



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106574867 A

(43)申请公布日 2017.04.19

(21)申请号 201580040299.6

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

(22)申请日 2015.06.19

代理人 邱军

(30)优先权数据

102014009142.2 2014.06.20 DE

(51)Int.Cl.

G01J 3/12(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

G02F 1/11(2006.01)

2017.01.22

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2015/001240 2015.06.19

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/192967 DE 2015.12.23

(71)申请人 卡尔蔡司显微镜有限责任公司

地址 德国耶拿

(72)发明人 B.罗舍尔 S.威廉 G.默勒

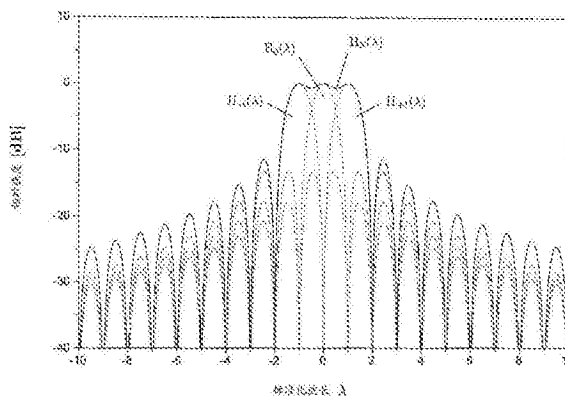
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

致动声光部件的方法和设备

(57)摘要

一种致动声光部件的方法和设备,所述声光部件影响穿过其中的光,尤其影响显微镜光路中的照明光和/或检测光,显微镜优选地是激光扫描显微镜,其中,照明波长和/或检测波长使用至少一个频率发生器设定,频率发生器连接到声光部件,并控制该影响,其中,优选地为了确保独立于温度的影响,频率发生器产生信号,该信号产生用于照明光和/或检测光的波长的强度分布的光谱扩展,其中,该致动由两个或更多个致动信号实现,使得产生声光部件的传递函数的两个或更多个重叠和/或叠加主瓣或主最大值。



1. 一种致动声光部件的设备,所述声光部件操纵穿过其中的光,尤其操纵显微镜光路中的照明光和/或检测光,所述显微镜优选地是激光扫描显微镜,所述设备包括至少一个频率发生器,用于调节照明波长和/或检测波长,

