



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119308241 A

(43) 申请公布日 2025. 01. 14

(21) 申请号 202411636752.7

(22) 申请日 2024.11.15

(71) 申请人 江苏佰家丽新材料科技股份有限公司

地址 215500 江苏省苏州市常熟市碧溪街
道兴港路46号

申请人 王晨 丁巍

(72) 发明人 左洪运 王晨 丁巍 毕亚峰

(74) 专利代理机构 苏州中科声知知识产权代理
事务所(普通合伙) 32599

专利代理师 诸世跃

(51) Int. Cl.

E01F 8/00 (2006.01)

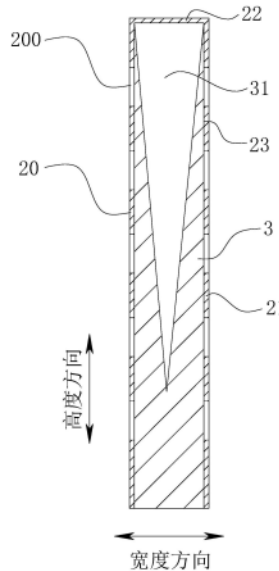
权利要求书2页 说明书16页 附图60页

(54) 发明名称

一种防衍射装置及声屏障

(57) 摘要

本发明公开了一种防衍射装置及声屏障,涉及隔声技术领域,防衍射装置包括外壳和吸声单元。外壳包括相对设置的第一侧板和第二侧板以及连接在所述第一侧板和所述第二侧板顶部的顶板,所述第一侧板和所述第二侧板均开设有一个或多个通孔;吸声单元设于所述第一侧板、所述第二侧板和所述顶板之间形成的空腔内;所述吸声单元采用吸声材料制成,所述吸声单元的顶部设置有腔体,所述腔体的宽度向着远离所述顶板所在侧缩小,吸声单元的整体结构既有较好的吸声性能,可以降低低频的噪声衍射,又有渐变的结构,减弱高频的噪声衍射,具有良好的宽频特征,进而在更宽频带内提高隔声效果。



1. 一种防衍射装置,其特征在于,包括:

外壳(2),包括相对设置的第一侧板(20)和第二侧板(21)以及连接在所述第一侧板(20)和所述第二侧板(21)顶部的顶板(22),所述第一侧板(20)和所述第二侧板(21)均开设有一个或多个通孔(200);以及,

吸声单元(3),设于所述第一侧板(20)、所述第二侧板(21)和所述顶板(22)之间形成的空腔(23)内;

所述吸声单元(3)采用吸声材料制成,所述吸声单元(3)的顶部设置有腔体(31),所述腔体(31)的宽度向着远离所述顶板(22)所在侧缩小。

2. 如权利要求1所述的防衍射装置,其特征在于,所述吸声单元(3)是一体式的。

3. 如权利要求1所述的防衍射装置,其特征在于,所述吸声单元(3)包括多个沿着所述外壳(2)的宽度方向排列设置的吸声板(30),且多个所述吸声板(30)的高度从所述第一侧板(20)和所述第二侧板(21)向着所述空腔(23)中部逐渐缩小。

4. 如权利要求3所述的防衍射装置,其特征在于,相邻两个所述吸声板(30)间隔设置。

5. 如权利要求4所述的防衍射装置,其特征在于,相邻两个所述吸声板(30)之间的间隔距离不超过所述吸声板(30)的厚度的3倍。

6. 如权利要求5所述的防衍射装置,其特征在于,相邻两个所述吸声板(30)之间的距离不小于2mm。

7. 如权利要求3所述的防衍射装置,其特征在于,最外侧的两个所述吸声板(30)分别与所述第一侧板(20)和所述第二侧板(21)贴合。

8. 如权利要求3所述的防衍射装置,其特征在于,相邻两个所述吸声板(30)相互贴合。

9. 如权利要求3所述的防衍射装置,其特征在于,所述吸声单元(3)中间的吸声板(30)的高度与所述吸声单元(3)最外侧的吸声板(30)的高度的比值大于等于10%。

10. 如权利要求3所述的防衍射装置,其特征在于,其还包括与所述外壳(2)相连的卡接机构(4),所述卡接机构(4)包括多个插槽(40),所述吸声板(30)设于所述插槽(40)内,通过所述插槽(40)固定。

11. 如权利要求3所述的防衍射装置,其特征在于,所述吸声板(30)的密度为 $180 \sim 230\text{kg/m}^3$,所述吸声板(30)的填充率 f 为 $0.4 \sim 0.6$;

所述吸声板(30)的密度为 $360 \sim 460\text{kg/m}^3$,所述吸声板(30)的填充率 f 为 $0.1 \sim 0.3$;

所述吸声板(30)的密度为 $126 \sim 161\text{kg/m}^3$,所述吸声板(30)的填充率 f 应在 $0.6 \sim 0.9$ 之间。

12. 如权利要求1至11任一项所述的防衍射装置,其特征在于,所述吸声材料为玻纤、岩棉、泡沫金属、PET板材、海绵或者三聚氰胺泡沫。

13. 如权利要求1至11任一项所述的防衍射装置,其特征在于,所述第一侧板(20)和所述第二侧板(21)的穿孔率大于等于15%。

14. 如权利要求1至11任一项所述的防衍射装置,其特征在于,所述顶板(22)封住所述外壳(2)的顶部;或者,

所述顶板(22)设置有多通孔(200)。

15. 如权利要求1至11任一项所述的防衍射装置,其特征在于,所述外壳(2)包括与所述第一侧板(20)和第二侧板(21)相连的底板(24),所述顶板(22)和所述底板(24)相对设置,

所述空腔 (23) 形成于所述第一侧板 (20)、所述第二侧板 (21)、所述顶板 (22) 和所述底板 (24) 之间;或者,

所述防衍射装置用于安装在声屏障的底座 (50) 的顶部,所述空腔 (23) 形成于所述第一侧板 (20)、所述第二侧板 (21)、所述顶板 (22) 和所述底座 (50) 的顶面 (500) 之间。

16. 如权利要求1至11任一项所述的防衍射装置,其特征在于,所述吸声单元 (3) 的高度占所述空腔 (23) 的高度的比例不小于90%;

所述吸声单元 (3) 的顶部与所述顶板 (22) 接触或者与所述顶板 (22) 存在间隔。

17. 如权利要求1至11任一项所述的防衍射装置,其特征在于,所述外壳 (2) 采用吸声材料制成或者硬质材料制成。

18. 一种防衍射装置,其特征在于,包括:

外壳 (2), 包括相对设置的第一侧板 (20) 和第二侧板 (21) 以及连接在所述第一侧板 (20) 和所述第二侧板 (21) 顶部的顶板 (22), 所述外壳 (2) 采用吸声材料制成;以及,

吸声单元 (3), 设于所述第一侧板 (20)、所述第二侧板 (21) 和所述顶板 (22) 之间形成的空腔 (23) 内;

所述吸声单元 (3) 采用吸声材料制成,所述吸声单元 (3) 的顶部设置有腔体 (31), 所述腔体 (31) 的宽度向着远离所述顶板 (22) 所在侧缩小。

19. 一种声屏障,其特征在于,包括如权利要求1至18任一项所述的防衍射装置 (51)。

20. 如权利要求19所述的声屏障,其特征在于,其还包括底座 (50), 所述防衍射装置设于所述底座 (50) 的顶部;

所述声屏障用于室外;或者,

所述声屏障用于室内,且所述防衍射装置 (51) 与天花板间隔设置。

一种防衍射装置及声屏障

技术领域

[0001] 本发明涉及隔声技术领域,尤其涉及一种防衍射装置及声屏障。

背景技术

[0002] 声屏障10是一种隔声降噪装置,参考图1,其设置在声源11和保护区域12之间,能够阻隔声源11的声音传播至保护区域12处,从而降低保护区域12处的声压级,降低声源11的声音对保护区域12处的影响。

[0003] 例如,在公路、高速公路、高架复合道路等的两侧会设置声屏障10,以降低车辆产生的噪声对公路外部区域的影响。

[0004] 又如,可以在室内使用声屏障10将大的空间隔成若干个小房间,并降低各房间之间的声音的影响。

[0005] 目前,声屏障多使用混凝土、金属、塑料、玻璃等材料来制备,由于声屏障材料相对于空气而言很“硬”,所以可以将声波进行反射,从而达到隔声的效果。声屏障的顶部一般是硬质结构的,其可能是竖直的,也可能是向着声源方向弯曲的,主要通过反射的方式降低噪声向着保护区域12的传导。

[0006] 然而声波的衍射也是影响声屏障性能的一大因素,较低频率的声波指向性很弱,波长长、甚至与声屏障本身相当,具有较强的衍射性能,所以低频声波会绕过声屏障进行传播,减弱声屏障的隔声性能。通常情况下,大幅提升声屏障的高度可以减小低频噪声衍射的影响,但是无疑会增加额外的建设成本,也会影响整体的美观性能。

[0007] 因此,声屏障的隔声效果仍有待提高。

[0008] 以上内容仅用于帮助理解本申请的技术方案,并且不构成对上述为现有技术的承认。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种防衍射装置及声屏障,以提高隔声效果。

[0010] 为实现上述发明目的,第一方面,本发明提出了一种防衍射装置,包括:

[0011] 外壳,包括相对设置的第一侧板和第二侧板以及连接在所述第一侧板和所述第二侧板顶部的顶板,所述第一侧板和所述第二侧板均开设有一个或多个通孔;以及,

[0012] 吸声单元,设于所述第一侧板、所述第二侧板和所述顶板之间形成的空腔内;

[0013] 所述吸声单元采用吸声材料制成,所述吸声单元的顶部设置有腔体,所述腔体的宽度向着远离所述顶板所在侧缩小。

[0014] 第二方面,本发明提出了一种防衍射装置,包括:

[0015] 外壳,包括相对设置的第一侧板和第二侧板以及连接在所述第一侧板和所述第二侧板顶部的顶板,所述外壳采用吸声材料制成;以及,

[0016] 吸声单元,设于所述第一侧板、所述第二侧板和所述顶板之间形成的空腔内;

[0017] 所述吸声单元采用吸声材料制成,所述吸声单元的顶部设置有腔体,所述腔体的

宽度向着远离所述顶板所在侧缩小。

[0018] 第三方面,本发明提出了一种声屏障,包括如上任一项所述的防衍射装置。

[0019] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:本发明的防衍射装置包括外壳和吸声单元,外壳包括相对设置的第一侧板和第二侧板以及连接在所述第一侧板和所述第二侧板顶部的顶板,所述第一侧板和所述第二侧板均开设有一个或多个通孔;吸声单元设于所述第一侧板、所述第二侧板和所述顶板之间形成的空腔内;所述吸声单元采用吸声材料制成。所述吸声单元的顶部设置有腔体,所述腔体的宽度向着远离所述顶板所在侧缩小,其整体结构既有较好的吸声性能,可以降低低频的噪声衍射,又有渐变的结构,减弱高频的噪声衍射,具有良好的宽频特征,进而在更宽频带内提高隔声效果。

附图说明

[0020] 图1是背景技术部分所述声屏障的位置示意图。

[0021] 图2是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,该防反射装置包括矩形的吸声单元。

[0022] 图3是本发明中一种实施例的应用有图2所示的防反射装置的声屏障的结构示意图。

[0023] 图4是本发明中建模时声屏障的位置示意图。

[0024] 图5a是本发明中一种实施例的声屏障顶部设置有吸声结构时的示意图。

[0025] 图5b是本发明中一种实施例的直立型声屏障的示意图。

[0026] 图6是图5a中吸声结构的吸声系数曲线图。

[0027] 图7a和图7b是图5a和图5b所示的声屏障的差值声场图。

[0028] 图7c是在图5a所示的吸声系数曲线图中标注了防衍射声屏障相较于直立型声屏障在保护区域处声压级的减小值后的吸声系数曲线图。

[0029] 图8是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,其仅一侧设置有通孔。

[0030] 图9是图2和图8所示的防衍射装置的吸声系数曲线图。

[0031] 图10是本发明中一种实施例的防衍射装置的立体示意图。

[0032] 图11是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,该防衍射装置包括传统尖劈型的吸声单元。

[0033] 图12a是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,该防衍射装置包括离散尖劈型的吸声单元,且相邻的吸声板贴合设置。

[0034] 图12b是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,该防衍射装置包括离散尖劈型的吸声单元,且相邻的吸声板间隔设置。

[0035] 图13是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,该防衍射装置包括双板型的吸声单元。

[0036] 图14a和图14b是图13所示的声屏障和直立型声屏障的声压级场图。

[0037] 图15a是本发明一些实施例中进行仿真时多种声屏障的建模示意图。

[0038] 图15b是本发明一些实施例中进行仿真时的模型示意图。

[0039] 图15c是通过图15b的模型对图15a中多种声屏障进行能流积分后获得的衍射能量曲线图。

- [0040] 图15d是对图15c中200Hz ~ 800Hz的区域进行放大获得的曲线图。
- [0041] 图16a至图16c是图15a中其他声屏障与直立型声屏障的差值声场图。
- [0042] 图17是双层PET板式、矩形玻纤、玻纤尖劈和PET尖劈型吸声单元的吸声系数曲线图。
- [0043] 图18是吸声尖劈透射声波的示意图。
- [0044] 图19是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,该防衍射装置包括设有腔体的一体式的吸声单元。
- [0045] 图20是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,该防衍射装置包括逆尖劈型(无小空腔)的吸声单元。
- [0046] 图21是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,该防衍射装置包括逆尖劈型(带小空腔)的吸声单元。
- [0047] 图22a是本发明中一种实施例的两层吸声板合并放置的结构示意图。
- [0048] 图22b是图22a中两层吸声板分开放置的示意图。
- [0049] 图22c是图22a和图22b所示结构的吸声系数曲线图。
- [0050] 图23是吸声单元为尖劈、逆尖劈(带小空腔)和逆尖劈(无小空腔)时的吸声系数曲线图。
- [0051] 图24a是本发明中直立型声屏障和分别具有双板型吸声单元、尖劈(PET)型吸声单元、尖劈(玻纤)型吸声单元、矩形玻纤吸声单元、逆尖劈(带小空腔)型吸声单元和逆尖劈(无小空腔)型吸声单元的声屏障的衍射能量曲线图。
- [0052] 图24b是对图24a中200Hz以上频段进行放大获得的曲线图。
- [0053] 图25a和图25b是具有逆尖劈结构(带小空腔)的吸声单元的声屏障与直立型声屏障的差值声场图。
- [0054] 图26是本发明中一种实施例的吸声单元的结构示意图,图中,吸声板的数量为偶数。
- [0055] 图27a是本发明中一种实施例的吸声单元的结构示意图,图中,吸声板包括两个贴合在一起的子吸声板。
- [0056] 图27b是本发明中一种实施例的吸声单元的结构示意图,图中,吸声板包括两个间隔设置的子吸声板。
- [0057] 图28a是本发明中一种实施例的卡接机构的示意图。
- [0058] 图28b是图29中I部的放大图。
- [0059] 图29是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,图中,外壳包括底板。
- [0060] 图30是本发明中一种实施例的具有图29所示的防衍射装置的声屏障的结构示意图。
- [0061] 图31是本发明中一种实施例的具有图21所示的防衍射装置的声屏障的结构示意图。
- [0062] 图32a是本发明中一种实施例的直立型声屏障的结构示意图。
- [0063] 图32b至图32d分别是具有逆尖劈型(带小空腔)、双板型和普通尖劈型的吸声单元的声屏障的结构示意图。
- [0064] 图33是应用图32a至图32d所示的声屏障后保护区域的频响曲线图。

[0065] 图34a是本发明中一种实施例的防衍射装置的结构示意图,防衍射装置的外壳采用吸声材料制成。

[0066] 图34b是图34a中II部的放大图。

[0067] 图35a是本发明中一种实施例的室内隔声结构的示意图,图中,防反射装置与天花板相连。

[0068] 图35b是本发明中一种实施例的室内隔声结构的示意图,图中,防反射装置与声屏障相连。

[0069] 图36a是本发明中一种实施例的室内隔声结构的示意图,图中,防反射装置包括单层的防反射板。

[0070] 图36b是本发明中一种实施例的室内隔声结构的示意图,图中,防反射装置包括双层的防反射板。

[0071] 图36c是本发明中一种实施例的室内隔声结构的示意图,图中,防反射装置包括双层的防反射板且与声屏障相连。

[0072] 图36d是本发明中一种实施例的防反射装置的示意图。

[0073] 图37是本发明中具有单层防反射板的防反射装置和具有双层防反射板的防反射装置的吸声系数曲线图。

[0074] 图38是本发明中具有不同长度的双层防反射板的防反射装置的插入损失曲线图。

[0075] 图39a是本发明中一种实施例的室内隔声结构的示意图。

[0076] 图39b是本发明中一种实施例的室内隔声结构的示意图,相较于图39a增加了具有单层防反射板的防反射装置。

[0077] 图39c是本发明中一种实施例的室内隔声结构的示意图,相较于图39b增加了具有双层防反射板的防反射装置。

[0078] 图39d是本发明中一种实施例的室内隔声结构的示意图,相较于图39c,声屏障顶部设有防衍射装置。

[0079] 图40是图39a至图39d所示的室内隔声结构的插入损失曲线图。

具体实施方式

[0080] 为使本申请的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面结合附图,对本申请的具体实施方式做详细的说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅用于解释本申请,而非对本申请的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与本申请相关的部分而非全部结构。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本申请保护的范围。

[0081] 本申请中的术语“包括”和“具有”以及它们任何变形,意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备没有限定于已列出的步骤或单元,而是可选地还包括没有列出的步骤或单元,或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0082] 在本文中提及“实施例”意味着,结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例,也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和

隐式地理解的是,本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

[0083] 如图2所示,本发明提出了一种防衍射装置51,其包括外壳2和设于外壳2内部的吸声单元3。

[0084] 外壳2包括相对设置的第一侧板20、第二侧板21以及连接在第一侧板20和第二侧板21顶部的顶板22,第一侧板20和第二侧板21开设有通孔200。第一侧板20、第二侧板21和顶板22之间形成空腔23,吸声单元3设于空腔23内,其采用吸声材料(或称多孔材料)制成,例如可以采用玻纤、岩棉、海绵、泡沫金属、PET(聚酯纤维)或者三聚氰胺泡沫等制成。

[0085] 如图3和图4所示,使用时,防衍射装置51位于声屏障5的顶部,声屏障5位于声源11和保护区域12之间,用于降低从声源11传播至保护区域12的声音。在第一侧板20和第二侧板21上开设通孔200,声音可以通过通孔200进入,并由内部的吸声单元3吸收。

[0086] 第一方面,防衍射装置51内部设置有可以与外界声音接触的吸声单元3,即声屏障5的顶部相对软质,能够降低顶部的阻抗,相比于传统硬质顶部的声屏障,一则可以在顶部实现对声音的吸收,二来较小的阻抗可以在端部降低阻抗的突变性,从而减小声屏障两侧的压差和质点振速,从而减小从顶部衍射至保护区域12的声音大小。

[0087] 为了模拟声屏障5的隔声效果,本文以图4所示的模型进行仿真,图4中,声屏障5左侧为声源11,模拟时该声源为点声源,声源11距离地面0.5m,距离声屏障5的距离为3m,右侧为保护区域12。

[0088] 为了验证吸声系数对声屏障5后方的影响,本文将声屏障5顶部设有吸声结构5a的声屏障5(下文简称防衍射声屏障5)和顶部不具有吸声结构的声屏障5(下文简称直立型声屏障或者正常声屏障或者普通声屏障)的隔声效果进行对比。如图5a和图5b所示,两种声屏障5是等高的,均为3m,区别在于,一种声屏障5顶端0.5m为吸声结构5a,另一种没有设置吸声结构5a。吸声结构5a的吸声系数和频率呈现出周期波动的现象,如图6所示。由图6可知,该吸声结构5a在大约200Hz、500Hz和820Hz具有良好的吸声性能,在大约350Hz,690Hz则吸声系数 <0.1 。

[0089] 通过仿真获得两种声屏障5在同一声源情况下保护区域12的声场分布,并将若干频率(具体为200Hz、350Hz、500Hz、690Hz和820Hz)下的直立型声屏障5的声场减去防衍射声屏障5的声场,得到图7a和图7b所示的差值声场图(或称差值声压级场图),保护区域12显示的声压级为分别应用两种声屏障5时保护区域12处的声压的差值(即插入损失的增加量),数值越大,表明声压下降越大。从图中可以看出,吸声系数高的频段(200Hz,500Hz,820Hz),声屏障5保护区域12的声压级更低,吸声系数低的频段(350Hz,690Hz),声屏障5保护区域的声压级与直立型声屏障5的几乎一致。图7c中,在曲线图中标出了在吸声系数的峰、谷处防衍射声屏障5相较于直立型声屏障5在保护区域12处声压级的减小值。

[0090] 由此可知,防衍射的效果和声屏障5顶部结构的吸声性能直接相关,据推测,出现这种情况的一种可能的原因在于顶端强吸声结构将噪声能量吸收,衍射过去的能量也会自然减弱。因此,在声屏障5顶端设置具有良好吸声性能的防衍射装置51,将有效降低声波从声屏障5顶端衍射至保护区域12的声压,从而提高声屏障5的隔声效果。

[0091] 第二方面,本发明中,第一侧板20和第二侧板21均开设有通孔200,相比于仅面向声源的第一侧板20开孔、面向保护区域12的第二侧板21不开孔(参考图8)的结构,可以有效增加较低频段的吸声效果。如图9所示,图9示出了图2和图8两种结构的吸声系数的曲线图。

图中,常规布局曲线对应图8所示的结构,防衍射布局曲线对应图2所示的结构,两者在外壳2内均填充有玻璃纤维石棉等吸声材料,从图中可以看出,随着频率的增加,常规布局的吸声系数从0开始逐渐升高,但是防衍射布局的吸声系数则从0.5开始逐渐上升,从频段上而言,防衍射布局的低频吸声系数要远远高于常规布局,由此可以进一步提高声屏障5的隔声效果。

[0092] 在一些实施例中,为了保证吸声效果,第一侧板20和第二侧板21的穿孔率大于等于15%,以使得声波能够可靠的进入空腔23内。穿孔率可以理解为侧板上所有的通孔200的总面积与该侧板外轮廓围合的面积比值,通孔200的数量可以是一个或者多个,只要满足所有通孔200的总面积与其所在的侧板的外轮廓围合的面积比值大于等于15%即可。

[0093] 可选的,为了保证声音传入的可靠性,通孔200的数量有多个,其在侧板上分布的越均匀,越有利于保证防衍射装置不同区域的吸声的均衡性,进而提高吸声效果,因此,通孔200可以在侧板上均匀分布。通孔200的形状不限,例如可以是圆孔(参考图10)、方孔、三角形孔、椭圆孔、长条孔(参考图32b)或者异形孔等。在一些实施例中,可以每间隔20mm打一个10mm的孔。

[0094] 在一些实施例中,外壳2由硬质材料制成,其阻抗为空气阻抗的100倍以上,例如可以采用金属制成,或者采用塑料等相对空气的声阻抗硬的材料制成,需要说明的是,本文中,如无特别说明,阻抗均指声阻抗。外壳2的厚度可根据不同材料的强度和刚度予以调整,一般工程上而言以1~5mm为佳,当然不限于此。硬质的外壳可以起到反射声波的作用,同时通孔可以向吸声单元导入声波,降低衍射,从而对低频和中高频都有良好的隔声作用。在一些实施例中,外壳2采用吸声材料制成,例如采用和吸声单元3相同的材料制成,可以进一步提高防衍射效果,由于吸声材料自身就可以使声波透射进入内部,所以可以无需在外壳2上打孔(当然也可以打孔),其声阻抗和密度可以设置的比硬质的外壳更小。

[0095] 可以理解的是,外壳2能够对内部的吸声单元3起到保护作用,当声屏障5应用在室外场景时,其防风防雨的要求相对较高,外壳2可选为硬质材料(当然也可以选为吸声材料);当声屏障5应用在室内场景时,其防风防雨的要求相对较低,可以选为硬质材料或者吸声材料。为了提高整体的防水效果,在吸声单元3表面可以喷涂防水涂料,当外壳2采用吸声材料制成时,也可以喷涂防水涂料。

[0096] 吸声单元3的结构可以多样化,下文以若干种吸声单元3的结构为例(实施例1至实施例7)进行介绍。本发明中,长度方向、宽度(或称厚度)方向以及高度方向参照图中示出的方向标示。

[0097] 实施例1——块状型

[0098] 如图2所示,本实施例中,吸声单元3呈填充在空腔23内的块状,吸声单元3例如采用玻纤或者PET等吸声材料制成。

[0099] 在一些实施例中,吸声单元3的宽度从顶板22向着远离顶板22所在侧逐渐增大,例如实施例2和实施例3所示的那样。

[0100] 实施例2——传统尖劈型(或称一体尖劈型、普通尖劈型)

[0101] 本实施例中,如图11所示,吸声单元3为一体成型的吸声尖劈,其截面呈锥状,且吸声尖劈的尖顶朝向顶板22。

[0102] 实施例3——离散尖劈型

[0103] 本实施例中,如图12a和图12b所示,吸声单元3包括多个沿着外壳2的宽度方向排列设置的吸声板30,多个吸声板30的高度从第一侧板20和第二侧板21向着空腔23中部逐渐增大,越靠近中部的吸声板30的高度越大,这样,越向两侧,吸声单元3的宽度就越大。

[0104] 图12a中,相邻两个吸声板30相互贴合。图12b中,相邻两个吸声板30间隔设置。

[0105] 实施例4——双板型

[0106] 本实施例中,如图13所示,吸声单元3包括两块相对间隔设置的吸声板30,两块吸声板30之间通过空气隔开,吸声板30采用吸声材料制成。

[0107] 可选的,两块吸声板30分别与第一侧板20和第二侧板21相贴合,以使得吸声板30之间的距离最大化。两块吸声板30之间的间距越大,两者之间的空间就越大,有利于在低频得到良好的吸声效果。

[0108] 可选的,吸声板30的厚度为3~36mm,吸声板30的密度为110~420Kg/m³。密度越大,吸声板30的厚度可以做的越薄,以使得吸声板30的声阻抗与空气的声阻抗更为匹配,从而提高吸声效果和防衍射效果。

[0109] 示例性的,对于普通板(密度约180~230kg/m³,例如PET板)而言,吸声板30的厚度在6~24mm为佳;对于高密度板而言(密度约为360~420kg/m³,例如PET板),吸声板30的厚度在3~8mm为佳;对于低密度板而言(密度约为110~180kg/m³,例如PET板),吸声板30的厚度在10~36mm为佳。

[0110] 通过建模获得具有双板型吸声单元3的声屏障5的声压级场和直立型声屏障5的声压级场,并将直立型声屏障5的声压级场减去具有双板型吸声单元3的声屏障的声压级场,得到图14a和图14b所示的声压级场图,图中,正常声屏障即直立型声屏障,防衍射声屏障即具有双板型吸声单元3的声屏障。从图中可以看出,防衍射声屏障相较于直立型声屏障5,其隔声效果整体在低频宽带范围内都可以有所提升。

[0111] 为了验证不同结构的吸声单元3对防衍射效果的影响,本部分采用有限元软件进行建模,计算声屏障5顶端结构对衍射效果的影响。参考图15a,各模型结构如下:

[0112] ①直立型声屏障5,高度3.5m,厚度0.1m。

[0113] ②尖劈型声屏障5,高度3.5m,顶端0.5m为三角尖劈,三角尖劈的底宽0.1m,高度0.5m。

[0114] 尖劈材料分别选用以下两种:

[0115]	流阻率	孔隙率	曲折因子	热特征长度	粘性特征长度
标准PET板	74031	0.967	1.018	7.58e-05	4.96e-3
低密度玻纤	11900	0.989	1.011	3.02e-04	1.43e-04

[0116] ③矩形吸声材料(即块状型吸声单元3)声屏障5,高度3.5m,顶端0.5m为矩形吸声材料,矩形的宽0.1m,高度0.5m,材料选用低密度玻纤。

[0117] ④双层板式声屏障5,吸声板30的材料为PET,吸声板30的厚度为9mm,高度为0.5m,两层板材之间间距约0.08m,空气隔开。

[0118] 四种模型的示意图参见图15a。

[0119] 通过有限元软件建模,模型如图15b所示,左侧黑点为声源,屏障位于左下方,对右侧蓝色的线段进行能流积分,得到衍射进入保护区域的声波能量。

[0120] 仿真结果如图15c和图15d所示,图15c为蓝色线段能流积分的结果,图15d为对图

15c中200Hz~800Hz的区域进行放大获得的曲线图。

[0121] 从图中可以得出一些结论:

[0122] ①直立型声屏障5(蓝线)衍射过去的能量最高;

[0123] ②尖劈型比直立型的防衍射效果要好,且玻纤制成的尖劈比PET制成的尖劈的效果要更好,因为使用PET板材来制作尖劈,其密度较大,阻抗较大,因此效果不佳(红线),使用低密度玻纤来制备尖劈,效果要优于PET板材的尖劈(淡蓝色线段),因此,降低吸声单元3的密度有利于提高声屏障5的隔声效果;

[0124] ③矩形吸声材料声屏障5(紫色)与双层PET板(9mm)的效果接近,衍射能量最小。

[0125] 从声场图中也能看出同样的效果,图16a至图16c分别为直立型声屏障与尖劈型、矩形、双板型声屏障5在100Hz、200Hz、300Hz时的差值声场图(插入损失的增量):

[0126] 图17是上述四种结构中的吸声单元(双层PET板式、矩形玻纤、玻纤尖劈和PET尖劈)的吸声系数曲线图,图16a至图16c的三个场图也和吸声系数曲线基本上相互印证。考虑其原因,对几种结构的吸声系数做了如下分析:

[0127] ①考虑到结构安装于声屏障5顶端,其安装方式与声波传播方向如图18所示,声波基本上是从左向右进行传播,所以尖劈结构对于横向传播的声波,吸声性能并不一定好。

[0128] ②尖劈材料的选择也非常重要,使用PET板材来制备尖劈,其密度和流阻过大,阻抗失配,吸声性能较弱,所以要选取较为轻质蓬松的材料来制备尖劈,低密度玻纤尖劈(淡蓝色曲线)的低频吸声性能要优于PET尖劈(红色曲线)。

[0129] ③通过设计双层PET板,可以实现低频更高的吸声性能,其效果可以与10cm厚度的低密度玻纤相当(图17中蓝色与绿色曲线)。

[0130] ④吸声性能好的结构,防衍射效果也更好,吸声系数曲线图与衍射能量曲线图趋势上可以相互印证。

[0131] ⑤防衍射吸声结构的重点在于:吸声材料左右两侧对通,没有密封死的挡板,声波可以从左侧透射到右侧去,这样低频吸声性能才会高。通过设置两侧开孔的外壳2,或者将外壳2设置成采用吸声材料制成,可以实现吸声单元3的两侧对通。

[0132] 经过上述的分析可以发现,双层PET板材的低频吸声系数可以优于尖劈结构,但是中高频性能不一定比尖劈的好。为此,可以进一步对吸声单元3的结构进行改进,在一些实施例中,吸声单元3被设置成逆尖劈结构,即,其顶部设置有一个倒置的尖劈形(或称逆尖劈形、倒尖劈形)的腔体31,腔体31的宽度向着远离顶板22所在侧缩小,例如实施例5至实施例7所述的结构。

[0133] 这样做的好处在于,底部的吸声单元3较厚,可以起到较好的隔声作用,高处的吸声单元3厚度逐渐减小形成梯度,此外,由于两边的吸声单元3夹住形成一个腔体31,所以高处的结构可以起到非常良好的吸声效果,整体结构既有较好的吸声性能,可以降低低频的噪声衍射,又有渐变的结构,减弱高频的噪声衍射,具有良好的宽频特征,所以可以集“尖劈”中高频的优势和“双层薄板”低频性能更好的特点。

[0134] 如果想要提升低频的吸声效果,应使梯度(即从两侧向中间的吸声材料高度下降速率)快速下降,这样会接近于“双板结构”的效果,若想提升中高频的吸声效果,则应使梯度下降速率低一些。下降速率的设计方式不限,例如可以是线性下降或者指数下降等。

[0135] 实施例5

[0136] 如图19所示,本实施例中,吸声单元3呈一体成型的块状,其上端设置有倒尖劈形的腔体31。

[0137] 实施例6——逆尖劈型(无小空腔)

[0138] 本实施例中,如图20所示,吸声单元3包括多个沿着外壳2的宽度方向排列设置的吸声板30,相邻的两个吸声板30贴合在一起,多个吸声板30的高度从第一侧板20和第二侧板21向着空腔23中部逐渐缩小,以在吸声单元3的顶部形成一个逆尖劈形的腔体31。

[0139] 为充分利用空腔23,吸声单元3最外侧的两个吸声板30分别与第一侧板20和第二侧板21相连。

[0140] 实施例7逆尖劈型(带小空腔)

[0141] 如图21所示,本实施例与实施例6的区别在于,吸声单元3的多个吸声板30沿着外壳2的宽度方向间隔排列设置,即相邻两个吸声板30之间不贴合在一起,而是相对间隔设置的,相邻的两个吸声板30之间具有间隔空间(即带小空腔),能够进一步提高吸声效果。

[0142] 间隔设置的吸声板30相较于贴合在一起的吸声板30将具有更好的吸声效果,例如在同样是90mm的空间下,将两块厚度为9mm,面密度为 $200\text{kg}/\text{m}^2$ 的聚酯纤维板,分别设置成合并放置(参考图22a)和分隔放置(参考图22b),其吸声系数对比如图22c所示,从图22c可以看出,分隔放置后在大部分的频段范围内的吸声系数均大于合并放置的情况,推测其原因在于,分隔放置的吸声板30有利于调整声阻抗,紧贴在一起的吸声板30可能声阻抗过大,引入空隙可以适当降低阻抗,与空气的声阻抗更为匹配,另外声波会在空隙中产生来回多重反射,增强吸收。因此,实施例7对应的吸声单元3的吸声效果将优于实施例6和实施例5对应的吸声单元3的吸声效果。另外,对于实施例4的双板型的吸声单元3而言,其两个吸声板30距离越大,将有利于增强吸声性能。进一步地,离散型尖劈结构中,相邻两个吸声板30间隔设置的吸声效果,要好于相邻两个吸声板30贴合设置的吸声效果。

