



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102759753 B

(45) 授权公告日 2015.08.26

(21) 申请号 201110110590.X

US 20090180122 A1, 2009.07.16, 全文.

(22) 申请日 2011.04.29

US 20070085009 A1, 2007.04.19, 全文.

WO 03102518 A2, 2003.12.11, 全文.

(73) 专利权人 同方威视技术股份有限公司

李海涛 等. 连续太赫兹波在安全检查中的实验研究. 《激光与红外》. 2007, 第 37 卷 (第 9 期), 876-878.

地址 100084 北京市海淀区双清路同方大厦 A 座 2 层

专利权人 清华大学

审查员 柳瑾

(72) 发明人 赵自然 王迎新 陈志强 吴万龙

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 原绍辉

(51) Int. Cl.

G01V 3/12(2006.01)

(56) 对比文件

US 20060056586 A1, 2006.03.16, 权利要求 13, 说明书第 1、30-32 段以及附图 1-4.

CN 1940542 A, 2007.04.04, 全文.

CN 101251492 A, 2008.08.27, 全文.

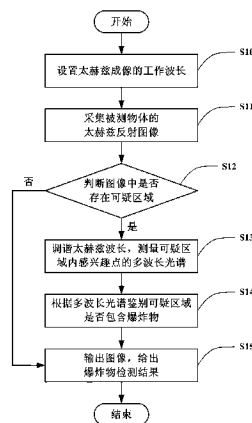
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

隐藏危险品检测方法及设备

(57) 摘要

本发明涉及隐藏危险品检测方法及设备。本发明的隐藏危险品检测方法包括：对被测物体进行太赫兹成像；判断太赫兹成像得到的被测物体太赫兹图像中是否存在藏有危险品的可疑区域；对藏有危险品的可疑区域进行多波长光谱分析测量，根据多波长光谱分析测量结果鉴别所述可疑区域中是否包含危险品；以及输出被测物体图像和危险品检测结果。还披露了一种用于实施本发明的隐藏危险品检测方法的设备。本发明的隐藏危险品检测方法及设备可同时从形状特征和物质成分的角度实现对隐藏危险品的鉴别，检测准确性大大增加。



1. 一种对隐藏危险品进行检测的方法,所述方法包括以下步骤:

对被测物体进行太赫兹成像;

判断通过太赫兹成像得到的被测物体太赫兹图像中是否存在藏有危险品的可疑区域;

对藏有危险品的可疑区域进行在一系列分立波段条件下的多波长光谱分析测量,根据多波长光谱分析测量结果识别所述可疑区域中所包含的危险品,其中对藏有危险品的可疑区域进行多波长光谱分析测量的步骤进一步包括选取所述可疑区域内某一感兴趣点,对该感兴趣点进行多波长光谱分析测量,建立太赫兹多波长反射光谱识别模型,运用模式识别方法识别可疑区域内所包含的危险品;以及

输出被测物体太赫兹图像和危险品识别结果。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述对被测物体进行太赫兹成像的步骤包括:

调节太赫兹发射器工作于成像波长下;

将太赫兹发射器输出的太赫兹辐射准直、聚焦,并传输至被测物体;

通过太赫兹探测器收集由被测物体反射回来的太赫兹辐射,得到被测物体一个像素点的信息;以及

通过波束扫描控制系统使太赫兹波束扫描视域中的各像素点,从而获取被测物体的太赫兹反射图像。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中判断通过太赫兹成像得到的被测物体太赫兹图像中是否存在藏有危险品的可疑区域的步骤包括:

通过数据采集与处理系统基于由太赫兹反射图像得出的形状特征和灰度值特征判断扫描图像中是否存在藏有危险品的可疑区域,同时对所述可疑区域进行精确定位。

4. 根据权利要求 2 所述的方法,其中所述调节太赫兹发射器工作于成像波长下的步骤进一步包括:

a) 根据太赫兹辐射在大气中的传输特性选择透射良好的频率窗口,确定太赫兹辐射源的工作波长范围;

b) 综合分析太赫兹辐射源发射功率、波长对成像信噪比和空间分辨率的影响,同时考虑所述步骤 a) 所限定的波长范围,确定最佳成像波长。

5. 根据权利要求 2 所述的方法,其中所述波束扫描控制系统包括太赫兹波束扫描装置和太赫兹波束扫描控制单元,所述通过波束扫描控制系统使太赫兹波束扫描视域中的各像素点的步骤进一步包括:所述太赫兹波束扫描控制单元发送信号至所述太赫兹波束扫描装置,调节所述太赫兹波束扫描装置中的波束扫描模块以改变太赫兹波束在被测物体上的光斑位置。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其中所述波束扫描模块是振镜。

7. 根据权利要求 2 所述的方法,其中所述波束扫描控制系统包括太赫兹波束扫描装置和太赫兹波束扫描控制单元,所述通过波束扫描控制系统使太赫兹波束扫描视域中的各像素点的步骤进一步包括:所述太赫兹波束扫描装置承载包括所述太赫兹发射器、所述太赫兹探测器和太赫兹光学组件的系统进行平移运动,所述太赫兹波束扫描控制单元发送信号至所述太赫兹波束扫描装置,调节所述组件的空间位置从而改变入射太赫兹波束在被测物体上的光斑位置,其中所述太赫兹光学组件用于将太赫兹发射装置产生的波束准直、聚焦

至被测物体,同时将被测物体反射回来的太赫兹波束收集至所述太赫兹探测器。

8. 根据权利要求 2 所述的方法,其中对藏有危险品的可疑区域进行多波长光谱分析测量的步骤进一步包括通过波长调谐控制单元对所述太赫兹发射器的辐射波长进行有选择地调节,使所述太赫兹发射器工作于多波长光谱分析所需的波长下。

9. 一种用于实施根据权利要求 1 所述的对隐藏危险品进行检测的方法的设备,所述设备包括:

太赫兹发射装置,所述太赫兹发射装置产生用于照射被测物体以与物体相互作用的波长可调谐的连续波太赫兹辐射;

太赫兹探测器,所述太赫兹探测器用于接收由被测物体反射回来的太赫兹辐射;

太赫兹光学组件,所述太赫兹光学组件用于将太赫兹发射装置产生的波束准直、聚焦至被测物体,同时将被测物体反射回来的太赫兹波束收集至所述太赫兹探测器;

波束扫描控制系统,所述波束扫描控制系统用于调节太赫兹波束入射至被测物体上的空间位置;和

数据采集与处理系统,所述数据采集与处理系统与所述太赫兹发射装置、所述太赫兹探测器和所述波束扫描控制系统相连,用以控制所述设备中的太赫兹发射装置、太赫兹探测器、波束扫描控制系统的协调工作,构建被测物体的太赫兹反射图像,基于由太赫兹反射图像得出的形状特征和灰度值特征判断被测物体太赫兹反射图像中是否存在藏有危险品的可疑区域,对可疑区域进行搜索定位,然后对该可疑区域内感兴趣测量点的多波长反射光谱数据进行分析与处理,并且给出危险品识别结果。

10. 根据权利要求 9 所述的设备,其中所述太赫兹发射装置包括太赫兹发射器和波长调谐控制单元,所述波长调谐控制单元与所述太赫兹发射器相连接,对所述太赫兹发射器的辐射波长进行有选择地调节。

