池为 5 号干电池；分压电阻的阻值为 10 M Ω 。

示波器 15

所述示波器 15 对所述信号处理电路 14 的输入电压信号进行读取和显示。所述示波器 15 为数字示波器，其主要参数为：4 个可测量通道，500 MHz 测量带宽，4 Gsa/s 采样速率以及标准的 8 Mpts 存储深度。

计算机 16

所述计算机 16 与示波器 15、二维电动平移台 8 分别通信相连，用以将示波器 15 显示的电压值与被测样品 7 的位置信息一一对应，得到被测样品 7 的二维太赫兹信号强度图；同时，计算机 16 控制二维电动平移台 8 的移动。所述计算机 16 可以为常用实验室电脑，如笔记本电脑。

本发明所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置可用于被测样品的太赫兹二维透射成像，其采用了工作频率范围与太赫兹量子级联激光器激射频率范围相匹配、且具有快速响应能力和窄谱特性的太赫兹量子阱探测器作为成像装置的检测器，采用了对太赫兹光吸收弱的聚乙烯材料作为窗片和对太赫兹光反射率较高的镀金离轴抛物镜作为太赫兹光的收集和反射装置。

本发明所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置通过二维移动样品可以在太赫兹量子阱探测器上得到样品上不同位置处的信号强度，将信号强度与样品位置信息进行综合处理后可以得到样品在太赫兹光照射下的二维透射成像结果。

此外，本发明采用太赫兹量子阱探测器作为成像的检测器，可以有效地提高太赫兹透射成像的成像速度和成像质量。

实施例二

本实施例提供实施例一所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置的一种成像方法，该成像方法包括如下步骤：

步骤一，采用夹具将被测样品安装于二维电动平移台上，并将被测样品置于光路部分的第二离轴抛物镜和第三离轴抛物镜的共同焦点处，使被测样品表面垂直于太赫兹光的传播方向。

采用笔记本电脑控制 X-Z 型二维电动平移台的移动，使被测样品的各个部位在焦点处被太赫兹光穿透，同时将被测样品处于焦点处部位的位置信息记录在笔记本电脑中。二维电动平移台在 X 方向的移动步长为 1.0 mm，移动的总长度为 30 mm，在 Z 方向的移动步长为 1.0 mm，移动的总长度为 30 mm。

步骤二，采用可编程脉冲电压源给安装于光源部分第一热沉上的太赫兹量子级联激光器施加幅度为 12.5 V、周期为 800 ms（对应重复频率为 1.25 Hz，此频率下激光器工作于准连续模式）、脉冲宽度为 50 ms 的电压脉冲信号后（见图 4，为使对比效果明显，图中激光器的驱动电压信号被归一化），所述太赫兹量子级联激光器辐射出周期为 800 ms（对应重复频率为 1.25 Hz）、脉冲宽度为 50 ms 的脉冲太赫兹光（激光频率为 4.13 THz），脉冲太赫兹光经过第一聚乙烯窗片后到达第一离轴抛物镜上。

步骤三，所述第一离轴抛物镜接收经所述第一聚乙烯窗片射出的脉冲太赫兹光，并使该脉冲太赫兹光反射至第二离轴抛物镜；所述第二离轴抛物镜接收经所述第一离轴抛物镜反射过来的脉冲太赫兹光，并使该脉冲太赫兹光反射至被测样品上，脉冲太赫兹光透过被测样品后到达第三离轴抛物镜；所述第三离轴抛物镜接收从被测样品透射过来的脉冲太赫兹光，并将该脉冲太赫兹光反射至所述第四离轴抛物镜；所述第四离轴抛物镜接收经所述第三离轴抛物镜反射过来的脉冲太赫兹光，并使该脉冲太赫兹光反射至检测部分。

步骤四，经所述第四离轴抛物镜反射过来的脉冲太赫兹光透过所述检测部分的第二聚乙烯窗片后到达所述第二热沉上的太赫兹量子阱探测器的敏感面上；所述检测部分的太赫兹量子阱探测器对所述第四离轴抛物镜反射过来的脉冲太赫兹光进行快速响应后产生相应的脉冲电流信号；所述信号处理电路将所述脉冲电流信号提取为脉冲电压信号（周期为 800 ms、脉冲宽度为 50 ms），并将该脉冲电压信号放大后输入所述示波器中进行读取和显示，显示结果如图 4 所示。为了体现探测器的响应性能，我们还测量了太赫兹量子级联激光器工作于脉冲模式（脉冲周期 500 μ s，脉冲宽度 5 μ s）下太赫兹量子阱探测器的响应结果，如图 5 所示。所述示波器对该脉冲电压信号进行读取和显示后可得到该脉冲电压信号的幅度，该脉冲电压信号幅度的大小反映了太赫兹量子阱探测器对脉冲太赫兹光响应的强弱。

