



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108572160 A

(43)申请公布日 2018.09.25

(21)申请号 201710148080.9

(22)申请日 2017.03.14

(71)申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72)发明人 夏珉 罗运 郭文平 陈俊尧
李微 杨克成

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 王世芳 曹葆青

(51)Int.Cl.

G01N 21/41(2006.01)

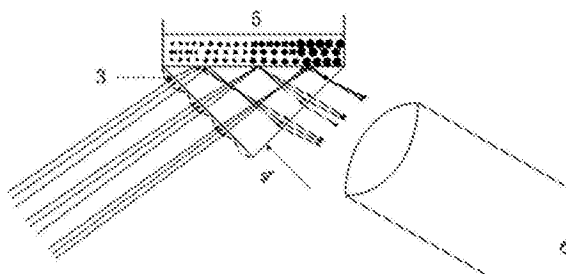
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种折射率分布测量的折光计

(57)摘要

本发明公开了一种折射率分布测量的折光计,属于测量与光学领域,其包括光源单元、光路调节单元、探测单元以及图像采集及处理单元,其中,光源单元用于产生平行光,光路调节单元用于根据设定的测量范围调节平行光光束大小,还用于调节平行光光束方向以使光束垂直入射至探测单元,探测单元包括棱镜和透镜阵列,透镜阵列贴合设置在棱镜的一个侧面上,其用于接受来自光路调节单元的平行光束,棱镜的底面贴合于待测对象的界面上,图像采集及处理单元用于接收从棱镜的另一个侧面出射的光斑,还用于对光斑进行图像处理,进而获得待测对象的折射率。本发明装置结构简单紧凑,能对折射率分布进行测量,测量精度较高。



1. 一种折射率分布测量的折光计,其特征在于,其包括:
光源单元(1),用于产生平行光,
光路调节单元(2),用于根据设定的测量范围调节所述平行光光束大小,还用于调节所述平行光光束方向以使光束垂直入射至探测单元,
探测单元,其包括棱镜(4)和透镜阵列(3),所述透镜阵列贴合设置在所述棱镜的一个侧面上,所述透镜阵列用于接受来自所述光路调节单元的平行光束,所述棱镜的底面贴合于待测对象(5)的界面上,
图像采集及处理单元(6),所述图像采集及处理单元用于接收从所述棱镜的另一个侧面出射的光斑,还用于对所述光斑进行图像处理,进而获得待测对象的折射率。
2. 如权利要求1所述的一种折射率分布测量的折光计,其特征在于,所述透镜阵列包括多个规格相同且边缘相切以形成阵列排布的透镜。
3. 如权利要求1所述的一种折射率分布测量的折光计,其特征在于,所述透镜阵列包括多个规格相同且边缘相隔设定距离以形成阵列排布的透镜。
4. 如权利要求2或3所述的一种折射率分布测量的折光计,其特征在于,所述透镜阵列包括至少两个规格相同的透镜。
5. 如权利要求1-4之一所述的一种折射率分布测量的折光计,其特征在于,所述光源单元包括平行光光源和扩束透镜组,所述平行光光源和所述扩束透镜组同轴设置。
6. 如权利要求5所述的一种折射率分布测量的折光计,其特征在于,所述扩束透镜组为伽利略系统或者开普勒系统。
7. 如权利要求5所述的一种折射率分布测量的折光计,其特征在于,所述光路调节单元包括第一反射镜(21)和第二反射镜(22),所述第一反射镜(21)和所述第二发射镜(22)平行设置。
8. 如权利要求1-6之一所述的一种折射率分布测量的折光计,其特征在于,图像采集及处理单元包括透镜组、阵列传感器以及图像处理计算机,所述透镜组用于接收从所述棱镜的另一个侧面出射的光斑,并用于将该光斑传输给所述阵列传感器,所述阵列传感器用于将所述光斑转化为图像信号并传输给所述图像处理计算机,所述图像处理计算机用于处理所述图像信号以获得待测对象的折射率分布。