[0143] 传统尖劈、逆尖劈设计(带小空腔)和逆尖劈设计(无小空腔)的吸声系数曲线如图23所示,小空腔指的是相邻两个吸声板30之间的间隔空间,无小空腔和带小空腔分别对应相邻两个吸声板贴合和间隔设置的结构,由图可见,逆尖劈型吸声单元的吸声系数全频带明显提升,而且适当的加入空腔后,吸声系数还可以再进一步增加。

[0144] 进一步比较“直立型声屏障”,“双板结构”,“尖劈(PET)”,“尖劈(玻纤)”,“矩形玻纤”,“逆尖劈(带小空腔)”和“逆尖劈(无小空腔)”,这几种情况下的衍射声能量,结果如图24a所示,图24a中,横轴为频率,纵轴为衍射能量。从图中可以看出,在100Hz处,双板和矩形玻纤的衍射能量最低(约0.3),直立型的最高(约0.85),逆尖劈(带小空腔)(紫色,约0.45)的衍射能量介于尖劈(0.55~0.6)和双板之间。放大200Hz以上的结果,得到图24b所示的曲线图,从图中可以看出,逆尖劈(带小空腔,紫色线)略高于PET尖劈(绿线),但是优于其他结构,双板结构低频工作良好,但是在中高频(400Hz~700Hz)会有起伏。而且逆尖劈中,带有小空腔的结构(紫色线)也要优于无空腔的贴合结构(黄色线),猜测是由于贴合以后密度过大,顶部吸声量减少所致。综上所述,带有小空腔的逆尖劈是一种杂糅了双板和尖劈特点的结构,其低频效果介于双板和尖劈之间,中高频效果几乎与传统尖劈相当。

[0145] 图25a和图25b示出了具有逆尖劈结构(带小空腔)的声屏障5与直立型声屏障5相比,从100Hz~800Hz的差值声场图,以体现插入损失的增加情况,差值声场图由直立型声屏障5的声压级场减去逆尖劈(带小空腔)声屏障5的声压级场获得,从图中可以看出,逆尖劈

(带小空腔)声屏障5相比于直立型声屏障5在整个低频段内均有更佳的隔声效果。

[0146] 可选的,吸声板30的层数大于等于五层,以保证其防衍射的效果,层数越多,变化更细腻,其均质化状态更高,能够在更宽的频带上增加吸声性能,进而提升其防衍射效果。更进一步可选的,吸声板30的层数大于等于七层。

[0147] 可选的,相邻两个吸声板30之间的间隔距离不超过吸声板30的厚度的3倍,以使得吸声单元3的宽度更为合适,或者在吸声单元3宽度一定的情况下,具有合适数量的吸声板30。

[0148] 可选的,相邻两个吸声板30之间的间隔距离不小于2mm,以便于控制两个吸声板30之间的间距,且可以在一定程度上下调声阻抗。吸声板3的厚度例如可以是5~24mm,在一些实施例中,吸声板30的厚度与相邻两个吸声板30的间距相同,例如,可以是9mm板+9mm间隔,也可以是18mm板+18mm间隔,还可以是5mm板+5mm间隔等。

[0149] 相邻的两个吸声板30的间隔大小与吸声板30的密度有关,间隔大小可以起到调控结构的阻抗的作用。根据均质化理论,吸声板30和间隔空气层在长波极限下(波长>>结构大小,至少大于5倍)形成一个均匀的结构,它们的等效密度为两者的算数平均,体积模量为两者的调和平均:

[0150] $\rho_s = f\rho_p + (1-f)\rho_a$, 其中 ρ_s 为整体结构的等效密度, ρ_p 为吸声板30的等效声学密度, ρ_a 为空气的密度, f 为板材的填充率,具体写为:

[0151] $f = \frac{d_p}{d_p + d_a}$, 其中 d_p 为吸声板30的厚度, d_a 为间隔空气层的厚度。

[0152] $\kappa_s = \frac{f}{\kappa_p} + \frac{(1-f)}{\kappa_a}$, κ_s 为整体结构的等效体积模量, κ_p 为吸声板30的等效声学模量,

κ_a 为空气的体积模量, f 为板材的填充率。

[0153] 结构的阻抗即可写为:

[0154] $Z_s = \sqrt{\rho_s \kappa_s}$

[0155] 因此间隔空气层的厚度 d_p 可以影响填充率,进一步影响结构的等效密度和等效模量,最终影响到等效阻抗上来,而等效阻抗越接近于空气阻抗,则阻抗匹配程度越高,越有利于提升吸声效果,从而提高防衍射效果和隔声效果。

[0156] 所以针对不同的板材可以选用不同的间隔,以使吸声单元3具有较低的等效阻抗,与空气阻抗更为适配,举例而言:

[0157] 当选用普通密度的吸声板时(密度约180~230kg/m³,例如PET板),吸声板的填充率 f 应在0.4~0.6之间;

[0158] 当选用密度较大的吸声板时,填充率应相应降低,例如克重翻倍后(即360~460kg/m³,例如PET板), f 应在0.1~0.3之间;

[0159] 当选用密度较小的吸声板时,填充率应相应增加,例如克重减小为原来的70%(即126~161kg/m³,例如PET板), f 应在0.6~0.9之间。

[0160] 可选的,吸声单元3的中间的吸声板30的高度 H_1 与吸声单元3最外侧的吸声板30的高度 H_2 的比值大于等于10%。可以理解的是,吸声单元3中间的吸声板30的数量可以是一个也可以是两个或多个,例如,图21示出的实施例中,吸声板30的数量为奇数个,此时,最中间

的吸声板30的数量为一个。图26示出的实施例中,吸声板30的数量为偶数个,此时,最中间的吸声板30的数量为两个,且高度相同。

[0161] 可以理解的是,吸声板30可以包括一个或者多个高度相同的子吸声板300,且同一吸声板30的子吸声板300相互贴合或者间隔设置。如图27a和图27b所示,每一吸声板30均包括两个子吸声板300。图27a示出的实施例中,每一吸声板30的两个子吸声板300贴合设置,图27b示出的实施例中,每一吸声板30的两个子吸声板300间隔设置,有利于进一步提高吸声系数,增强隔声效果。

[0162] 吸声板30与外壳2的固定方式不限,在一些实施例中,如图28所示,防衍射装置51包括与外壳2相连的卡接机构4,卡接机构4包括多个插槽40,吸声板30插设在插槽40内,通过插槽40固定。可以理解的是,卡接机构4至少包括与所需放置的吸声板30的位置和数量对应的插槽40。可以理解的是,当一个吸声板30包括两个或更多个的子吸声板300时,卡接机构4至少包括与所需放置的子吸声板300的位置和数量对应的插槽40。

[0163] 卡接机构4包括多条弹性夹臂41,相邻的两条弹性夹臂41之间形成插槽40,插槽40的宽度小于吸声板30的厚度,以使得吸声板30能够被两条弹性夹臂41夹紧,从而更为稳固的固定。

[0164] 进一步地,至少吸声板30长度方向的两端设置有卡接机构4,以保证固定的牢固性。

[0165] 可选的,卡接机构4位于外壳2的底部,与吸声板30的底部相连。当然,卡接机构4的位置不限于此,例如还可以在吸声板30的中部或者顶部设置卡接机构4,或者同时在吸声板30的底部、中部和顶部中的两个或更多个的部位设置卡接机构4,以进一步增强固定的牢固性。

[0166] 为了充分利用空腔23的空间,提高吸声和防衍射的效果,吸声单元3的高度与空腔23的高度的比例不小于90%,吸声单元3的顶部可以与顶板22接触也可以存在间隔(不接触),进一步可选的,吸声单元3的高度与空腔23的高度一致,且与顶板22接触。吸声单元3的高度为其高度方向上的最大尺寸,在其包括多个吸声板30的情况下,由于各吸声板30的底部大致是平齐的,且位于空腔的底部,因此吸声单元3的高度等于高度最高的吸声板30的高度。

[0167] 空腔23的高度受到安装结构的限制,具体的,受到其底部支撑结构的限制。

[0168] 在一些实施例中,如图29和图30所示,外壳2包括与第一侧板20和第二侧板21相连的底板24,顶板22和底板24相对设置,空腔23形成在第一侧板20、第二侧板21、顶板22和底板24之间,此时,底板24即为空腔23的底部支撑结构,吸声单元3由底板24支撑,空腔23的高度即为底板24到顶板22的距离。可选的,顶板22也开设有一个或多个通孔200,这样,从顶板22上方经过的声波,也能够通过通孔200进入空腔23内进行吸收,从而进一步提高防衍射的效果。顶板22的穿孔率可选为大于等于15%。

[0169] 在一些实施例中,外壳2不包括底24板,如图3和图31所示,当防衍射装置51安装至底座50上后,空腔23利用声屏障5的底座50作为底部支撑结构,吸声单元3由底座50支撑。此时,底座50的顶面500至顶板22的距离即为空腔23的高度。

[0170] 本发明还提出了一种声屏障5,其包括上文所述的防衍射装置51,防衍射装置51设于声屏障5的顶端。

[0171] 如图3、图30和图31所示,声屏障5还包括底座50,防衍射装置51连接在底座50的顶部。可选的,防衍射装置51通过其外壳2与底座50固定连接,连接方式不限,例如可以通过螺栓固定、卡扣连接和/或胶粘固定等。

[0172] 底座50可以采用普通水泥、钢结构、木板、复合板或者其他材料制成,其可以作为硬边界隔声。

[0173] 底座50可以是等宽的或者不等宽的,例如可以是上小下大的梯形结构,底座50的顶面500的宽度可以与防衍射装置51的宽度相同,也可以略小于防衍射装置51,也可以大于防衍射装置51的宽度,只要能够稳固的固定住防衍射装置51即可。可选的,声屏障5的宽度范围为60~200mm,高度为2~5m,防衍射装置51的高度占声屏障5总高度的比例为10%~40%。

[0174] 防衍射装置51内的吸声单元3的结构可以参考上文,以下选用若干种不同结构的吸声单元3组装成声屏障5,并仿真测试其隔声效果。

[0175] 如图32a至图32d所示,进行对比测试的声屏障5共4种,其中一种为直立型声屏障5(参考图32a),其仅包括底座50,底座50的高度约为3m。另外三种声屏障5包括防衍射装置51,声屏障5总高约为3m,防衍射装置51的高度约为1m,底座50高度约为2m。四种声屏障5的宽度均为0.12m。

[0176] 参考图32b至图32d,设有防衍射装置51的三种声屏障5内的吸声单元3分别为逆尖劈结构(带小空腔)、双板结构和普通尖劈结构。吸声单元3的材料相同,均使用江苏佰家丽新材料科技有限公司生产的标准聚酯纤维PET材料制成,材料的孔隙率约0.97,流阻率 $74000\text{Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$,热特征长度 $7.6\text{e}-5\text{m}$,粘滞特征长度 $4.96\text{e}-4\text{m}$,曲折因子1.02。图32a和图32b中吸声板30的厚度均为9mm。逆尖劈型吸声单元30包括7块吸声板30,最外层的PET板最高,中间最低,7块吸声板30的高度从左至右依次约为1m,0.7m,0.5m,0.2m,0.5m,0.7m,1m,排列结构可以参考图21。

[0177] 图33示出了四种声屏障5后方保护区域12的声压级的曲线图,测量时,除了声屏障5变化外,其他参数不变。从图中可以看出,整体上硬墙体(即直立型声屏障5)后方的声压级最大(方块线),其隔声效果最差。

[0178] 对于低频而言($<200\text{Hz}$),声压级从小到大为:双板结构<逆尖劈结构<尖劈结构<硬质墙体。所以低频区域双板结构可以显著增加隔声量。

[0179] 对于中高频而言($200\text{Hz}\sim 700\text{Hz}$),声压级从小到大为:尖劈结构<逆尖劈结构<双板结构<硬质墙体,所以中高频区域尖劈结构可以显著增加隔声量。

[0180] 整体上,逆尖劈结构的效果居于两者之间,兼具双板结构和尖劈结构的特色,作用频带更宽。

[0181] 可以理解的是,声屏障5可以应用至多种场景下,例如,其可以应用在室外,比如公路、高速公路和高架复合道路两侧。又如,其可以应用在室内,作为隔声墙使用可以将室内大空间隔成若干个更小的空间。

[0182] 下文对将声屏障5应用在室内做进一步的说明,应用在室内的声屏障5,也可以称为隔声墙。

[0183] 申请人研究发现,在室内(尤其是大平层)搭建隔断墙体,形成独立的小隔间,往往存在几个问题:

[0184] 1、隔断墙体建好之后位置基本就固定了,再移动困难;

[0185] 2、为了满足墙体隔声的需要,墙体往往需要连接天花板和地面;

[0186] 3、为了消防安全,小隔间还需要配备完整的消防喷头等设备和措施,增加了复杂度和成本。

[0187] 根据目前的办公需求,许多企业租用办公楼平层时,希望能够根据自身的需要,在平层内搭建灵活的办公间,但是租用到期后需要恢复原状。这些办公间拆除复杂,如果涉及到消防设备会更加费时费力。

[0188] 如果能够使用较为轻便的隔声墙体,进而便于移动隔声墙体搭建办公间,则可以解决上述的问题。例如,使用可移动墙体来构建房间,墙体不通顶,便于安装和拆除,也有利于空气流通,同时也可规避复杂的消防措施。但是这种不封顶的墙体存在明显的漏声问题,隔声性能较差,容易造成噪声干扰。

[0189] 利用上文所述的声屏障5来搭建房间,则可以利用其优异的隔声效果,来降低噪声干扰,而且便于移动、拆卸,成本更低。

[0190] 为了便于声屏障5的移动,其底座50可以采用适当轻质的材料制成,在一些实施例中,底座50包括龙骨(例如轻钢龙骨)以及填充在龙骨内的吸声材料,吸声材料例如可以是岩棉、玻璃纤维、聚酯纤维、泡沫金属、海绵或者三聚氰胺泡沫等材料或者这些材料的组合,密度以 $100 \sim 400\text{kg/m}^3$ 为宜。底座50还包括设于龙骨表面的石膏板或者木板,例如,可以在龙骨表面错缝敷设双层石膏板或者木板,石膏板或者木板的总厚度可以为 $6 \sim 12\text{mm}$,以起到良好的隔声效果。在另一些实施例中,底座50可以利用厚木板制成。

[0191] 为了便于声屏障5的移动,还可以在底座50的底部设置滚轮或者滑轨,另外,为了方便声屏障5移动后保持在当前位置,可以设置固定装置。

[0192] 底座50的结构并非技术重点,本领域技术人员可以采用现有技术中的隔断墙体作为底座50。

[0193] 可以理解的是,由于底座50上方设置有上文所述的防衍射装置51,底座50可以反射声音,声音又可以通过防衍射装置51吸收和减少顶部的衍射,因此,声屏障5具有良好的隔声性能,因此相比于传统的顶部不封顶的隔声墙,可以提高隔声效果,相比于在整个底座50表面设置吸声材料的方案,可以在保证隔声效果的同时,显著降低成本。

[0194] 但是,将声屏障5应用在室内和应用在露天开放区域仍然存在一定的区别。具体而言,当声屏障5应用在室内时,声屏障5上方存在天花板,这在室外开放区域是没有的,天花板会将声波反射下来进入墙的另一侧,造成隔声量的急剧下降,因此仍有必要对室内的隔声结构进行改进,以进一步提高隔声效果。

[0195] 为此,本发明还提出了一种室内隔声结构,其包括声屏障5以及设置在声屏障5上方的防反射装置6,防反射装置6与声屏障5间隔设置,其用于吸收从下方传播至防反射装置6的声音,防反射装置6至少朝向声屏障5的部分采用吸声材料制成,以起到吸声效果,进而降低从声屏障5的一侧反射至另一侧的声音。

[0196] 可以理解的是,声屏障5可以是普通的声屏障5(例如现有技术中的隔断墙体),也可以是上文所述的具有防衍射装置51的声屏障5,由于设置了防反射装置6,即使使用普通声屏障5也能起到更好的隔声效果,设置具有防衍射装置51的声屏障5后,能够进一步提高隔声效果。

[0197] 由于声屏障5用于室内,对防水、防风等要求较低,因此,其外壳2除了采用上文所述的塑料或者金属等硬质材料之外,还可以采用吸声材料制成,例如采用PET板或者玻纤制成,以进一步提高吸声效果。参考图34a和图34b,图34b是图34a中II部的放大图,图示的实施例中,外壳2包括采用吸声材料制成的第一侧板20、第二侧板21、顶板22和底板24,由于第一侧板20、第二侧板21均采用吸声材料制成,因此,当其内的吸声单元3采用逆尖劈型的结构时,吸声单元3最外侧的两块吸声板30可以直接借用第一侧板20和第二侧板21,从而节省材料,吸声单元3最外侧的两块吸声板30和与之相邻的侧板间隔设置。当然,即使在外壳2采用吸声材料制成时,也可以不借用侧板作为吸声板30,可选的,当不借用时,吸声单元3最外侧的吸声板30和与之对相邻的侧板相贴合。由于外壳2采用吸声材料制成,本身具有一定的吸声和透声性能,因此,其侧板也可以不设置通孔200,当然,也可以设置通孔200。

[0198] 当外壳2采用吸声材料制成时,优选其材料和吸声板30相同,当然也可以是不同的。另外,外壳2的厚度也可以与吸声板30相同或者不同。

[0199] 可以理解的是,参考图34b,对于逆尖劈型的吸声单元3,为了便于保持间隔设置的零部件之间的距离,可以在相邻的吸声板30之间和/或吸声板30和侧板之间设置间隔块32。

[0200] 可选的,参考图35a,防反射装置6通过第一连接件61与天花板相连,第一连接件61例如可以是线体,进而将防反射装置6吊设在天花板上,也可以采用螺栓等硬质结构。参考图35b,防反射装置6还可以采用支撑件64与声屏障5相连,以使其可以与声屏障5一同移动。显然的,防反射装置6可以同时使用第一连接件61和支撑件64进行连接。

[0201] 在一些实施例中,参考图36a,防反射装置6包括一块采用吸声材料制成的防反射板60,防反射板60的材料例如可以是聚酯纤维、玻璃纤维、岩棉、海绵、泡沫金属或者三聚氰胺泡沫等吸声材料。

[0202] 在一些实施例中,参考图36b,防反射装置6包括两块采用吸声材料制成的防反射板60,防反射板60的材料例如可以是聚酯纤维、玻璃纤维、岩棉、海绵、泡沫金属或者三聚氰胺泡沫等吸声材料,两块防反射板60沿着高度方向间隔设置,两者之间通过第二连接件62相连,第二连接件62可以是软质的线体,或者是相对硬质的零部件,例如采用螺栓或者吸声材料块(例如PET块)等相连。上方的防反射板60和天花板之间可以采用第一连接件61相连。参考图36c和图36d,当上下的两个防反射板60之间采用硬质的第二连接件62相连时,两个防反射板60之间的位置可以被硬质第二连接件62所保持,因而可以采用支撑件64与声屏障5相连,支撑件64的类型不限,例如可以是杆件。

[0203] 图37示出了具有单层防反射板60的防反射装置6和具有两层防反射板60的防反射装置6的吸声系数曲线图,从图中可以看出,单层防反射板60的吸声系数随频率变化会有较大的峰谷波动,在人声的主要频段100~1000Hz范围内,剧烈的峰谷波动会在谷处造成隔声性能下降,而双层防反射板60的吸声系数显著高于单层结构的吸声量,平滑的吸声曲线有助于实现宽频范围内稳定的隔声。

[0204] 在一些实施例中,防反射装置6包括三块或者更多块的沿着高度方向间隔设置的防反射板60,以进一步的提高隔声效果,相邻两块防反射板60的连接结构可以参考上文。

[0205] 可选的,在防反射装置6包括两块或者更多块的防反射板60时,防反射板60的厚度相同,或者,防反射板60的厚度从上往下逐渐减小,即相对靠下的防反射板60的厚度小于相对靠上的防反射板60的厚度。例如,对于包括两块防反射板60的情况而言,下方的防反射板

60的厚度可以小于上方的防反射板60的厚度,以使其阻抗与空气阻抗更为匹配,便于声波进入两块防反射板60之间,将上方的防反射板60的厚度设置的相对更大,有利于对声音进行更好的吸收,从而提高防声音反射的效果。同时,将其中一块防反射板60做薄能够减少材料用量,进而降低成本。在一些实施例中,以采用PET材料制作的双层防反射板60为例,PET板选用的是佰家丽的标准板(密度约为 210kg/m^3 ,孔隙率约0.97,流阻率 $74000\text{Pa}\cdot\text{s/m}^2$,热特征长度 $7.6\text{e-}5\text{m}$,粘滞特征长度 $4.96\text{e-}4\text{m}$,曲折因子1.02),下方的防反射板60的厚度可以为4mm,上方的防反射板60的厚度可以为5mm。

[0206] 可选的,在防反射装置6包括两块或更多块的防反射板60时,相邻两块防反射板60之间的间距L1可以为30~500mm。

[0207] 防反射板60的厚度可以根据其密度设置,一般的,防反射板60的密度越大,其厚度可以做的越小。例如,当防反射板60的密度为 $360\sim 420\text{kg/m}^3$,则底层板(即最下层的防反射板60)厚度可以为2~3mm,顶层板(即最上层的防反射板60)厚度可以为5~6mm;当防反射板60的密度为 $110\sim 180\text{kg/m}^3$,则底层板厚度可以为5~7mm,顶层板厚度可以为9~15mm。当防反射板60的密度为 $180\sim 230\text{kg/m}^3$,则底层板(即最下层的防反射板60)厚度可以为3~6mm,顶层板(即最上层的防反射板60)厚度可以为6~10mm。

[0208] 可以理解的是,防反射装置6主要起到吸声的作用,上述的结构并非唯一,只要起到宽频吸声的效果即可,在一些实施例中,防反射装置6包括吸声棉,吸声棉的厚度为50~500mm。

[0209] 在一些实施例中,参考图35a,声屏障5和防反射装置6之间沿着高度方向的距离L4为30~100cm,防反射装置6和天花板之间沿着高度方向的距离L5为5~30cm。

[0210] 防反射装置6的两端延伸至超出声屏障5宽度方向的两侧,以使其起到更全面的防反射效果,使由声屏障5隔开的两个房间之间的相互干扰更小。可选的,在声屏障5的宽度方向上,防反射装置6的两端与声屏障5之间沿着水平方向的距离L2的比值为0.8~1.2,以使得声屏障5两侧具有相对一致的隔声效果;进一步可选的,在声屏障5的宽度方向上,防反射装置6两端与声屏障5之间的距离L2相同,即比值为1。

[0211] 可以理解的是,防反射装置6的长度L3决定了其两端伸出声屏障5的距离L2,会影响整体的隔声效果,为了验证防反射装置6的长度L3对隔声效果的影响,在四种情形下进行了仿真测试,第一种情形下,室内未设置声屏障5和防反射装置6;第二种至第四种情形下,室内均设置相同的声屏障5,且都在天花板下方悬挂具有双层防反射板60的防反射装置6,区别在于防反射装置6的长度分别为0.6m、1.2m和2.4m,在四种情形下,仿真获得声源传输到相同位置的声音的声压级曲线图,之后将第二种至第四种情形下的声压级曲线图减去第一种情形下的声压级曲线图,得到插入损失曲线图,如图38所示,图38示出了在天花板下方悬挂不同长度L3的具有双层防反射板60的防反射装置6时的插入损失的曲线图。从图中可以看出,防反射板60越长,隔声效果越好。为了保证防反射装置6的防反射效果,防反射装置6长度L3不小于0.3m,进一步可选的,防反射装置6的长度L3不大于3.6m,以减少对天花板的遮挡,可选的,防反射板60的长度L3为2.4m。

[0212] 为了验证使用防反射装置6和带有防衍射装置51的声屏障5后的隔声效果,在3.5m高的室内对五种不同的情况进行了仿真测试。五种不同的情况分别如下:

[0213] 情况1:如图39a所示,声屏障5包括3m高、10cm厚的底座50,不包括防衍射装置51,

且不设置防反射装置6,声屏障5与天花板之间具有0.5m的空隙。

[0214] 情况2:如图39b所示,声屏障5包括3m高、10cm厚的底座50,不包括防衍射装置51,且天花板下方用线悬挂具有单层防反射板60的防反射装置6,防反射板60的长度为2.4m,其两端与声屏障5之间的距离L2相同,厚度为0.9cm。

[0215] 情况3:如图39c所示,声屏障5包括3m高、10cm厚的底座50,不包括防衍射装置51,且天花板下方用线悬挂具有双层的防反射板60的防反射装置6,两层防反射板60平行间隔设置,其长度均为2.4m,两端与声屏障5之间的距离L2相同,上方的防反射板60距离天花板0.15m,厚度为0.8cm,下方的防反射板60的厚度为0.4cm,相邻两块防反射板60之间沿着高度方向的距离L1为15cm。

[0216] 情况4:如图39d所示,声屏障5包括2m高、10cm厚的底座50,包括1m高、10cm厚的防衍射装置51,且天花板下方悬挂具有双层的防反射板60的防反射装置6,防反射装置6的结构和位置与情况3相同。防衍射装置51的外壳2采用硬质材料制成,且设置有穿孔结构,内部的吸声单元3采用逆尖劈型(带小空腔)结构。吸声单元3包括7层吸声板30,7层板材的高度从左至右分别为:1m,0.7m,0.5m,0.2m,0.5m,0.7m,1m,吸声板30的厚度为0.9cm,板与板之间间隔0.62cm。

[0217] 情况5:未设置声屏障5和防衍射装置51。

[0218] 上述各种情况中,防反射板60、外壳2、吸声板30的材料均为佰家丽的PET标准板。

[0219] 图40示出了四种情况下的插入损失的曲线图,插入损失曲线图通过测得情况1至情况5这五种情形下,相同位置接收到的声源的声压级曲线图,然后将情况1至情况4的声压级曲线图,减去情况5的声压级曲线图,得到图40中的四条插入损失曲线,由图可见,由于天花板的反射,单独墙体的隔声性能整体上并不佳,仅有5~10dB,平均约7dB。

[0220] 在声屏障5上方加入防反射装置6可以显著的增加整体的隔声量,单层防反射板60的隔声性能可以看到显著的随频率变化的趋势,在300Hz左右插入损失可以达到20dB,随后逐渐降低,700Hz左右降到10dB,然后又逐渐上升。

[0221] 双层防反射板60的插入损失显然整体上高于单层防反射板60的结果,而且更加稳定,整体上都在20dB以上。

[0222] 在双层防反射板60的基础上,改用具有防衍射装置51的声屏障5,由图可见整体插入损失又可以提升3~5dB,表明了防衍射装置51的有效性。

[0223] 通过上述的室内隔声结构,有利于在墙体不封顶的同时,尽量增加其隔声性能,以满足办公人员的舒适度和隐私性。由于声屏障无需连接天花板,因而更便于声屏障的移动和拆装,且小隔间无需配备完整的消防喷头等设备和措施,有利于降低成本。