所述频率发生器连接到所述声光部件,以控制该操纵,

其特征在于,优选地为了确保独立于温度的操纵,所述频率发生器实施成其产生信号,该信号产生所述照明光和/或检测光的波长的强度分布的光谱扩展。

2. 如权利要求1所述的设备,其中,所述频率发生器由两个或更多个致动信号致动,使得产生所述声光部件的传递函数的两个或更多个重叠和/或叠加主瓣或主最大值。

3. 如权利要求1或2所述的设备,其中,AOTF的致动信号彼此有一距离,所述距离产生至少两个叠加主瓣。

4. 如权利要求1至3中任一项所述的设备,其中,至少两个相邻波长的频率间距 $\Delta\lambda$ 小于带宽(FWHM)的2.247倍。

5. 如权利要求1至4中任一项所述的设备,其中,所述主瓣均由两个最小值定界。

6. 如权利要求1至5中任一项所述的设备,其中,主瓣强度/副瓣强度比为至少10:1。

7. 如权利要求1至6中任一项所述的设备,其中,所述传递函数的温度相关偏移基本上不会改变所述声光部件的晶体的传输行为。

8. 如权利要求1至7中任一项所述的设备,其中,光谱偏移的传递频率设置在所述照明波长和/或检测波长的两侧。

9. 如权利要求1至8中任一项所述的设备,其中设置模拟和/或数字频率发生器。

10. 如权利要求1至9中任一项所述的设备,其中,所述频率发生器是I/Q混合器。

11. 如权利要求1至10中任一项所述的设备,其中,所述频率发生器的信号分布基于所述声光部件的测量的温度漂移曲线而调节。

12. 如权利要求1至11中任一项所述的设备,其中设置FPGA来致动所述频率发生器。

13. 如权利要求1至12中任一项所述的设备,其中,所述声光部件是AOTF或AOM或AOBS。

14. 如权利要求1至13中任一项所述的设备,其中,所述显微镜的照明光和所述显微镜的检测光两者在声光部件中是可操纵的。

15. 一种致动声光部件的方法,所述声光部件操纵穿过其中的光,尤其操纵显微镜光路中的照明光和/或检测光,所述显微镜优选地是激光扫描显微镜,

其中,借助至少一个频率发生器来调节照明波长和/或检测波长,所述至少一个频率发生器连接到所述声光部件,并控制该操纵,

其特征在于,优选地为了确保独立于温度的操纵,所述频率发生器产生信号,该信号产生所述照明光和/或检测光的波长的强度分布的光谱扩展。

16. 如权利要求14或15所述的方法,其中,通过两个或更多个致动信号来实现该致动,使得产生所述声光部件的传递函数的两个或更多个重叠和/或叠加主瓣或主最大值。

17. 如权利要求14至16中任一项所述的方法,其中,产生的AOTF的致动信号彼此有一距离,所述距离产生至少两个叠加主瓣。

18. 如权利要求14至17中任一项所述的方法,其中,至少两个相邻波长的频率间距 $\Delta\lambda$ 小于带宽(FWHM)的2.247倍。

19. 如权利要求14至18中任一项所述的方法,其中,所述主瓣均由两个最小值定界。

20. 如权利要求14至19中任一项所述的方法,其中,主瓣强度/副瓣强度比为至少10:1。
21. 如权利要求14至20中任一项所述的方法,其中,所述传递函数的温度相关偏移基本上不会改所述变声光部件的晶体的传输行为。
22. 如权利要求14至21中任一项所述的方法,其中,光谱偏移的传递频率设置在所述照明波长和/或检测波长的两侧。
23. 如权利要求14至22中任一项所述的方法,其中,所述致动信号由模拟和/或数字频率发生器产生。
24. 如权利要求14至23中任一项所述的方法,其中,所述频率发生器是I/Q混合器。
25. 如权利要求14至24中任一项所述的方法,其中,所述频率发生器的信号分布基于所述声光部件的测量的温度漂移曲线而调节。
26. 如权利要求14至25中任一项所述的方法,其中设置FPGA来致动所述频率发生器。
27. 如权利要求14至26中任一项所述的方法,其中,所述声光部件是AOTF或AOM或AOBS。
28. 如权利要求14至27中任一项所述的方法,其中,所述显微镜的照明光和所述显微镜的检测光两者在所述声光部件中操纵。
29. 如权利要求14至28中任一项所述的方法,其中,在优化方法中,修改所述信号分布,并关于其温度行为捕获和校正出现的分布。
30. 一种实施如权利要求14至29中任一项所述方法的显微镜。
31. 一种包含如权利要求1至14中任一项所述的设备的显微镜。

致动声光部件的方法和设备

现有技术

[0001] 为了选择波长并操纵激光强度,如EP1795938A2和DE19702753C2中所述,激光扫描显微镜中的激光系统包括声光元件(AOTF/AOM),其光谱属性与要传输的激光的光谱特性相匹配。

[0002] 图1示例性地示出当具有矩形换能器的AOTF由单一正弦波激励时的理想传递函数 $H(\lambda)$ 。

[0003] 声光元件(AOTF/AOM)的光学传输属性一般通过晶体的切割和施加在其上的换能器的几何形状来设定。通过选择几何形状,在此可操纵主瓣的宽度以及传递函数 $H_0(\lambda)$ 的副瓣的衰减行为。通常实现矩形换能器,其标准化传递函数 $H_0(\lambda)$ 描述了 sinc^2 函数。

$$[0004] \quad H_0(\lambda) = \text{sinc}^2\left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)$$

[0005] 对于给定激光波长 λ_n ,特别地,通过晶体的材料属性和几何形状确定激励的RF信号的频率 f_n 。其与激光波长 λ_n 成反比,激光波长可由激励的衍射光栅操纵。

$$[0006] \quad \lambda_n \sim \frac{1}{f_n}$$

[0007] 传递函数 $H_0(\lambda)$ 的特征尤其在于以下参数(还参见图6):

[0008] $B_{3\text{dB}}$ ——传递函数的主瓣已衰减至其最大值的一半时的带宽(另外FWHM——一半最大值全宽)

[0009] B_N ——定界传递函数的主瓣的零点的间距

[0010] 为了同时操纵两个或更多个激光线($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$)的目的,用于致动声光元件的RF信号包含正弦载波/激光线。具有频率 f_1, f_2, \dots, f_n 的每个正弦载波激励声光元件中对应激光线的衍射光栅。

[0011] 由于关系式 $\lambda_n \sim 1/f_n$,传递函数的属性还可取决于激励的RF信号来表征。特别地,可指定 Δf_{B_N} 用于以取决于致动信号的中心频率的去谐的方式描述主瓣宽度的目的。下式适用: $\Delta f_{B_N} \sim 1/B_N$ 。

[0012] 对于矩形换能器,适用 $B_{3\text{dB}} = 0.89, B_N = 2$ 。相应地,变量 B_N 和 $B_{3\text{dB}}$ 关于彼此如下表现:

[0013] $B_{3\text{dB}} = 0.445B_N$ 以及 $\text{FWHM} = 0.445B_N$ 。

[0014] AOTF的常规用途

[0015] 两个相邻激光线之间的距离 $\Delta\lambda$ 被选择成至少足够大,使得声光元件的传递函数 $H_0(\lambda)$ 的主瓣没有叠加。这在两个激光线之间的距离 $\Delta\lambda$ 不小于声光元件的传递函数 $H_0(\lambda)$ 的主瓣的零间距 B_N 的情况下是这样。下式适用: $\Delta\lambda \geq B_N$ 。

[0016] 因此,对于矩形换能器,下式出现:

[0017] $\Delta\lambda \geq 2.247\text{FWHM}$

[0018] 通常通过显著地增加AOTF的射频致动信号的所需功率来使换能器几何形状适配于调节传递属性,以达到大于90%的所需衍射效率。与具有矩形换能器的标准AOTF相比,取

决于激光波长,RF致动功率可不得不升高7dB。与标准AOTF的+20dBm($\sim 100\text{mW}$)相比,修改的AOTF的典型值 $>+27\text{dBm}$ ($\sim 500\text{mW}$)。

[0019] 增加RF控制功率会导致额外地加热声光元件,结果,由于声速对晶体(例如 TeO_2)中的温度的依赖性,导致晶体(例如 TeO_2)的光学属性改变。

[0020] 特别地,由于加热,在传递函数 $H_0(\lambda)$ 中有显著的光谱偏移。

[0021] 可通过使用受控电加热器加热AOTF晶体至显著高于室温的温度(例如 50°C)来抵消该不想要的温度漂移(DE-19827140-A1)。

[0022] 替代地,可使用珀耳帖元件来保证温度的稳定性或者如DE202007015506 U1和DE19827140 A1中所述的那样实现对RF致动信号的温度控制频率跟踪。

[0023] 由RF致动功率的短暂变化(例如由于在记录图像的同时对激光的强度调制)导致的晶体温度的局部改变不能由这样的方法捕捉和补偿,并且作为结果,由于传递函数 $H_0(\lambda)$ 的光谱偏移,相对于AOTF的第一衍射级,在激光的角度和强度中具有不想要的改变。

[0024] 本发明及其效果和优点的描述

[0025] 考虑根据独立权利要求的导言的布置和方法,本发明的特征在于相应特征部分。

[0026] 优选发展例是从属权利要求的主题。

[0027] 下面更详细地解释本发明及其效果和优点。

[0028] AOTF的新颖用途

[0029] 根据本发明,声光元件通过每激光线两个或更多个正弦RF信号致动。正弦RF信号的光谱间距 Δf 有意地选择成有激励的传递函数 $H_0(\lambda)$ 的主瓣的叠加。激励的传递函数 $H_N(\lambda)$ 的主瓣的重叠是期望的,因为由于单独传递函数的叠加,在合成的传递函数 $H_\Sigma(\lambda)$ 中导致主瓣加宽。

[0030] 示例:

[0031] AA光电的AO可调谐滤波器AOTF.nc-VIS(数据表值):

[0032] 光波长 λ 450-700nm

[0033] 光谱分辨率(FWHM) 1.5nm

[0034] 驱动频率 f 153-80MHz

[0035] 调谐梯度 k_{Tune} 0.292MHz/nm

[0036] 假定矩形换能器,使用上述关系式可计算出下列值:

[0037] 零点间距 B_N 3.37nm ($B_N = \text{FWHM}/0.445$)

[0038] 零点间距 Δf_{BN} 0.98MHz ($\Delta f_{BN} = k_{\text{Tune}} \cdot B_N$)

[0039] 在常规用途的情况下,这意味着:

[0040] 激光线的最小间距 $\Delta \lambda \geq 3.37\text{nm}$ ($\Delta \lambda \geq 2.247 \cdot \text{FWHM}$)

[0041] 正弦载波的间距 $\Delta f \geq 0.98\text{MHz}$

[0042] 在本发明用途的情况下:

[0043] 正弦载波的间距 $\Delta f < 0.98\text{MHz}$

[0044] 该数据表针对AOTF频率的温度相关漂移指定 $30\text{kHz}/^\circ\text{C}$ 的值。

[0045] 对所产生的信号的单独载波的初始相位角和幅度的灵巧选择导致信号I可具有(实际上)恒定的包络。

[0046] 下面,基于图2-5所示的示意图更详细地解释本发明。

[0047] 图2示意性示出光源,举例来说是激光器L。

[0048] 光源还可由多个激光器构成,多个激光器由束分裂器组合,如现有技术中所描绘的。经由选择波长和控制强度的AOTF,来自光源L的光在显微镜(优选地是激光扫描显微镜)的方向上行进。

[0049] 光源L和AOTF还可布置在照明模块BM(使用虚线示出)中,照明模块通过直接联接或通过一个或多个光纤光学连接到显微镜光路。

[0050] 通常与另一显微镜功能连接的致动单元AS还用于致动AOTF。

[0051] 根据本发明,多频混合单元MIX有利地在致动单元和AOTF之间设置为频率发生器,所述多频混合单元的操作模式在下面更详细地解释。

[0052] 本发明涉及以射频信号致动声光元件(AOTF/AOM)。这种信号包含多个射频载波,尽管不是强制的,但是多个射频载波彼此具有均匀距离 Δf ,并具有相同或不同的信号幅度。

[0053] 这种类型的致动导致多个传递函数 $H_0(\lambda)$ 叠加,所述多个传递函数由晶体或换能器几何形状预先确定,所述传递函数相对于彼此偏移多个 Δf ,并通过相应激励的单独载波的幅度来评估。