一种折射率分布测量的折光计

技术领域

[0001] 本发明属于测量与光学领域,具体涉及一种折射率测量装置,用于折射率分布的测量。

背景技术

[0002] 折射率是物质的一种物理属性,它是食品生产中常用的工艺控制指标,通过测定液态食品的折射率,可以鉴别食品的组成,确定食品的浓度,判断食品的纯净程度及品质。同时,在医学方面,测定生物组织的折射率,可以判断是否发生癌变。在光通信领域内,测量光纤的折射率分布,对于光线在光纤内传输分析具有重要用途。在半导体器件方面,折射率分布也是一个重要的参数。

[0003] 折射率的测量是一项重要的技术,现在已有许多技术以折射定律为基础,实现了折射率的测量。常见的方法有偏向角法、自准直法和临界角法,其中偏向角法精度较高,临界角法应用最广泛,最具代表的仪器为阿贝折射率。但是,这些技术除了测量精度不够高的问题外,还有测量方法比较麻烦。此外,现有的装置一般都只能测量均匀液体的折射率,如果液体的不均匀,则无法测量其折射率。

[0004] 因此,需要开发一种测量精度高、测量方法简便并且能进行折射率分布测量的折光计。

发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种折射率分布测量的折光计,其目的在于,利用平行光入射进入探测单元以对折射率分布不均匀的物质进行折射率的测量,由此解决现有技术中不能测量率分布的技术问题,并且本发明装置结构紧凑简单、测量精度高、测量简便。

[0006] 为实现上述发明目的,本发明提供一种折射率分布测量的折光计,其包括:

[0007] 光源单元,用于产生平行光,

[0008] 光路调节单元,用于根据设定的测量范围调节所述平行光光束大小,还用于调节所述平行光光束方向以使光束垂直入射至探测单元,

[0009] 探测单元,其包括棱镜和透镜阵列,所述透镜阵列贴合设置在所述棱镜的一个侧面上,所述透镜阵列用于接受来自所述光路调节单元的平行光束,所述棱镜的底面贴合于待测对象的界面上,

[0010] 图像采集及处理单元,所述图像采集及处理单元用于接收从所述棱镜的另一个侧面出射的光斑,还用于对所述光斑进行图像处理,进而获得待测对象的折射率。

[0011] 以上发明构思中,棱镜和折射率分布不均匀物质直接接触构成分界面,光线经过分界面反射时,到达分界面上的点的位置是不相同的,而由于物质折射率分布不均匀,光线经过不同点的位置得到的反射率是不相同的,从而进行折射率的测量。

[0012] 进一步的,所述透镜阵列包括多个规格相同且边缘相切以形成阵列排布的透镜。

[0013] 进一步的,所述透镜阵列包括多个规格相同且边缘相隔设定距离以形成阵列排布的透镜。

[0014] 进一步的,所述透镜阵列包括至少两个规格相同的透镜。

[0015] 进一步的,所述光源单元包括平行光光源和扩束透镜组,所述平行光光源和所述扩束透镜组同轴设置。

[0016] 进一步的,所述扩束透镜组为伽利略系统或者开普勒系统。

[0017] 以上发明构思中,采用扩束透镜组目的是扩展激光是直径,减小激光束的发散角,有利于扩宽本发明的测量范围,提高精度。

[0018] 进一步的,所述光路调节单元包括第一反射镜和第二反射镜,所述第一反射镜和所述第二发射镜平行设置。通过光路调节单元调整光束入射角和反射,以调整装置的测量范围和提高精度。

[0019] 进一步的,图像采集及处理单元包括透镜组、阵列传感器以及图像处理计算机,所述透镜组用于接收从所述棱镜的另一个侧面出射的光斑,并用于将该光斑传输给所述阵列传感器,所述阵列传感器用于将所述光斑转化为图像信号并传输给所述图像处理计算机,所述图像处理计算机用于处理所述图像信号以获得待测对象的折射率分布。