[0224] 上述仅为本发明的具体实施方式,其它基于本发明构思的前提下做出的任何改进都视为本发明的保护范围。

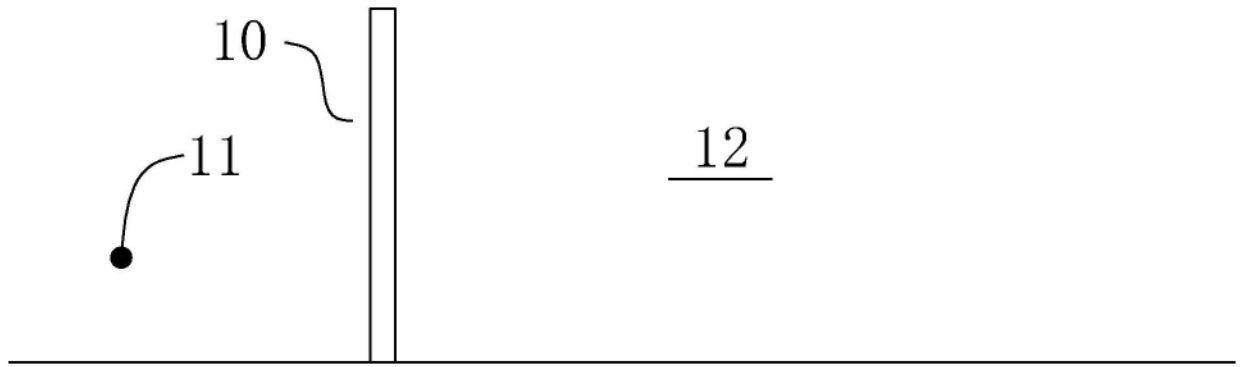


图1

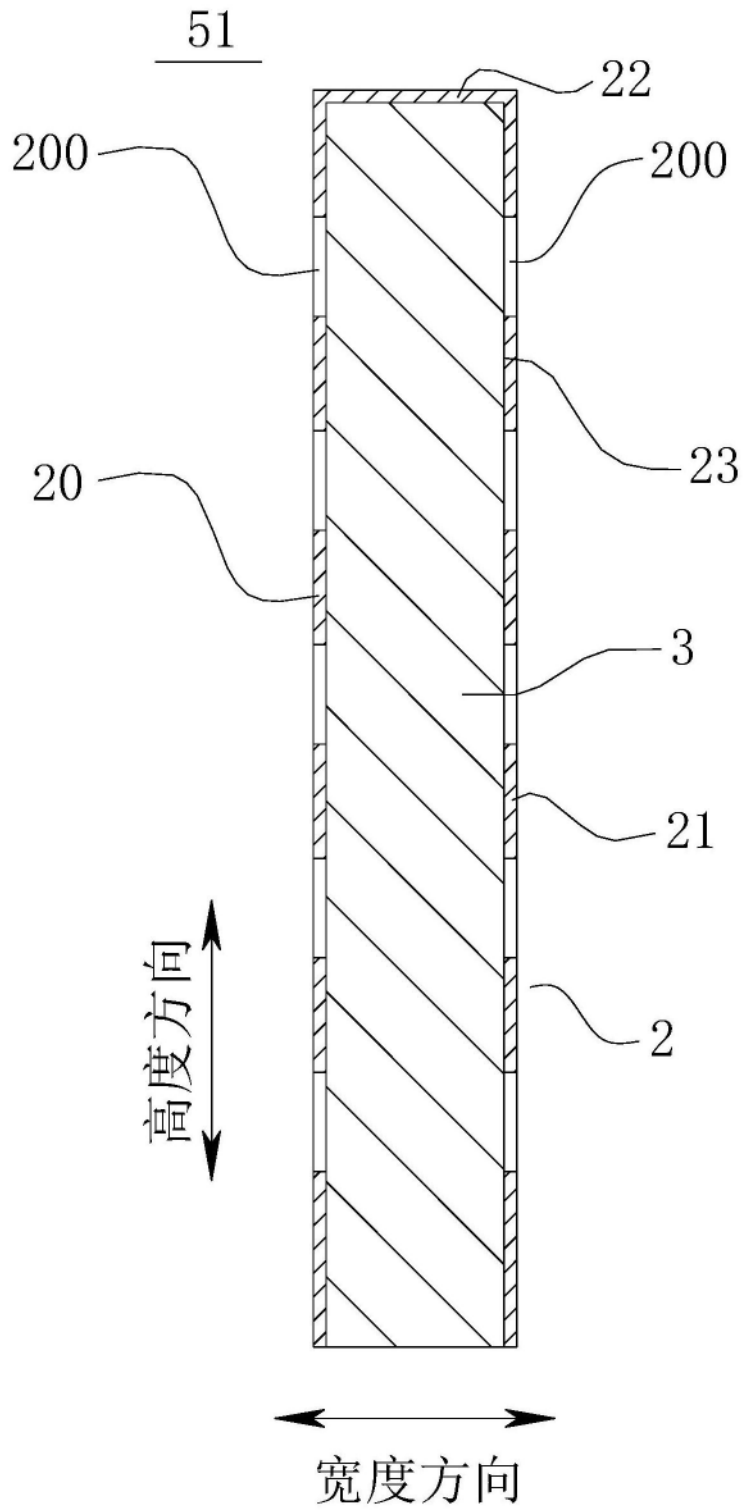


图2

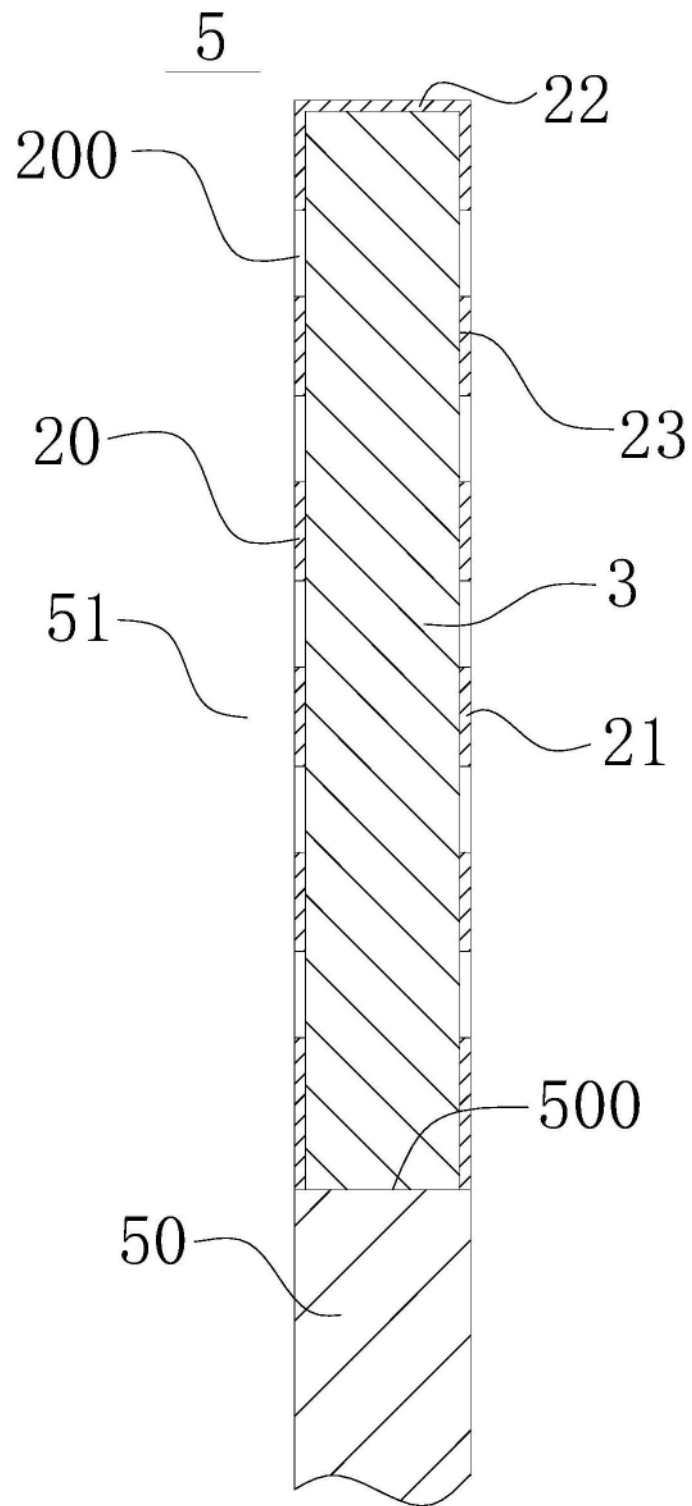


图3

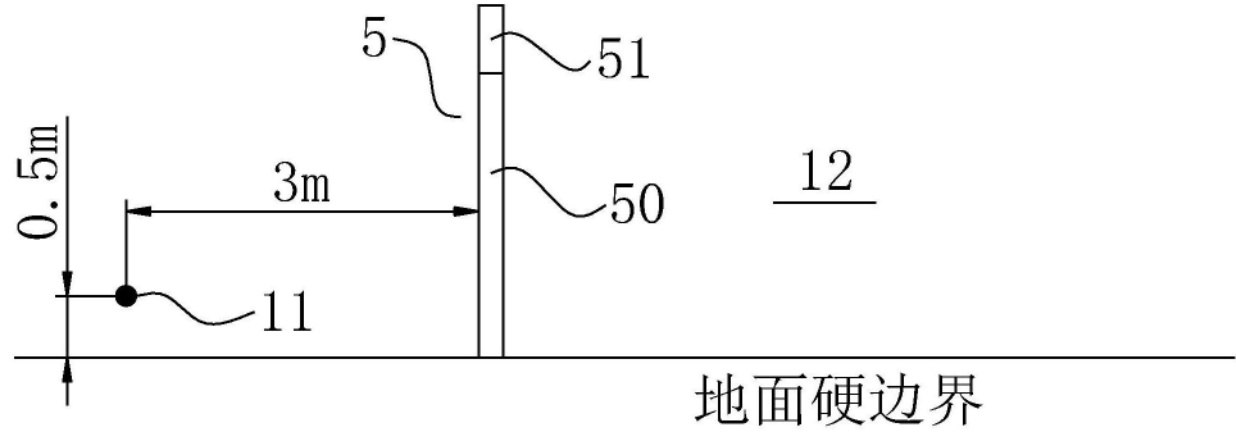


图4

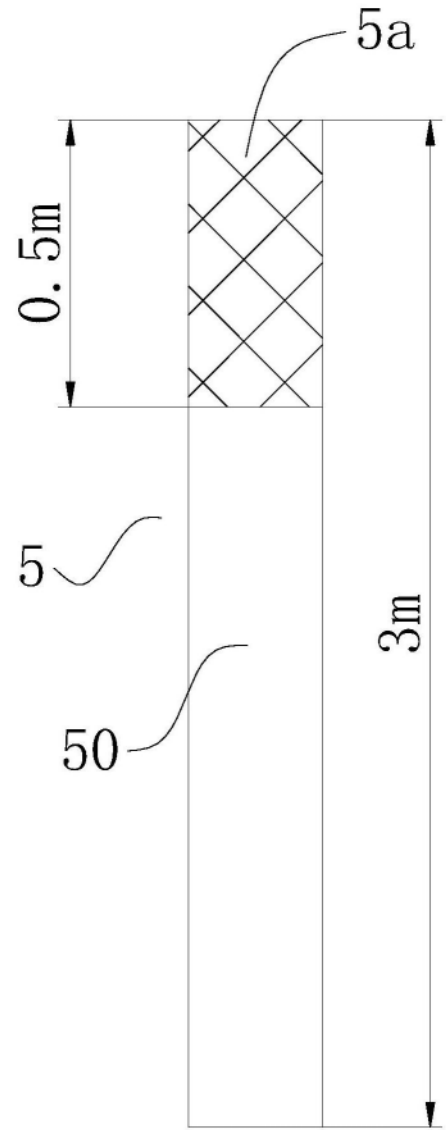


图5a

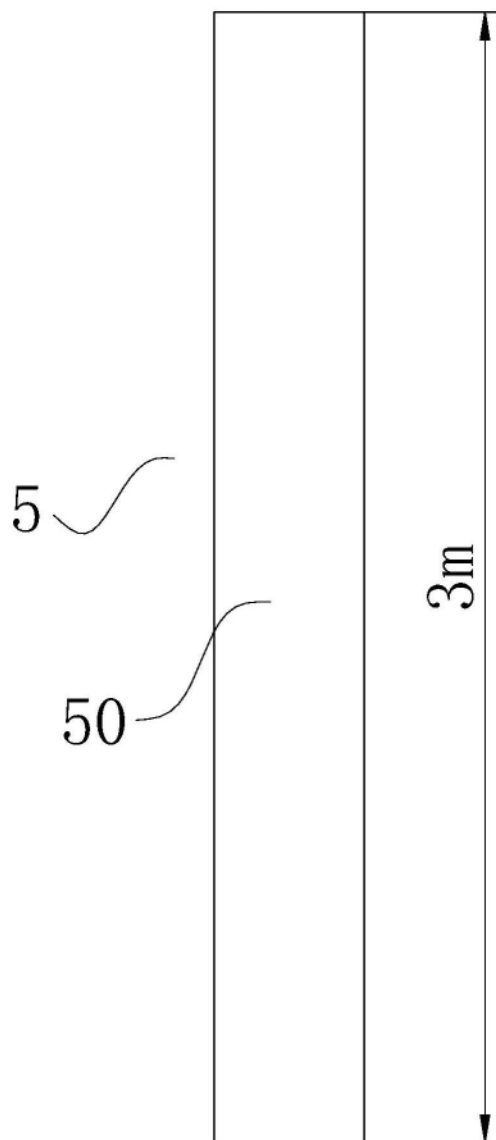


图5b

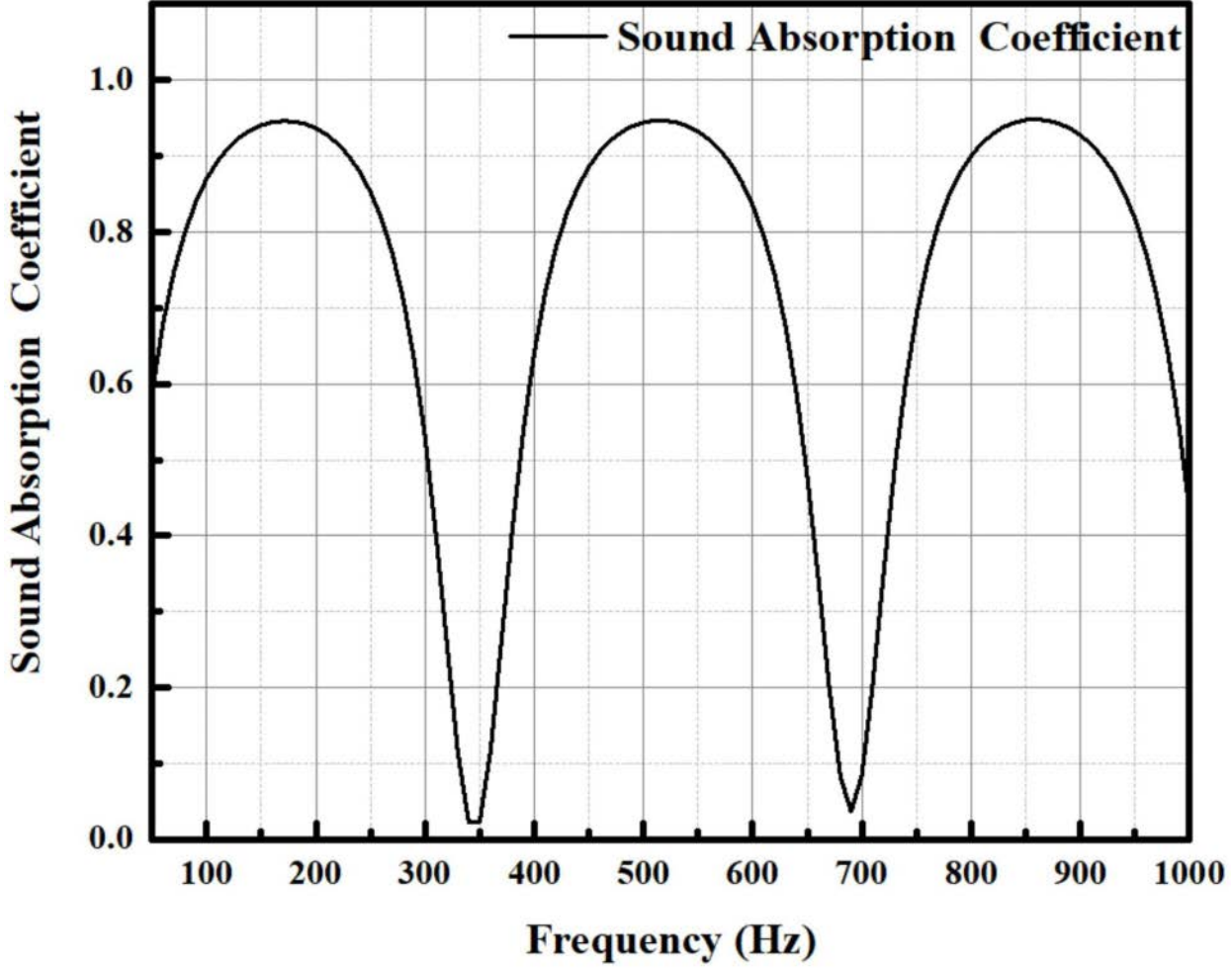


图6

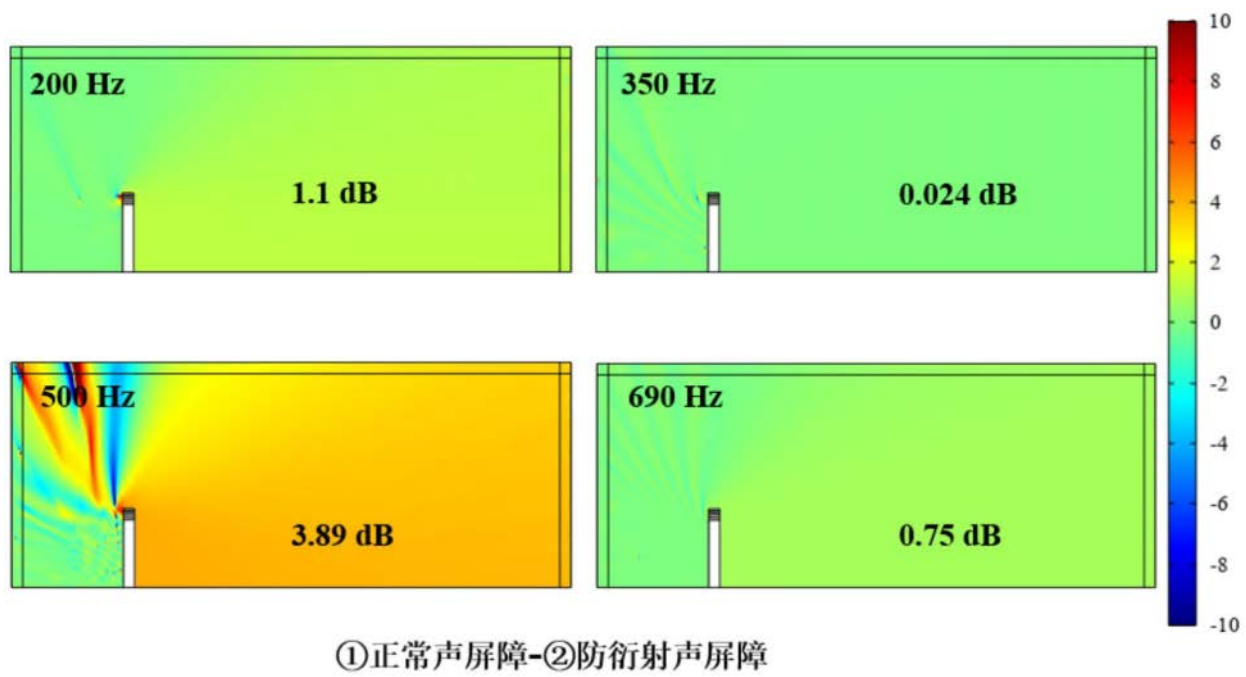


图7a

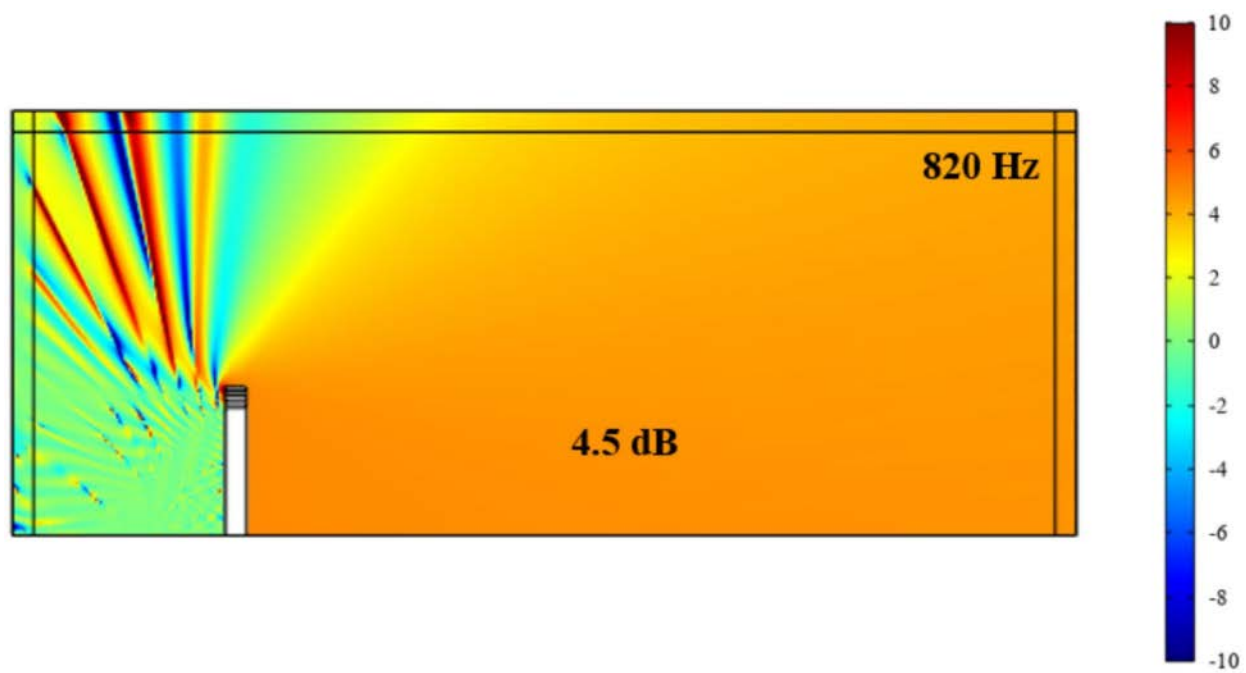


图7b

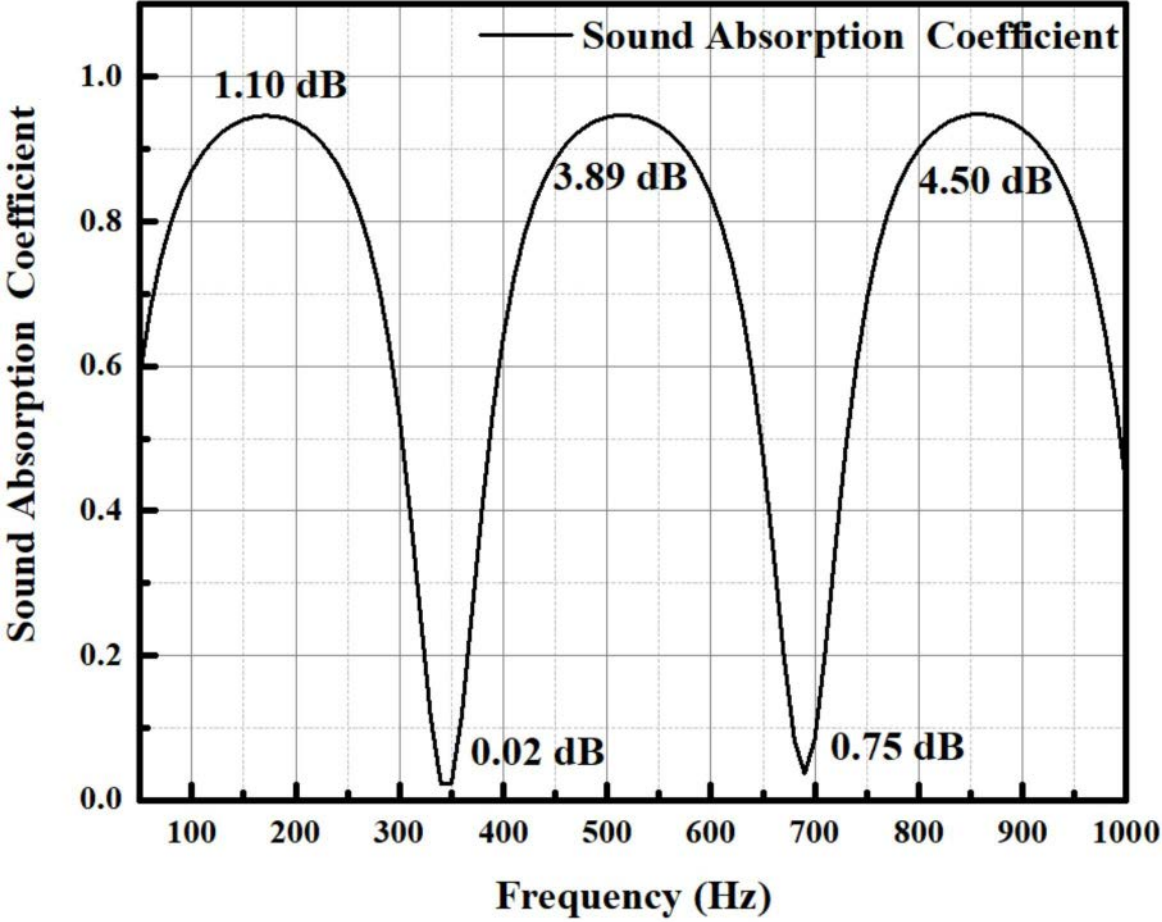


图7c