[0054] 合成的传递函数 $H_N(\lambda)$ 从激励声光元件的单独载波的光谱偏移传递函数 $H_0(\lambda)$ 的叠加产生。

[0055] 关于传递函数的副瓣的衰减行为,有利的是选择致动信号的载波间距 Δf ,使得相邻传递函数的主瓣补充相应直接相邻函数的最小值。

[0056] 由于该致动以及由此得到的多个传递函数 $H_0(\lambda)$ 的叠加,声光元件的传递函数 $H_N(\lambda)$ 经历光谱扩展,特别地,光谱扩展具有其主瓣加宽的结果。相比之下,副瓣的衰减行为没有变化或没有显著变化,在矩形换能器的情况下,副瓣的衰减行为由 sinc^2 函数预定。

[0057] 相应地,根据本发明的声光元件(AOTF/AON)的激励允许任意扩大传递函数的主瓣的光谱宽度,而不会显著改变副瓣的衰减行为。这便于扩展传递函数的主瓣,使得首先,激光系统的脉冲以理想方式传输,如EP1795938A2中所述,其次,对晶体的温度变化的响应对特定波长的激光的传输不再有任何影响。依靠主瓣宽度通过射频信号的许多载波和其间距扩展成使得要传输的脉冲仍位于传递函数的具有其光谱宽度的主瓣内,这会成功,或者这还应用于气体或DPSS激光系统的要传输的波长,即使是在晶体的最大温度偏移情况下亦如此。在此,温度范围应当包括在15°C和35°C范围内的环境温度,其中,晶体的操作温度可大致比环境温度高20°C。

[0058] 由于根据本发明的致动声光元件(AOTF/AOM)的方案,可使晶体的光谱属性匹配耦合的激光的光谱特性,而不用适配换能器几何形状,即,使用标准部件。额外有利效果包括可完全省略掉加热晶体。这减少了进入系统的不利热流。通过省略掉加热以及为此所需的电子和机械部件,可以实现设计更紧凑的组件,从而允许更高系统集成度。此外,由对晶体的局部加热导致的不利效果不再发生,这是因为由此导致的传递函数的漂移同样通过传递函数的主瓣加宽而被捕获。

[0059] 此外,传递函数 $H_N(\lambda)$ 的主瓣的实质矩形特性是有利的,其确保AOTF的第一衍射级的激光的角度和强度在例如15°C至45°C的整个指定温度范围内保持稳定。

[0060] 当以射频信号致动声光元件时补偿温度漂移的原理在图3中阐明。

[0061] 图3示出根据本发明通过以具有大致相同功率的五个载波致动晶体来补偿AOTF/AOM的温度漂移的原理。

[0062] 室温(2)处的传递函数 $H_N(\lambda)$ 通过加热晶体而光谱偏移(3),主瓣的宽度和副瓣的衰减行为由此不受影响。合适地选择载波数量和间距导致传递函数的主瓣通过多个单独主瓣的叠加而光谱扩展,使得具有固定波长的激光线(1)在整个温度范围内被传输而没有歪曲。

[0063] 图4和5应当进一步阐明当以OFDM(正交频分复用)信号致动AOTF时产生加成的传递函数。

[0064] 具有三个载波的OFDM信号用在两幅图中,合成的传递函数 $H_N(\lambda)$ 由此从三个曲线的叠加产生,三个曲线是图4中的 $H_0(\lambda)$ 、 $H_{+1}(\lambda)$ 、 $H_{-1}(\lambda)$ 以及 $H_0(\lambda)$ 、 $H_{+0.7}(\lambda)$ 、 $H_{-0.7}(\lambda)$,它们分别相对彼此光谱偏移 λ 和 $0.7n\lambda$ 。

[0065] 附图在光谱偏移的幅度方面不同。在图4中,偏移被选择成一个传递函数的主瓣相应地落入相邻函数的最小值中。在图5中,偏移稍微较小(0.7代替1)。

[0066] 射频信号优选地使用I/Q混合器产生,I/Q混合器可具有模拟和数字实施例。用于致动I/Q混合器的同相和正交路径的复基带信号在信号的等距载波间距的情况下可有利地利用离散傅里叶逆变换(IDFT)计算出。

[0067] 此外,I/Q混合器具有抑制设定主信号的旁带的有利性质,使得可产生信号的理想主瓣。

[0068] 为了调节频率发生器(像I/Q混合器)的目的,可有利地使用AOTF的温度相关频率漂移的测量分布,其中,有利地,例如监控二极管布置在光路中,所述监控二极管捕获AOTF的信号传递取决于环境温度的强度变化。