11. 根据权利要求 10 所述的设备,其中所述太赫兹发射器是耿氏振荡器及倍频器、返波管、参量振荡器、或者量子级联激光器。

12. 根据权利要求 10 所述的设备,其中所述太赫兹探测器是肖特基二极管、超导-绝缘体-超导结混频器、或者测热辐射计。

13. 根据权利要求 9 所述的设备,其中所述波束扫描控制系统包括太赫兹波束扫描装置和太赫兹波束扫描控制单元,所述太赫兹波束扫描控制单元与所述太赫兹波束扫描装置相连接,所述太赫兹波束扫描装置包括波束扫描模块,通过所述太赫兹波束扫描装置实时调节和监测所述波束扫描模块,完成波束空间位置信息的设定和读取。

14. 根据权利要求 13 所述的设备,其中所述波束扫描模块是振镜。

15. 根据权利要求 13 所述的设备,其中所述太赫兹波束扫描装置是承载着包括所述太赫兹发射装置、所述太赫兹探测器和所述太赫兹光学组件的系统对被测物体进行二维逐点扫描从而获取被测物体的图像的机械平移台。

16. 根据权利要求 9-15 中任一项所述的设备,其中所述太赫兹光学组件包括负责将所述太赫兹发射装置产生的波束准直并且将被测物体反射回来的太赫兹波束收集至所述太赫兹探测器的分束器、平面镜和将所述太赫兹波束聚焦至被测物体上的抛物面镜或椭球面镜或者透镜。

## 隐藏危险品检测方法及设备

### 技术领域

[0001] 本发明属于太赫兹感测(terahertz sensing)技术领域,特别涉及一种通过主动式连续波太赫兹成像和多波长光谱分析对隐藏危险品进行远距离定位和识别的方法及设备。

### 背景技术

[0002] 爆炸物检测在社会公共安全领域倍受瞩目,探索快速有效的检测技术对于保障人民群众的生命财产安全、构建和谐社会的特殊重要意义。随着反恐力度加大和安检排爆措施的增强,现有的近距离爆炸物检查和识别设备正发挥着巨大作用。然而,犯罪分子反侦查意识在不断增强,爆炸器材也随之变化,危险品有可能在检查阶段发生爆炸,对检查人员和设备造成安全威胁,因此最理想的手段是在远距离实施探测。

[0003] 目前在一定程度上满足远距离爆炸物探测需求的技术主要有 X 射线背散射成像、激光光谱、热成像、毫米波和太赫兹技术等(1. 唐前进, 邵杰. 远距离爆炸物探测技术的研究与应用. *中国安防*, 2009, 9: 40-45)。X 射线背散射成像技术利用背散射的 X 射线对被检测物体进行成像,其使用的 X 射线能量相对于透视成像较低,潜在的探测距离为 15 米,可将爆炸物和背景区分开来,但由于 X 射线具有致电离性,对人体健康有一定的伤害。激光光谱技术主要利用被检测物体受激光照射时所吸收或发射的某些特定波长的激光来判断是否存在爆炸物,如拉曼光谱、激光诱导荧光光谱和光声光谱,该技术的优点在于激光具有较好的传输性,适合远距离探测的需求,局限性是激光无法穿过不透明物体,因而不能探测隐藏的爆炸物。热成像技术主要是利用隐藏物品与表面之间的温度差来进行探测,这种技术在探测人体炸弹方面优势显著,但是空气的流动和其他热源都会对探测效果产生影响,同时该技术只能提供隐藏物品的形状信息,很难从物质成分的角度鉴别爆炸物,因而检测能力有限。毫米波技术通过探测物体自身发射或者由物体反射回来的毫米波段电磁辐射而成像,毫米波对大气和衣物具有良好的穿透性,能够在远距离探测隐藏的武器,但是不具备物质成分识别能力。太赫兹辐射一般是指频率在 0.1-10 THz 范围内的电磁波,它具有如下几方面的独特性质:首先,很多有机分子在太赫兹频段内具有特征吸收和色散,使得物质的太赫兹光谱表现出“指纹”特性,因而通过太赫兹光谱分析技术可以进行物质种类和成分鉴别;其次,太赫兹辐射对于很多非金属、非极性物质具有很强的穿透力,能够直接探测隐藏的危险品;此外,太赫兹电磁波没有 X 射线的致电离性质,不会对材料和人体造成伤害,所以太赫兹技术在爆炸物检测方面具有良好的应用前景。

[0004] 2006 年美国陆军 RDECOM CERDEC 夜视与电子传感器实验室开发了一套可探测隐藏武器的 640 GHz 主动成像仪(2. E. L. Jacobs, S. Moyer, C. C. Franck, et al. Concealed weapon identification using terahertz imaging sensors. *Proc. of SPIE*, 2006, 6212: 62120J),探测距离约为 1.5 m,所采用的共焦成像方式保证了高分辨率和信噪比,但扫描速度较慢。与此同时,德国宇航研究中心针对反恐需求开展了用于人体衣物下隐藏金属危险品的远距离太赫兹成像研究,并于 2007 年研制成功工作频率为 0.8 THz、探

测距离达 20 m、分辨率小于 2 cm 的成像系统样机(3. H.-W. Hübers, A. D. Semenov, H. Richter, et al. Terahertz imaging system for stand-off detection of threats. *Proc. of SPIE*, 2007, 6549: 65490A),且能达到接近实时采集图像的扫描速度。以上研究工作表明利用主动太赫兹辐射对远距离可疑物体进行成像定位具有可行性,但对于爆炸物探测还需联合光谱信息加以识别,而且这些研究尚处于实验室内阶段,没有真正投入到实际应用中,有待进一步发展。

[0005] 国内外针对远距离太赫兹光谱分析的研究很少,而且均处于探索阶段。2006 年美国 RPI 太赫兹研究中心利用传统的太赫兹时域光谱分析技术检测远处的炸药样品,对于 30 m 传播距离仍然观察到了 RDX 的 0.82 THz 吸收峰,初步表明远距离爆炸物识别是可行的(4. H. Zhong, A. Redo, Y. Chen, et al. THz wave standoff detection of explosive materials. *Proc. of SPIE*, 2006, 6212: 62120L),但大气吸收使光谱失真严重,信噪比较差,不利于实际应用。该单位又提出了通过飞秒激光诱导空气等离子体产生脉冲太赫兹辐射的新技术(5. J. Dai and X.-C. Zhang. Terahertz wave generation from gas plasma using a phase compensator with attosecond phase-control accuracy. *Appl. Phys. Lett.*, 2009, 94: 021117),这样可以将在大气中传输性好的可见光发送到远处被测物体附近产生太赫兹辐射,以避免大气对太赫兹辐射造成的衰减,然后通过光谱分析鉴别爆炸物,但反射信号的远距离探测还面临困难,而且单纯的光谱分析技术只对物体的一个测量点进行检测,不具备空间定位能力,因此需要与成像技术结合才能满足实际应用。

## 发明内容

[0006] 为了克服上述现有技术中存在的不足,本发明提出了一种新的远距离隐藏危险品检测方法,该方法的核心是基于连续波太赫兹辐射的高功率和频率调谐特性,先通过太赫兹成像反映的形状信息对可疑物体进行快速定位,然后选择对大气透射性好的某些频段进行太赫兹光谱分辨测量以进一步识别是否存在危险品。