[0020] 以上发明构思中,棱镜和待测对象或者待测物质构成不同反射界面,由于物质折射率分布不均匀,光线入射不同折射率位置,相同入射角对应的反射光强不同。探测单元中透镜阵列是由同等焦距的透镜组成的阵列,对平行光束起到聚焦的作用,由于汇聚作用,从而使平行光在光路中传输时可得到一系列弥散斑,即光斑分布,即可测量光斑的相对光强分布。透镜组和阵列传感器用于图像处理,透镜组和阵列传感器对从探测单元出射的光斑进行取图,然后用图像处理计算机对图像进行计算和处理,以得到光斑分布的相对光强,从而得到物质相对应的折射率分布情况。

[0021] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0022] 由于透镜阵列的存在使入射平行光入射经过待测物质组成的界面后成为一系列光斑,再进入透镜组和阵列传感器,接着进行图像处理,获得待测物质的折射率分布,以上光路的核心部件(是指探测单元)保证了本发明装置能够实时测量折射率分布不均匀的物质从而得到折射率分布图,其测量结果精确。此外,本发明装置结构紧凑简单,测量时将待测物质放置在棱镜底面即可,将待测物质放置方便,本发明装置具有非常好的应用前景。

附图说明

[0023] 图1是本发明实施例的液体折射率分布测量的装置的结构示意图;

[0024] 图2是本发明实施例中光源单元以及光路调节单元的中光路示意图;

[0025] 图3是本发明实施例中探测单元中棱镜贴合在待测对象界面上的光路示意图;

[0026] 图4为本发明实施例中探测单元中透镜阵列的对光束聚焦的光路示意图;

[0027] 图5(a)为不同折射率下,菲涅尔反射曲线与入射角关系曲线图;

[0028] 图5(b)为菲涅尔反射率曲线局部图及三种位置对应的折射率位置图。

[0029] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:

[0030] 1-光源单元 2-光路调节单元 3-透镜阵列

- [0031] 4-棱镜 5-待测对象或者待测物质 6-图像采集处理单元
[0032] 21-第一反射镜 22-第二反射镜

具体实施方式

[0033] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,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。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0034] 图1是本发明实施例的液体折射率分布测量的装置的结构示意图,图2是本发明实施例中光源单元以及光路调节单元的中光路示意图,图3是本发明实施例中探测单元中棱镜贴合在待测对象界面上的光路示意图,图4为本发明实施例中探测单元中透镜阵列的对光束聚焦的光路示意图,结合以上四副图可知,本发明的装置包括光源单元1、光路调节单元2、探测单元以及图像采集及处理单元6,其中,光源单元1用于产生平行光,光路调节单元2用于根据设定的测量范围调节所述平行光光束大小,光路调节单元2还用于调节所述平行光光束方向以使光束垂直入射至探测单元,探测单元用于将平行光汇聚后入射至待测物质的界面,由于待测物质的折射率分布不均匀,进而获得出射光斑,图像采集及处理单元6用于接收所述出射光斑并对光斑的光强进行分析以获得待测对象的折射率分布。

[0035] 其中,所述光源单元包括平行光光源和扩束透镜组,所述平行光光源和所述扩束透镜组同轴设置。所述扩束透镜组为伽利略系统或者开普勒系统。所述光路调节单元包括第一反射镜21和第二反射镜22,所述第一反射镜21和所述第二发射镜22平行设置。调节第一反射镜21和第二反射镜22的角度,可调节所述平行光光束大小,同样的,还可以调节所述平行光光束方向以使光束垂直入射至探测单元。此处,还可以根据实际工程需要设置三个或者更多个平行设置的反射镜,但是,原则上,两个相互平行设置的反射镜就能在X方向和Y方向上进行调整,能满足调节的功能。探测单元包括棱镜4和透镜阵列3,所述透镜阵列贴合设置在所述棱镜的一个侧面上,所述透镜阵列用于接受来自所述光路调节单元的平行光束,所述棱镜的底面贴合于待测对象5的界面上。

[0036] 在本发明的一个实施例中,所述透镜阵列包括多个规格相同且边缘相切以形成阵列排布的透镜,或者所述透镜阵列包括多个规格相同且边缘相隔设定距离以形成阵列排布的透镜。

[0037] 在本发明的又一个实施例中,所述透镜阵列包括至少两个规格相同的透镜。所述的透镜阵列也可以包括至少四个规格相同的微透镜,以形成一个阵列面,所述透镜阵列也可以是形成一纵列或者一横列。