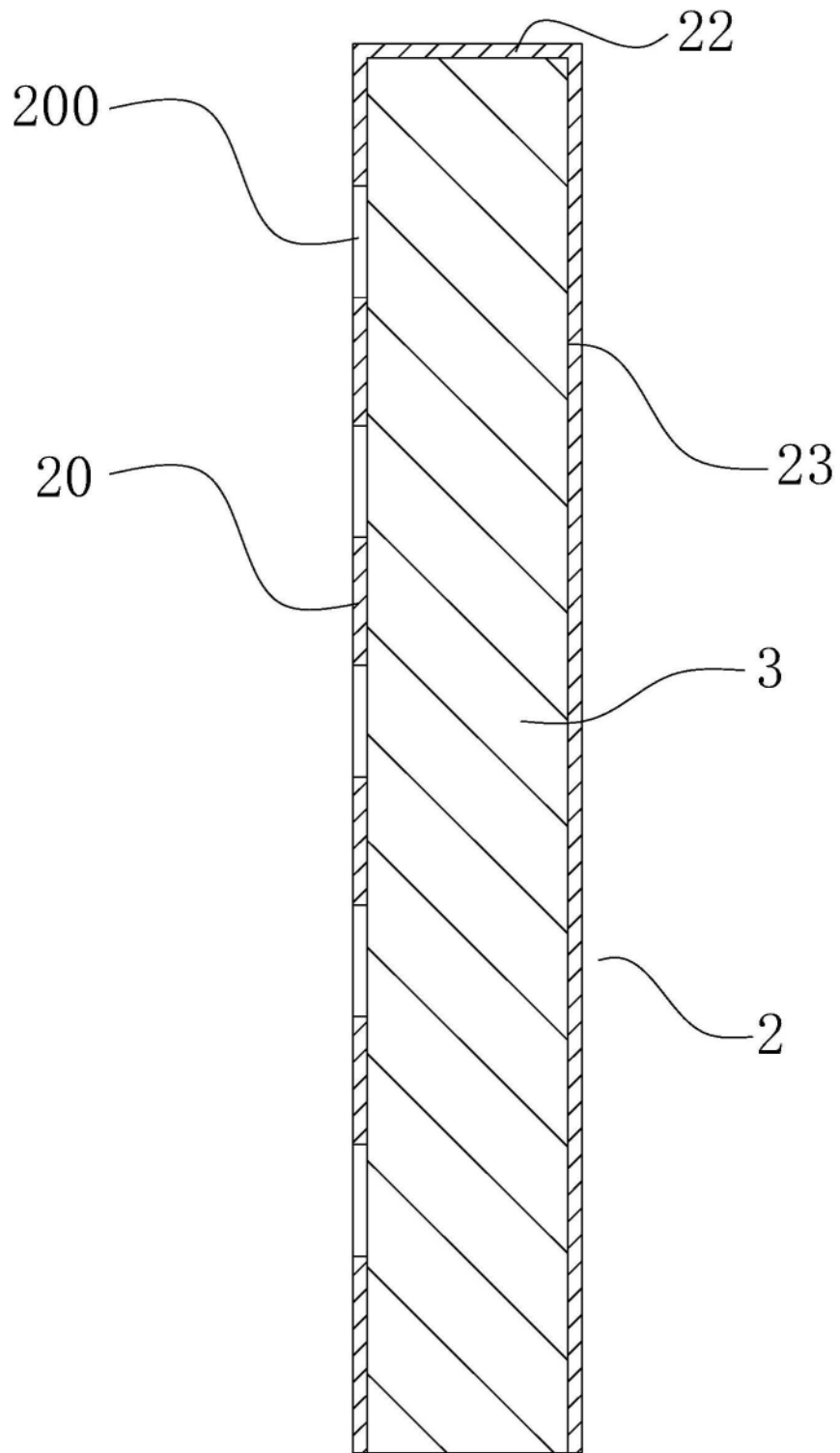


图8

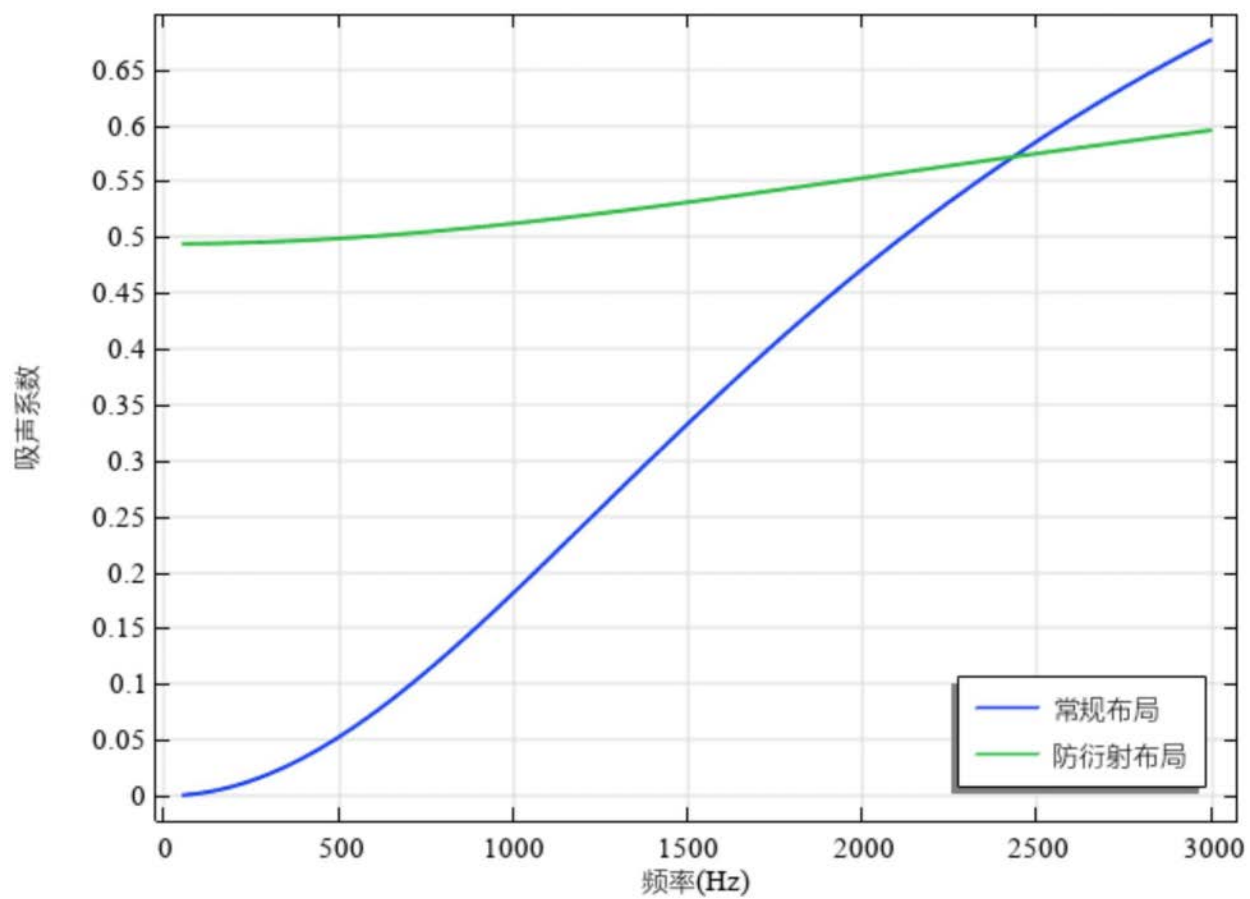


图9

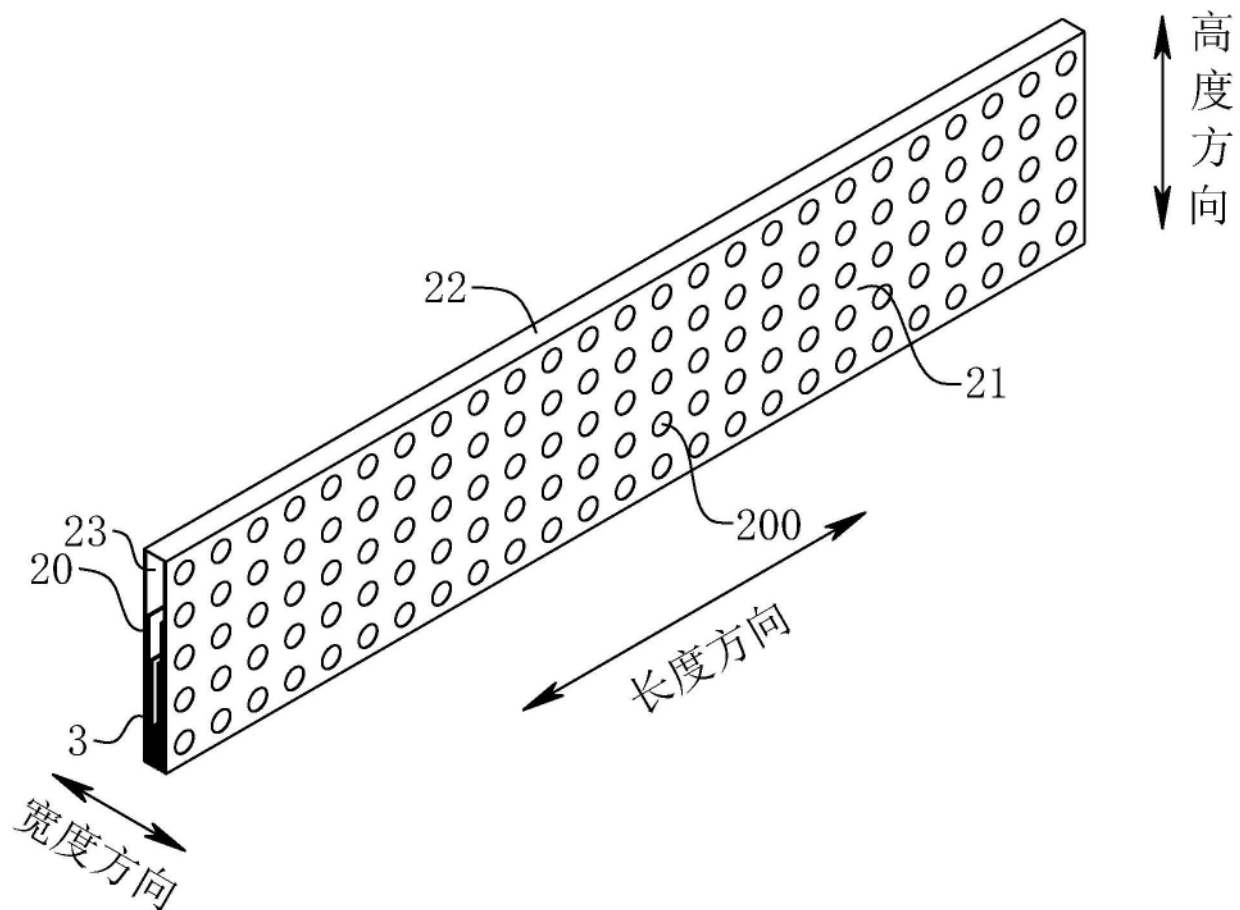


图10

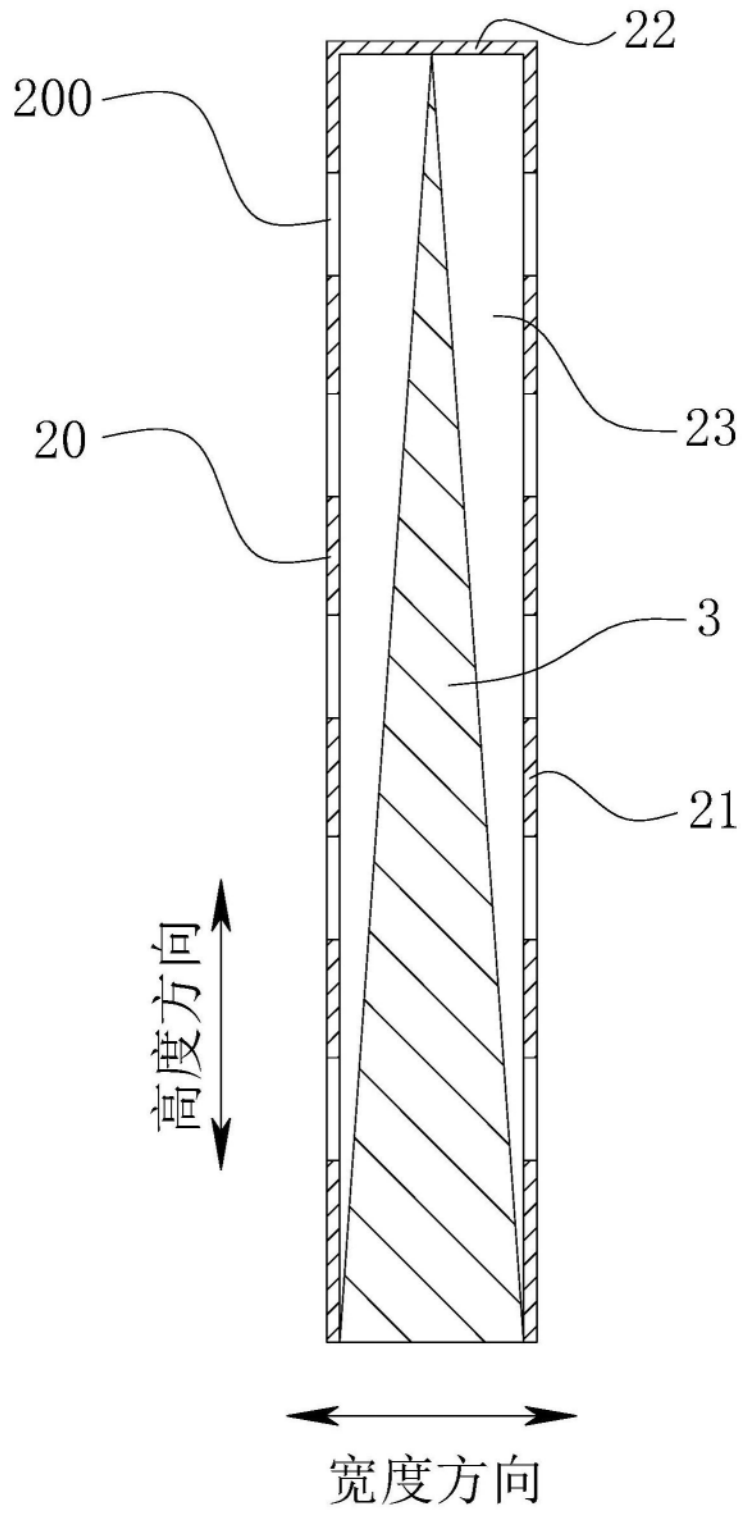


图11

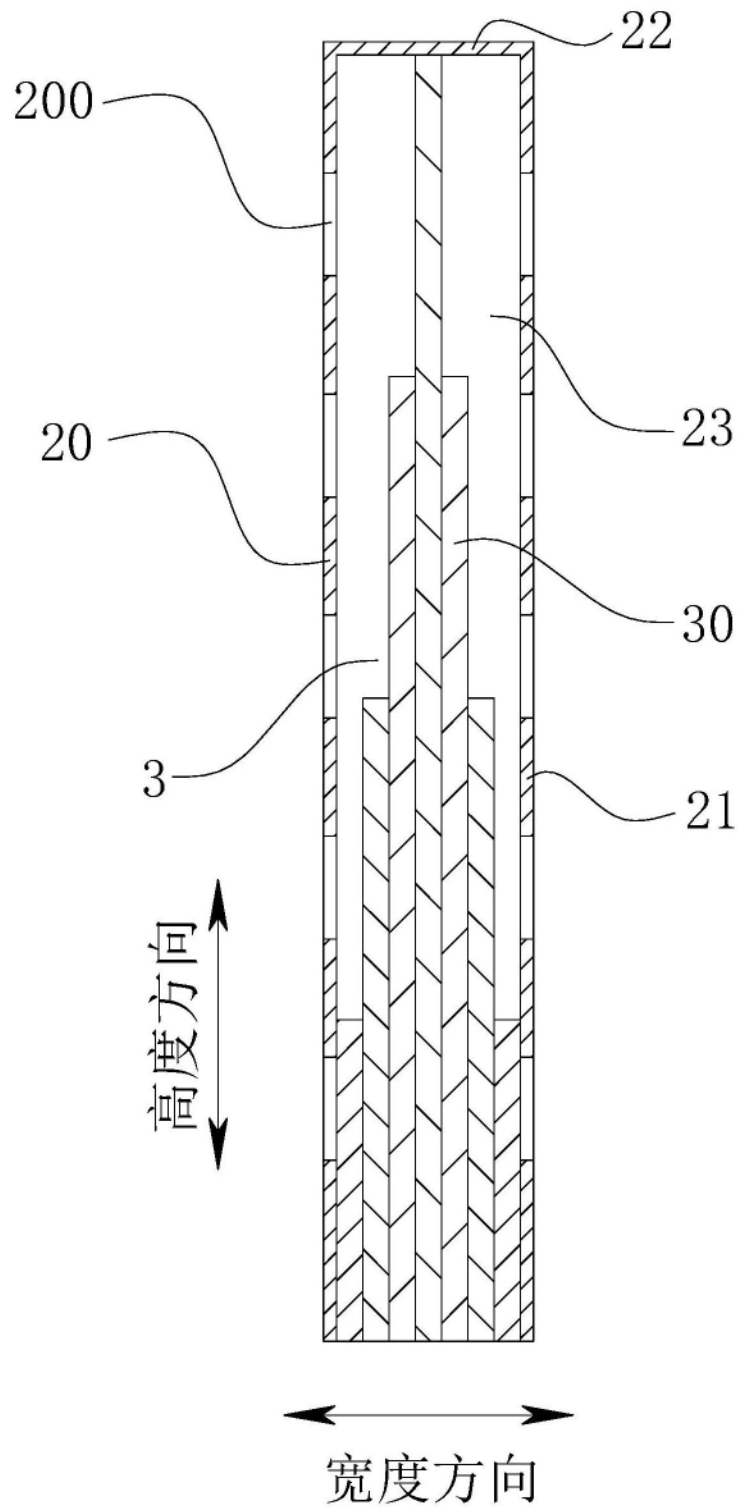


图12a

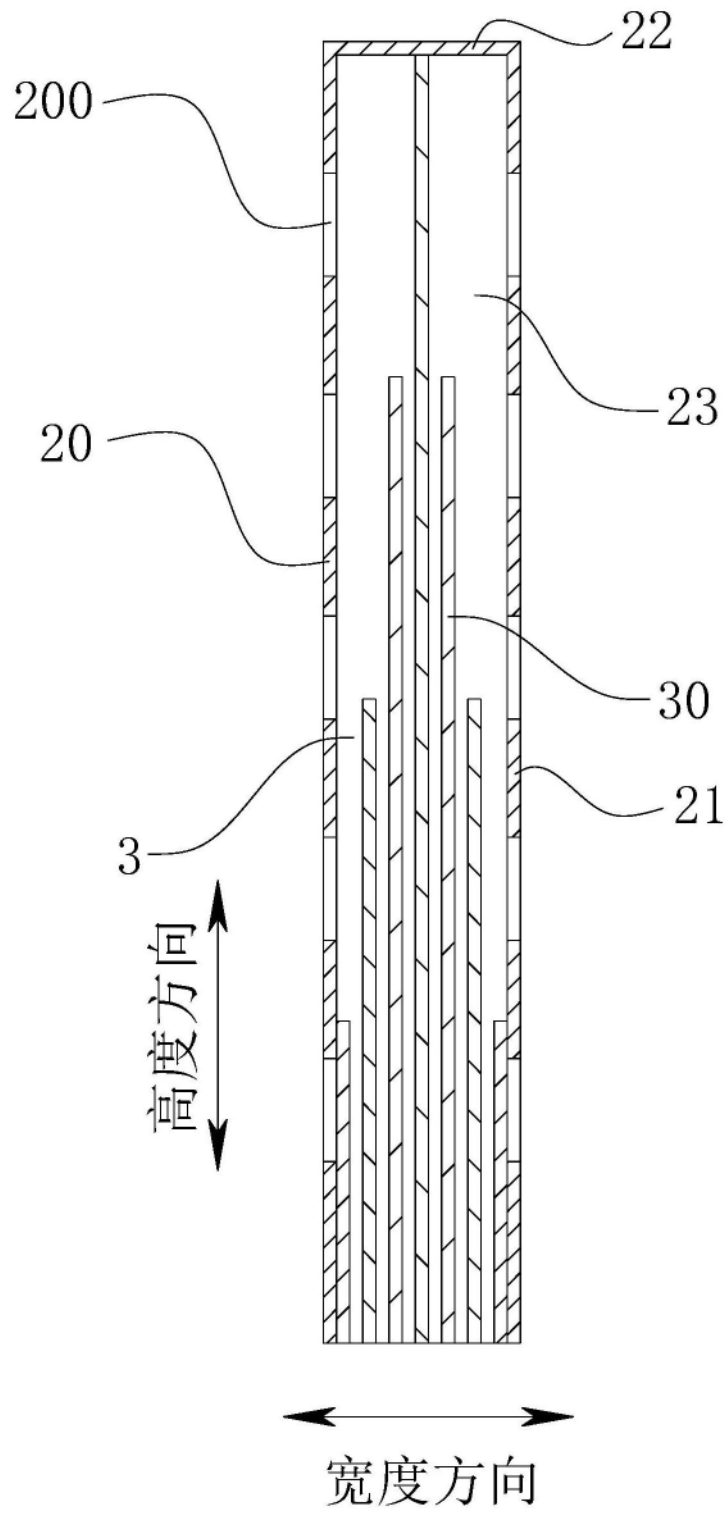


图12b

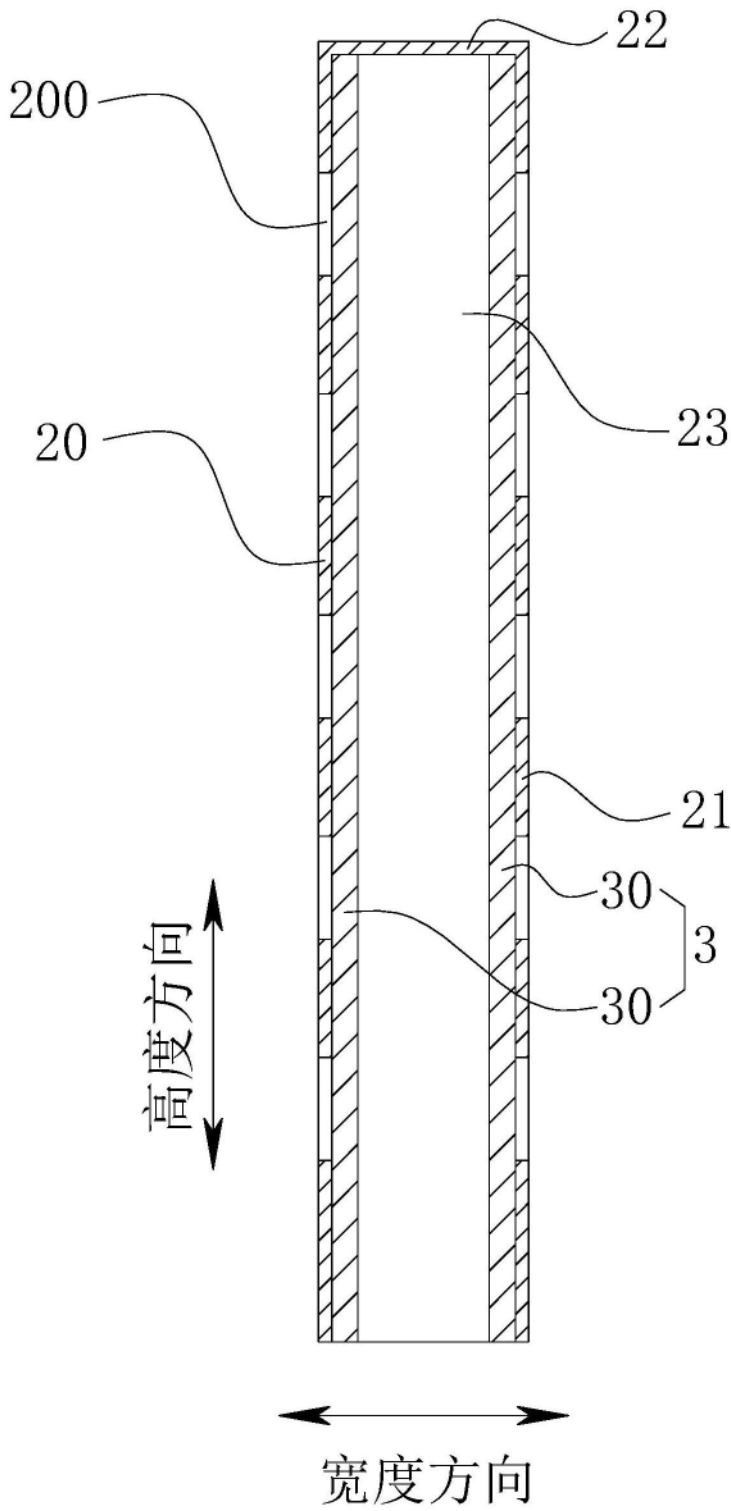


图13

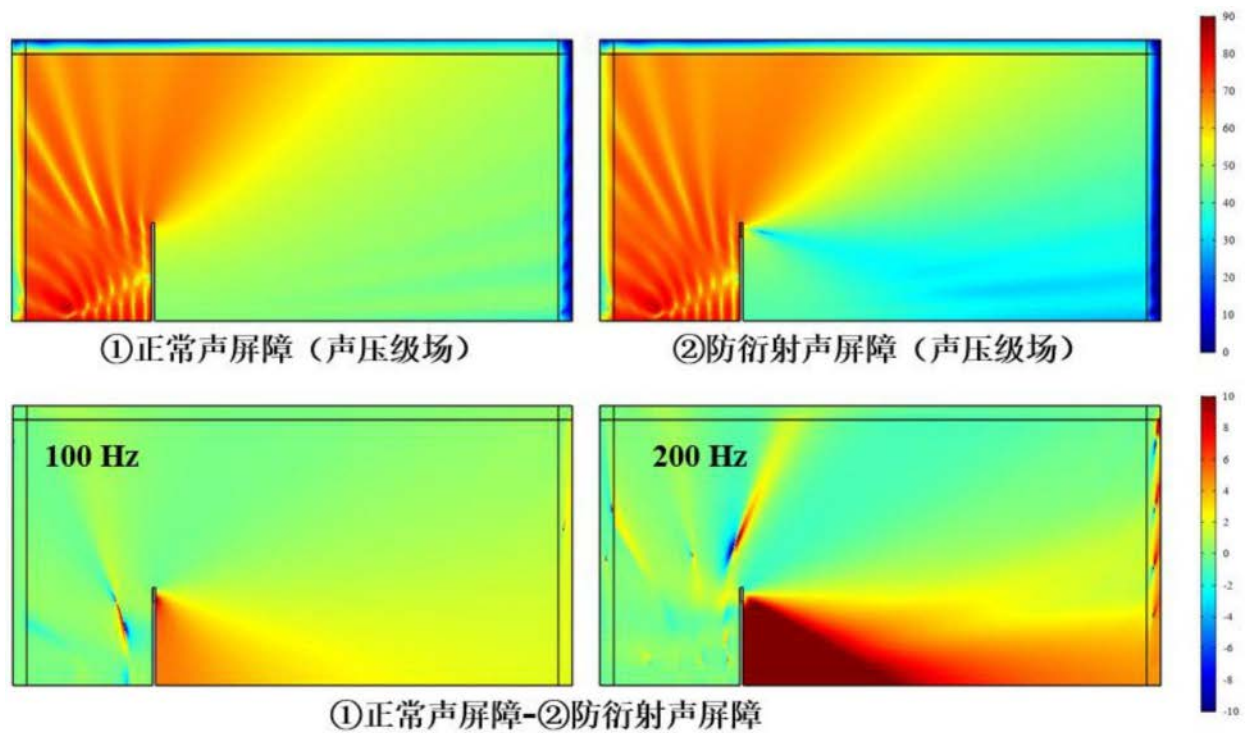


图14a

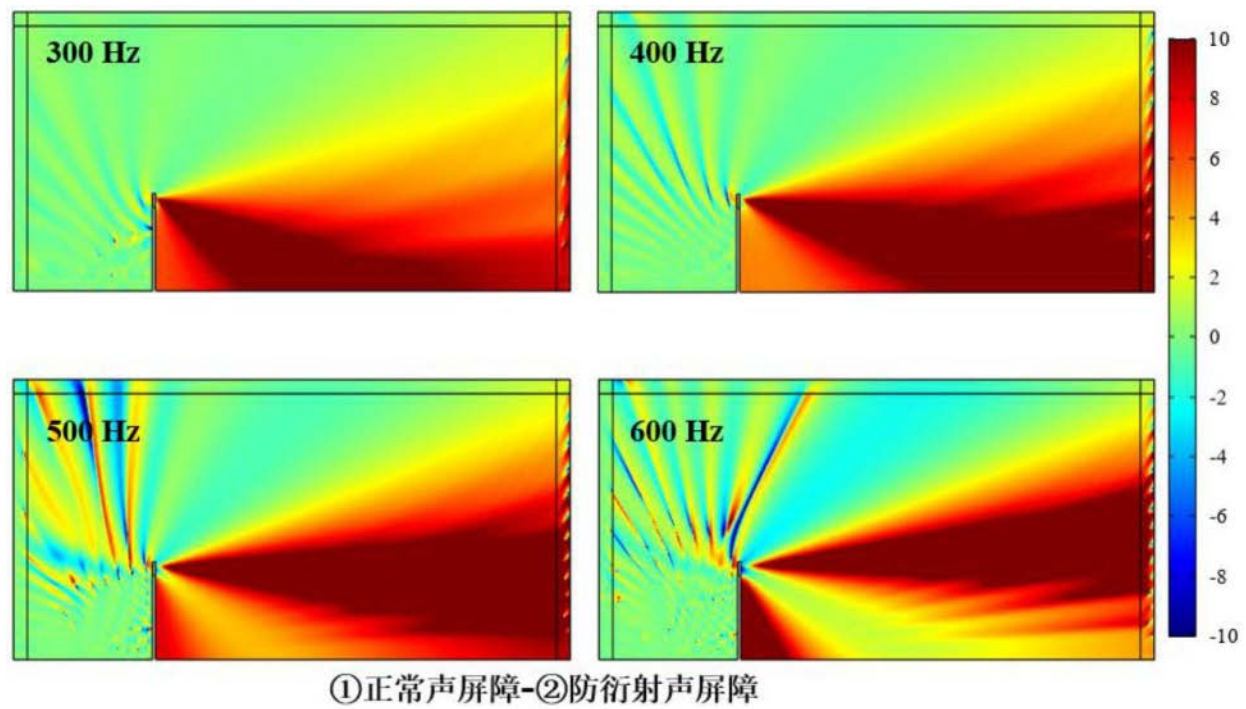


图14b

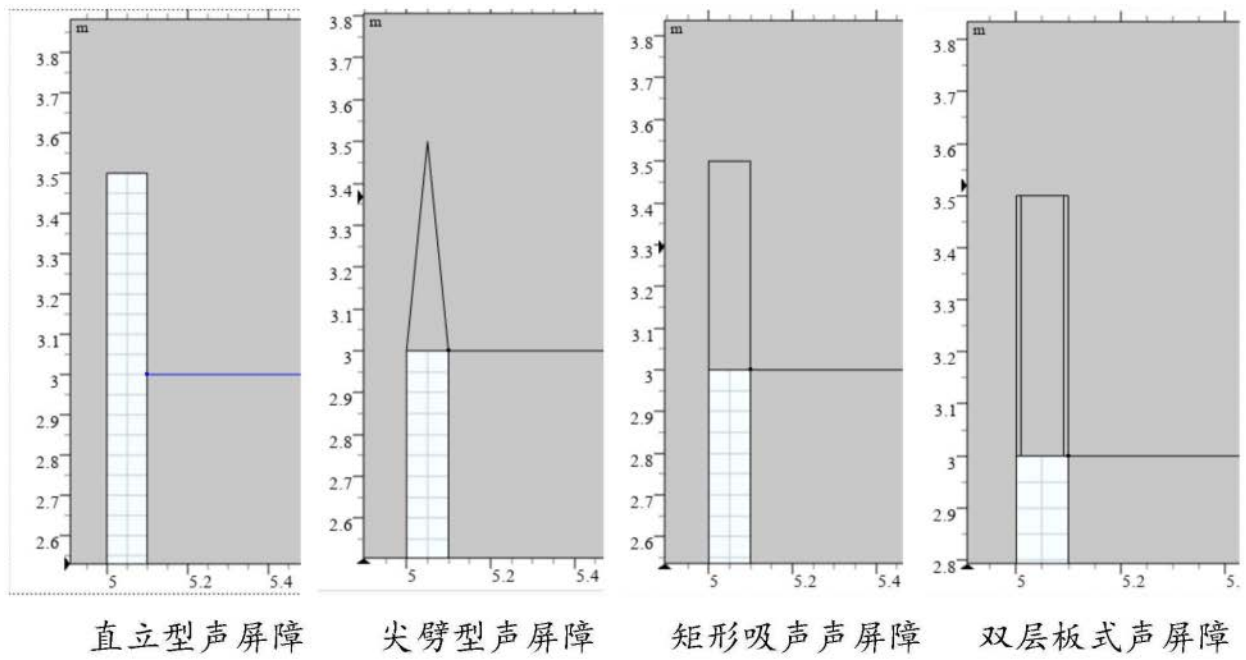


图15a



图15b

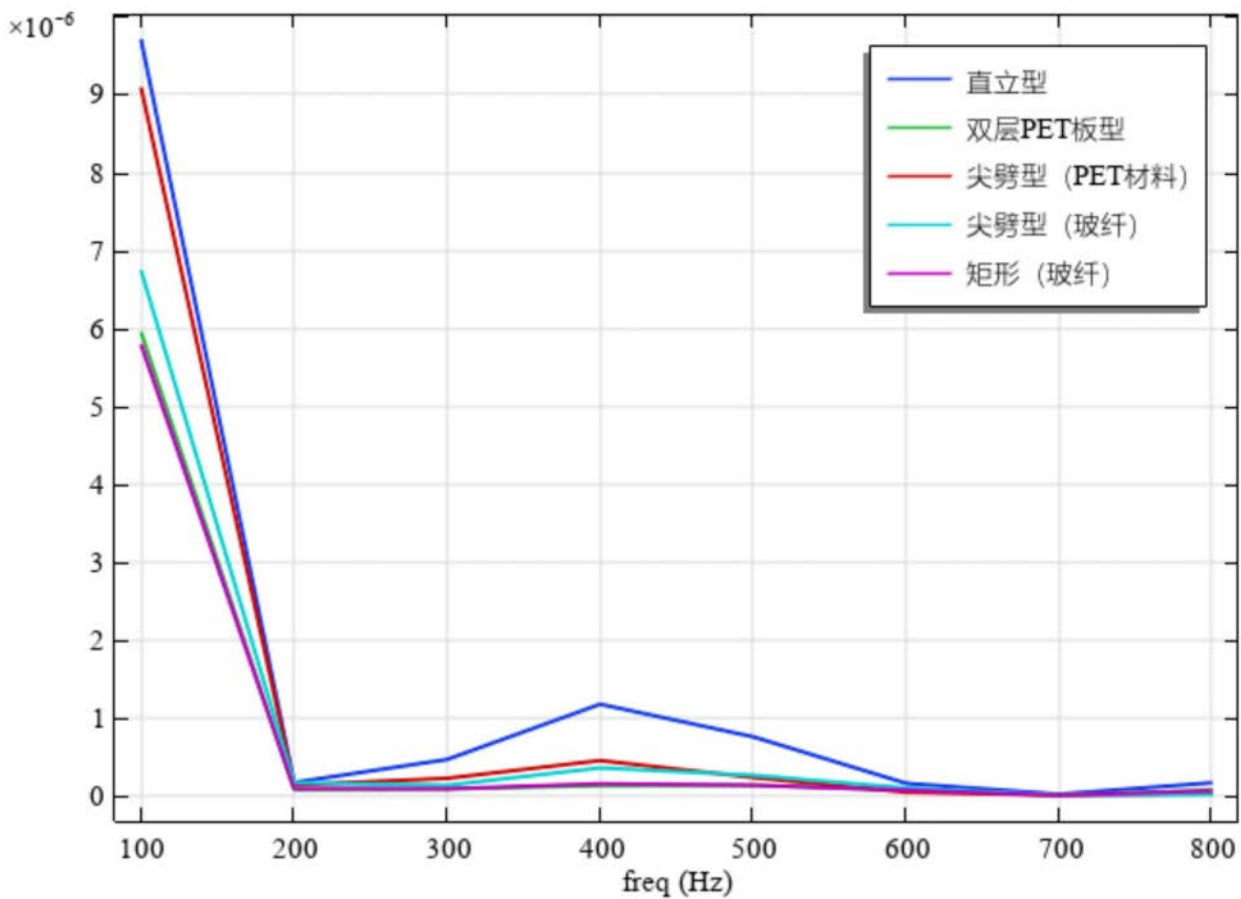


图15c

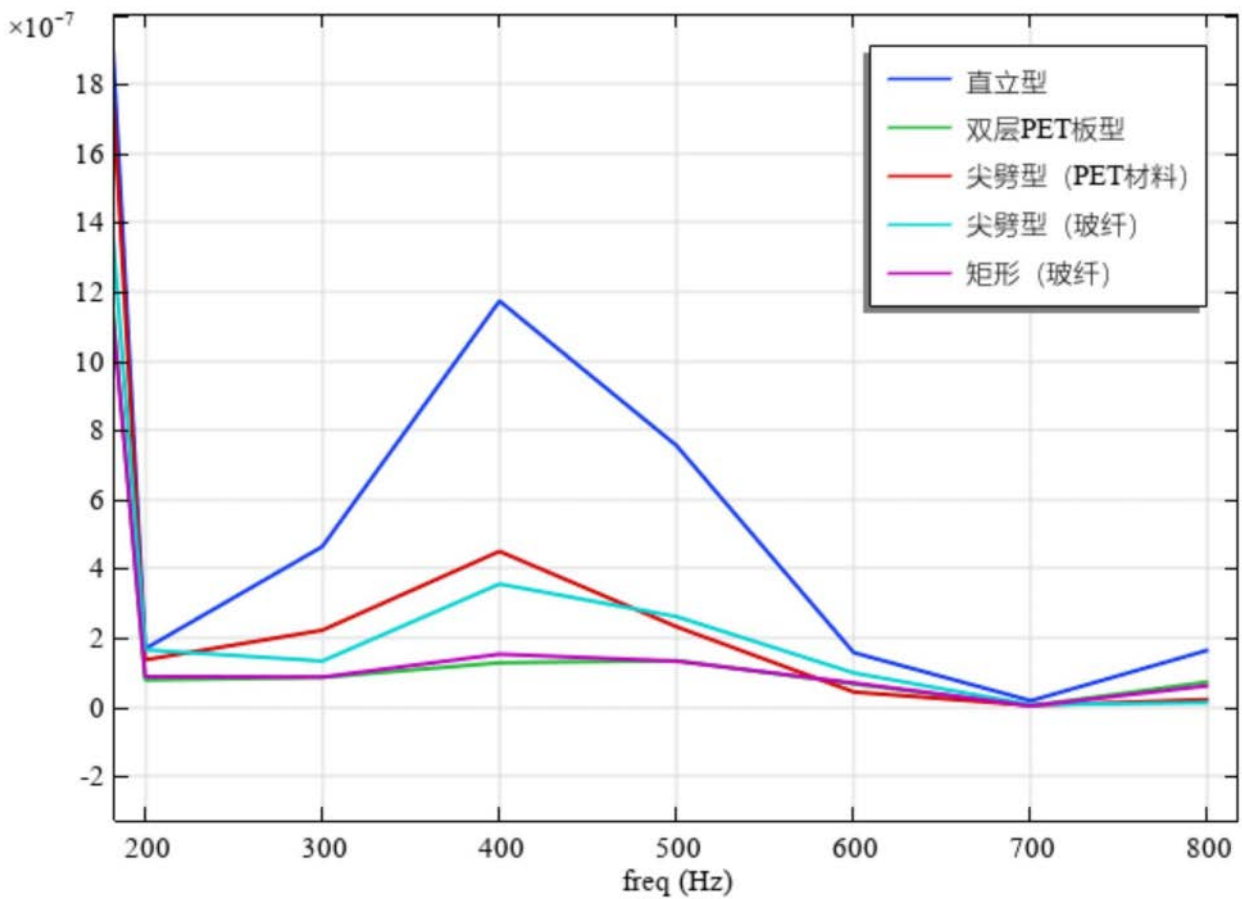