[0007] 在本申请中所使用的术语“远距离”一般来讲被定义为距离被测物体大致 5 米—20 米的范围。但是,本发明的设备和方法同样适用于更近距离或者更远距离的隐藏危险品的检测。

[0008] 本发明的技术方案以如下方式实现:

[0009] 一种对隐藏危险品进行检测的方法,所述方法包括以下步骤:对被测物体进行太赫兹成像;判断通过太赫兹成像得到的被测物体太赫兹图像中是否存在藏有危险品的可疑区域;对藏有危险品的可疑区域进行多波长光谱分析测量,根据多波长光谱分析测量结果鉴别所述可疑区域中是否包含危险品;以及输出被测物体太赫兹图像和危险品检测结果。

[0010] 根据本发明的方法的一个方面,所述对被测物体进行太赫兹成像的步骤可包括:调节太赫兹发射器工作于成像波长下;将太赫兹发射器输出的太赫兹辐射准直、聚焦,并传输至被测物体;通过太赫兹探测器收集由被测物体反射回来的太赫兹辐射,得到被测物体一个像素点的信息;以及通过波束扫描控制系统使太赫兹波束扫描视域中的各像素点,从而获取被测物体的太赫兹反射图像。

[0011] 根据本发明的方法的另一个方面,判断通过太赫兹成像得到的被测物体太赫兹图像中是否存在藏有危险品的可疑区域的步骤可包括:通过数据采集与处理系统基于由太赫

兹反射图像得出的形状特征和灰度值特征判断扫描图像中是否存在藏有危险品的可疑区域,同时对所述可疑区域进行精确定位

[0012] 根据本发明的方法的又一个方面,对藏有危险品的可疑区域进行多波长光谱分析测量的步骤可进一步包括选取所述可疑区域内某一感兴趣点,对该感兴趣点进行多波长光谱分析测量,建立太赫兹多波长反射光谱识别模型,运用模式识别方法鉴别可疑区域内是否存在危险品。

[0013] 根据本发明的方法的另一个方面,所述调节太赫兹发射器工作于成像波长下的步骤可进一步包括:a) 根据太赫兹辐射在大气中的传输特性选择透射良好的频率窗口,确定太赫兹辐射源的工作波长范围;b) 综合分析太赫兹辐射源发射功率、波长对成像信噪比和空间分辨率的影响,同时考虑所述步骤 a) 所限定的波长范围,确定最佳成像波长。

[0014] 根据本发明的方法的另一个方面,所述波束扫描控制系统可包括太赫兹波束扫描装置和太赫兹波束扫描控制单元,所述通过波束扫描控制系统使太赫兹波束扫描视域中的各像素点的步骤可进一步包括:所述太赫兹波束扫描控制单元发送信号至所述太赫兹波束扫描装置,调节所述太赫兹波束扫描装置中的波束扫描模块以改变太赫兹波束在被测物体上的光斑位置。

[0015] 根据本发明的方法的又一个方面,所述波束扫描模块可以是振镜。

[0016] 根据本发明的方法的又一个方面,所述波束扫描控制系统可包括太赫兹波束扫描装置和太赫兹波束扫描控制单元,所述通过波束扫描控制系统使太赫兹波束扫描视域中的各像素点的步骤可进一步包括:所述太赫兹波束扫描装置承载包括所述太赫兹发射器、所述太赫兹探测器和所述太赫兹光学组件的系统进行平移运动,所述太赫兹波束扫描控制单元发送信号至所述太赫兹波束扫描装置,调节所述组件的空间位置从而改变入射太赫兹波束在被测物体上的光斑位置。

[0017] 根据本发明的方法的又一个方面,对藏有危险品的可疑区域进行多波长光谱分析测量的步骤可进一步包括通过波长调谐控制单元对所述太赫兹发射器的辐射波长进行有选择地调节,使所述太赫兹发射器工作于多波长光谱分析所需的波长下。

[0018] 一种对隐藏危险品进行检测的设备,所述设备包括:太赫兹发射装置,所述太赫兹发射装置产生用于照射被测物体以与物体相互作用的波长可调谐的连续波太赫兹辐射;太赫兹探测器,所述太赫兹探测器用于接收由被测物体反射回来的太赫兹辐射;太赫兹光学组件,所述太赫兹光学组件用于将太赫兹发射装置产生的波束准直、聚焦至被测物体,同时将被测物体反射回来的太赫兹波束收集至所述太赫兹探测器;波束扫描控制系统,所述波束扫描控制系统用于调节太赫兹波束入射至被测物体上的空间位置;和数据采集与处理系统,所述数据采集与处理系统与所述太赫兹发射装置、所述太赫兹探测器和所述波束扫描控制系统相连,用以控制所述设备中的太赫兹发射装置、太赫兹探测器、波束扫描控制系统的协调工作,构建被测物体的太赫兹反射图像,基于由太赫兹反射图像得出的形状特征和灰度值特征判断被测物体太赫兹反射图像中是否存在藏有危险品的可疑区域,对可疑区域进行搜索定位,然后对该可疑区域内感兴趣测量点的多波长反射光谱数据进行分析与处理,并且给出危险品识别结果。

[0019] 根据本发明的设备的一个方面,所述太赫兹发射装置可包括太赫兹发射器和波长调谐控制单元,所述波长调谐控制单元与所述太赫兹发射器相连接,对所述太赫兹发射器

的辐射波长进行有选择地调节。

[0020] 根据本发明的设备的另一个方面,所述太赫兹发射器可以是耿氏振荡器及倍频器、返波管、参量振荡器、或者量子级联激光器。

[0021] 根据本发明的设备的另一个方面,所述太赫兹探测器可以是肖特基二极管、超导-绝缘体-超导结混频器、或者测热辐射计。

[0022] 根据本发明的设备的又一个方面,所述波束扫描控制系统包括太赫兹波束扫描装置和太赫兹波束扫描控制单元,所述太赫兹波束扫描控制单元与所述太赫兹波束扫描装置相连接,所述太赫兹波束扫描装置包括波束扫描模块,通过所述太赫兹波束扫描装置实时调节和监测所述波束扫描模块,完成波束空间位置信息的设定和读取。

[0023] 根据本发明的设备的又一个方面,所述波束扫描模块可以是振镜。

[0024] 根据本发明的设备的又一个方面,所述太赫兹波束扫描装置可以是承载着包括所述太赫兹发射装置、所述太赫兹探测器和所述太赫兹光学组件的系统对被测物体进行二维逐点扫描从而获取被测物体的图像的机械平移台。

[0025] 根据本发明的设备的又一个方面,所述太赫兹光学组件可包括负责将所述太赫兹发射装置产生的波束准直并且将被测物体反射回来的太赫兹波束收集至所述太赫兹探测器的分束器、平面镜和将所述太赫兹波束聚焦至被测物体上的抛物面镜或椭球面镜或者透镜。

[0026] 由于采用了上述的方法和结构,本发明与现有技术相比具有如下几方面的优势:

[0027] 1) 本发明提出的连续波太赫兹成像和连续波多波长光谱分析相结合的方法可同时从形状特征和物质成分的角度实现对隐藏危险品的鉴别,检测准确性大大增加;

[0028] 2) 本发明提出的装置先通过太赫兹成像快速定位可能藏有危险品的可疑区域,然后只选取该区域内某个感兴趣点做进一步的光谱分析鉴别,不需要对整个扫描区域进行光谱成像,因而测量速度快,能够大大提高检测效率;

[0029] 3) 本发明采用的连续波多波长光谱分析方法可避免大气吸收产生的影响,保证了远距离探测的可行性,并且所提出的装置采用波长可调谐的连续波太赫兹辐射源,与常用的脉冲源相比,其平均输出功率高,因而对遮挡材料的穿透力好,信噪比高,实用性强。

## 附图说明

[0030] 从下面结合附图的详细描述中,本发明的上述特征和优点将更加明显,其中:

[0031] 图 1 是利用太赫兹成像和多波长光谱分析对爆炸物进行远距离探测的设备第一实施例的结构示意图;

[0032] 图 2 是太赫兹辐射的大气透射谱(标准大气压,温度 20°C,相对湿度 40%,传输距离 20 m);

[0033] 图 3 是太赫兹波束扫描示意图;

[0034] 图 4 是对太赫兹图像中可疑区域定位和识别的示意图;

[0035] 图 5 是爆炸物 RDX 的太赫兹吸收光谱以及多波长光谱分析选取的采样点;

[0036] 图 6 是根据本发明第一实施例的检测隐藏爆炸物的方法的流程图;和

[0037] 图 7 是利用太赫兹成像和多波长光谱分析对爆炸物进行远距离探测的设备第二实施例的结构示意图。

## 具体实施方式

[0038] 下面,参考附图详细说明本发明的优选实施方式。

[0039] 图 1 是利用太赫兹成像和多波长光谱分析对爆炸物进行远距离探测的设备第一实施例的结构示意图。如图 1 所示,本发明第一实施例的设备 101 包括太赫兹发射器 102 及其波长调谐控制单元 115、太赫兹探测器 112;波束扫描装置 105 及其波束扫描控制单元 114;太赫兹准直元件 104、聚焦元件 106、分束器 110;以及基于计算机的数据采集与处理系统 113。太赫兹发射器 102 及其波长调谐控制单元 115 构成了能够产生用于照射被测物体以与物体相互作用的波长可调谐的连续波太赫兹辐射的太赫兹发射装置。波束扫描装置 105 及其波束扫描控制单元 114 构成了波束扫描控制系统。太赫兹准直元件 104、聚焦元件 106、分束器 110 构成了用于传输辐射波束的太赫兹光学组件。

[0040] 太赫兹发射器 102 产生波长为  $\lambda_0$  (对应频率为  $f_0$ ) 的连续波太赫兹辐射 103,经过分束器 110 以及太赫兹准直元件 104(可以是抛物面镜或透镜)后到达波束扫描装置 105,其后续的传播方向由波束扫描装置 105 控制;聚焦元件 106 (可以是抛物面镜或透镜)将太赫兹入射波束 107 会聚至远处的被测物体 108 上某一特定的测量点;由物体 108 反射的波束 109 沿入射波束的传播路径返回,然后经分束器 110 反射,经分束器反射的波束 111 的强度由太赫兹探测器 112 测量;数据采集与处理系统 113 读取该特定测量点的太赫兹反射波强度。波束扫描控制单元 114 发送信号至波束扫描装置 105,通过其中的机械部件使波束扫描装置 105 得到调节从而改变入射波束 107 在被测物体 108 上的光斑位置;数据采集与处理系统 113 与波束扫描控制单元 114、太赫兹探测器 112 协调工作,获取被测物体 108 待扫描区域内不同位置处的太赫兹反射波强度,最后构建出被测物体 108 的太赫兹反射图像。波长调谐控制单元 115 对太赫兹发射器 102 的工作波长进行调节,设定成像波长  $\lambda_0$  以及光谱分析波长  $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}$ 。

[0041] 图 2 是由 HITRAN 分子吸收光谱数据库计算得出的 0.1-2.5 THz 区间内太赫兹辐射的大气透射谱,大气条件为标准大气压、温度 20°C、水蒸气相对湿度 40%,太赫兹辐射的传输距离假设为 20 m。如图 2 所示,透射光谱曲线 201 反映的衰减规律表明太赫兹辐射在大气中传输具有一系列透射率较高的频率窗口,比如图中标记的频率区间 202 至 208,这些数据作为波长调谐控制单元 115 对太赫兹发射器 102 工作波长进行设定的依据。在成像模式下,系统工作于单一波长  $\lambda_0$ ,可选取区间 202 至 208 内任意频率对应的波长值,当然需要同时考虑太赫兹发射器输出波长的可调谐范围;在多波长光谱分析模式下,系统工作于一系列波长  $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}$ ,可分别在区间 202 至 208 内选取,同时考虑是否与爆炸物的光谱特征相对应,比如 RDX 炸药在 0.8 THz 附近具有吸收峰,该频率位于区间 204 (透射率大于 80%)。

[0042] 图 3 是太赫兹波束扫描示意图。波束扫描模块 301 可以包括两个单轴振镜或者一个双轴振镜。如图 3 所示,太赫兹发射器发出的波束由抛物面镜 302 反射并准直,通过波束扫描模块 301 中的振镜 303、304 反射后入射至抛物面镜 305,然后聚焦到被测物体上。振镜 303、304 可以呈平面镜的形式且在波束扫描装置中的机械部件的作用下进行动作。振镜



303 绕  $x$  轴转动,使得波束 306 在  $y-z$  平面内移动,则入射波束在物体上的光斑位置也随之移动,实现波束的横向(逐行)扫描;振镜 304 位于抛物面镜 305 的焦点处并且绕  $y$  轴转动,使得波束 307 在  $x-z$  平面内移动,实现波束的纵向(逐列)扫描。波束 308 和 309 对应振镜 304 在两个不同转动角度下的扫描。通过控制振镜 303 和 304 的协调工作实现太赫兹波束的逐点快速扫描,最终获取被测物体二维区域内各像素点的反射光强。

[0043] 图 4 是对太赫兹图像中可疑区域定位和识别的示意图。如图 4 所示,在通过本发明实施利的设备 101 对被测物体进行扫描成像后,得到一幅反射图像 401,其中包含三个不同的区域 402、403 和 404。通过计算机对图像进行进一步处理,根据形状特征和灰度值特征分析各区域,自动搜索到可疑区域 404,即该区域可能藏有爆炸物,然后选取其内部某一点 405 做后续测量。提取该测量点对应的空间坐标,调节波束扫描装置使入射至物体上的波束光斑定位于该点,然后进行多波长光谱分析测量。