步骤五，所述检测部分的计算机（如笔记本电脑）对所述示波器中显示信号的幅度进行提取，并将获取的电压信号幅度与被测样品的位置信息进行一一对应，得到被测样品的二维太赫兹信号强度图，如图 6 所示，最终完成基于太赫兹光的二维透射成像。图 6 中的被测样品为钥匙。

本发明的优点在于：采用了具有快速响应能力、工作频率范围与太赫兹量子级联激光器激射频率范围相匹配的太赫兹量子阱探测器作为成像装置的检测器，可以很好地实现脉冲激射型太赫兹量子级联激光器作为辐射源情况下的太赫兹透射成像，并提高成像速度；另外，由于太赫兹量子阱探测器本身所具有的窄谱特性，可有效地减少外界噪声信号的干扰和影响，提高太赫兹透射成像的成像质量。

所以，本发明有效克服了现有技术中的诸多缺点而具有潜在的产业利用价值。

上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效，而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰或改变。因此，举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变，仍应由本发明的权利要求所涵盖。

权利要求书

1、一种基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于，包括：

光源部分（A），所述光源部分（A）包括：

驱动电源（1），用以输出电信号；

第一冷头（2），用以提供低温环境；

第一热沉（3），安装于所述第一冷头（2）内，用以导热；

太赫兹量子级联激光器，安装于所述第一热沉（3）上，用以在所述电信号的触发下辐射出太赫兹光；

第一聚乙烯窗片（4），安装于所述第一冷头（2）上，用以使所述太赫兹光通过第一聚乙烯窗片（4）射出；

光路部分（B），所述光路部分（B）包括：

第一离轴抛物镜（5），用以收集并反射经所述第一聚乙烯窗片（4）射出的太赫兹光；

第二离轴抛物镜（6），用以接收并反射经所述第一离轴抛物镜（5）反射过来的太赫兹光，使太赫兹光穿过被测样品（7）；

二维电动平移台（8），用以放置被测样品（7），并通过移动使被测样品（7）的各个部位位于第二离轴抛物镜（6）和第三离轴抛物镜（9）的共同焦点处；

第三离轴抛物镜（9），用以接收并反射经所述被测样品（7）处透射过来的太赫兹光；

第四离轴抛物镜（10），用以接收并反射经所述第三离轴抛物镜（9）反射过来的太赫兹光；

检测部分（C），所述检测部分（C）包括：

第二冷头（11），用以提供低温环境；

第二聚乙烯窗片（12），安装于第二冷头（11）上，用以使所述第四离轴抛物镜（10）反射过来的太赫兹光进入所述第二冷头（11）内；

第二热沉（13），安装于第二冷头（11）内，用以导热；

太赫兹量子阱探测器，安装于第二热沉（13）上，用以接收从第二聚乙

烯窗片（12）透射过来的太赫兹光，并产生相应的电流信号；

信号处理电路（14），与所述太赫兹量子阱探测器连接，用以将所述电流信号提取为电压信号，并进行放大；

示波器（15），与信号处理电路（14）连接，用以对所述电压信号进行读取和显示；

计算机（16），与信号处理电路（14）和二维电动平移台（8）连接，用以将示波器（15）显示的电压值与被测样品（7）的位置信息一一对应，得到被测样品（7）的二维太赫兹信号强度图。