[0038] 图像采集及处理单元包括透镜组、阵列传感器以及图像处理计算机,所述透镜组用于接收从所述棱镜的另一个侧面出射的光斑,并用于将该光斑传输给所述阵列传感器,所述阵列传感器用于将所述光斑转化为图像信号并传输给所述图像处理计算机,所述图像处理计算机用于处理所述图像信号以获得待测对象的折射率分布。

[0039] 本发明中,所述的探测模块由透镜阵列和反射棱镜以及待测物质构成,其中,反射棱镜上侧与待测物质相接触,构成反射界面,透镜阵列与反射棱镜一侧相接触,构成光线的入射界面,另一侧为光线出射界面。平行光线入射至透镜阵列时,由于透镜阵列是由同等焦

距的透镜组成的阵列,对平行光束起到聚焦的作用,从而使入射光束在探测模块出射界面输出时可得到一系列弥散斑分布,即光斑分布。对透镜组和阵列传感器出射的光斑进行取图得到光斑强度相对分布图,然后用图像处理计算机的CPU对图像进行计算和处理,以得到不同光斑的相对光强值,而每一光斑对应了汇聚光束在反射界面的位置,每一界面位置对应了物质的不同折射分布,便得到了相对应的折射率分布测量结果。

[0040] 本发明物质折射率分布测量工作原理如下:

[0041] 光源单元出射的平行光,经过反射镜的光路调整装置进入探测单元,由于透镜阵列的存在,平行光入射至透镜阵列会由于透镜阵列的会聚作用使光反射时以不同角度出射,从而被透镜组和阵列传感器接收时成为一系列弥散斑,其中反射界面由棱镜上表面和待测物质构成,由于折射率分布的不均匀,从而使反射率不同,而得到的弥散斑光强是不同的,通过光强分析待测液体的折射率即实现了测量。

[0042] 本发明装置是利用透镜阵列对平行光的汇聚保证测量精度的,因为本发明分析光斑光强与相对应的入射光束在界面上的位置相关,位置范围越小,测得的精度越高。平行光线进入反射界面时,入射角度的不同使出射光角度不同,通过透镜阵列的汇聚作用,可使同一个光斑对应的入射光线在反射界面上的位置范围大大缩小,从而分析光强得到对应位置的液体的折射率精度得到保证。

[0043] 本发明利用了反射率测量折射率的原理,光束经过界面发生反射时,反射光强与反射率相关,由菲涅尔公式推导知:

$$[0044] \quad r_s = \frac{n_1 \cos \theta_1 - n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \cos \theta_2}, r_p = \frac{n_1 \cos \theta_2 - n_2 \cos \theta_1}{n_1 \cos \theta_2 + n_2 \cos \theta_1},$$

$$[0045] \quad R_s = r_s^2, R_p = r_p^2$$

[0046] 出射光束光强 $I_{\text{出}} = I_0 (R_s \cos^2 \theta + R_p \sin^2 \theta)$, 其中, θ_1 和 θ_2 为入射角和折射角, n_1 和 n_2 为棱镜和待测液体的折射率, θ 为出射光和s光的夹角, I_0 为入射光的光强。光线传输时,光是有偏振的,也就是说光是一种电磁波,在光线垂直传播方向上存在电场和磁场,电场会沿各种方向传播,我们定义电场方向垂直纸面向里为s光,p光是平行该纸面的。

[0047] 本发明中,譬如取夹角为 45° , 而实际测量过程中采取入射光束为平行光光束,因此不同光斑相对应位置所对应的入射光夹角是相同的,而初始入射光线光强是相同的,因此本发明中的唯一变量是折射率,而所采用的棱镜是均匀材料构成的, n_1 是相同的,即 n_2 的不同折导致反射率的不同,从而使出射光强不同,显然 n_2 的分布是由待测物质的折射率分布组成的,因此,本发明也就实现了 n_2 即物质折射率分布的测量。

[0048] 为了验证本发明的准确性,下面用反射率曲线和光线传输对测量结果的准确性做进一步说明,具体如下:

[0049] 通过试验获得到不同的菲涅耳反射率与入射角度之间的关系,对于本发明中,我们取其中的三个不同位置作为解释说明,分别为位置a、b和c,由于透镜阵列对光束的汇聚作用,同一位置对应多束入射角不同的光束,而不同位置处相对应的入射角是相同的,如此保证了控制变量法的条件。

[0050] 图5(a)为不同折射率物质下得到的菲涅尔反射曲线,其中取玻璃的折射率为1.52,本发明设计入射角范围在临界角以下,故均不会发生全反射。为方便说明,其中图5

(b)是图5(a)反射率曲线在入射角为55度至60度的局部放大图,其中位置a、b和c对应图(5)b曲线上的位置也做了标记说明,而三个位置光斑的分布便是这些位置对应菲涅尔曲线的积分值,因此用光斑测量法是多组数据的积分值,保证了发明测量的精度。

[0051] 本发明中,利用反射原理可得到不同折射率下的光斑图,再利用菲涅尔反射公式与折射率对应的关系计算得到物质的折射率分布。

[0052] 本发明可用于实时在线测量物质的折射率分布,测量不同物质时,只需在装置上更换不同的待测物质,利用透镜组和阵列传感器进行取图,通过图像处理计算机分析即可以得到折射率分布曲线,方便快捷。

[0053] 本发明中的一种折射率分布测量折光计,利用相同入射角入射的光束在不同折射率分布界面下反射率是不同的规律,实现了折射率分布的测量,即巧妙的利用了反射率和光强的关系实现折射率分布的测量。

[0054] 本发明通过光斑光强的分布来测量折射率分布,其测量过程简单,装置完成之后,只需将光斑快速取图之后,进行软件计算分析即可得到测量结果,操作简单快捷,实现了不均匀物质折射率的测量。其次,以空气界面光斑的光强作为对照,得到物质折射率,精度得到明显提高,最后通过计算机软件来计算光斑分布也保证了测量的精度。