[0044] 在图 2 所示的透射窗口内调谐太赫兹发射器的输出波长  $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}$ ,测量不同波长对应的感兴趣点 405 的太赫兹反射率,从而获得可疑区域的多波长反射光谱数据。图 5 显示了 RDX 炸药的太赫兹吸收光谱 501 以及多波长光谱分析选取的七个代表性采样点 502 至 508,其中采样点 502 至 508 依次对应 0.50、0.66、0.86、1.02、1.32、1.50、1.99 THz,它们处于各个大气透射窗口中心(第一个点除外),并且能够反映 RDX 的主要光谱特征。假设这些频率均位于太赫兹发射器的可调谐范围内,则依次测量它们对应的反射率,得到长度为 7 的一维向量  $S = [r_1, r_2, \dots, r_7]$ ,并将其作为可疑区域的多波长反射光谱。反射率的具体测量方法是在被测物体处放置一块反射镜,记录某一波长对应的反射光强,记为参考信号  $A$ ,然后当检测某一可疑物体时,测量相同波长下的反射光强,记为物体信号  $B$ ,则物体在该波长下的反射率为  $r = B/A$ 。由于不同波长下太赫兹发射器的输出功率不同,大气对太赫兹辐射的衰减程度也不同,因此通过参考信号计算反射率的操作相当于对这两个因素的影响进行了校准。

[0045] 接下来,根据测得的光谱  $S$  鉴别可疑区域是否存在爆炸物。这需要建立包含各种典型爆炸物光谱的数据库,因此首先制作各种典型爆炸物的标准测试样品,然后用前述步骤测量它们的多波长反射光谱,并全部存储起来作为光谱数据库。在此基础上,运用人工神经网络或支持向量机等模式识别方法建立多波长光谱识别模型,通过该模型对实测光谱  $S$  进行种类判定,从而鉴别待分析区域是否存在爆炸物。至此,完成了通过连续波太赫兹成像与多波长光谱分析相结合的方式对隐藏爆炸物进行远距离定位和识别。

[0046] 图 6 是根据本发明第一实施例的检测隐藏爆炸物的方法的流程图。如图 6 所示,首先,在步骤 S10 中,用户通过波长调谐控制单元 115 对太赫兹发射器 102 的工作波长进行调节,设定成像波长  $\lambda_0$ 。

[0047] 然后,在步骤 S11 中,通过波束扫描控制单元 114 对波束扫描装置 105 进行控制,调节太赫兹入射波束 107 在被测物体 108 上的光斑位置,同时数据采集与处理系统 113 读取各测量点的太赫兹反射波强度,从而采集被测物体 108 的太赫兹反射图像 401。

[0048] 接下来,在步骤 S12 中,对图像 401 中各个区域进行分析,由于爆炸物与常规物体

可能存在形状差异且爆炸物与常规物体对太赫兹波反射强度不同而可能产生图像灰度值差异,根据由太赫兹反射图像得出的形状特征和灰度值特征基于经验判断是否存在可能藏有爆炸物的可疑区域 404。

[0049] 如果判断结果为没有所述可疑区域,则直接转到步骤 S15,向用户显示被测物体的图像,并给出爆炸物检测结果。

[0050] 如果判断结果为存在所述可疑区域,则在步骤 S13 中进一步调节太赫兹发射器 102 的工作波长,设定光谱分析波长  $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}$ ,在这些波长下测量可疑区域 404 内部某一点 405 的反射光强,获取多波长光谱数据。然后,在步骤 S14 中,根据测得的多波长光谱鉴别可疑区域内的物质种类,判断是否包含爆炸物。最后,在步骤 S15 中将所得到的太赫兹反射图像显示在屏幕上,并给出爆炸物检测结果。

[0051] 图 7 是利用太赫兹成像和多波长光谱分析对爆炸物进行远距离探测的设备第二实施例的结构示意图。如图 7 所示,本发明第二实施例的设备包括太赫兹发射器 702 及其波长调谐控制单元 714、太赫兹探测器 710;波束扫描装置 712 及其波束扫描控制单元 713;太赫兹聚焦元件 704、分束器 708;以及基于计算机的数据采集与处理系统 711。太赫兹发射器 702 及其波长调谐控制单元 714 构成了能够产生用于照射被测物体以与物体相互作用的波长可调谐的连续波太赫兹辐射的太赫兹发射装置。波束扫描装置 712 及其波束扫描控制单元 713 构成了波束扫描控制系统。太赫兹聚焦元件 704 和分束器 708 构成了用于传输辐射波束的太赫兹光学组件。

[0052] 太赫兹发射器 702 产生连续波太赫兹辐射 703,经过分束器 708 后到达聚焦元件 704 (可以是透镜或抛物面镜)将太赫兹波束 705 会聚至远处的被测物体 706 上某一特定的测量点;由物体 706 反射的波束 707 沿入射波束的传播路径返回,然后经分束器 708 反射,经分束器反射的波束 709 的强度由探测器 710 测量;数据采集与处理系统 711 读取该特定测量点的太赫兹反射波强度。波束扫描装置 712 承载太赫兹发射源、探测器和光学组件等组成的系统 701 做平移运动,波束扫描控制单元 713 发送信号至波束扫描装置 712,调节系统 701 的空间位置从而改变入射波束 705 在被测物体 706 上的光斑位置;数据采集与处理系统 711 与波束扫描控制单元 713、太赫兹探测器 710 协调工作,获取被测物体 706 待扫描区域内不同位置处的太赫兹反射波强度,最后构建出被测物体 706 的太赫兹反射图像。

[0053] 根据本发明第二实施例的多波长光谱分析过程和爆炸物检测流程图与第一实施例实质上相同,在此不再赘述。

[0054] 上面的描述仅用于实现本发明的实施方式,本领域的技术人员应该理解,在不脱离本发明的范围的任何修改或局部替换,均应该属于本发明的权利要求来限定的范围。例如,虽然在前述本发明实施例中针对的是爆炸物的远距离检测方法及设备,但是应该理解:本发明同样适用于易燃、易爆、有强烈腐蚀性的危险品的远距离检测方法及设备。另外,本发明也完全适用于包含爆炸物的各种危险品的近距离检测方法及设备。因此,本发明的保护范围应该以权利要求书所限定的保护范围为准。