图15d

100 Hz, 声压级场

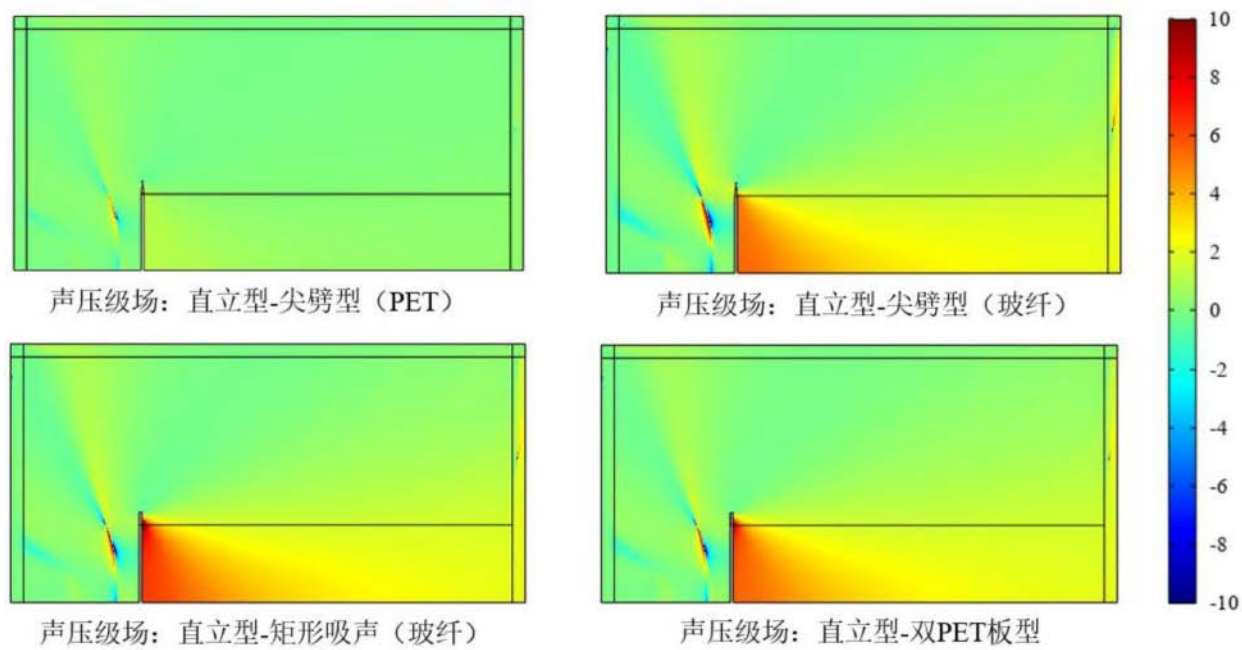


图16a

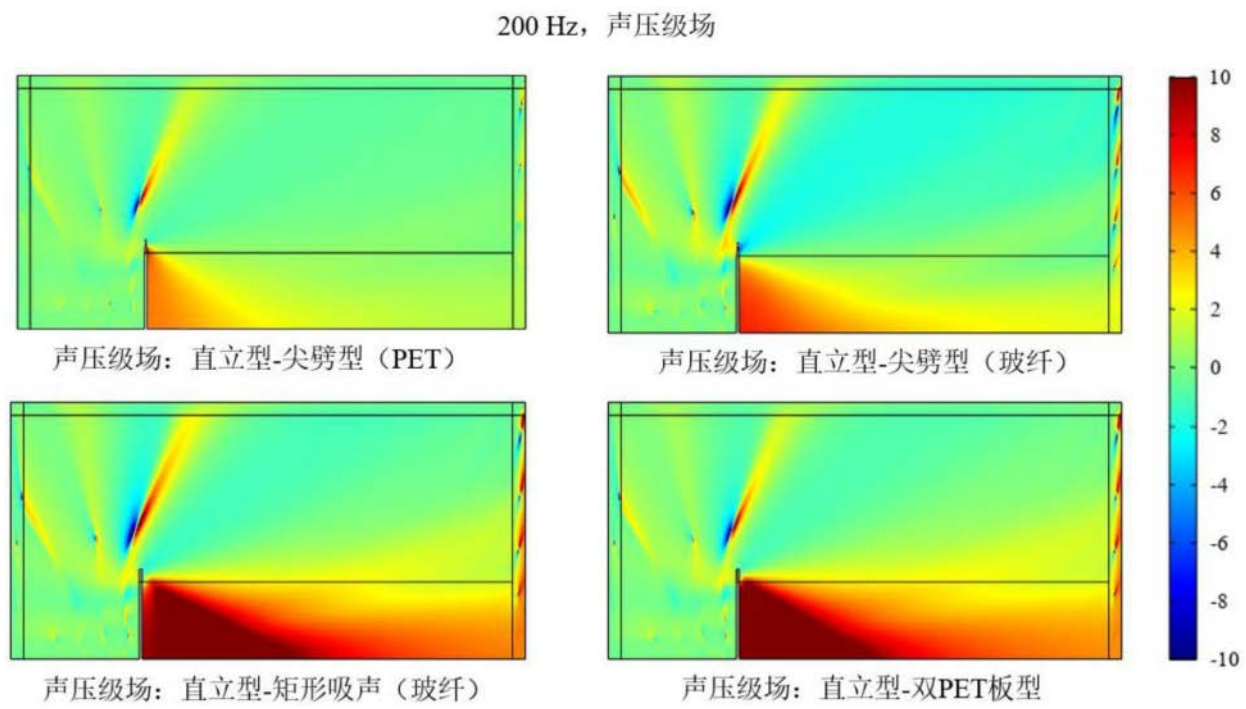


图16b

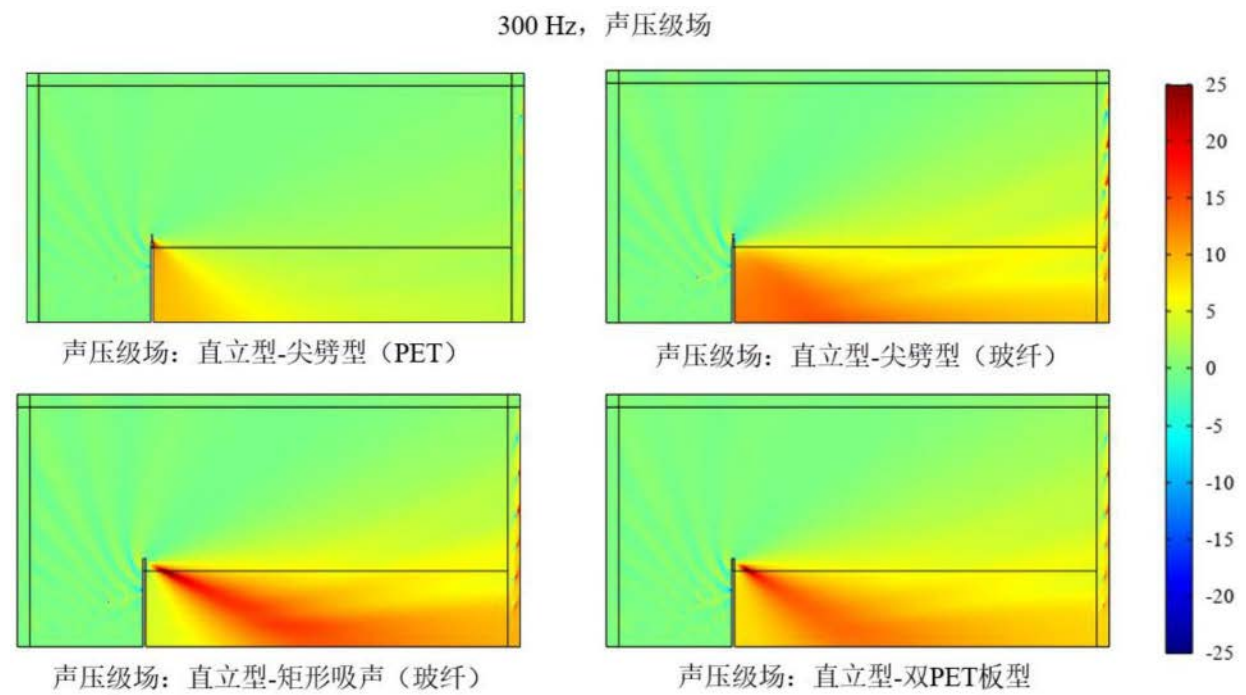


图16c

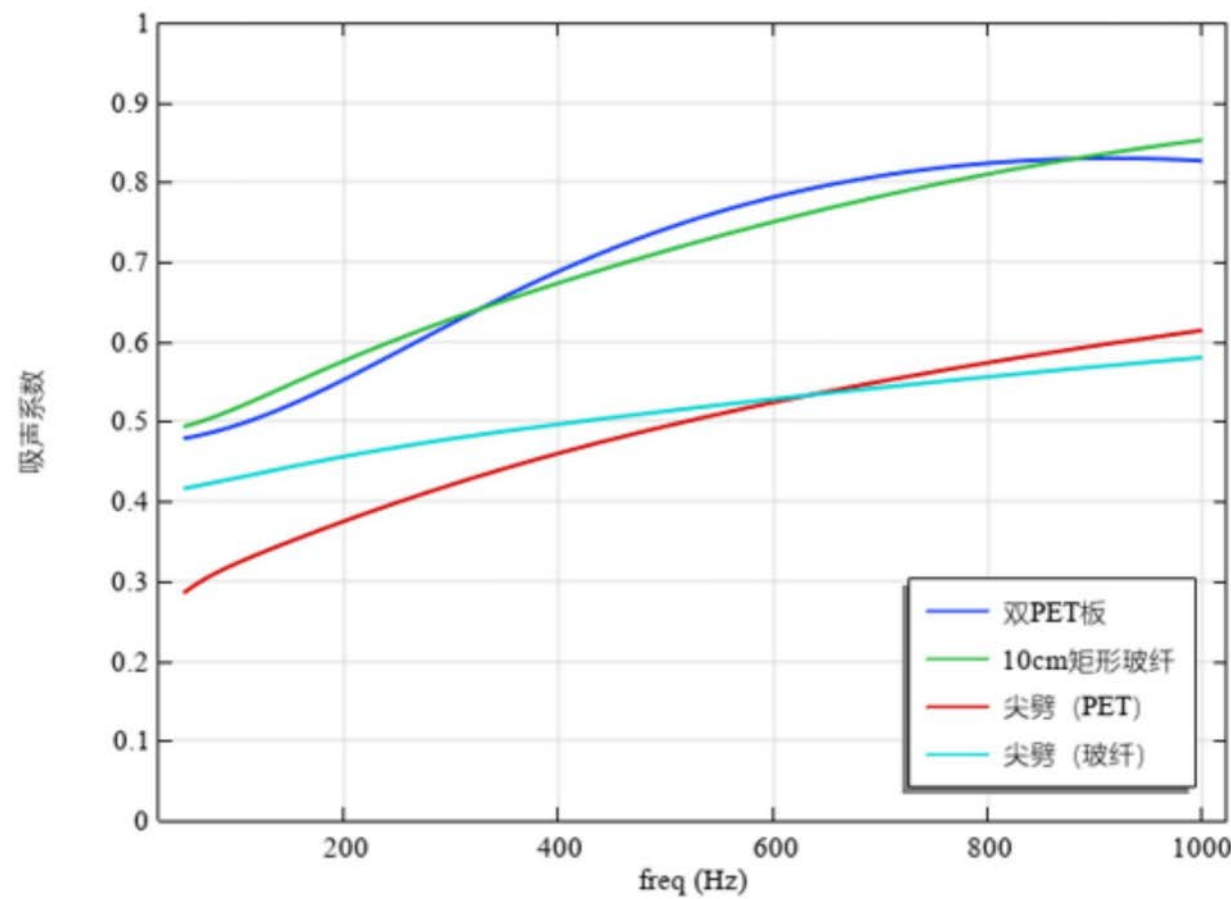


图17

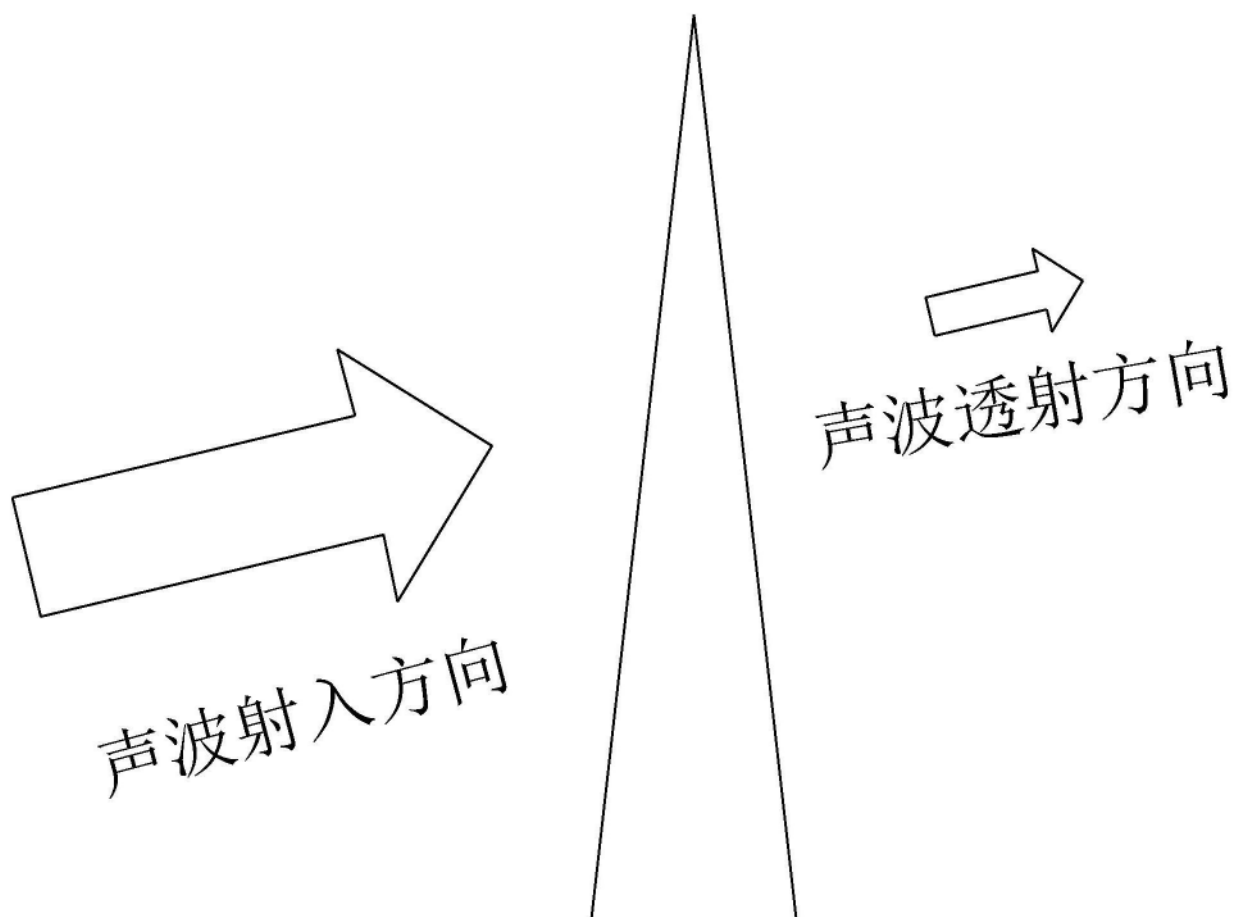


图18

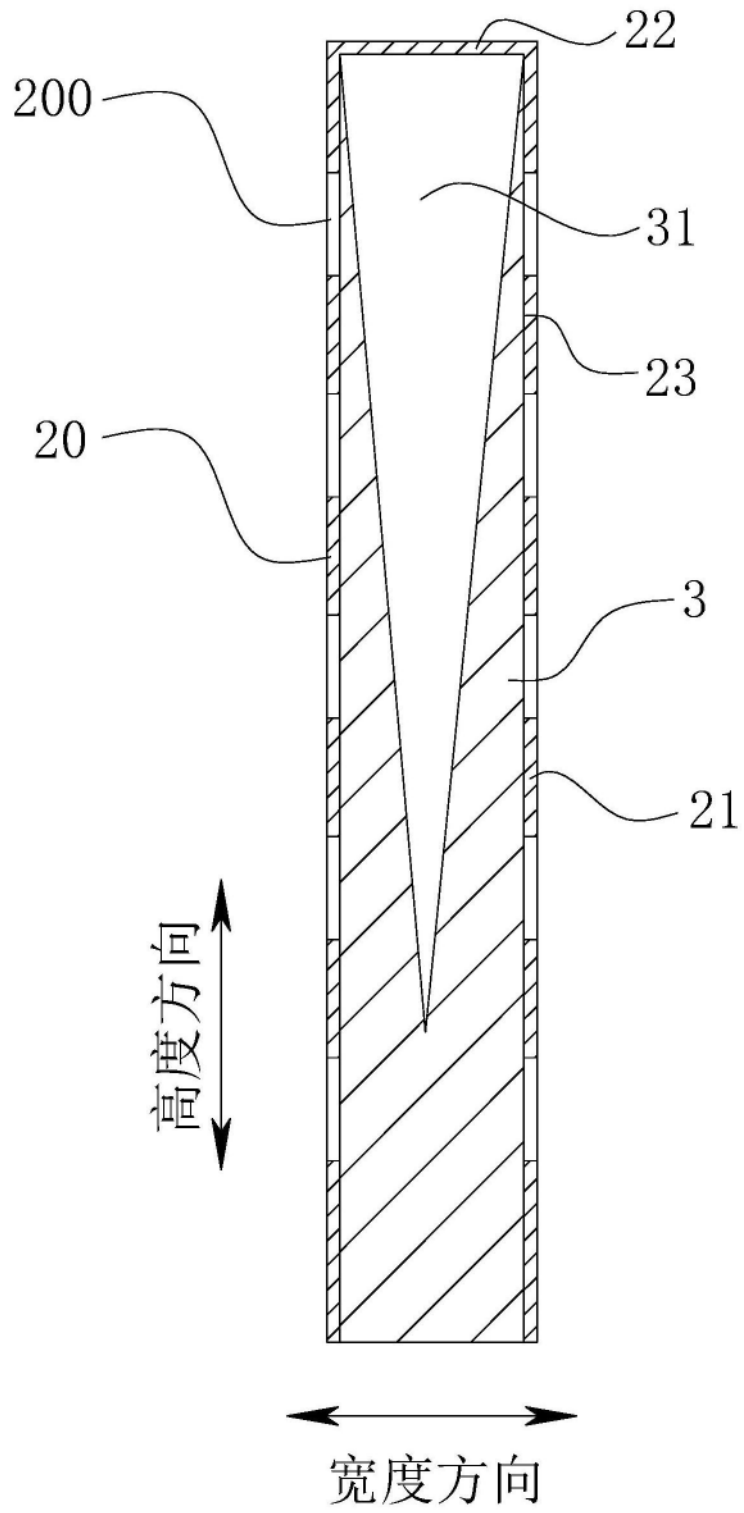


图19

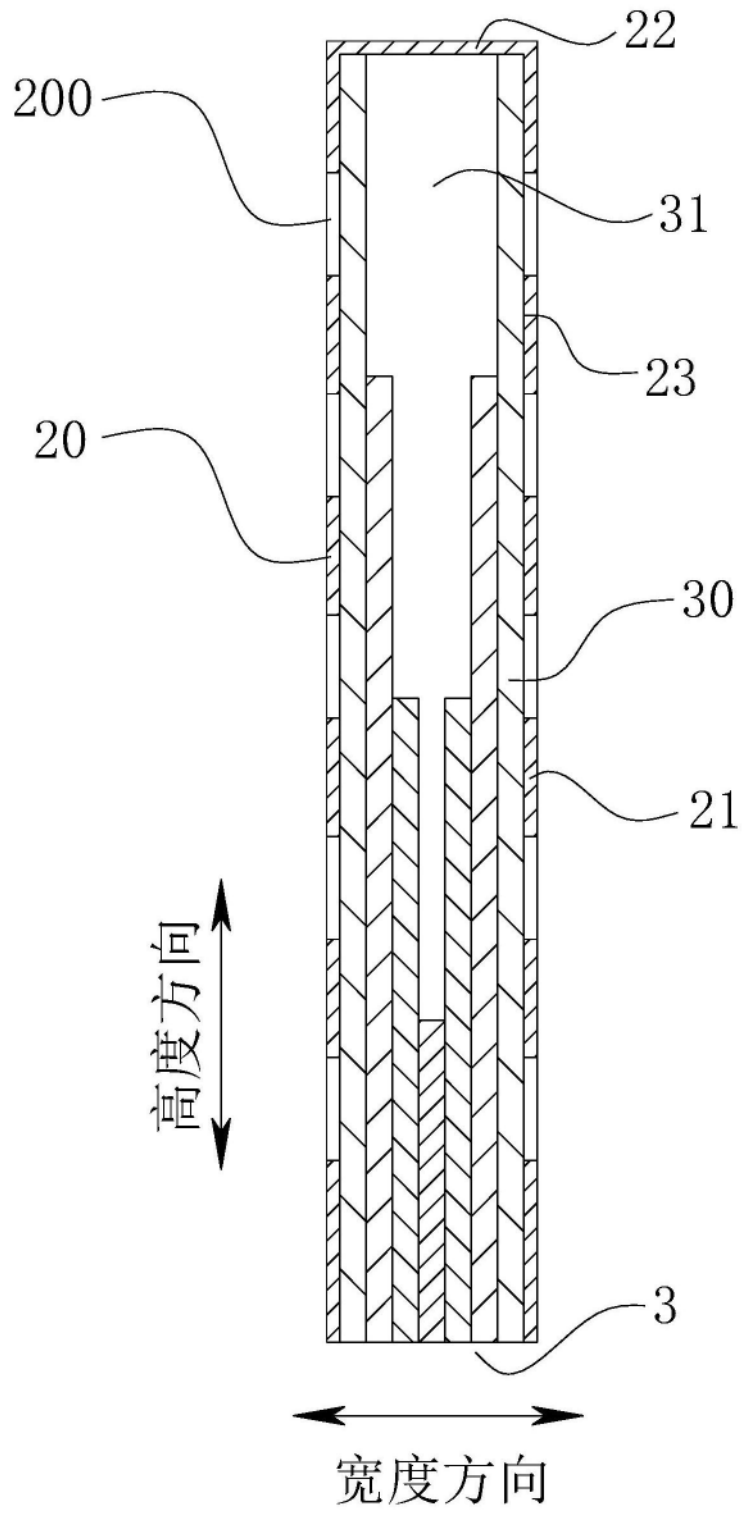


图20

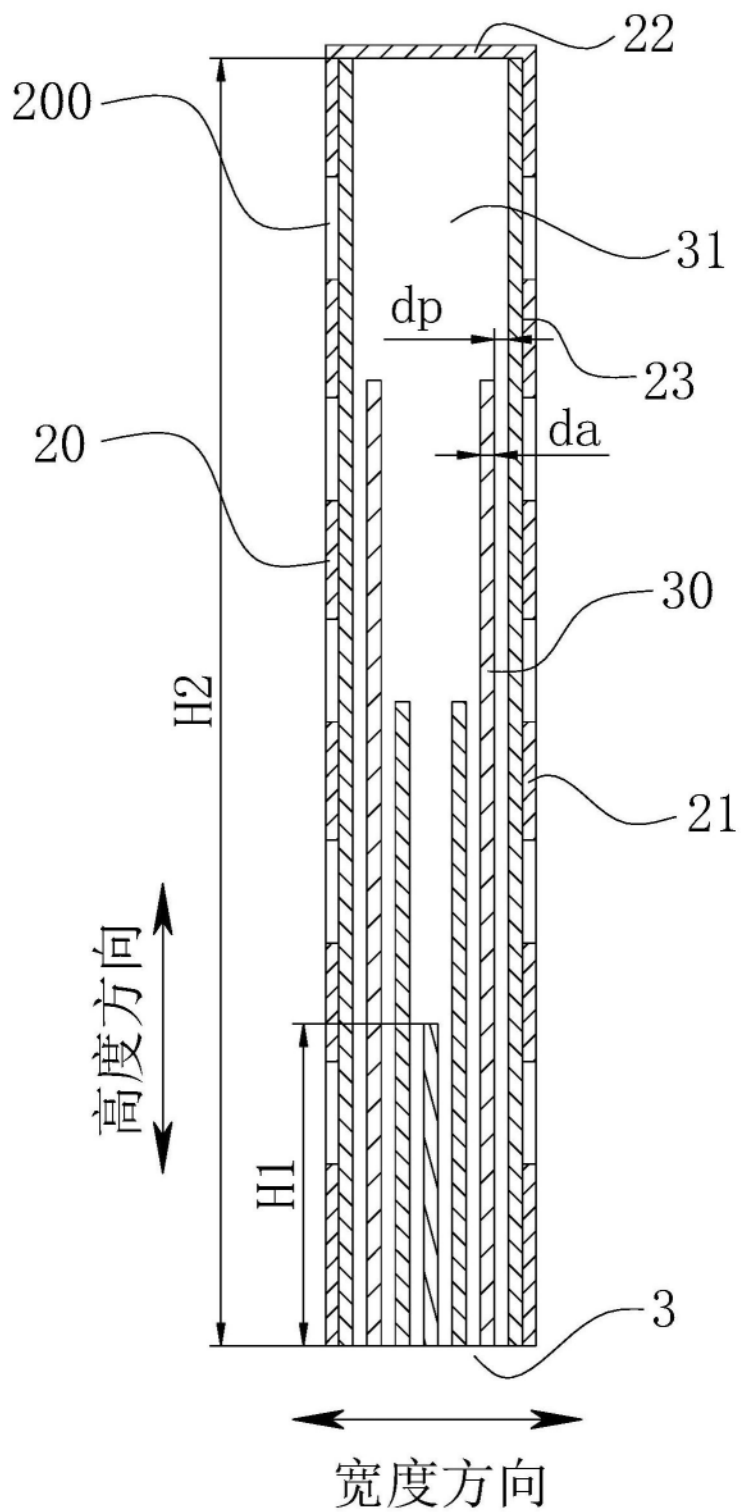


图21

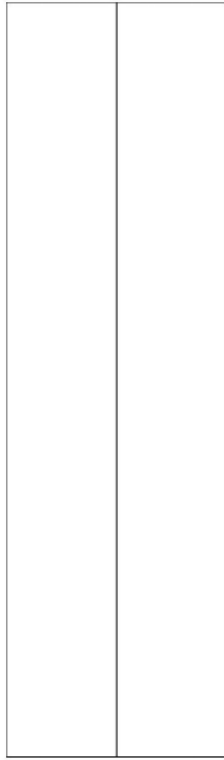


图22a

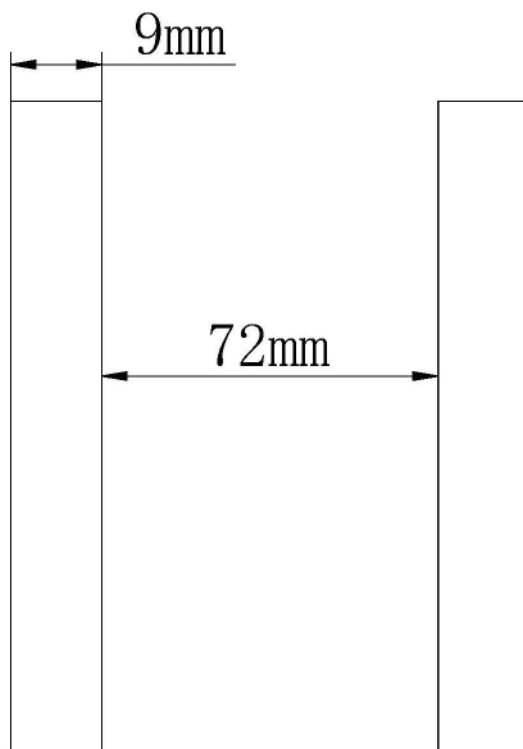


图22b