[0069] 为了产生信号的目的,所述信号发生器那么可有利地被致动成产生的加宽传递函数对于期望的温度范围具有大致相同的光谱特性。

[0070] 为此,还可使用信号发生器有利地实施优化方法,以取决于预定温差产生光谱偏移的传递函数的理想数量和分布,在预定温差内,AOTF具有相同的传递特性。

[0071] 用于致动信号发生器(像I/Q混合器)的射频信号可使用可自由编程的部件(比如FPGA)有利地产生。

[0072] 在完全不同的背景中,FPGA已结合激光扫描显微镜进行了描述:DE102006034905 A1,DE19858456 A1。

[0073] 以出乎意料地简单但非常可变的方式,本发明解决了现有技术中描述的复杂的尝试,矫正了声光部件的温度依赖性的问题。

[0074] 有利地,例如还在宽带光源(“白光激光器”)的情况下,本发明还可应用于显微镜中的声光部件,其操纵照明光路和检测光路,例如以设定通过或阻挡波长范围的带度。

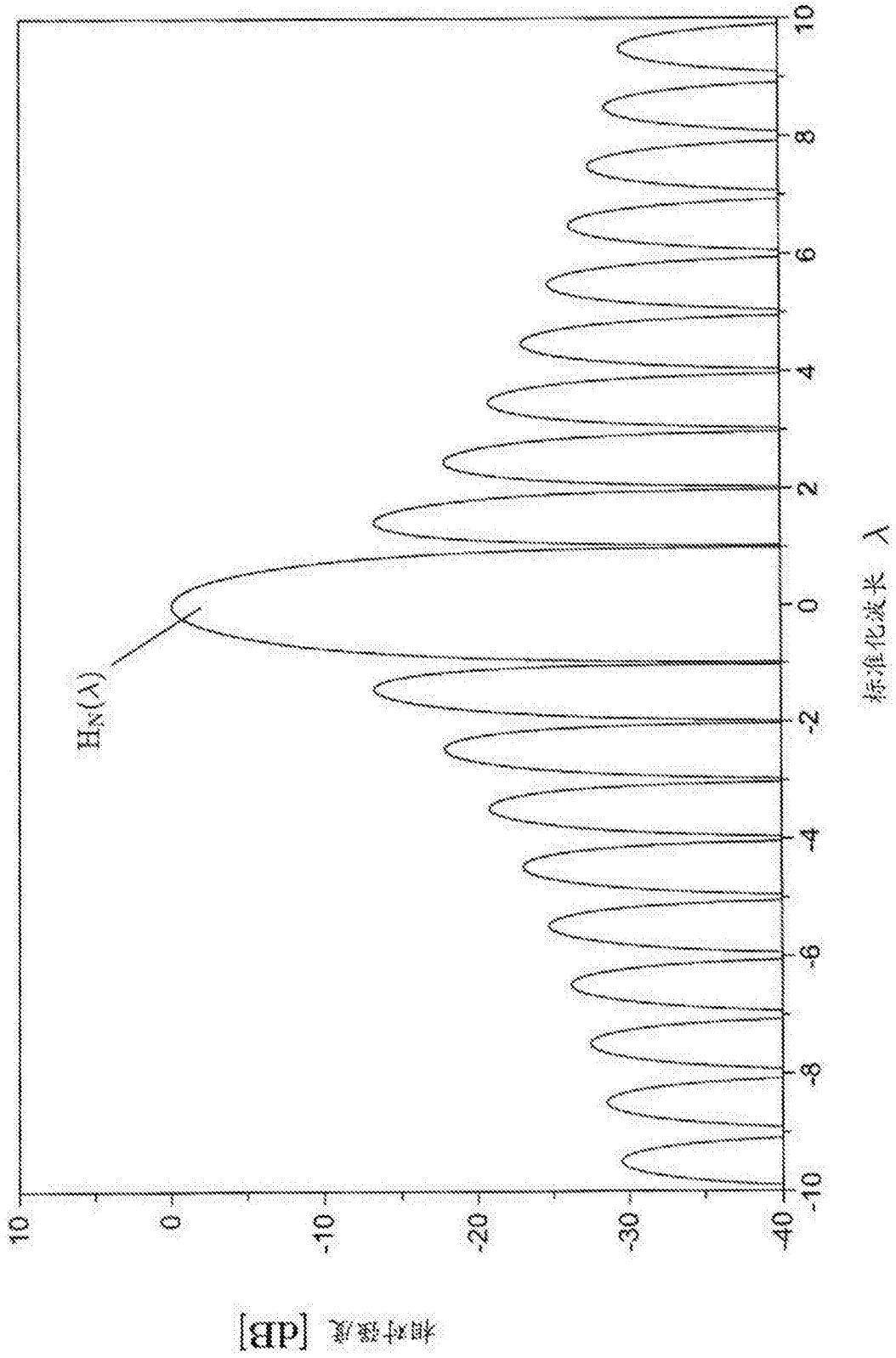


图1

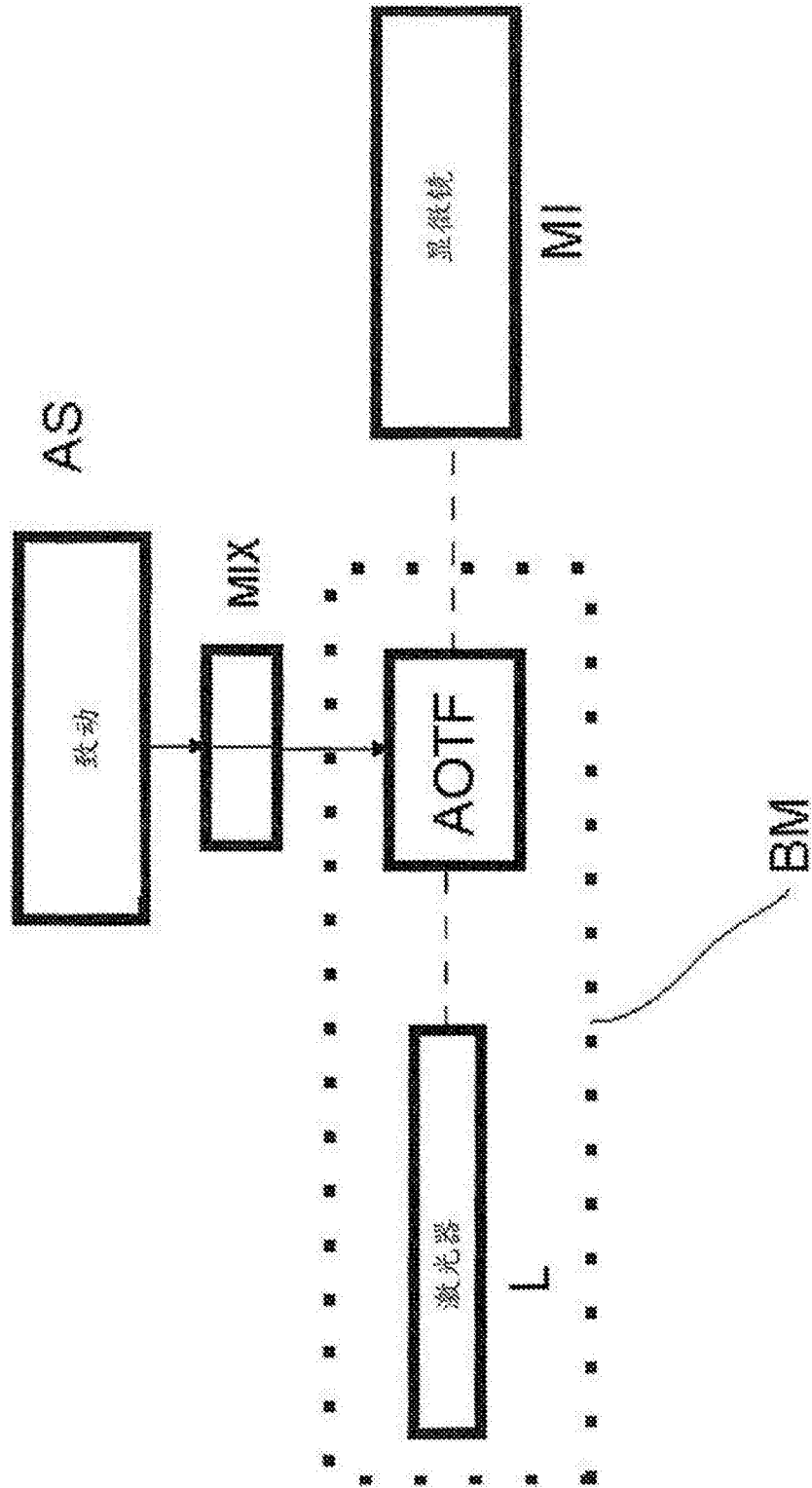