[0055] 本发明装置的物质折射率分布测量的装置能实时检测物质折射率分布的情况,具有精度高、寿命长、抗干扰能力强的特点。

[0056] 本领域的技术人员容易理解,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。

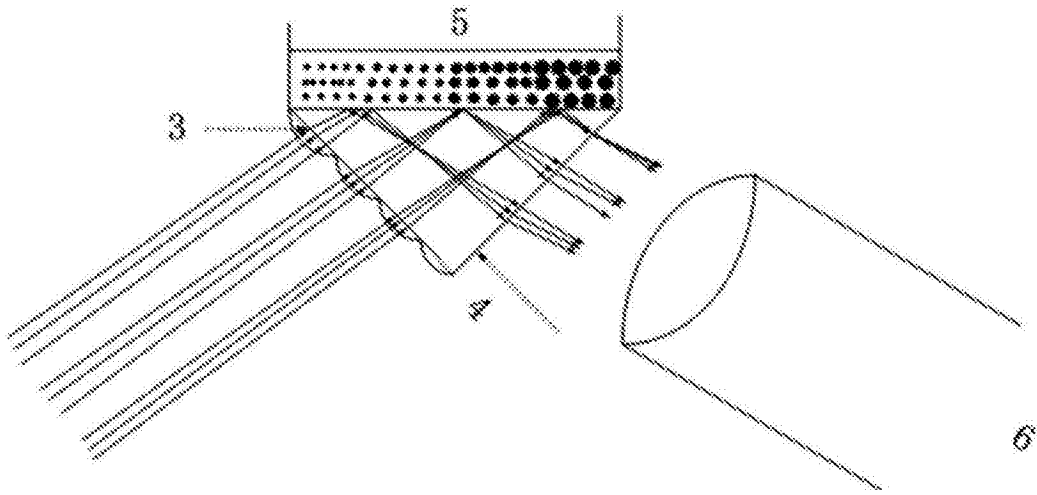


图1

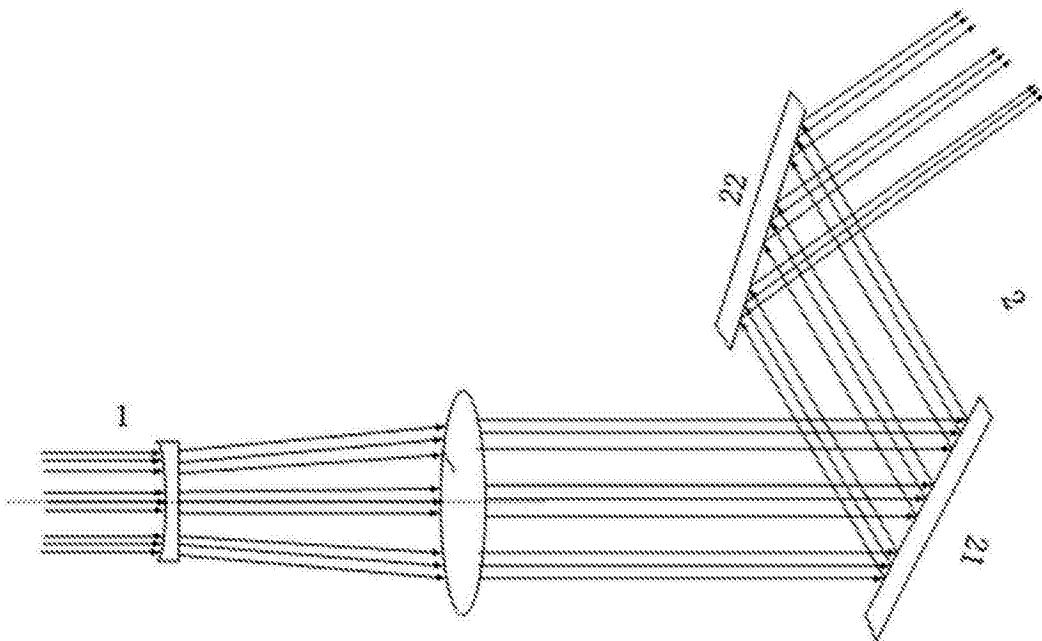


图2

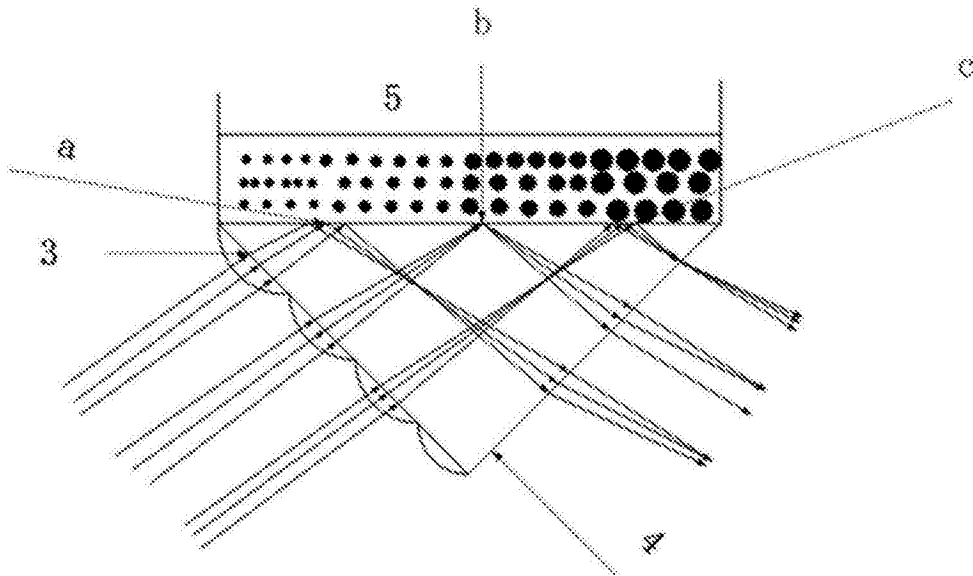


图3