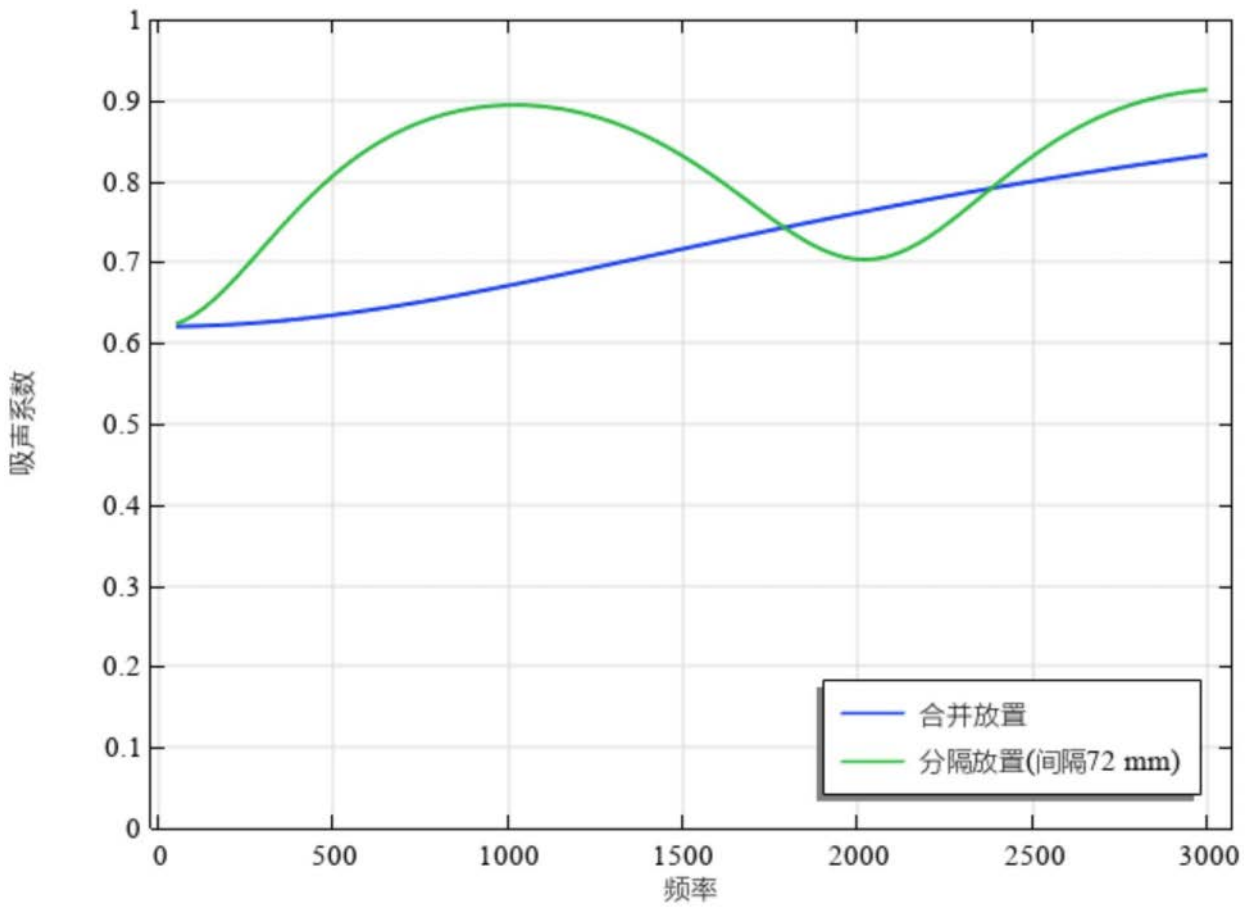


图22c

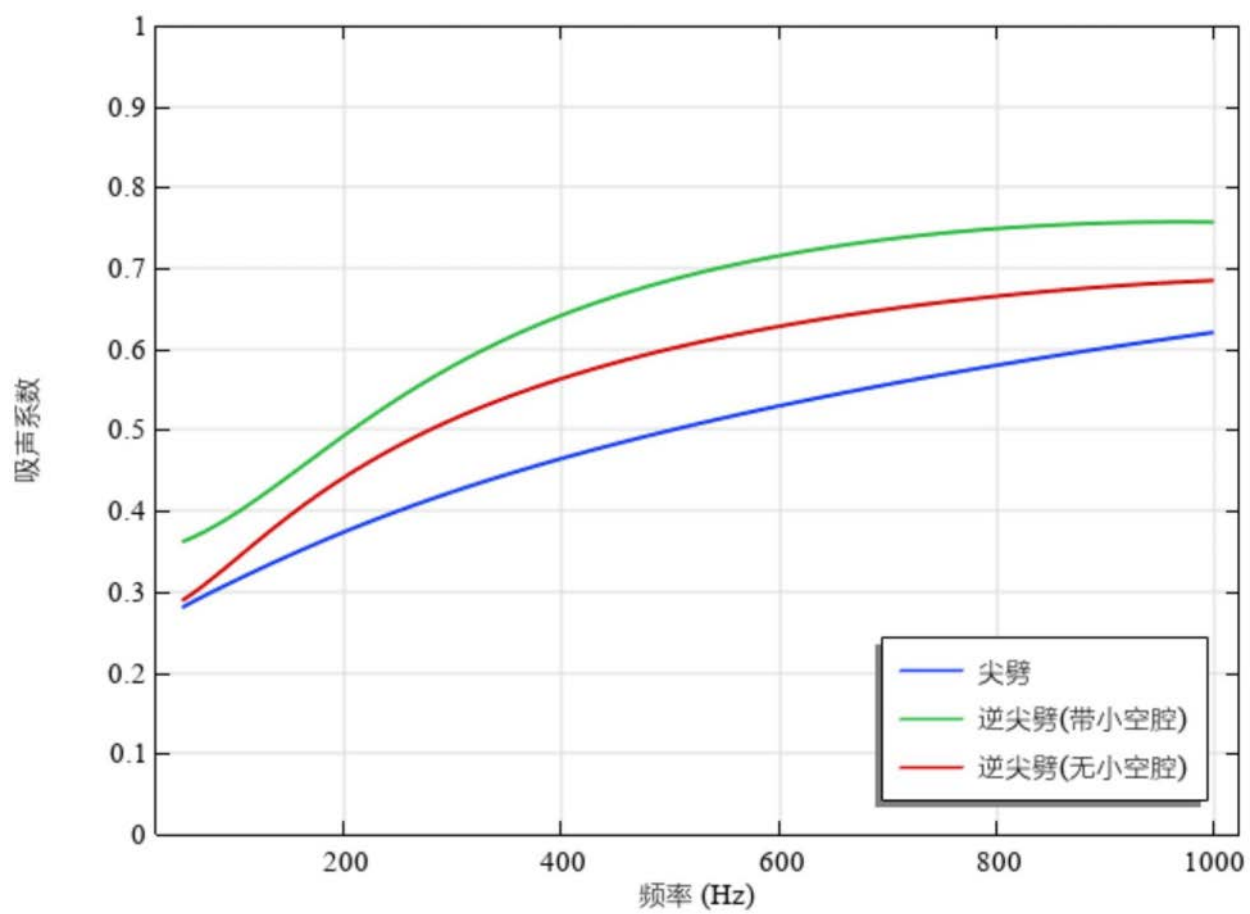


图23

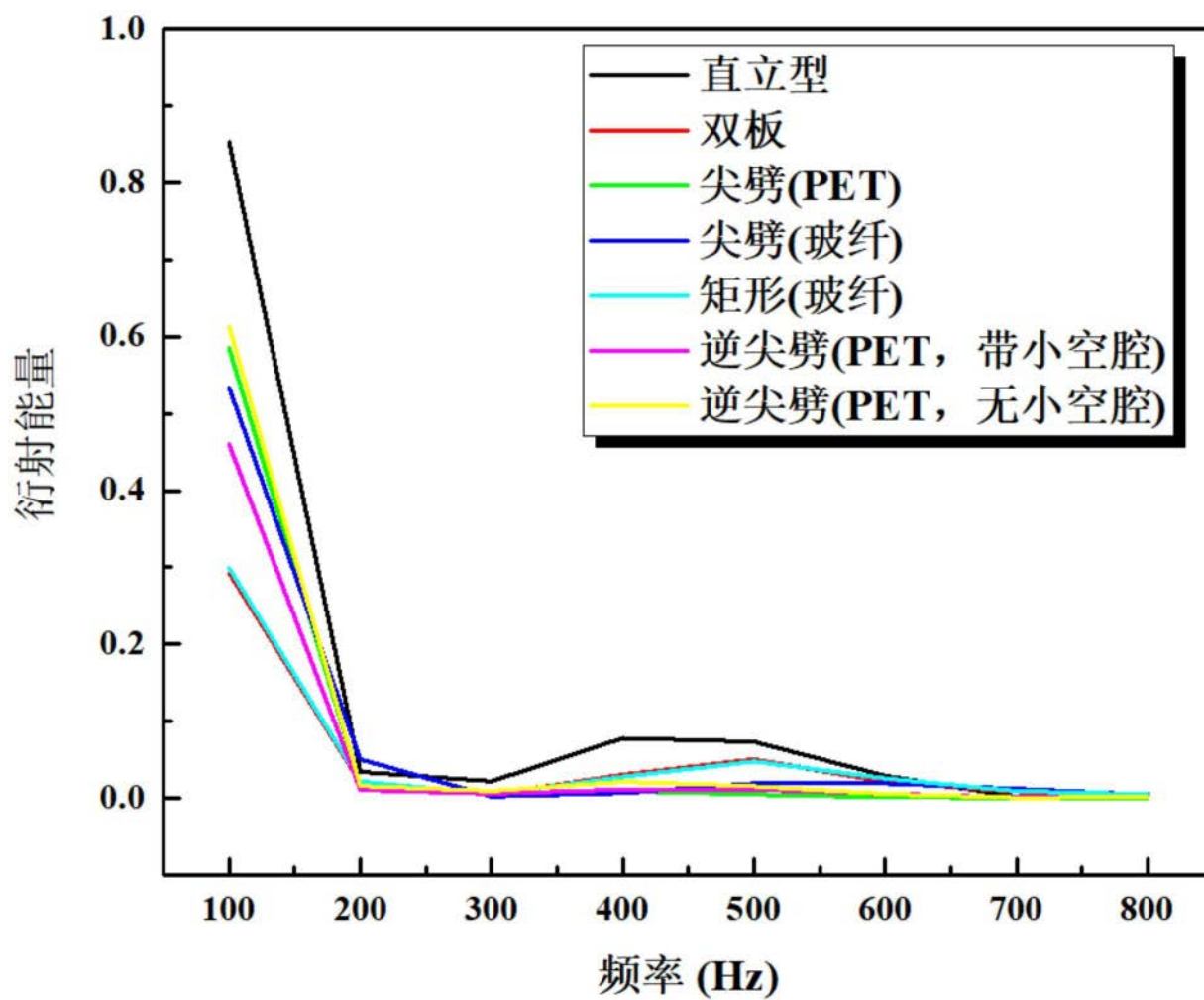


图24a

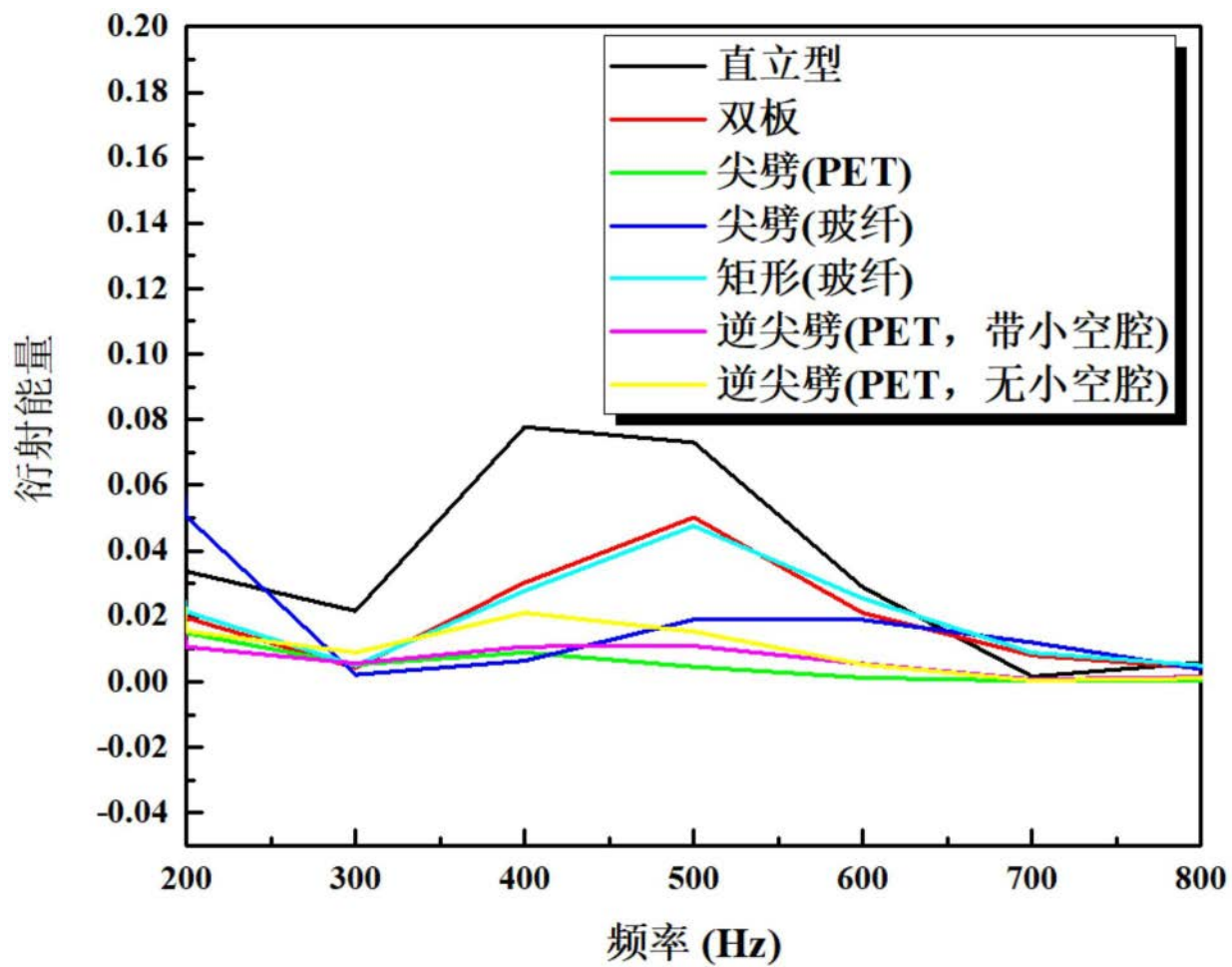


图24b

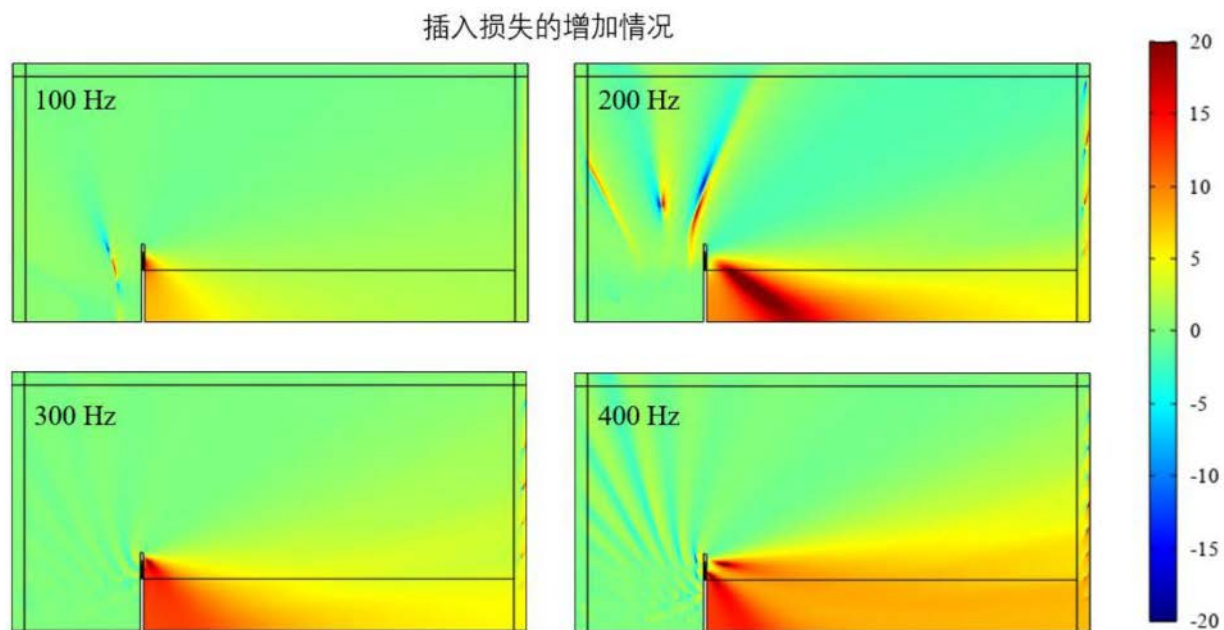


图25a

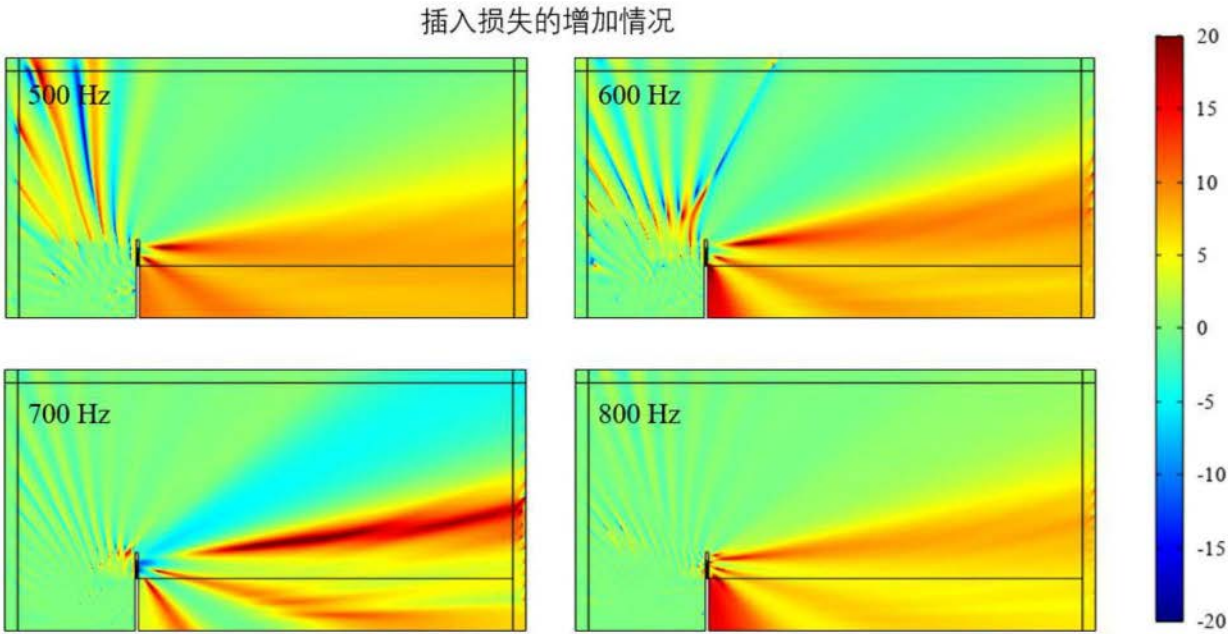


图25b

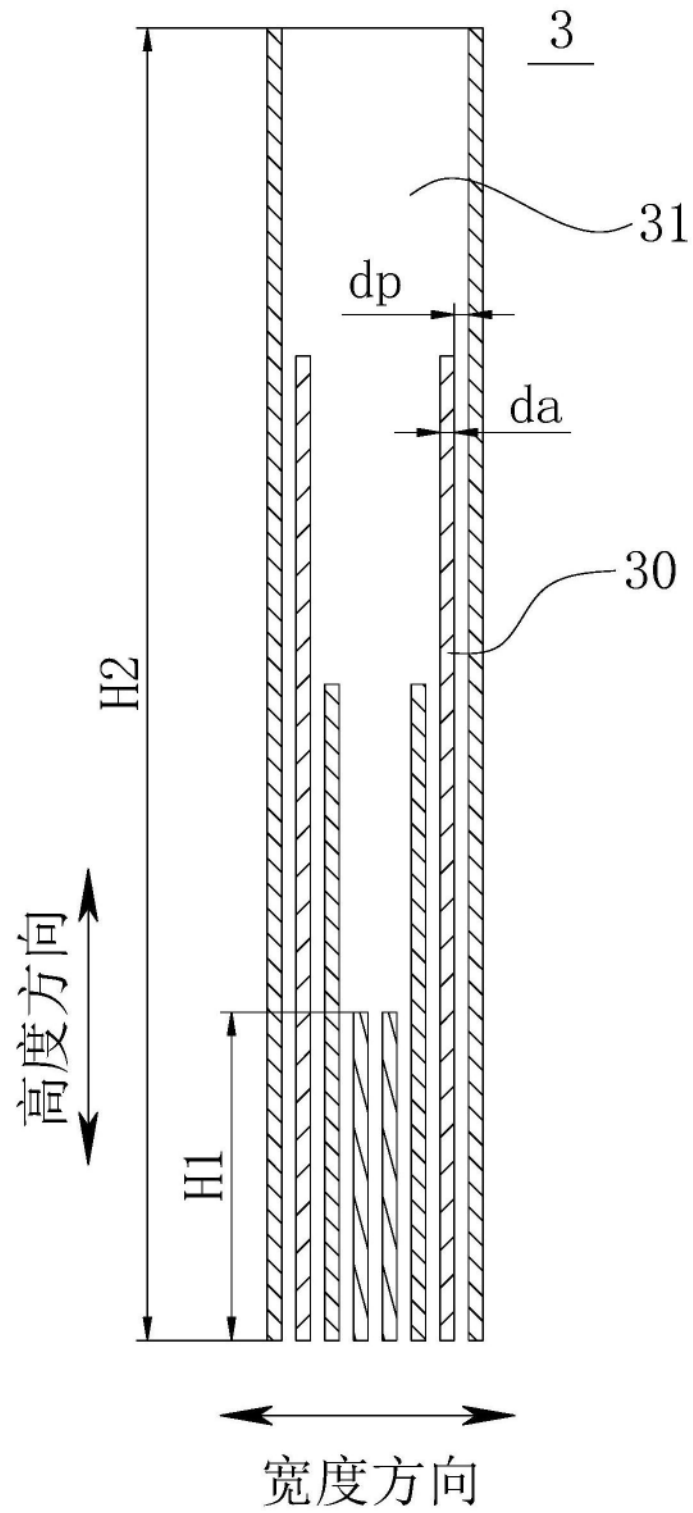


图26

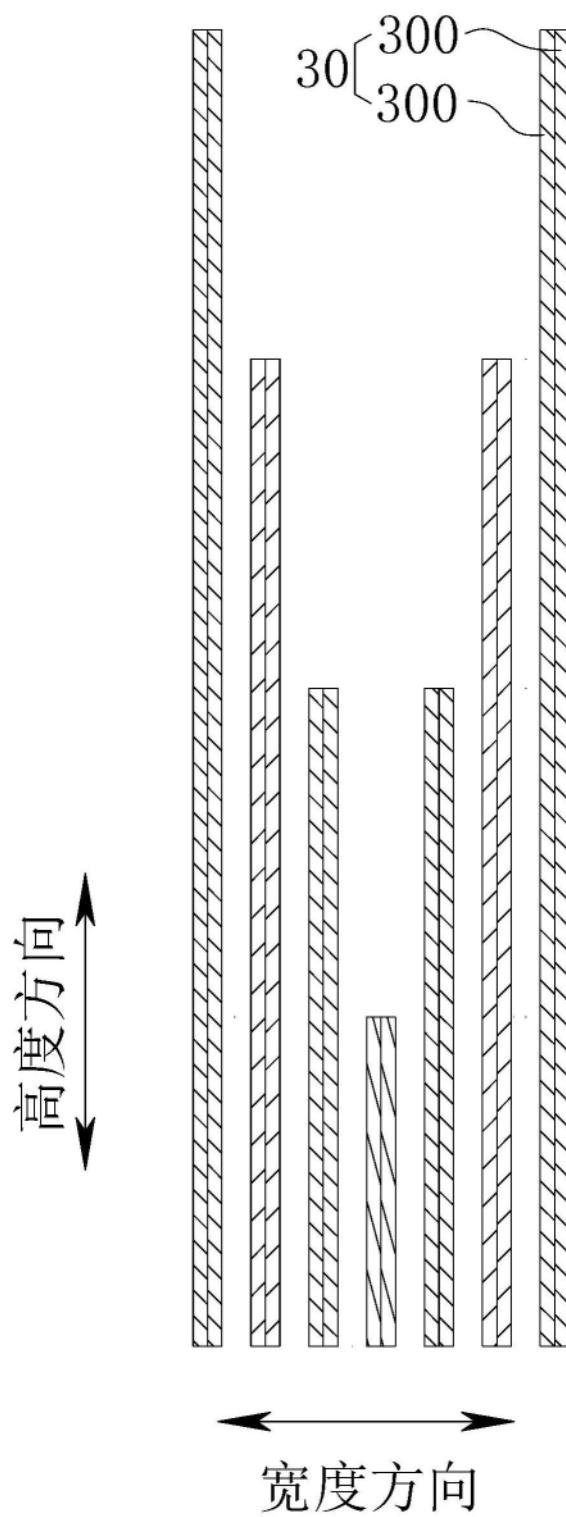


图27a

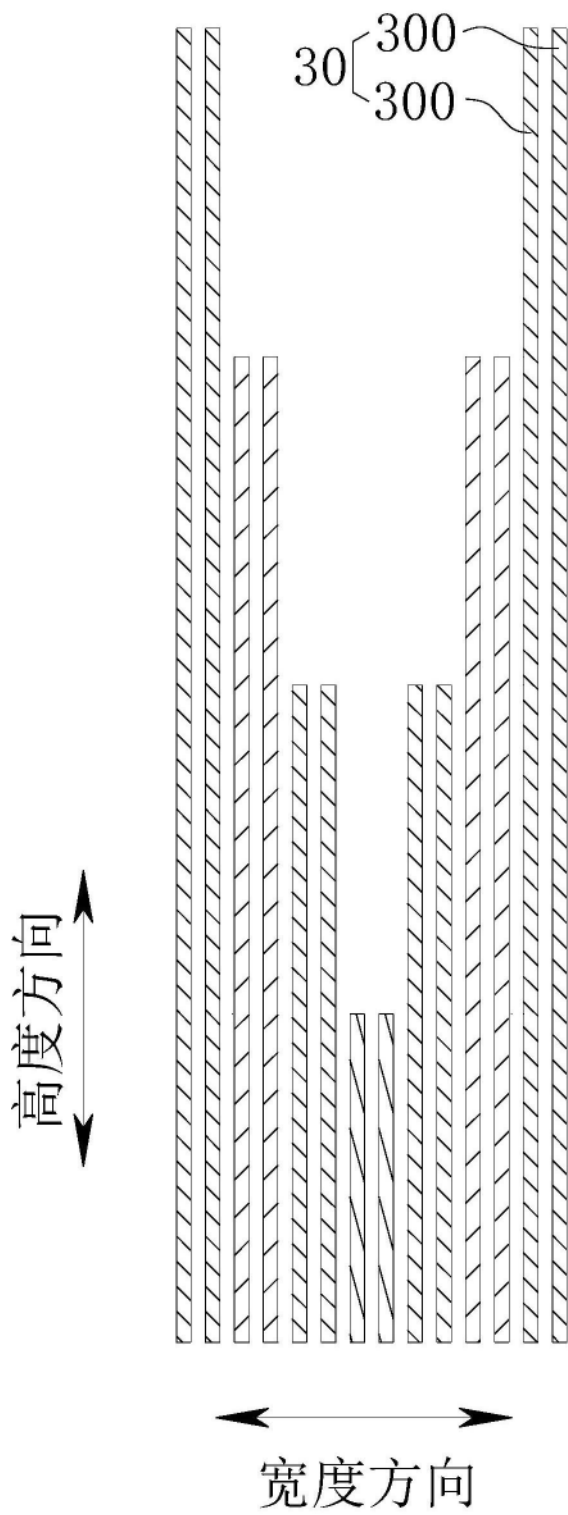


图27b

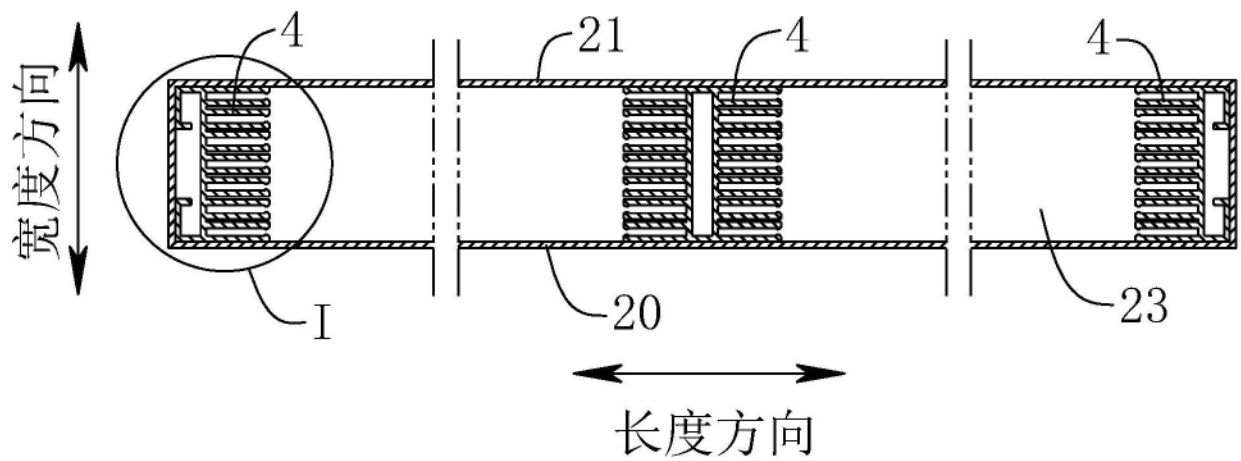


图28a

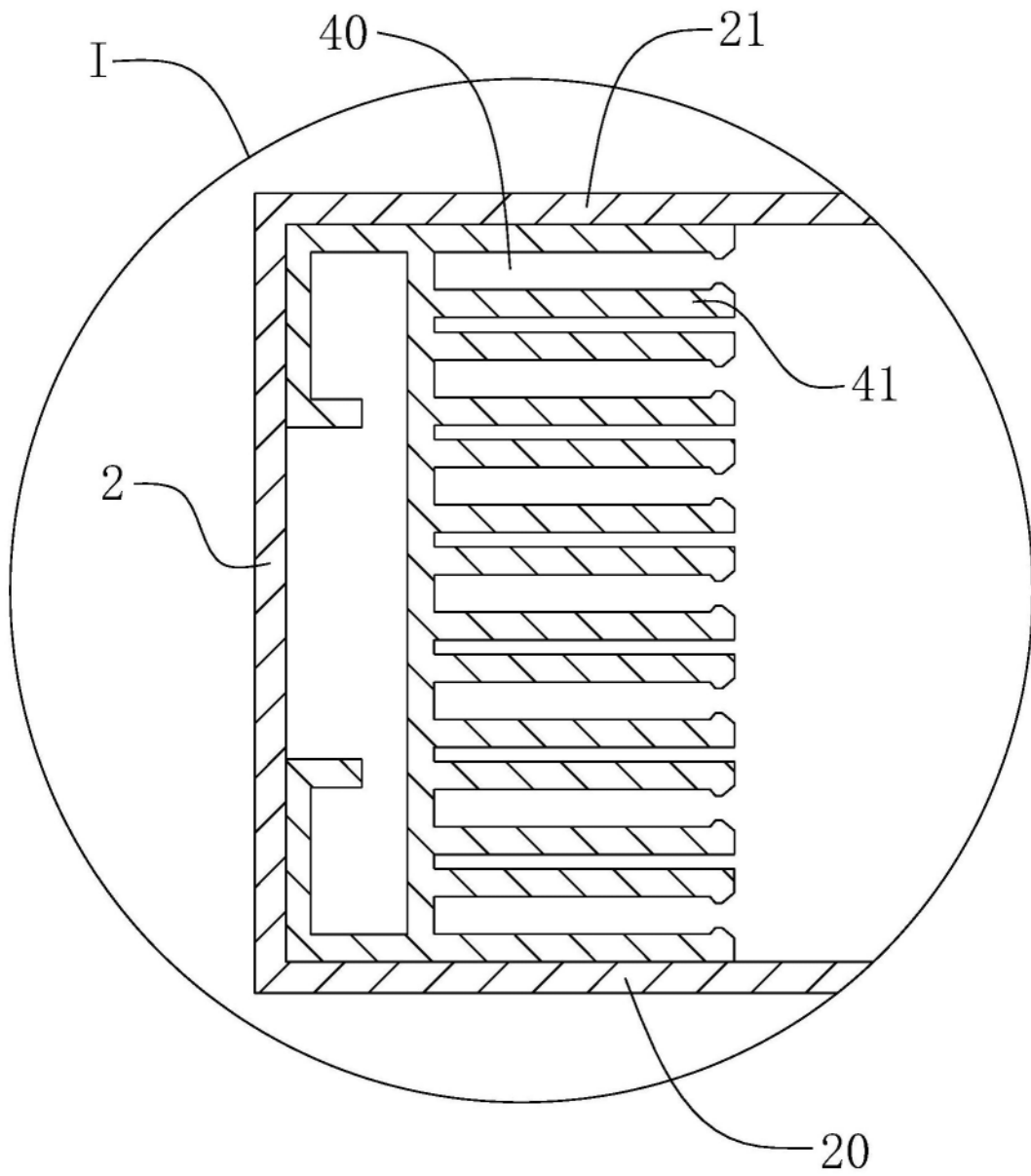


图28b

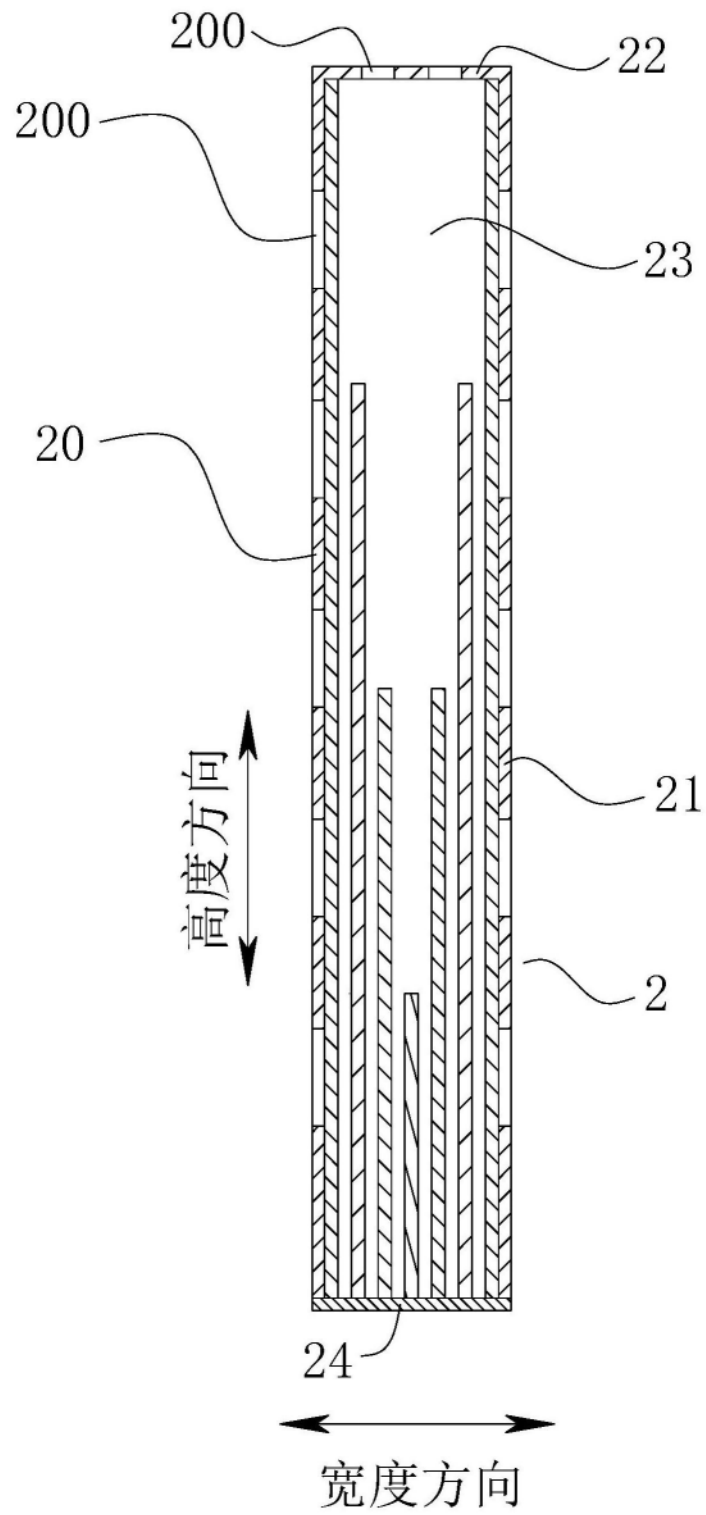