- 2、根据权利要求 1 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述太赫兹量子级联激光器的激射频率范围覆盖 1.2-5.0 THz，所述太赫兹量子阱探测器的工作频率范围覆盖 2.0-10.0 THz。
- 3、根据权利要求 2 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述太赫兹量子阱探测器为光电导型低维半导体探测器，太赫兹量子阱探测器的有源区是通过在半绝缘 GaAs 衬底上交替生长 GaAs 层和 AlGaAs 层的方式形成的。
- 4、根据权利要求 3 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述太赫兹量子阱探测器的有源区包括 23 个周期结构，每个周期结构包含交替生长的 GaAs 层和 $\text{Al}_{0.015}\text{Ga}_{0.985}\text{As}$ 层各一层。
- 5、根据权利要求 4 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述太赫兹量子阱探测器的峰值探测频率为 3.22 THz，太赫兹量子阱探测器光响应谱的半高宽为 1.63 THz。
- 6、根据权利要求 1 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述太赫兹量子级联激光器的有源区是通过在半绝缘 GaAs 衬底上交替生长 GaAs 层和 AlGaAs 层的方式形成的。

- 7、根据权利要求 6 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述太赫兹量子级联激光器的有源区为四阱共振声子结构，所述四阱共振声子结构包括 178 个周期结构，每个周期结构包含交替生长的 GaAs 层和 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 层各四层。
- 8、根据权利要求 7 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述太赫兹量子级联激光器的激射频率范围为 4.02-4.13 THz。
- 9、根据权利要求 1 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述第一聚乙烯窗片（4）和第二聚乙烯窗片（12）均采用高强度聚乙烯材料；
所述第一聚乙烯窗片（4）和第二聚乙烯窗片（12）均通过将灌制的高强度聚乙烯圆柱形材料进行切割、研磨和抛光而制成。
- 10、 根据权利要求 1 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述第一离轴抛物镜（5）、第二离轴抛物镜（6）、第三离轴抛物镜（9）、第四离轴抛物镜（10）的反射面均为 90 度离轴镀金抛物面。
- 11、 根据权利要求 1 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述二维电动平移台（8）为可编程电控二维平移台。
- 12、 根据权利要求 1 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述驱动电源（1）为可编程电压源或电流源。
- 13、 根据权利要求 1 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：
所述信号处理电路（14）包括电压放大器、供电电池、分压电阻、电路连接线；所述供电电池、分压电阻与太赫兹量子阱探测器串联为闭合回路，所述电压放大器与分压电阻并联。
- 14、 根据权利要求 1 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在

于：所述示波器（15）为数字示波器。

15、 根据权利要求 1 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置，其特征在于：所述计算机（16）为常用实验室电脑。

16、 一种权利要求 1 所述的基于太赫兹量子器件的透射成像装置的成像方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤一，将被测样品（7）安装于二维电动平移台（8）上，控制移动二维电动平移台（8）使被测样品（7）置于光路部分（B）的第二离轴抛物镜（6）和第三离轴抛物镜（9）的共同焦点处，并使被测样品（7）表面垂直于太赫兹光的传播方向；

步骤二，驱动电源（1）给太赫兹量子级联激光器施加电压或电流至超过阈值电压或阈值电流，使太赫兹量子级联激光器辐射出太赫兹光；所述太赫兹光经过第一聚乙烯窗片（4）后到达第一离轴抛物镜（5）上；

步骤三，第一离轴抛物镜（5）将所述太赫兹光反射至第二离轴抛物镜（6）；所述第二离轴抛物镜（6）将所述太赫兹光反射至被测样品（7）上，太赫兹光透过被测样品（7）后到达第三离轴抛物镜（9）；所述第三离轴抛物镜（9）将太赫兹光反射至所述第四离轴抛物镜（10）；所述第四离轴抛物镜（10）将太赫兹光反射至检测部分（C）；

步骤四，所述太赫兹光透过所述检测部分（C）的第二聚乙烯窗片（12）后到达第二热沉（13）上的太赫兹量子阱探测器的敏感面上；所述太赫兹量子阱探测器对入射的太赫兹光响应后产生相应的电流信号；所述信号处理电路（14）将所述电流信号提取为电压信号，并将所述电压信号放大后输入示波器（15）中进行读取和显示；