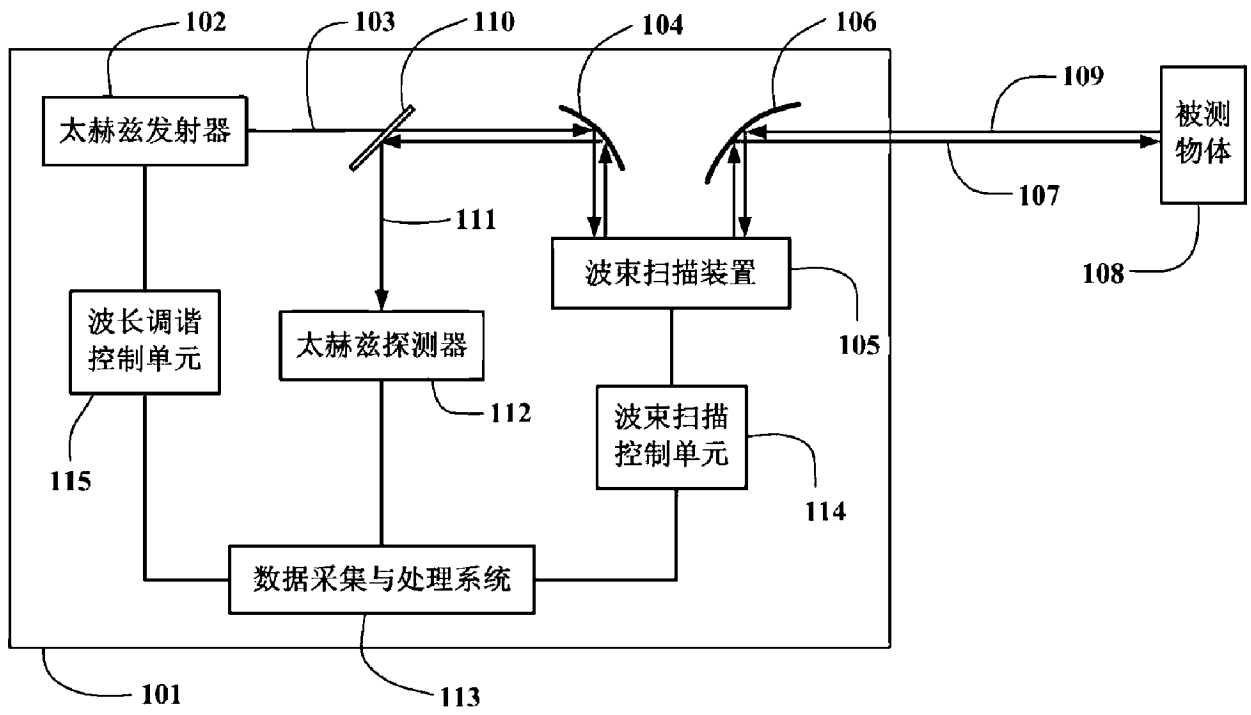


图 1

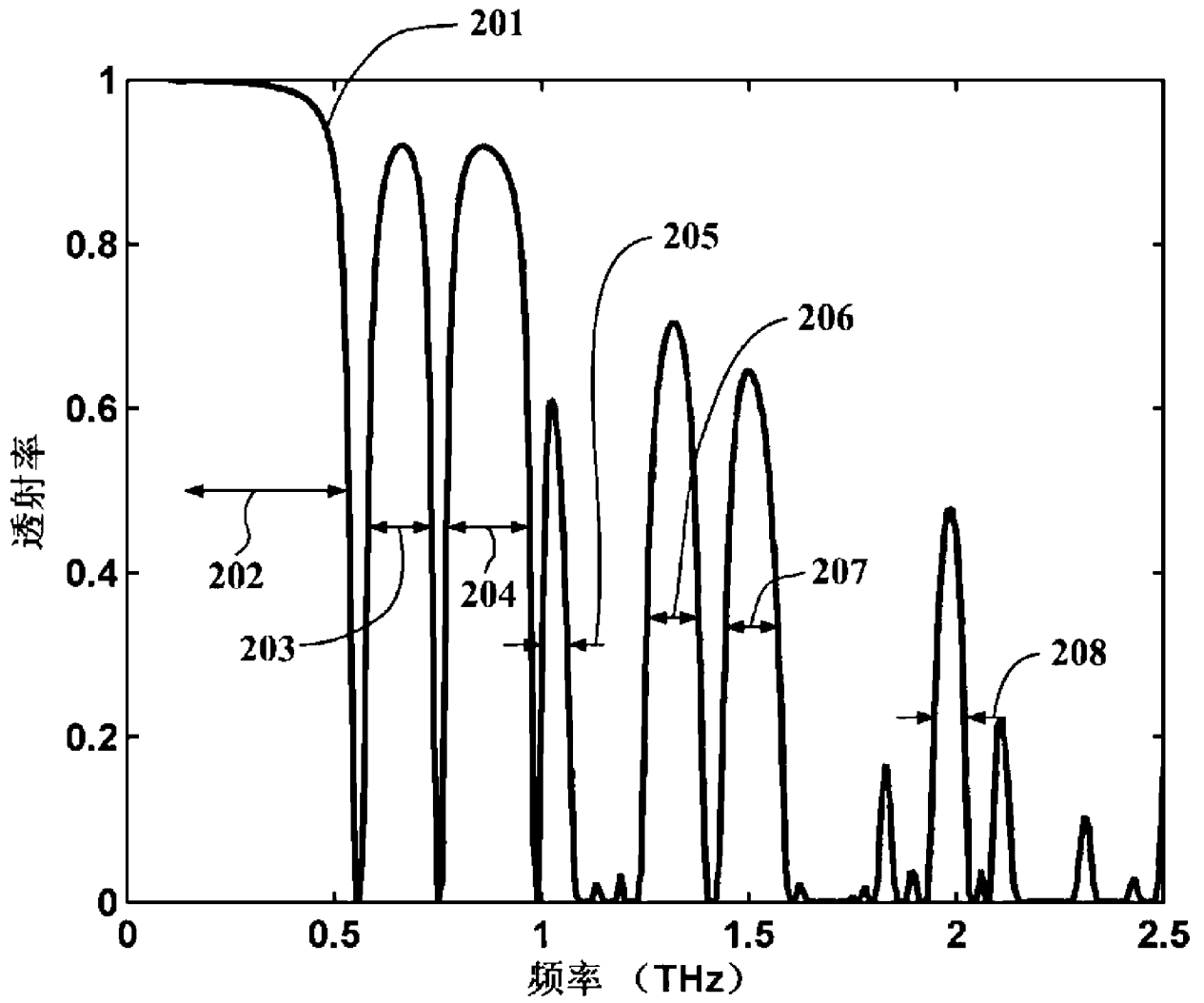


图 2