图29

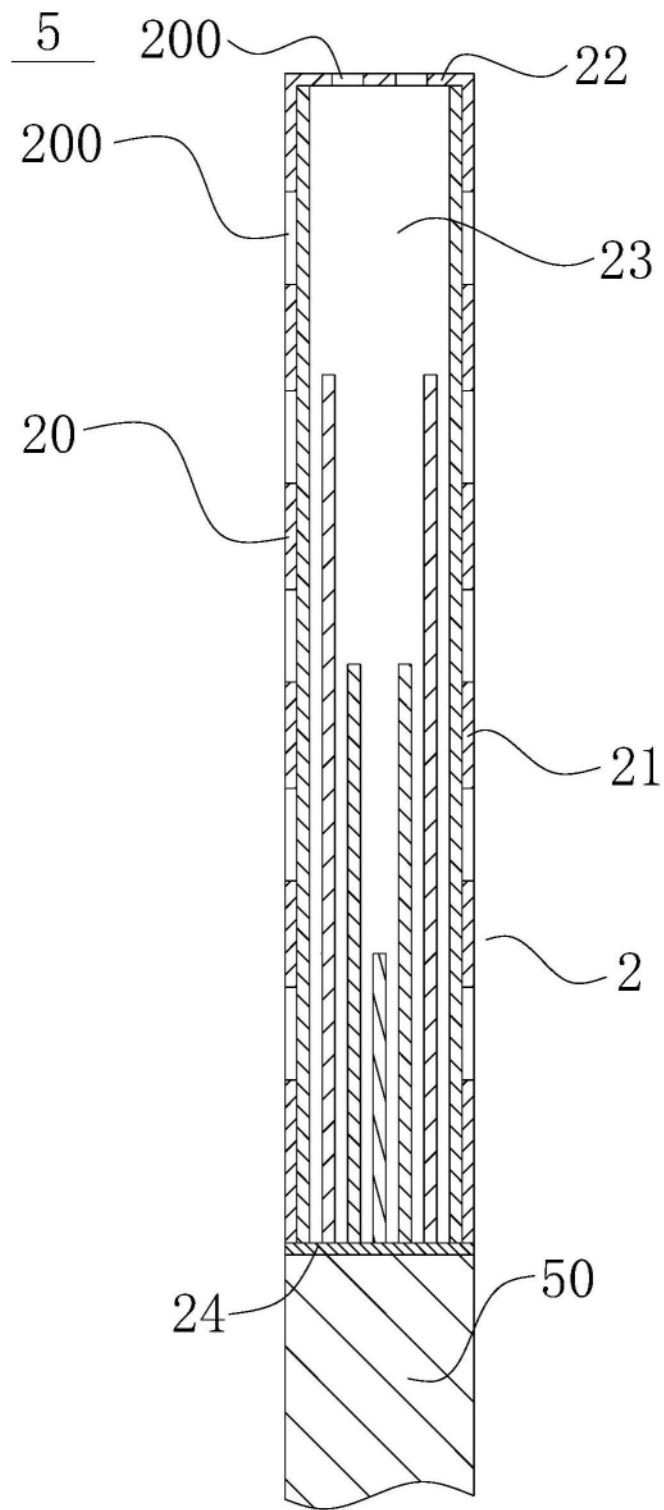


图30

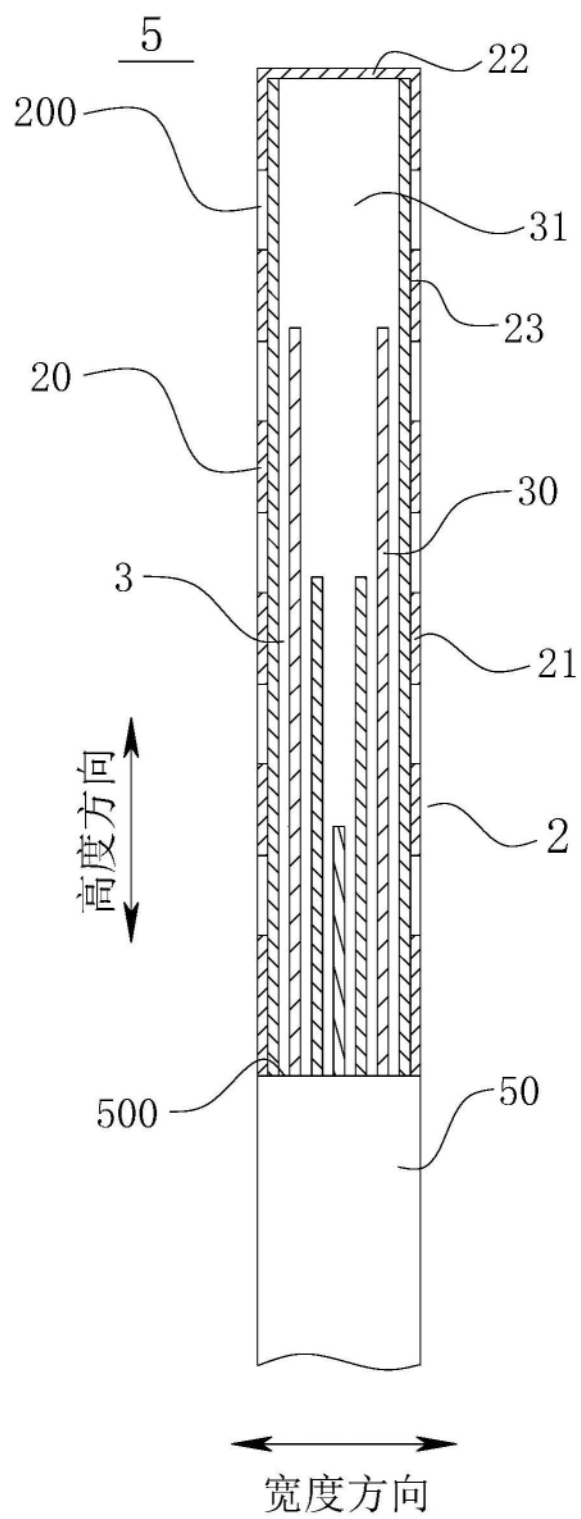


图31

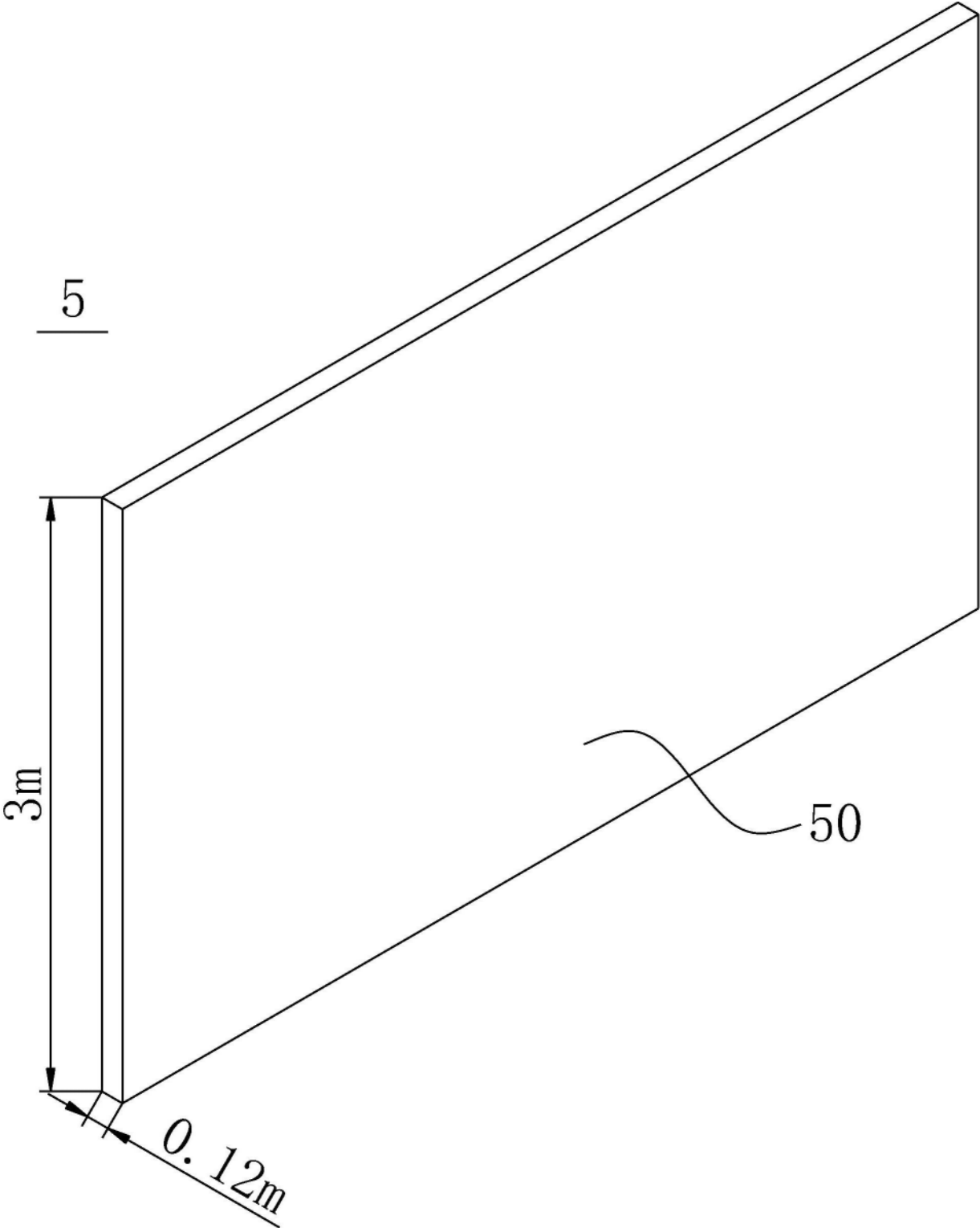


图32a

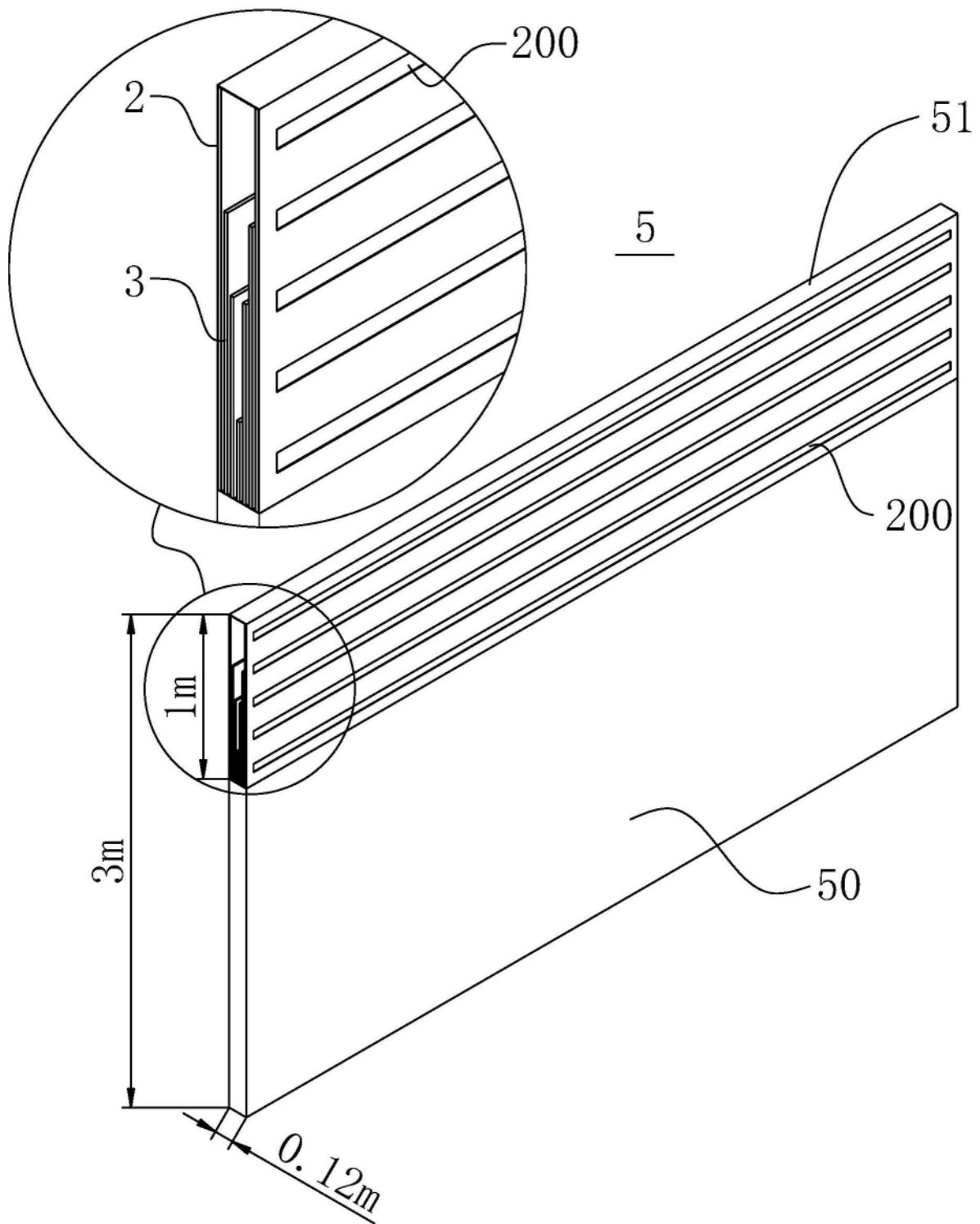


图32b

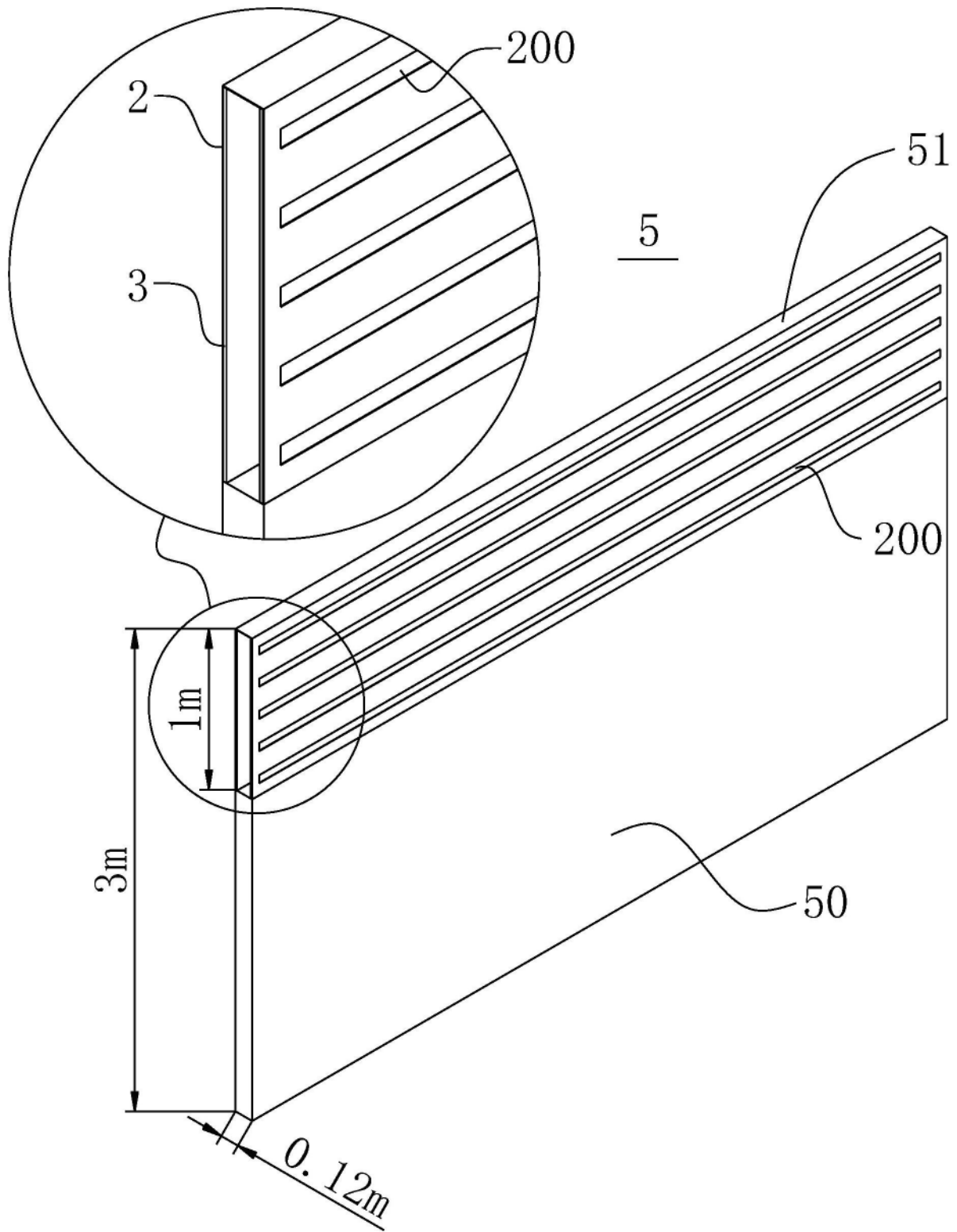


图32c

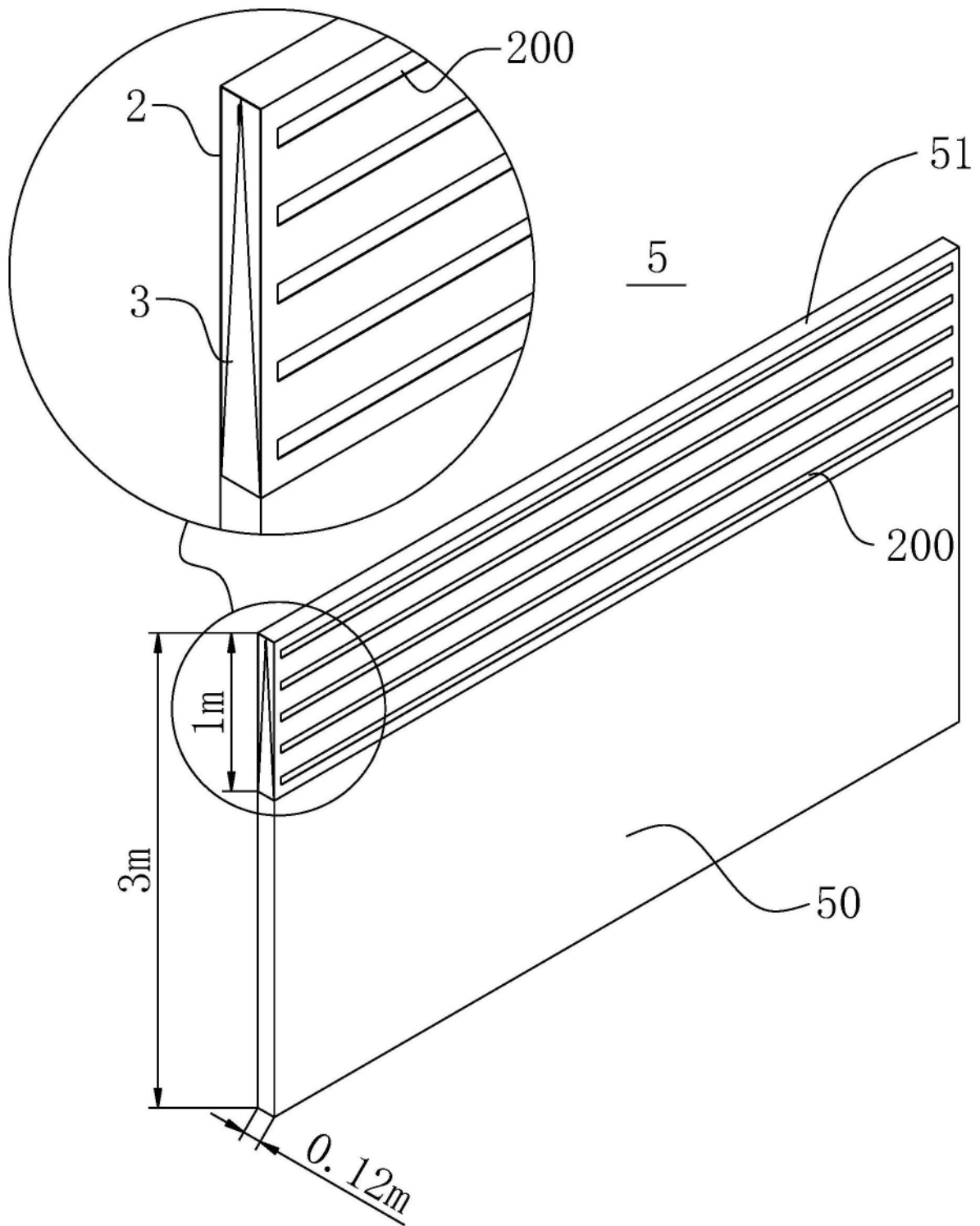


图32d

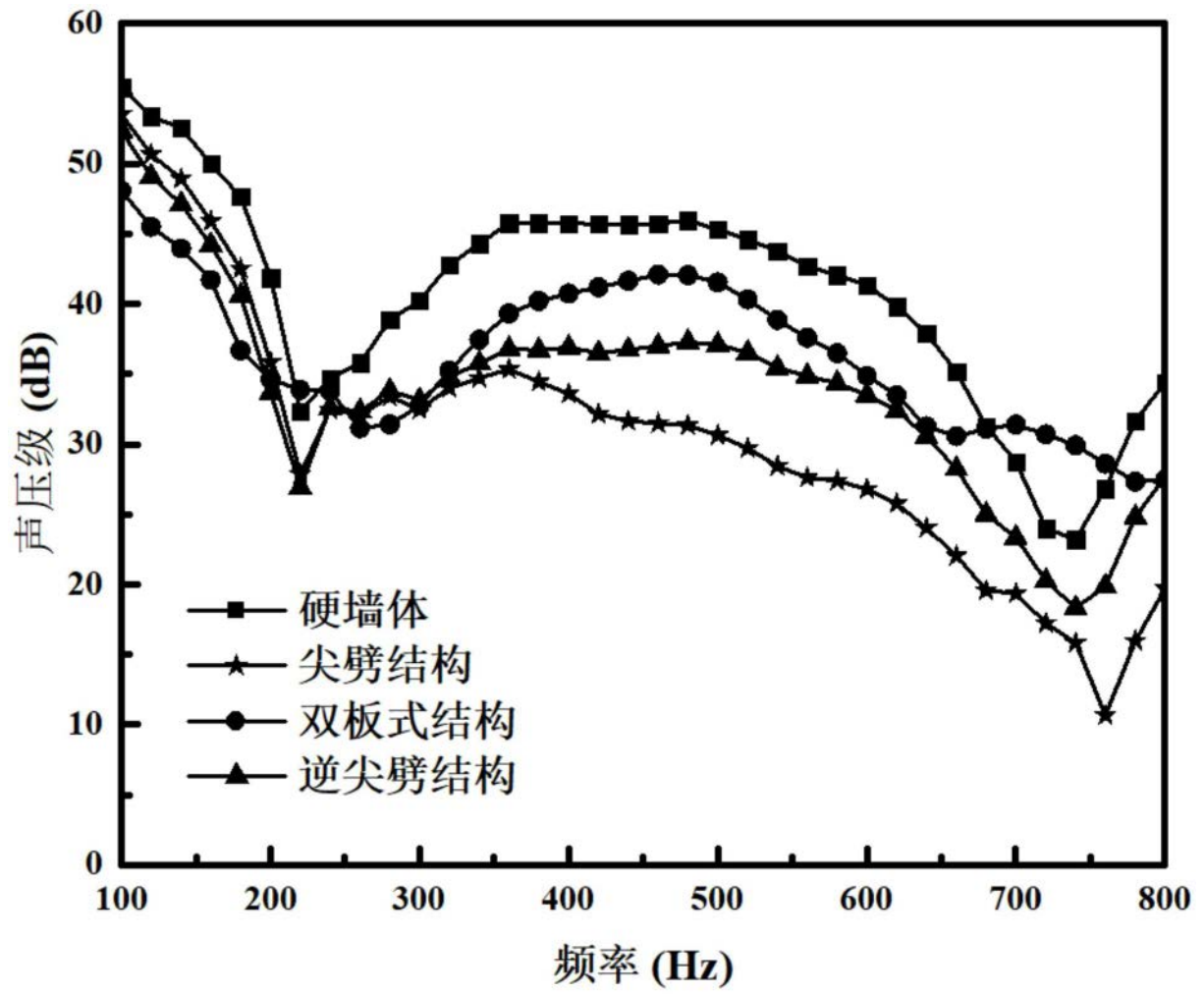


图33

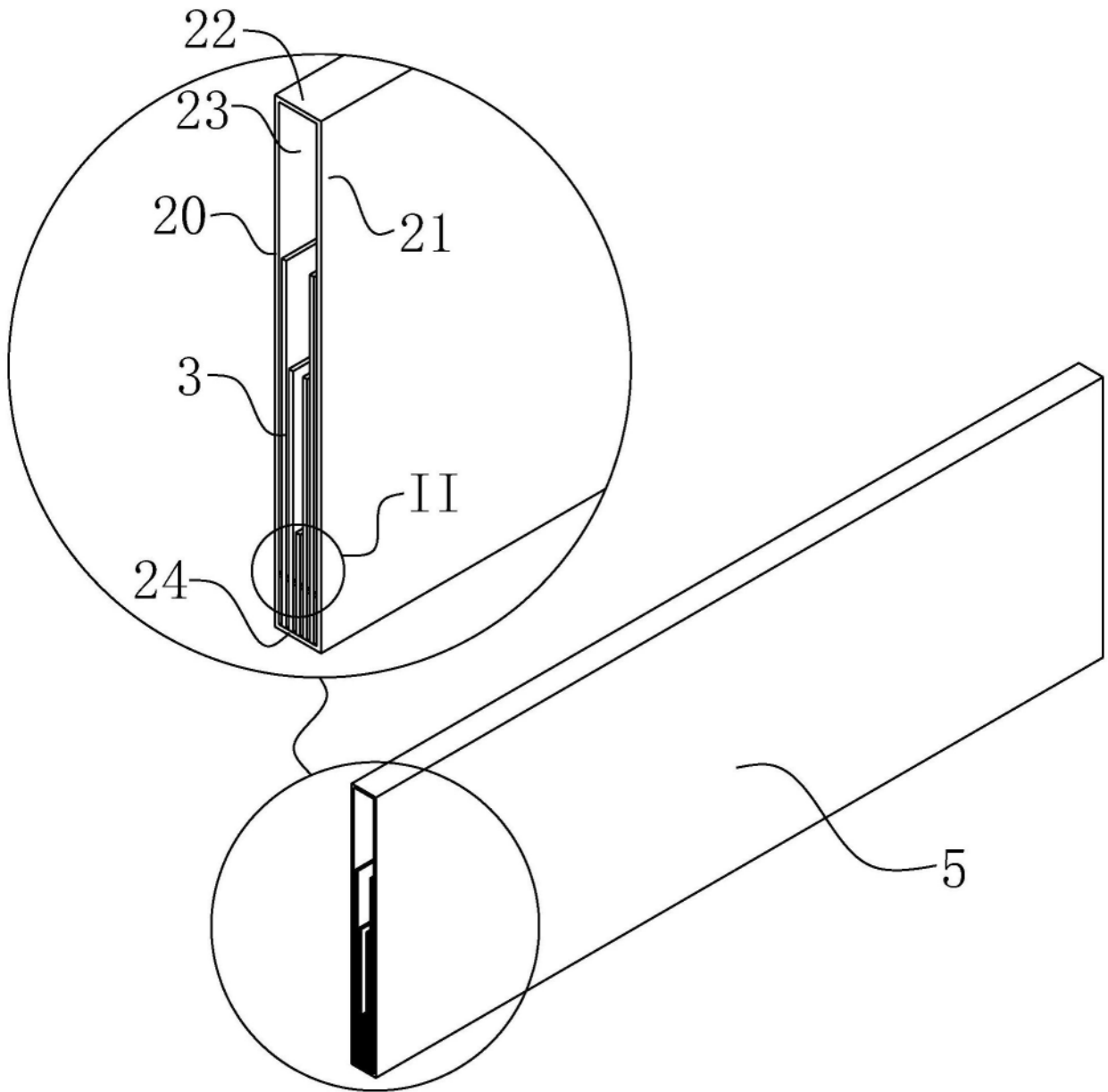


图34a

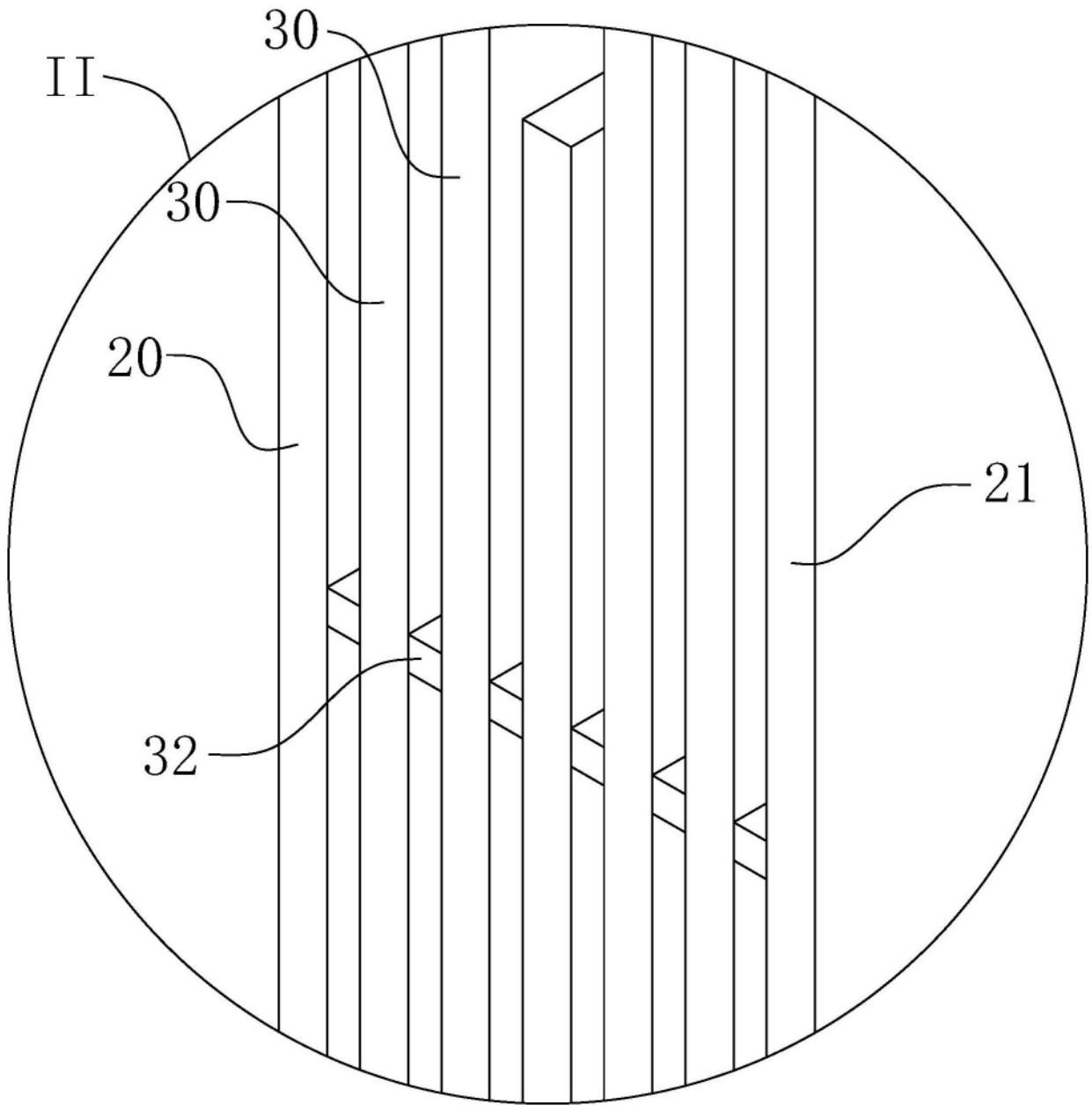


图34b

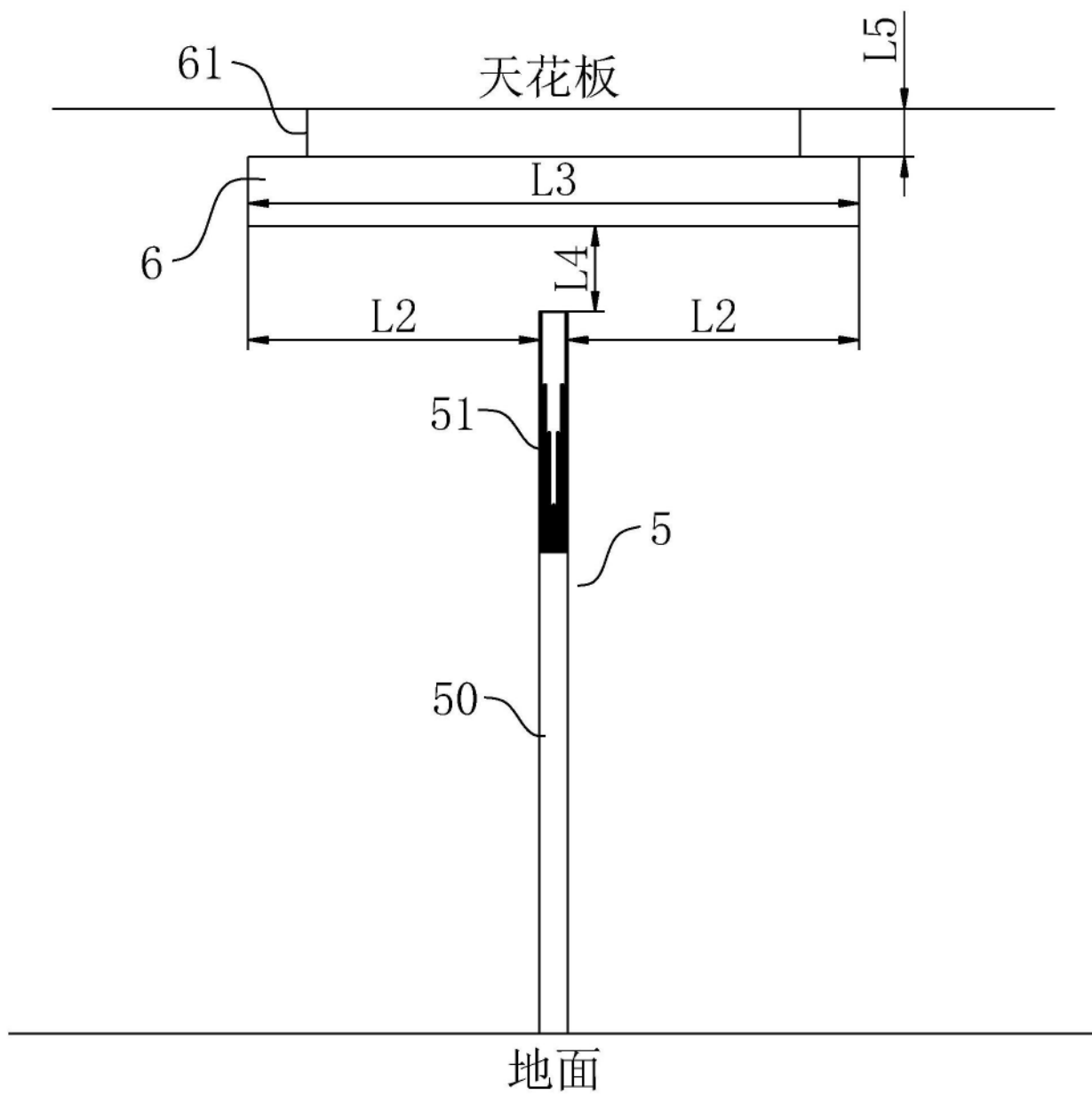


图35a

天花板

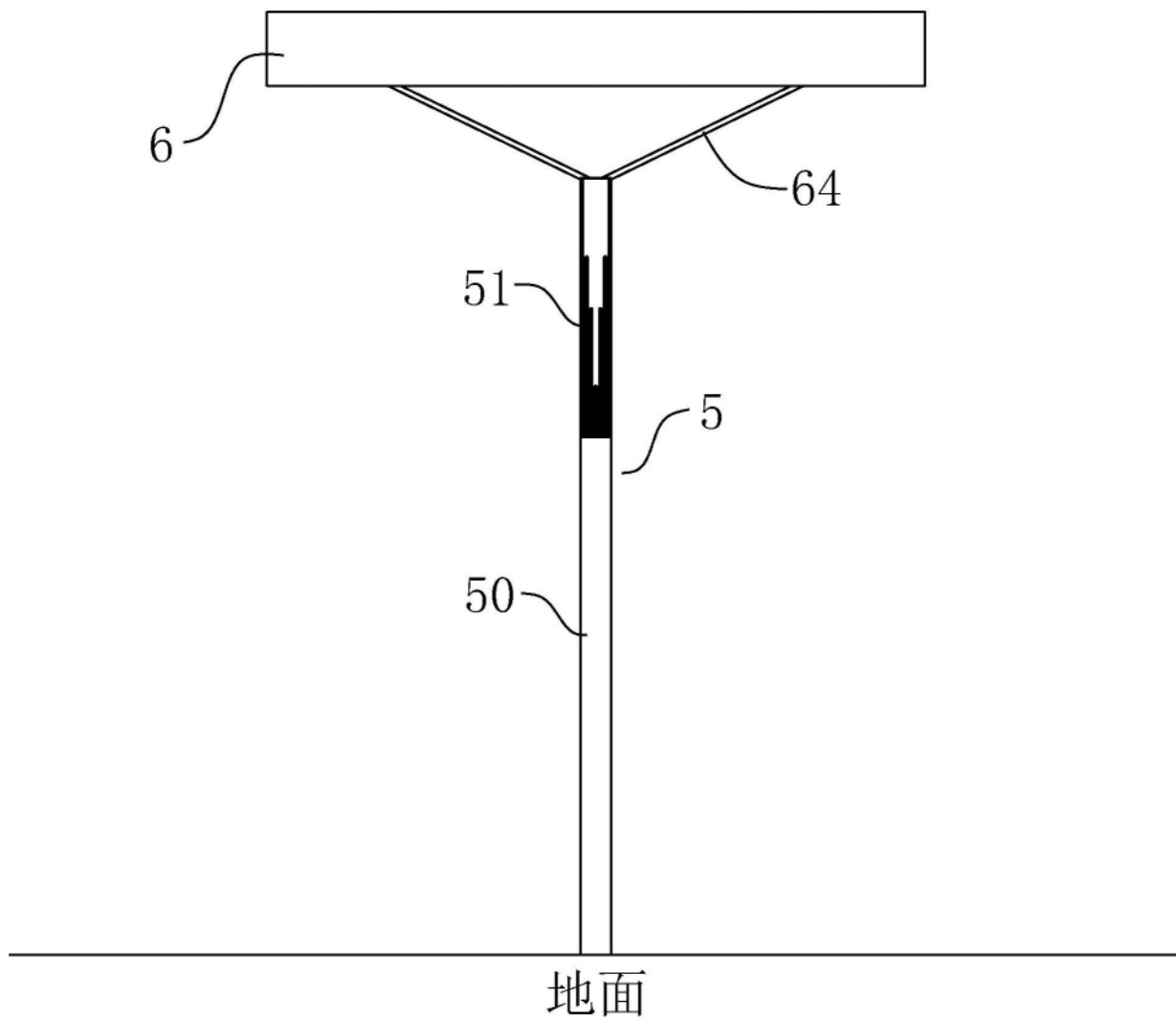