步骤五，计算机（16）对所述示波器（15）中的显示信号进行提取，并将获取的信号与被测样品（7）的位置信息进行一一对应，得到被测样品（7）的二维太赫兹信号强度图。

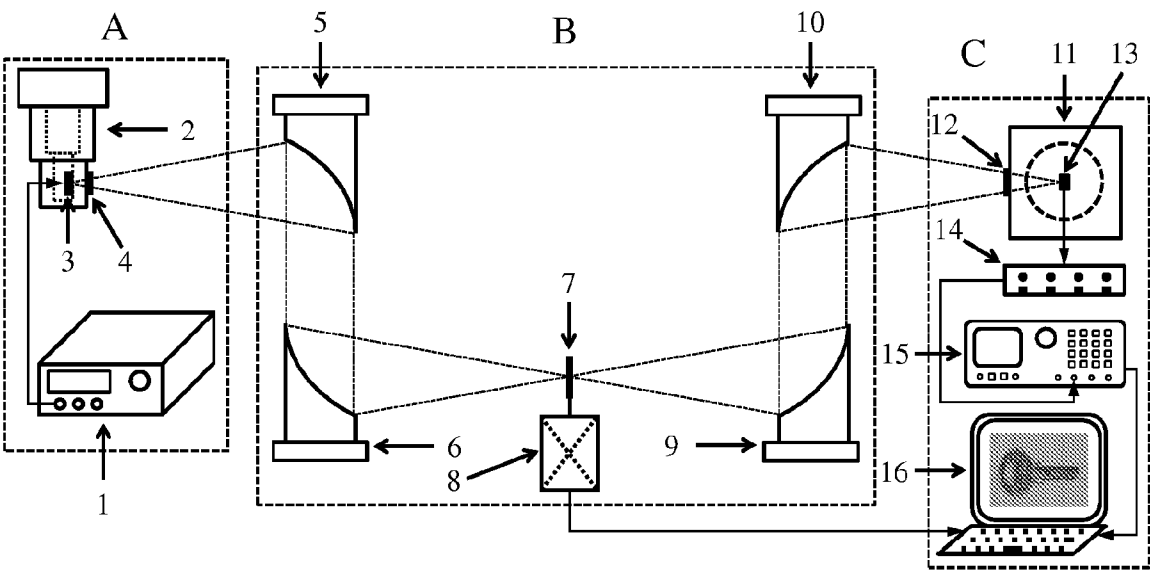


图 1

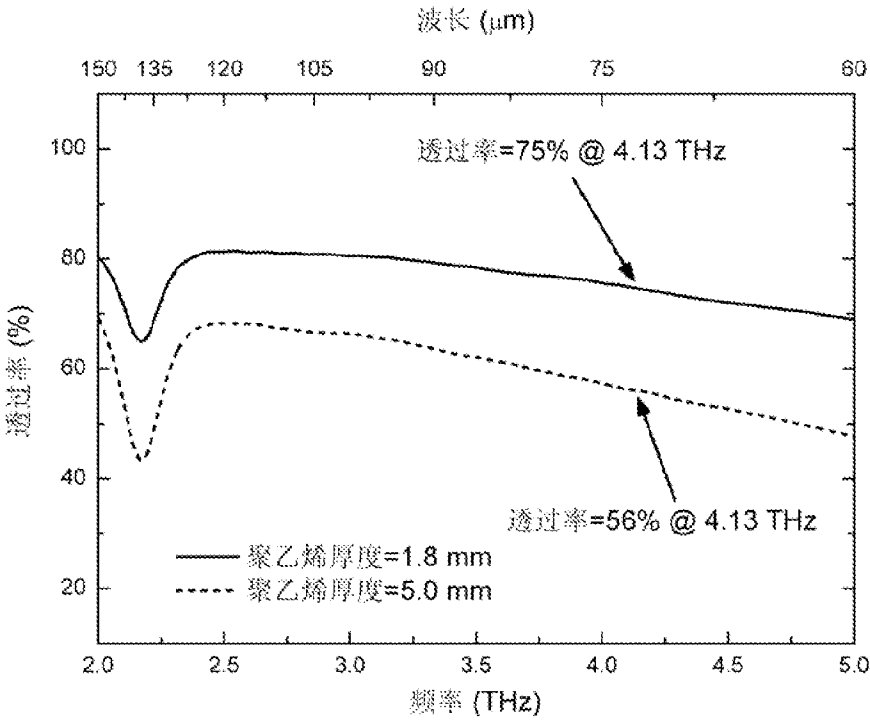


图 2

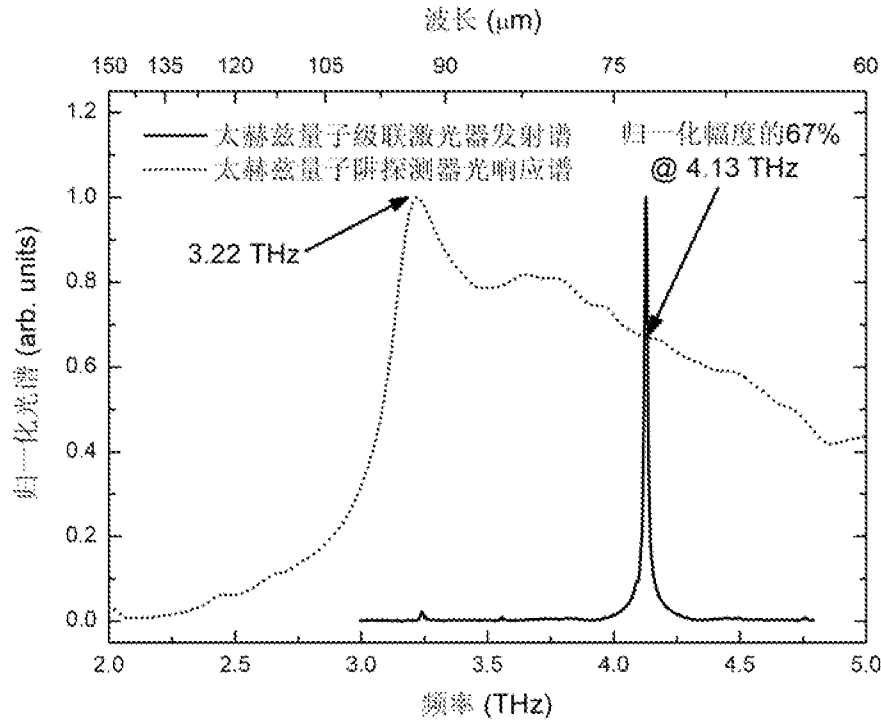