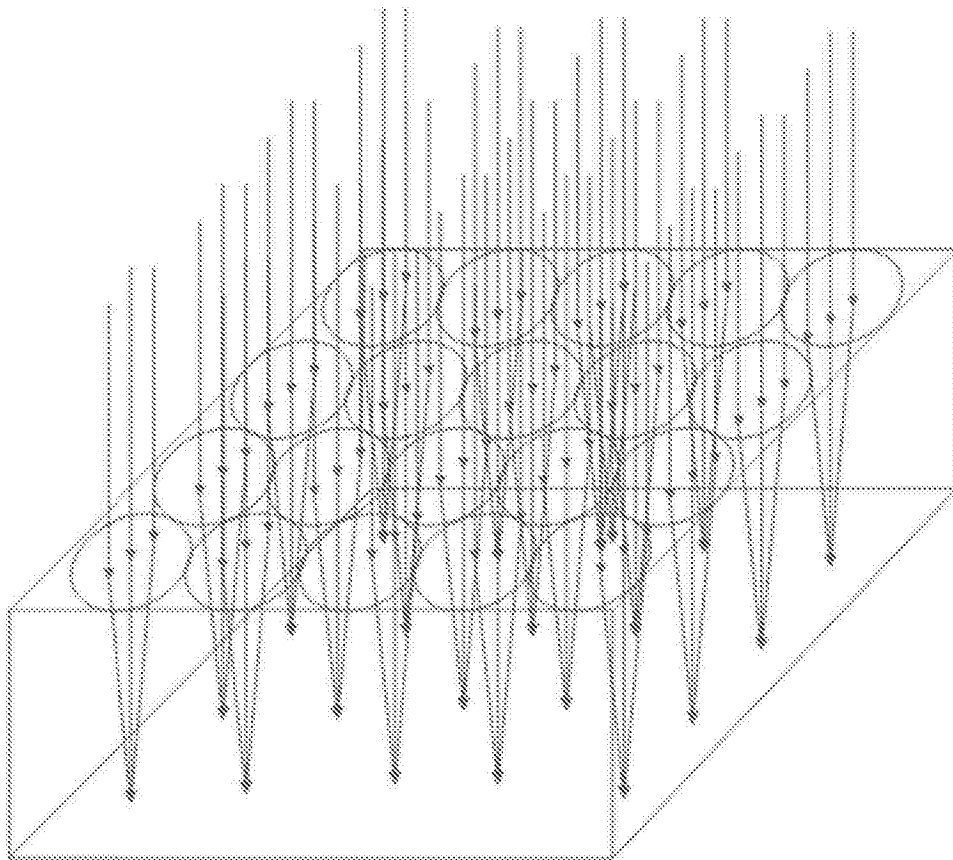


图4

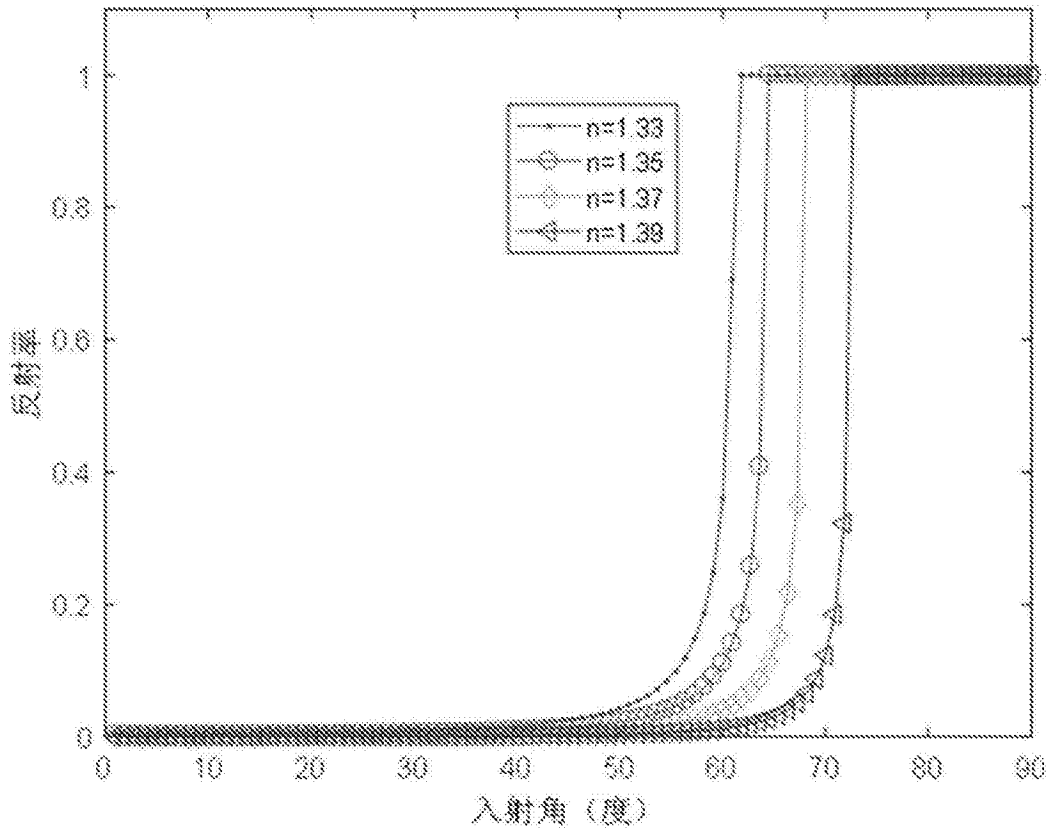


图5 (a)

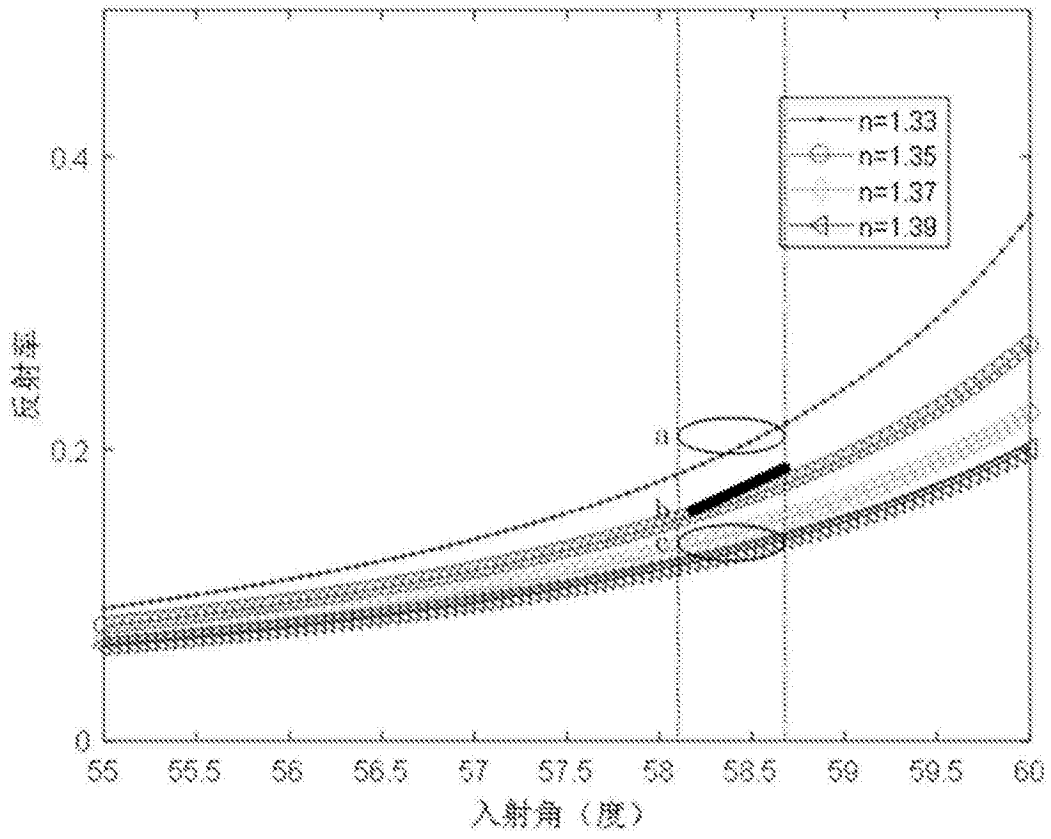


图5 (b)