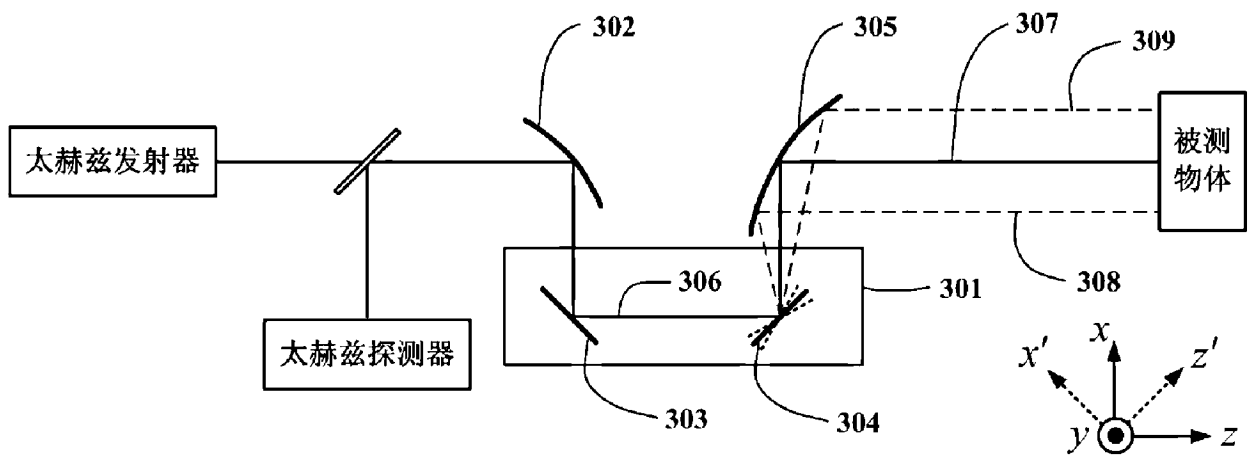


图 3

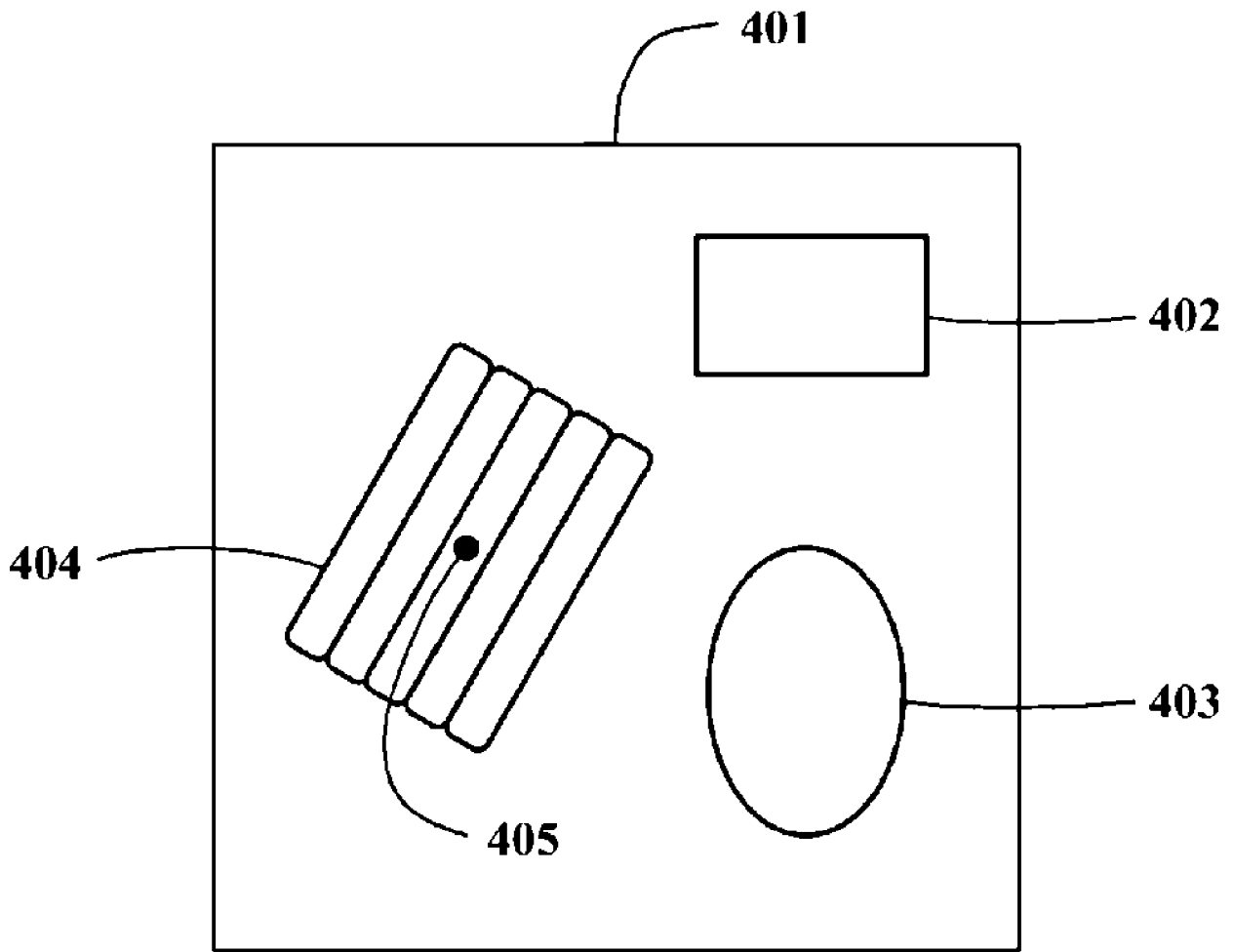


图 4

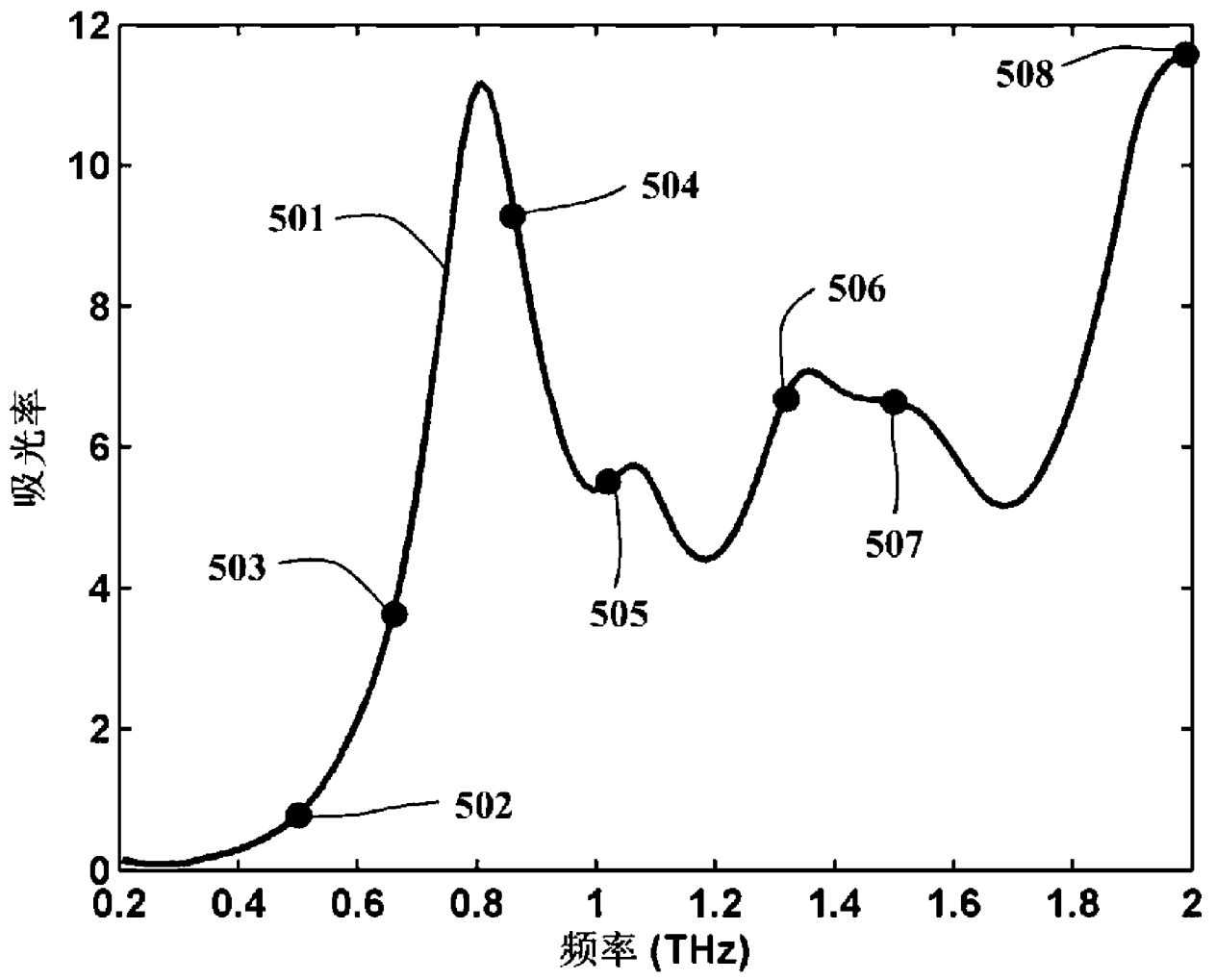