图 3

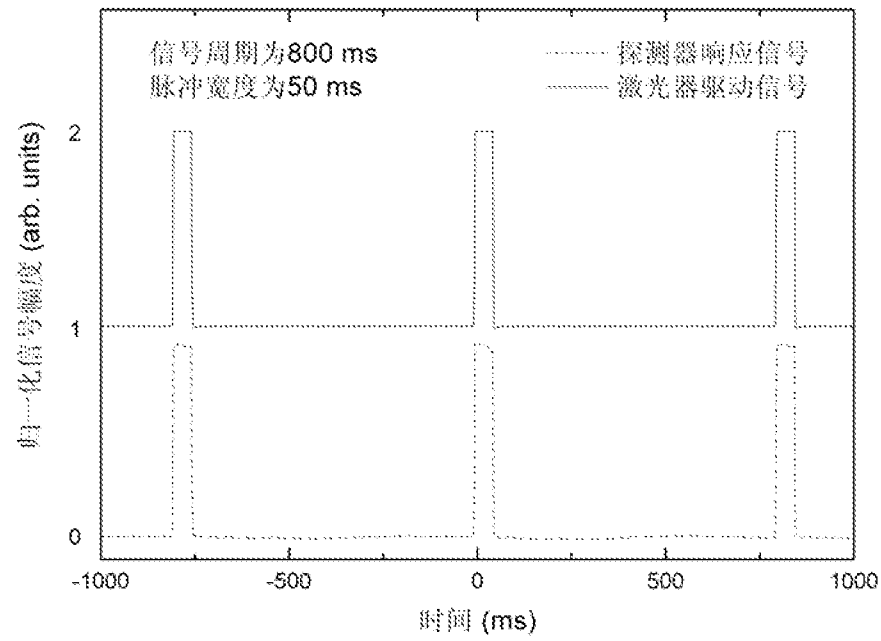


图 4

3/3

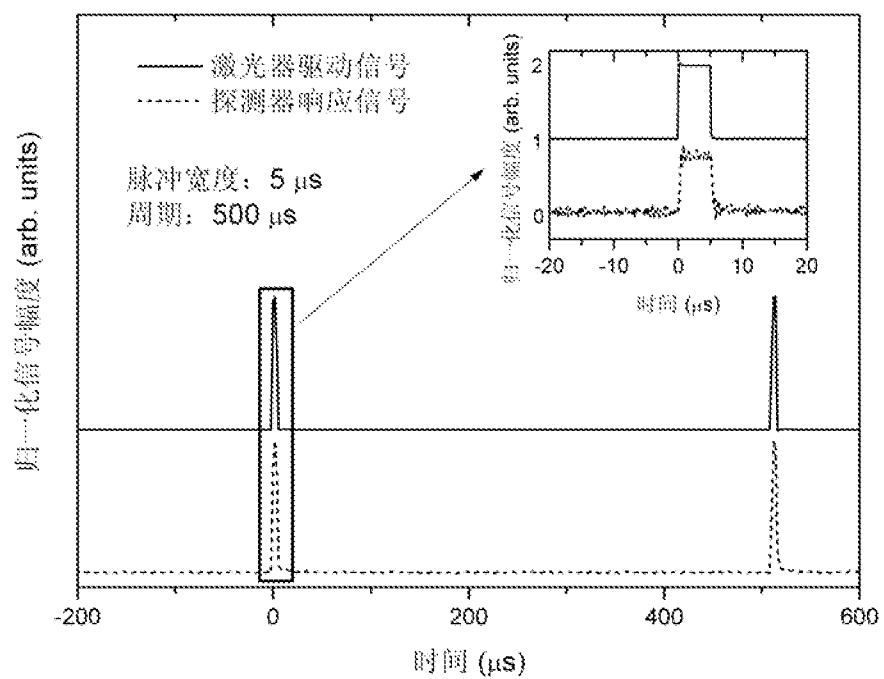


图 5

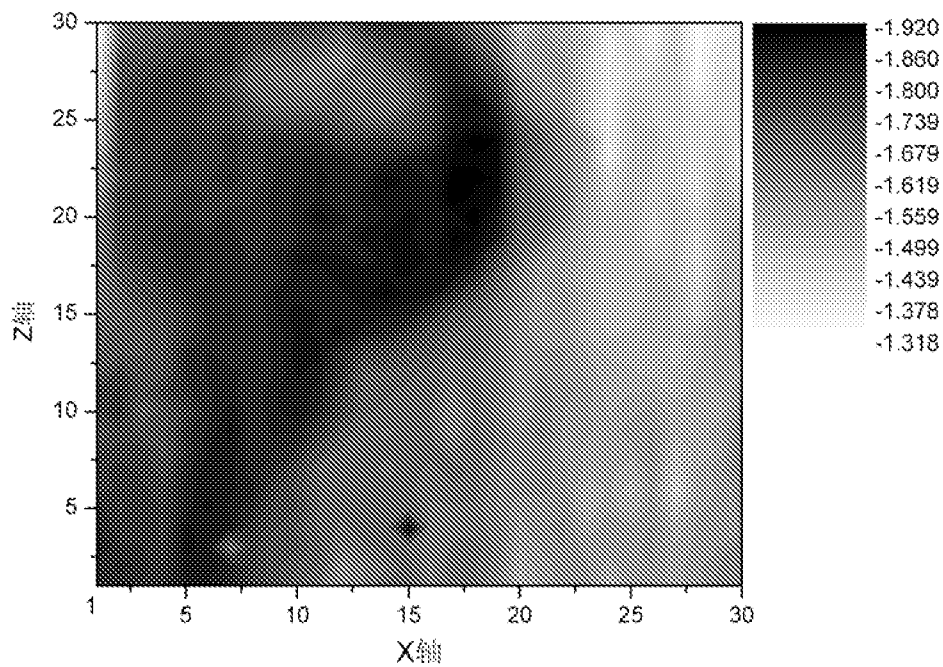


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2011/082512

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 21/27 (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)

IPC: G01N 21, G01J 1, G01J 3

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)