图35b

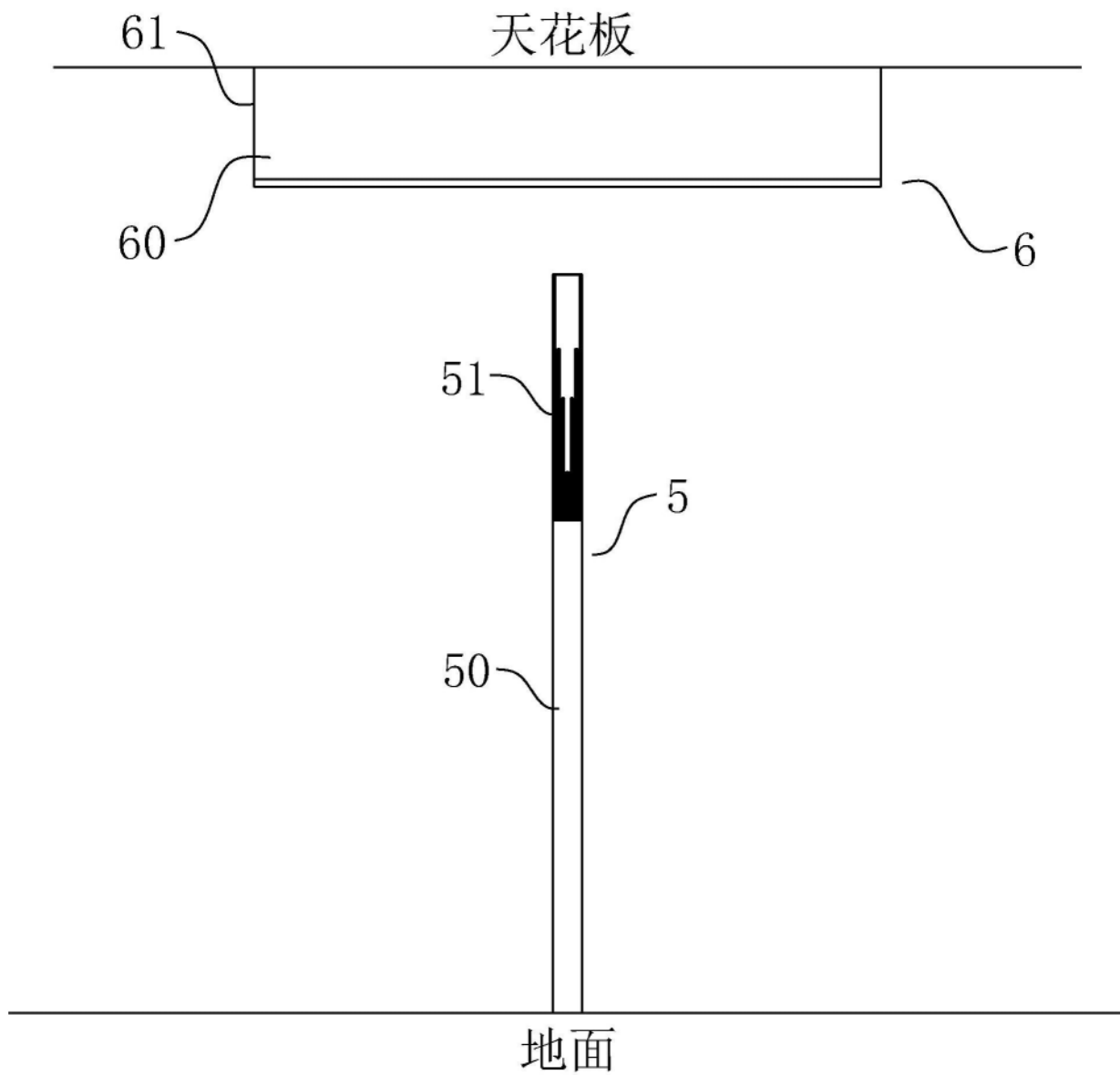


图36a

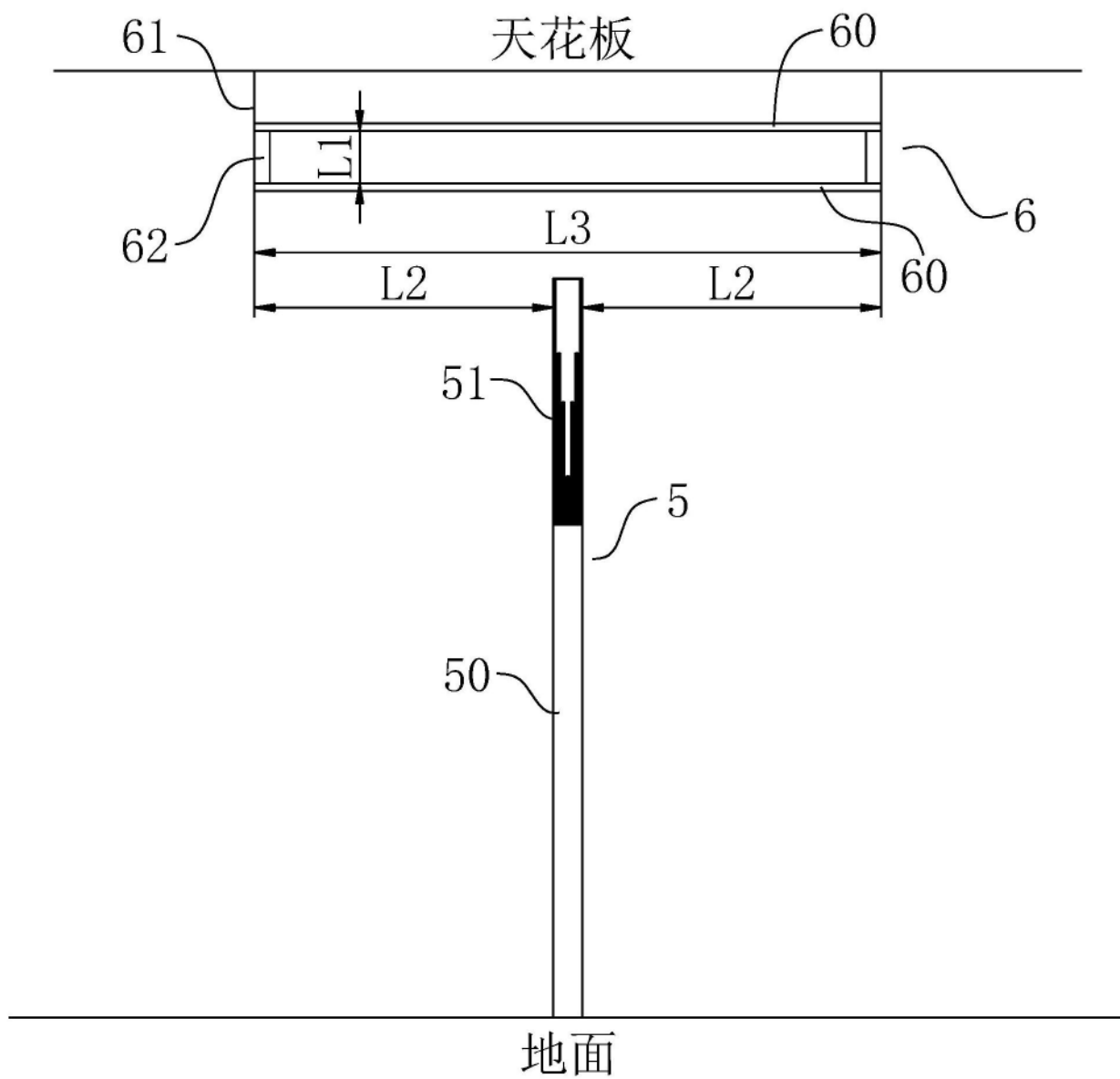


图36b

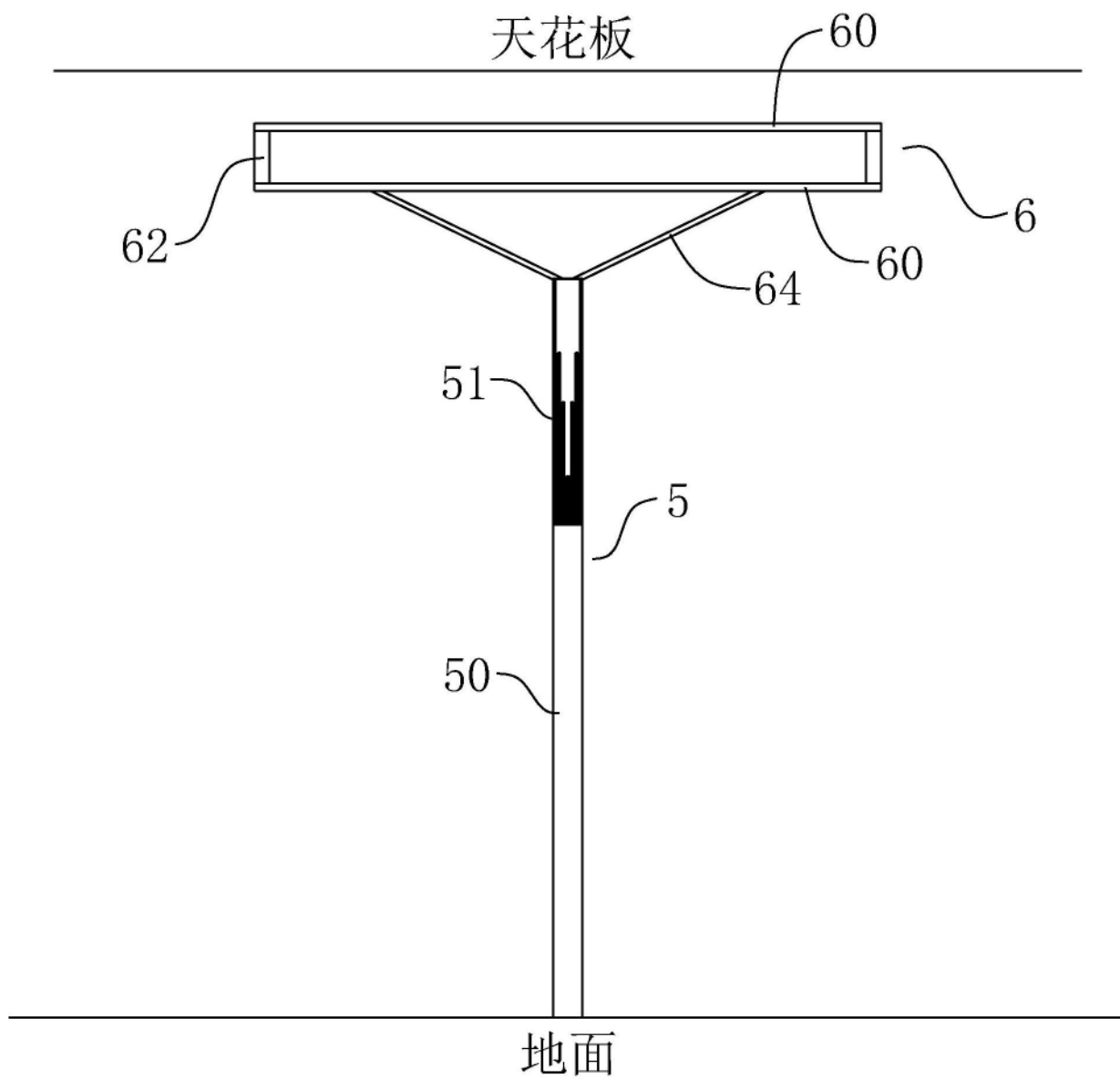


图36c

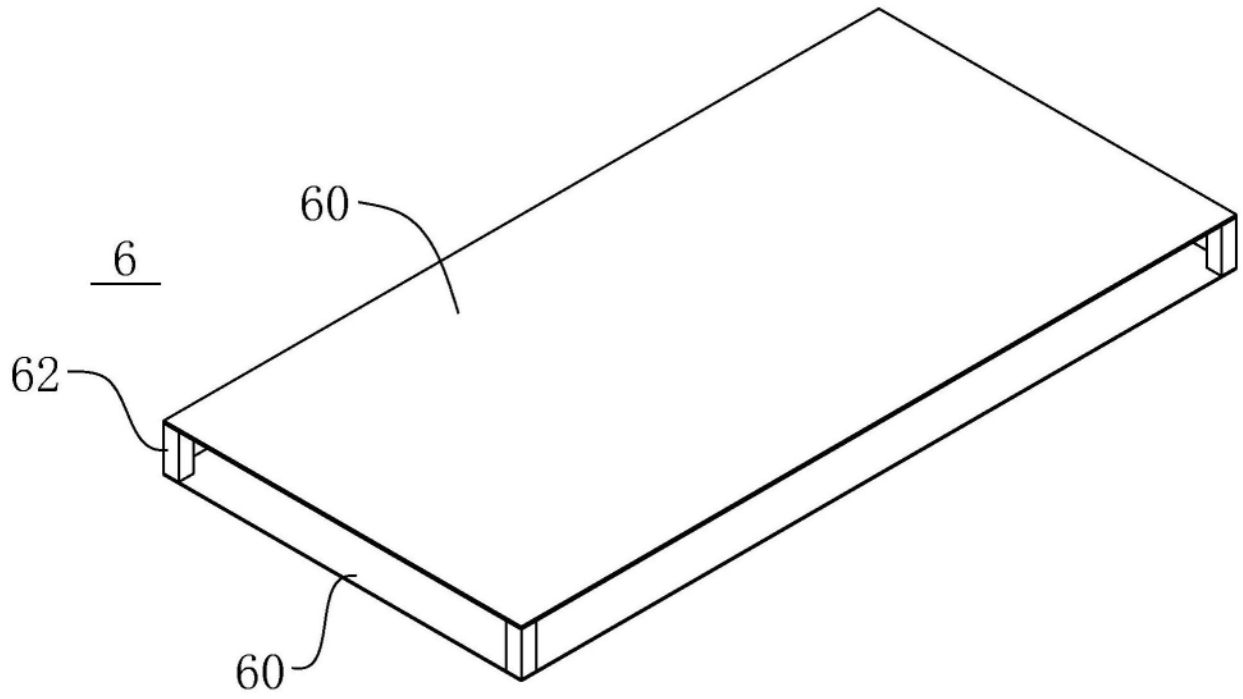


图36d

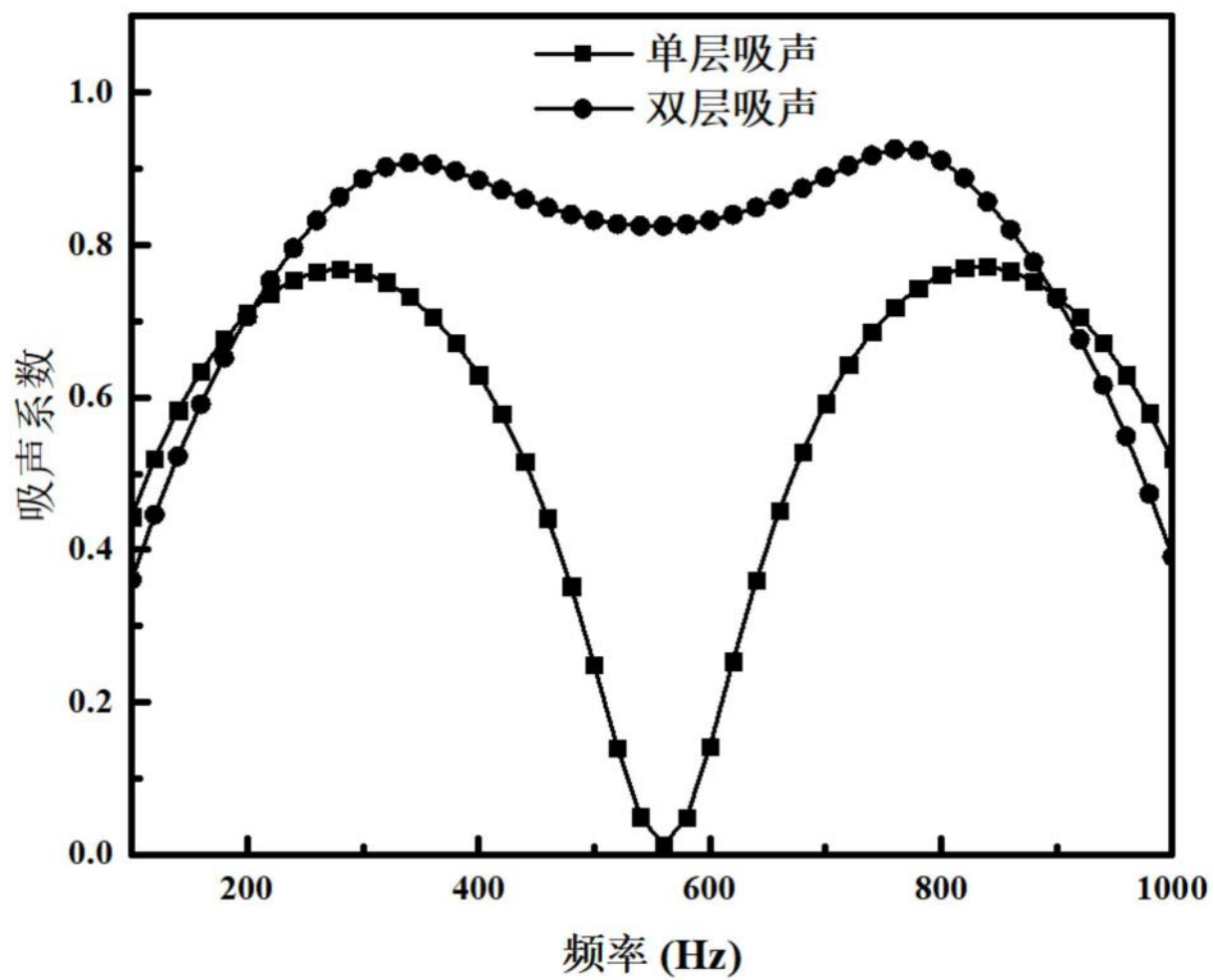


图37

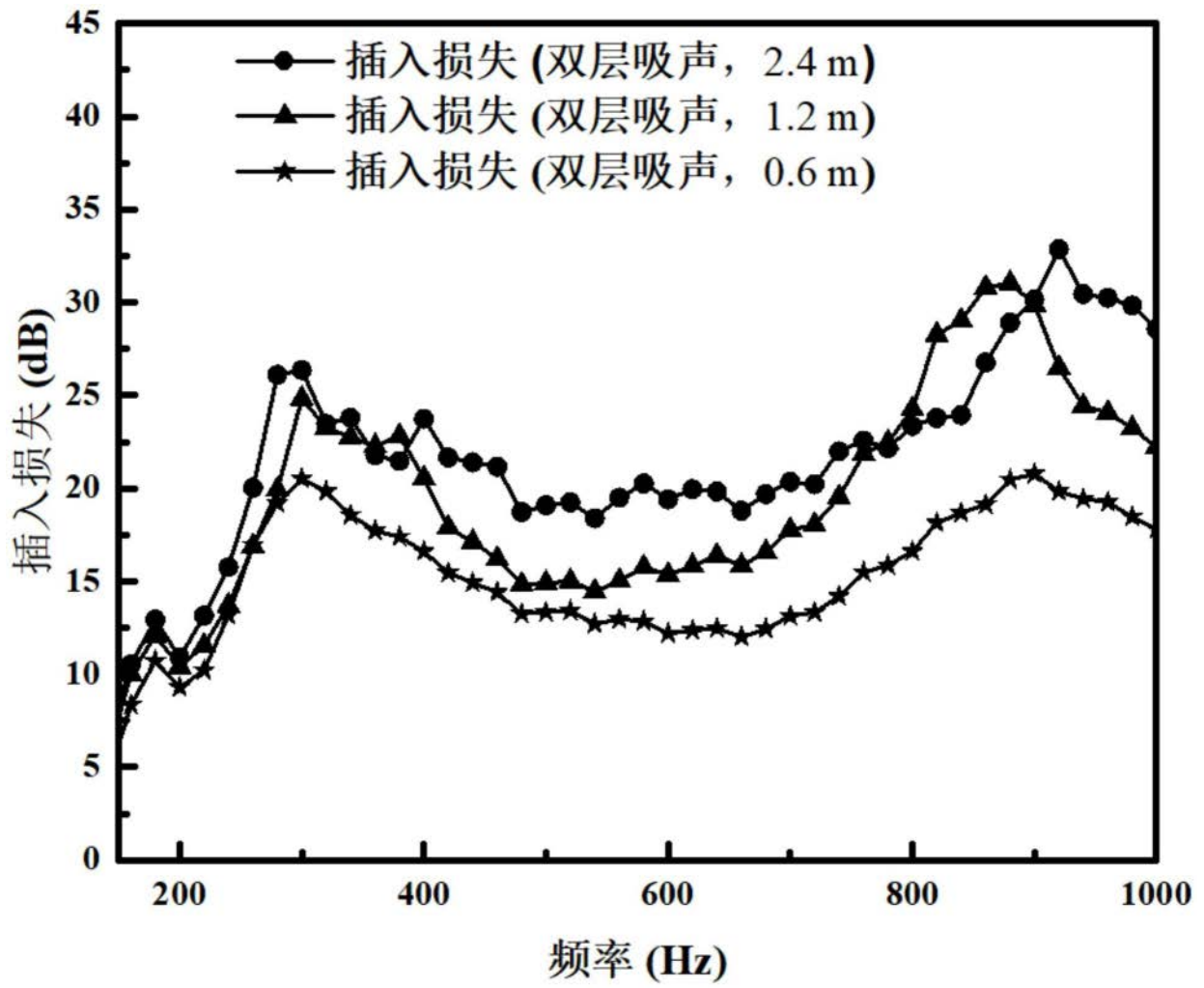


图38

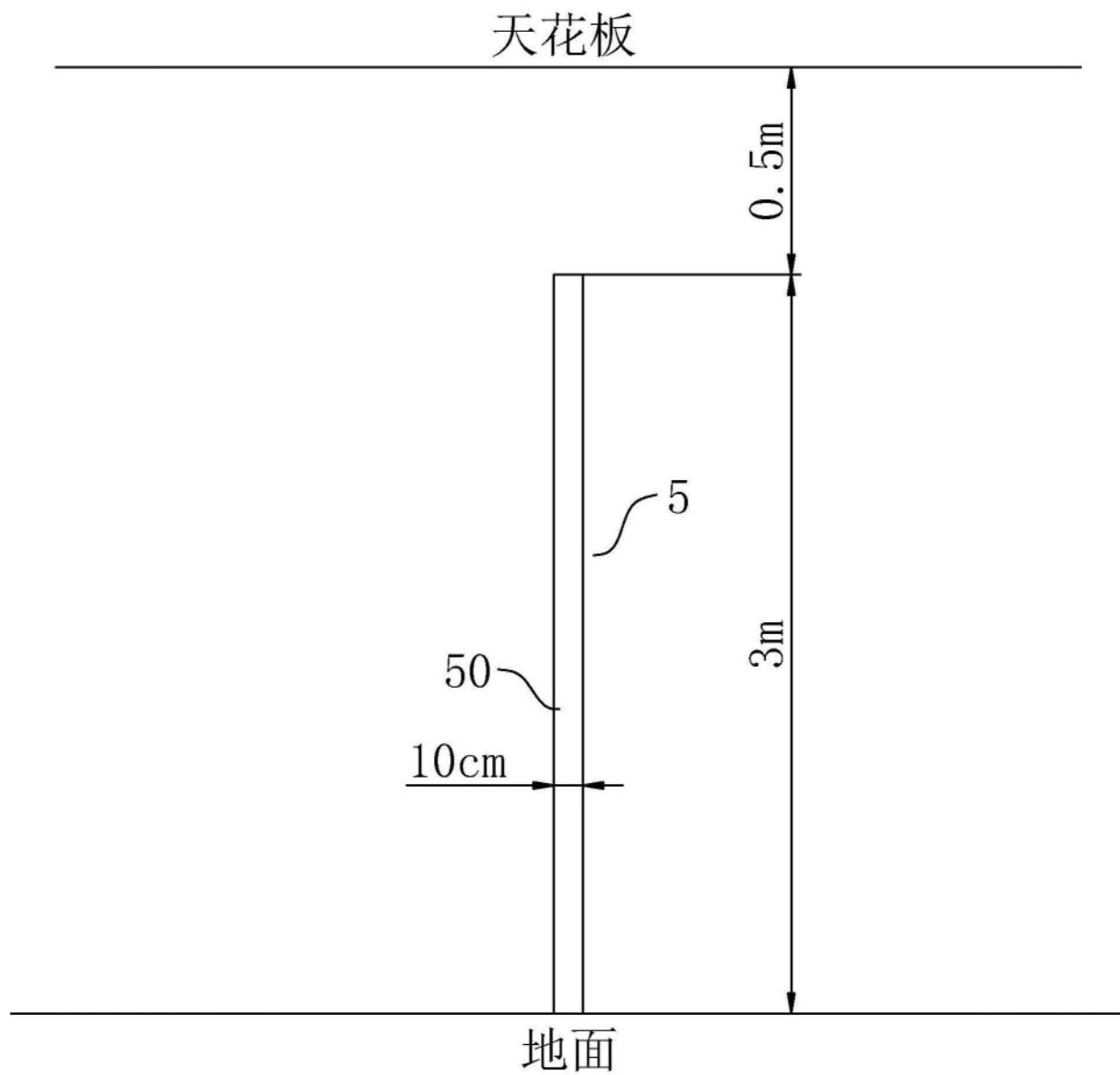


图39a

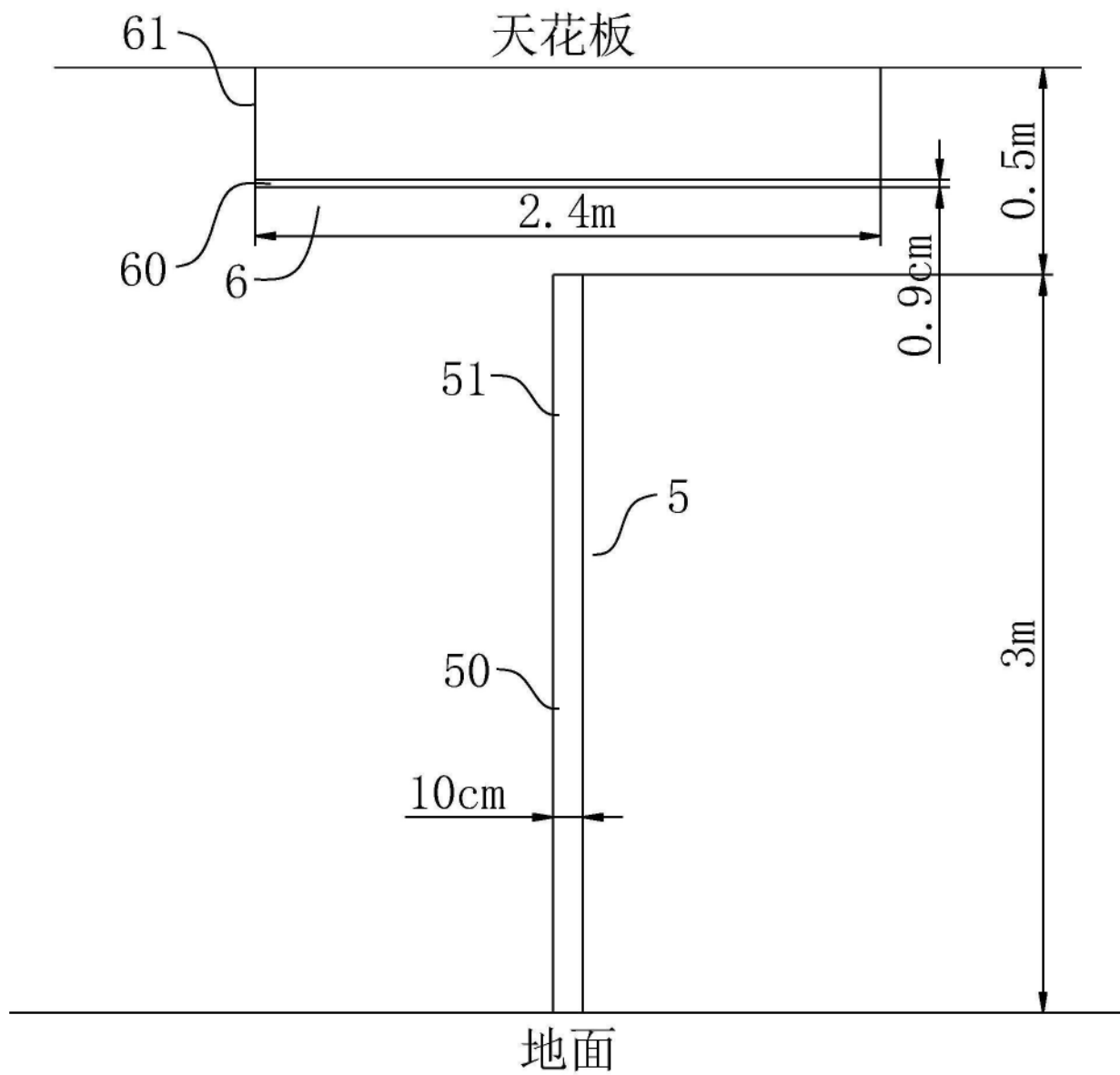


图39b

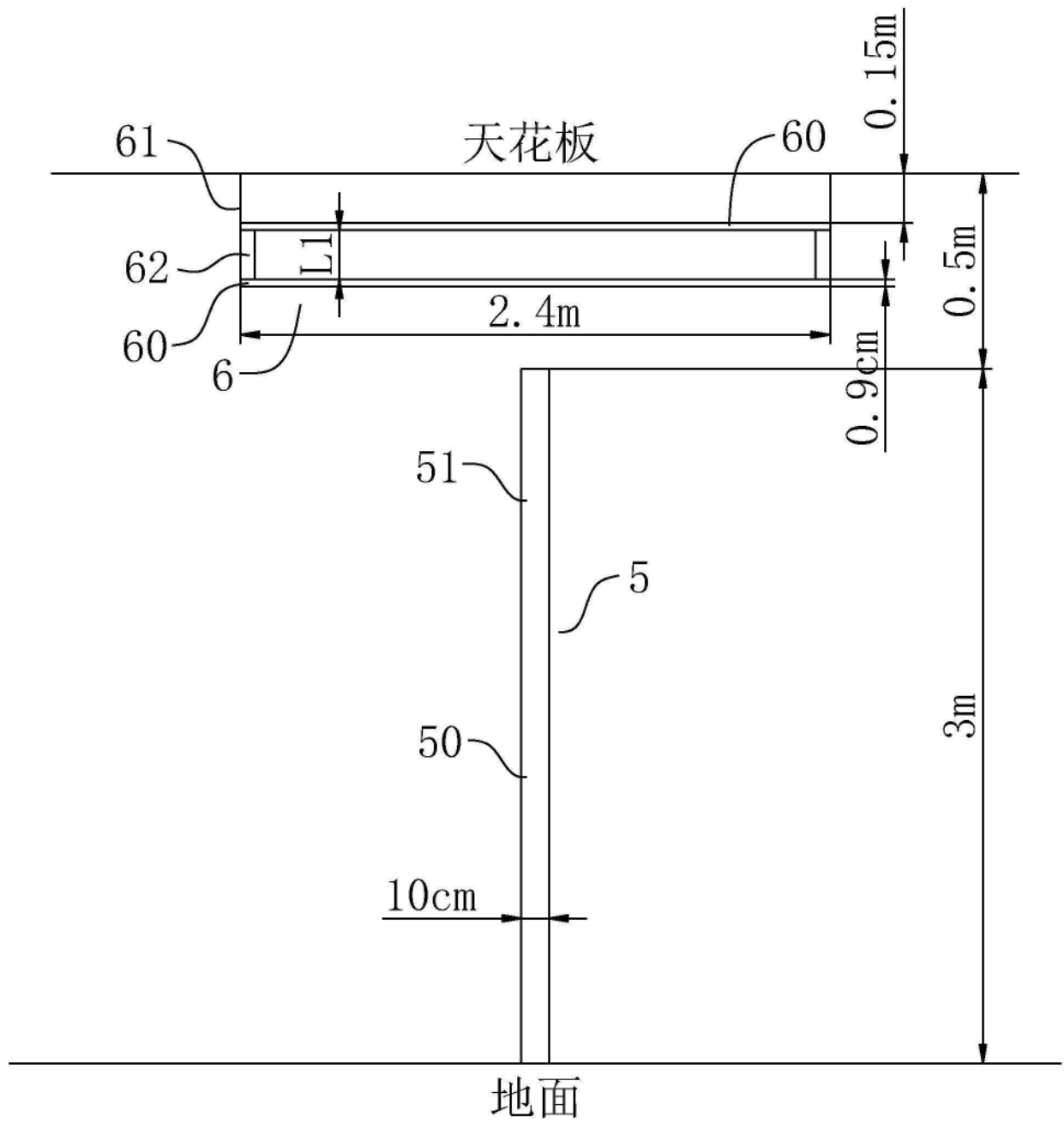


图39c

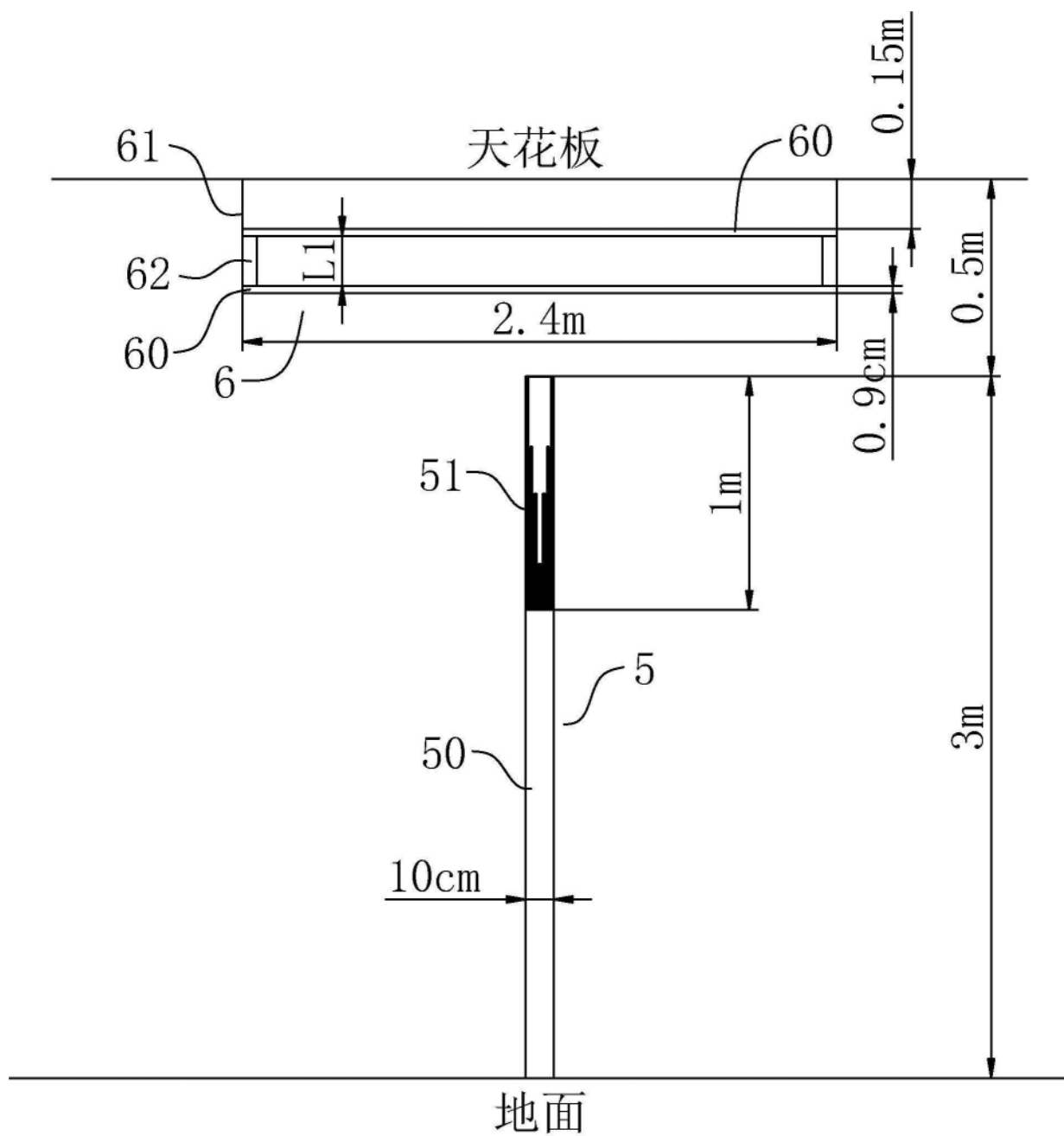


图39d

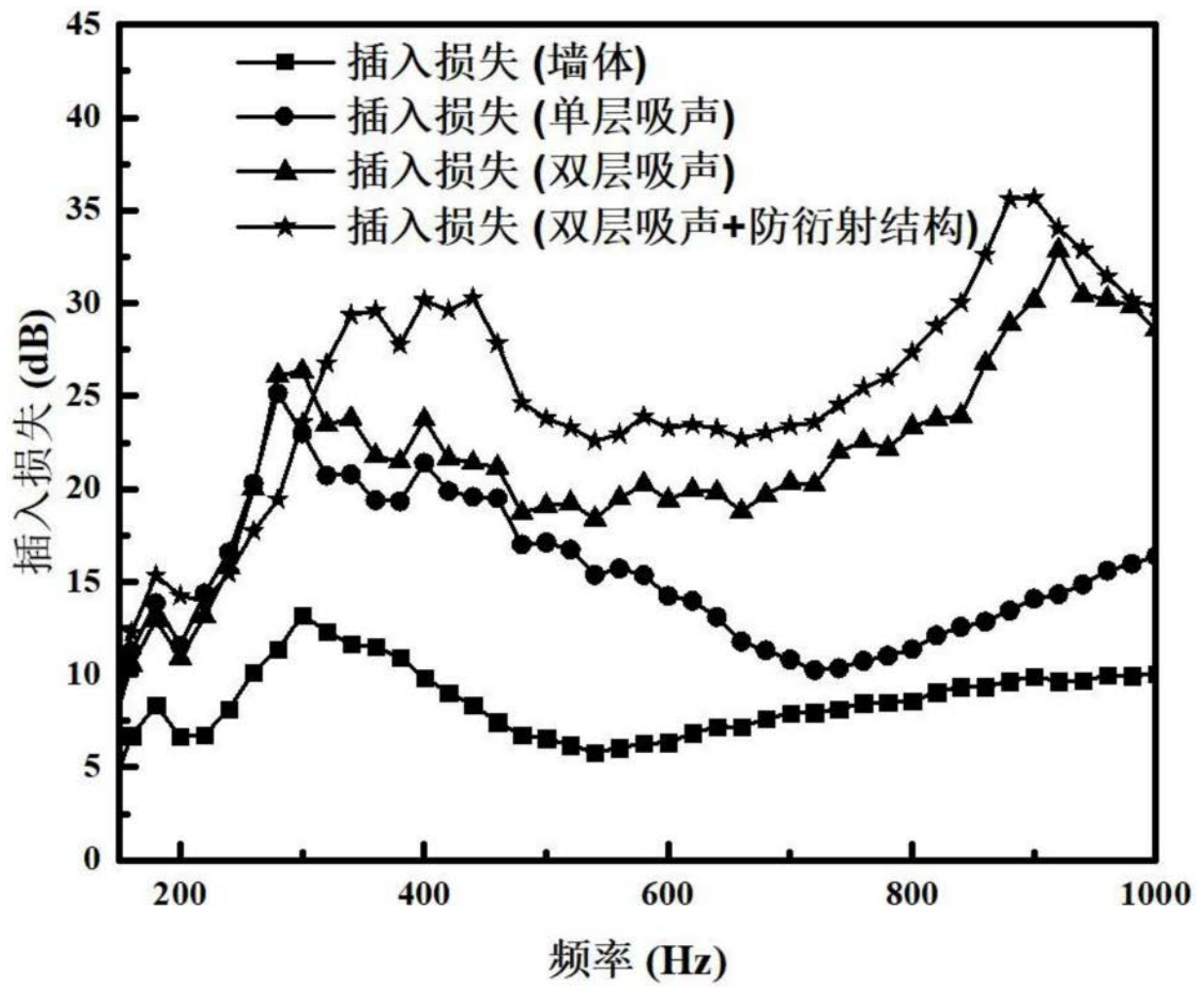


图40