图2

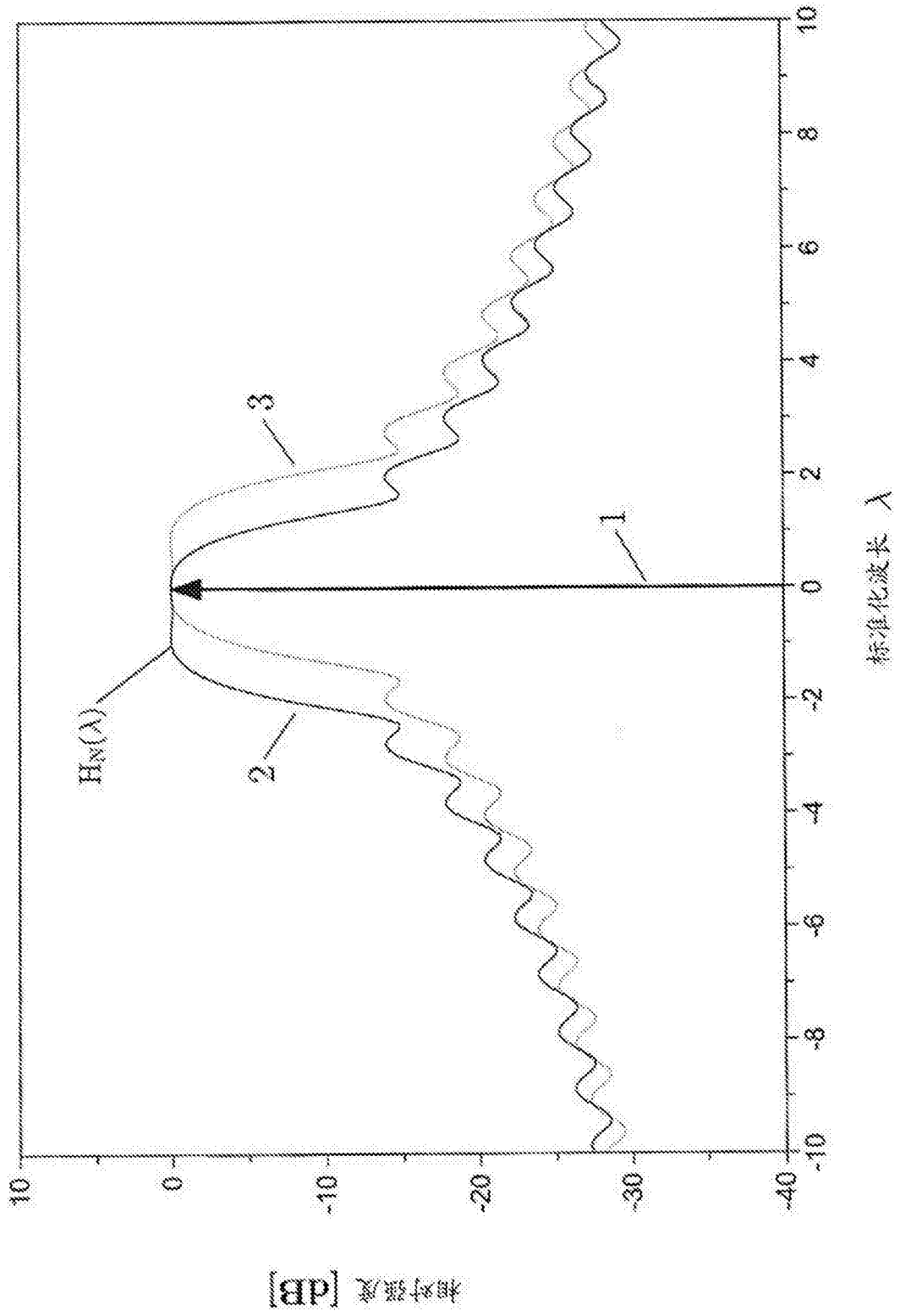


图3

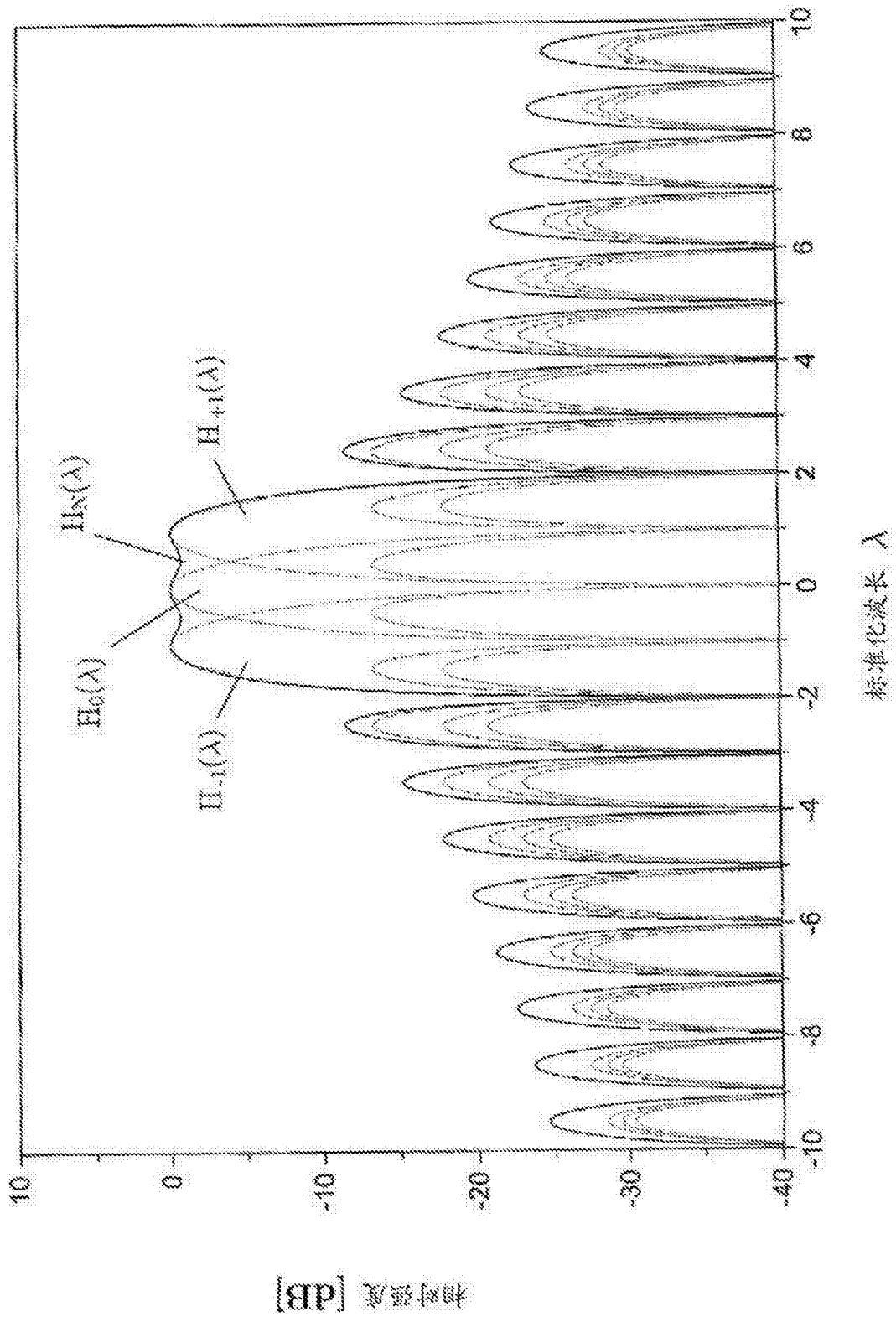


图4

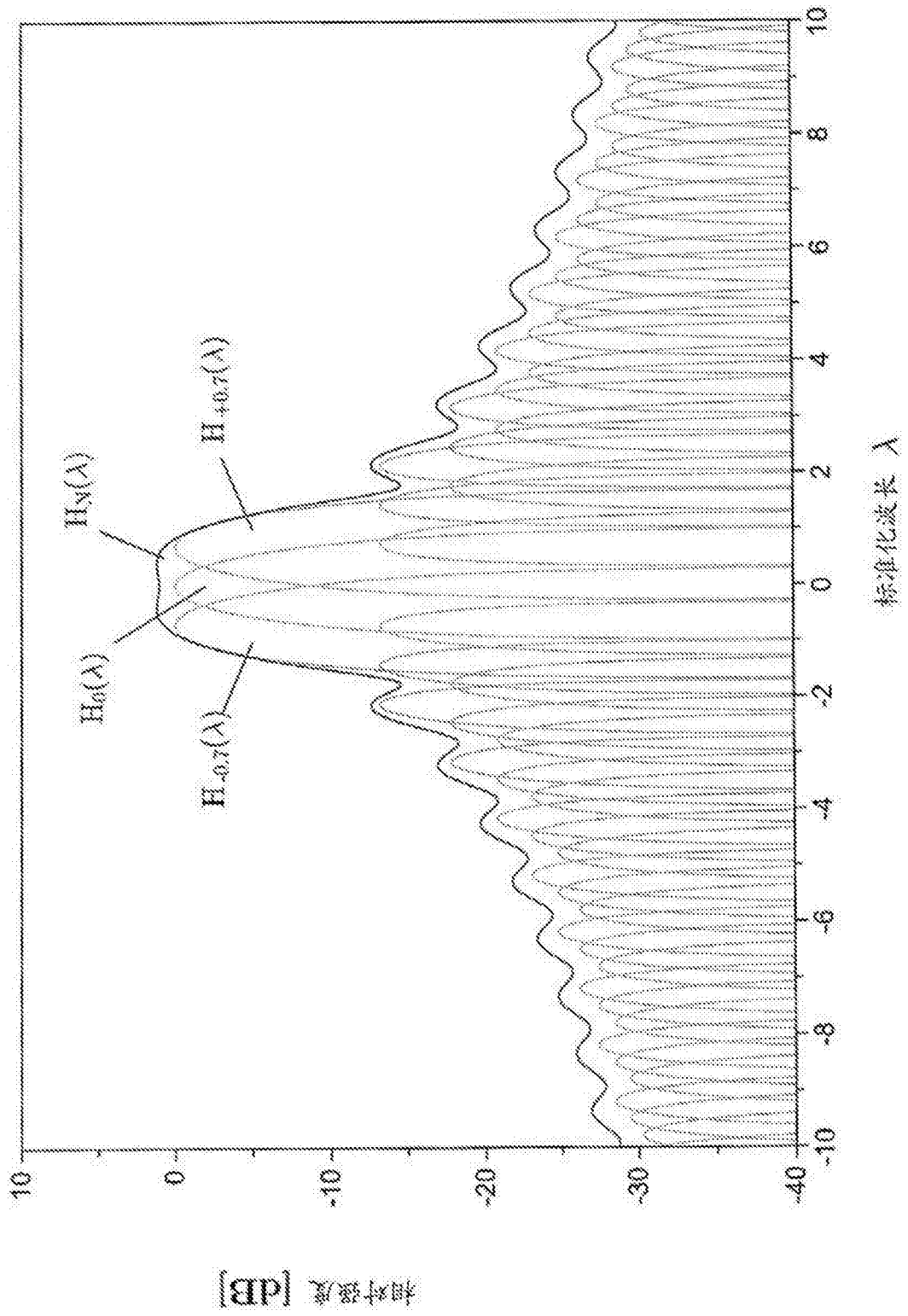


图5