CNKI, CPRSABS, CNTXT, VEN, terahertz, THz, quantum, laser, imaging

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 101713687 B (SHANGHAI INST MICROSYS & IN) 16 Mar.2011 (16.03.2011) description, page 1, line 32 –page 2, line 33 and figure 1	1-16
Y	JP 2003-75251 A (DOKURITSU GYOSEI HOJIN TSUSHIN SOGO KENK et al.) 12 Mar.2003 (12.03.2003) description, paragraphs [0019]-[0050] and figure 1	1-16
Y	US 6957099 B1(TERAVIEW LTD) 18 Oct. 2005(18.10.2005) description, column 14, lines 3-22, column 17, lines 1 to 43, figures 17, 21	1-16
A	CN 102169016 A (SHANGHAI INST MICROSYS & IN) 31 Aug.2011 (31.08.2011) the whole document	1-16
A	CN 102192884 A (UNIV CAPITAL NORMAL) 21 Sept.2011 (21.09.2011) the whole document	1-16
A	US 2009/0066948 A1 (HYDROELECTRON VENTURES INC) 12 Mar.2009 (12.03.2009) the whole document	1-16
A	US 2007/0228280 A1 (Eric R. Mueller.) 04 Oct. 2007 (04.10.2007) the whole document	1-16

☐ 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 Jul.2012 (05.07.2012)	Date of mailing of the international search report 19 Jul.2012 (19.07.2012)
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 WANG, Shuling Telephone No. (86-10) 62085649

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2011/082512

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101713687 B	16.03.2011	CN 101713687 A	26.05.2010
JP 2003-75251 A	12.03.2003	None	
US 6957099 B1	18.10.2005	WO 0050859 A1	31.08.2000
		GB 2347835 A	13.09.2000
		AU 2681700 A	14.09.2000
		GB 2347835 B	31.10.2001
		EP 1155294 A1	21.11.2001
		JP 2002538423 U	12.11.2002
		AU 777135 B2	07.10.2004
		US 2007282206 A1	06.12.2007
		US 7683571 B2	06.04.2010
CN 102169016 A	31.08.2011	None	
CN 102192884 A	21.09.2011	None	
US 2009/0066948 A1	12.03.2009	WO 2009033022 A1	12.03.2009
US 2007/0228280 A1	04.10.2007	US 7345279 B2	18.03.2008

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2011/082512

A. 主题的分类

G01N21/27(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)

IPC: G01N 21, G01J 1, G01J 3

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))

CNKI,CPRSABS,CNTXT,VEN 太赫兹, 量子, 激光器, 成像, terahertz, THz, quantum, laser, imaging

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN101713687 B(中国科学院上海微系统与信息技术研究所) 16.3 月 2011 (16.03.2011) 说明书第 1 页第 32 行—第 2 页第 33 行以及图 1	1-16
Y	JP2003-75251 A(DOKURITSU GYOSEI HOJIN TSUSHIN SOGO KENK et al.) 12.3 月 2003 (12.03.2003) 说明书第[0019]—[0050]段和图 1	1-16
Y	US6957099 B1(TERAVIEW LTD) 18.10 月 2005 (18.10.2005) 说明书第 14 栏第 3—22 行、第 17 栏第 1—43 行、图 17、图 21	1-16
A	CN102169016 A(中国科学院上海微系统与信息技术研究所) 31.8 月 2011 (31.08.2011) 全文	1-16
A	CN102192884 A(首都师范大学) 21.9 月 2011 (21.09.2011) 全文	1-16
A	US2009/0066948 A1(HYDROELECTRON VENTURES INC) 12.3 月 2009 (12.03.2009) 全文	1-16
A	US2007/0228280 A1(Eric R. Mueller.) 04.10 月 2007 (04.10.2007) 全文	1-16



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

05.7 月 2012 (05.07.2012)

国际检索报告邮寄日期

19.7 月 2012 (19.07.2012)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

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

王树玲

电话号码: (86-10) **62085649**

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2011/082512

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101713687 B	16. 03. 2011	CN101713687 A	26. 05. 2010
JP2003-75251 A	12. 03. 2003	无	
US6957099 B1	18. 10. 2005	W00050859 A1	31. 08. 2000
		GB2347835 A	13. 09. 2000
		AU2681700 A	14. 09. 2000
		GB2347835 B	31. 10. 2001
		EP1155294 A1	21. 11. 2001
		JP2002538423 U	12. 11. 2002
		AU777135 B2	07. 10. 2004
		US2007282206 A1	06. 12. 2007
		US7693571 B2	06. 04. 2010
CN102169016 A	31. 08. 2011	无	
CN102192884 A	21. 09. 2011	无	
US2009/0066948 A1	12. 03. 2009	W02009033022 A1	12. 03. 2009
US2007/0228280 A1	04. 10. 2007	US7345279 B2	18. 03. 2008