图 5

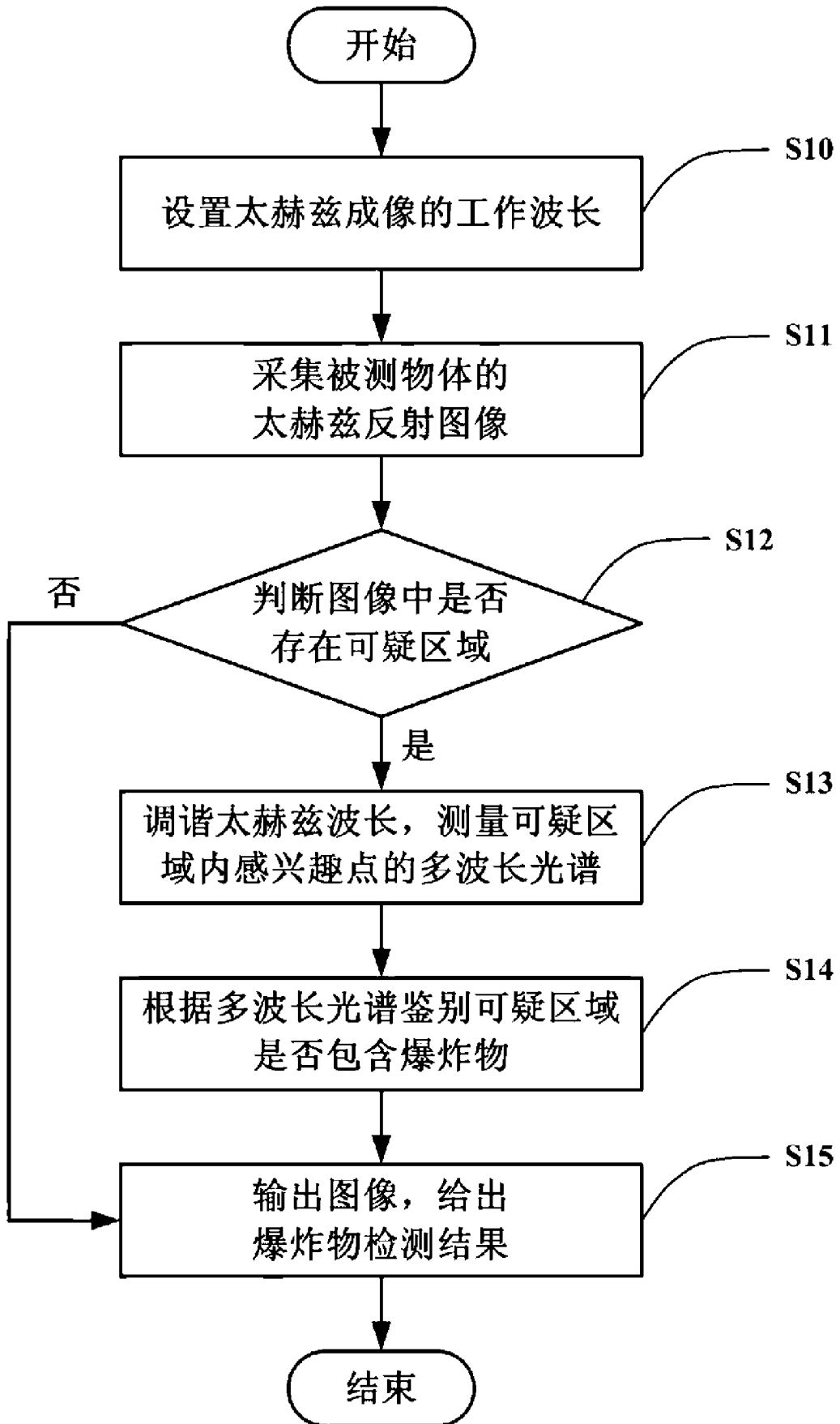


图 6

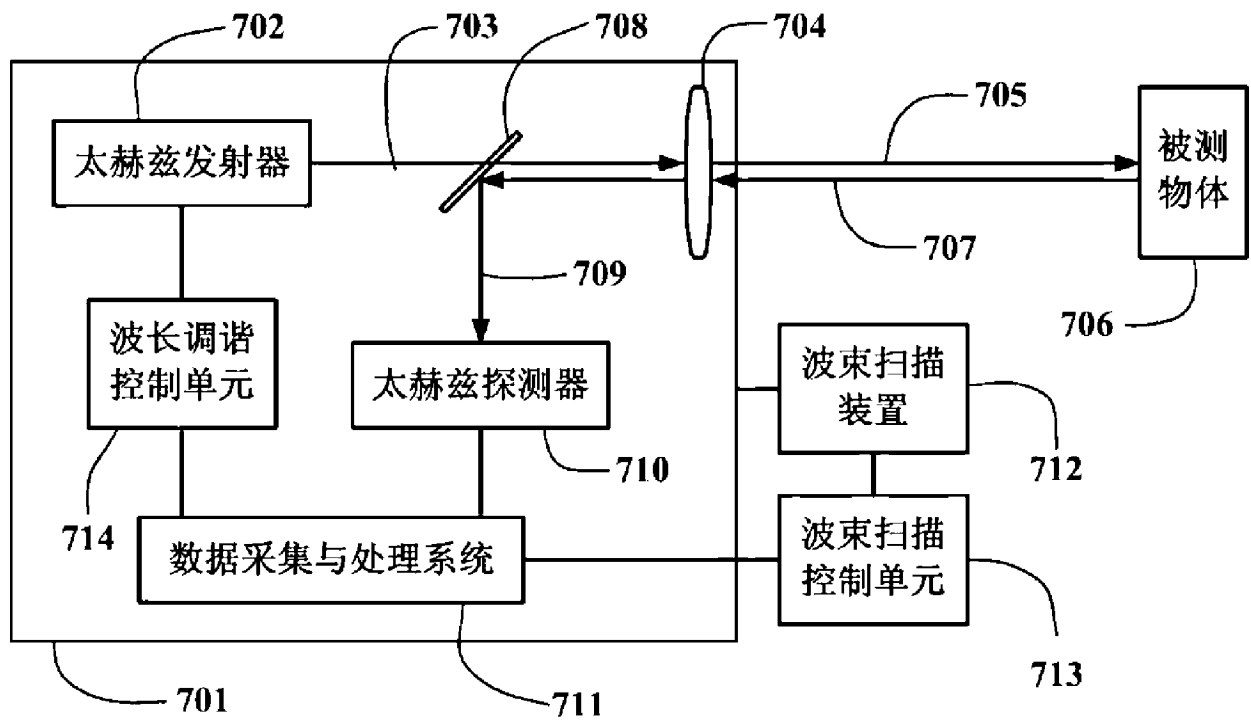


图 7