

(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
2021 年 5 月 6 日 (06.05.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/083362 A1

(51) 国际专利分类号:
H01Q 1/24 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/125466

(22) 国际申请日: 2020 年 10 月 30 日 (30.10.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201911054822.7 2019 年 10 月 31 日 (31.10.2019) CN

(71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(72) 发明人: 王汉阳(WANG, Hanyang); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 李元鹏(LI, Yuanpeng); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 周大为(ZHOU, Dawei); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 常乐(CHANG, Le); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 周海(ZHOU, Hai); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 广州三环专利商标代理有限公司 (SCIHEAD IP LAW FIRM); 中国广东省广州市越秀区先烈中路 80 号汇华商贸大厦 1508 室, Guangdong 510070 (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(54) Title: ANTENNA APPARATUS AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 天线装置及电子设备

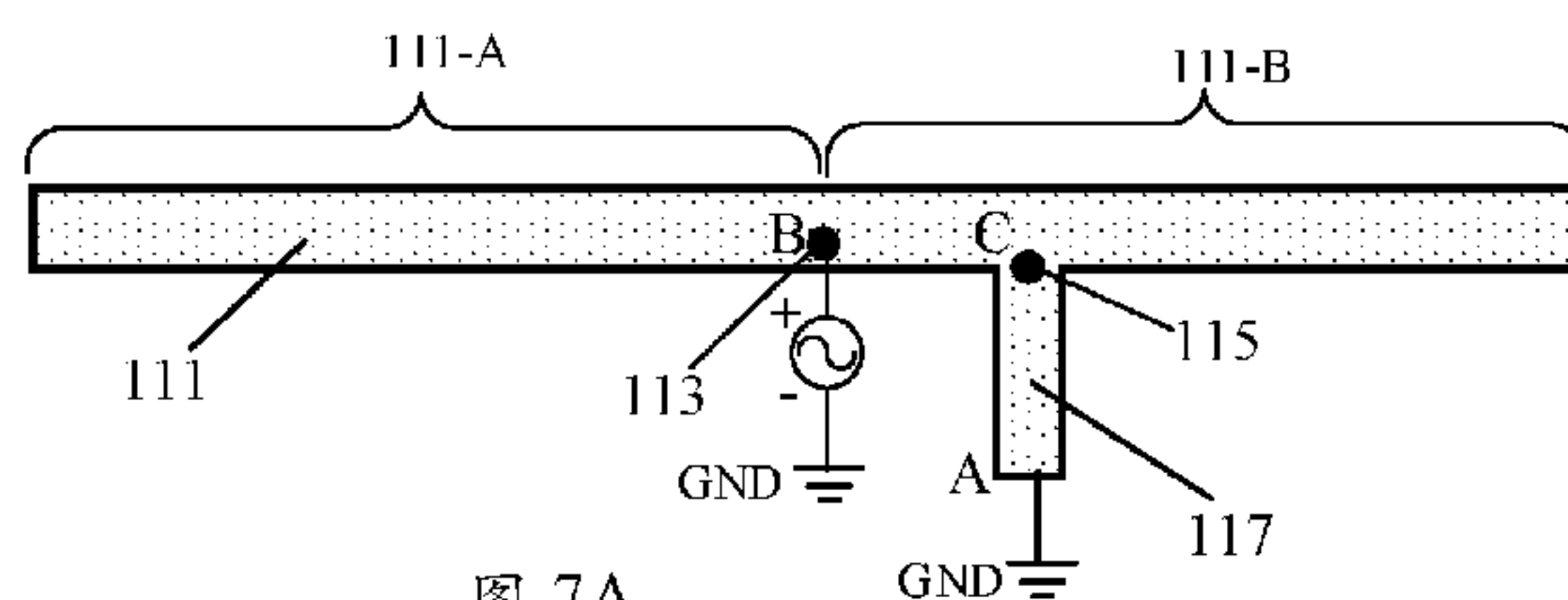


图 7A

(57) Abstract: In an antenna design scheme, a signal feed design is executed on a conductor of a specific shape (e.g. a strip conductor or a slotted conductor), so as to excite a plurality of antenna modes. For example, performing a feed design on the strip conductor may excite a CM line antenna mode and a DM line antenna mode. In another example, performing the feed design on one slotted conductor may excite a CM slot antenna mode and a DM slot antenna mode. By means of the antenna design scheme, antenna miniaturization can be realized, and moreover, a plurality of frequency bands can also be covered.

(57) 摘要: 一种天线设计方案, 对特定形状的导体(例如条形导体、开槽导体)进行单馈电设计, 以激励出多个天线模式。例如, 对条形导体进行馈电设计可激励出CM线天线模式和DM线天线模式。又例如, 对一个开槽导体进行馈电设计可激励出CM槽天线模式和DM槽天线模式。该天线设计方案可在实现天线小型化的同时实现覆盖多个频段。

[见续页]

根据细则4.17的声明：

- 关于申请人有权要求在先申请的优先权(细则4.17(iii))

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

天线装置及电子设备

本申请要求于2019年10月31日提交中国专利局、申请号为201911054822.7、申请名称为“天线装置及电子设备”的中国专利申请的优先权，其内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及天线技术领域，特别涉及应用在电子设备中的天线装置。

背景技术

多输入多输出（multi-input multi-output, MIMO）技术在第五代（5th generation, 5G）无线通信系统中起着非常重要的作用。但是，移动终端，如手机，要获得良好的MIMO性能仍是一个很大的挑战。其中一个原因在于，移动终端内部的十分有限的空间限制了MIMO天线能够覆盖的频段以及高性能。

发明内容

本发明实施例提供了一种天线装置，可实现天线小型化的同时，还能覆盖更多频段。

第一方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置。该天线装置可包括：条形导体，条形导体上设置有馈电点和接地点。其中，

馈电点可以设置在条形导体的中间位置。馈电点可连接馈源。该馈源的正极可连接在馈电点，该馈源的负极可连接地（如地板）。

在条形导体上，接地点可以设置在馈电点附近。接地点可连接接地枝节。接地枝节可用于连接地（如地板）。这里，附近可以是指馈电点到接地枝节的接地端A之间的长度小于 $1/4$ 个工作波长 λ 。即，馈电点到接地点之间的距离 L_{BC} 与接地枝节的长度 L_{CA} 之和，小于 $1/4$ 个工作波长 λ 。

条形导体上的频率不同的两路电流：第一电流、第二电流。其中，第一电流在馈电点两侧方向相反，第二电流在馈电点两侧方向相同。第一电流是CM线天线模式的电流，第二电流是DM线天线模式的电流。由于条形导体上具有频率不同的两路电流：第一电流、第二电流，因此条形导体上可产生两个不同谐振频率。第一方面中，第一电流可以称为第一电流，第二电流可以成为第二电流。

前述工作波长 λ （即CM线天线模式的工作波长）可依据第一电流的频率 f_1 计算得到。具体的，辐射信号在空气中的工作波长 λ 可以如下计算：波长=光速/ f_1 。辐射信号在介质中的工作波长 λ 可以如下计算：波长=（光速/ $\sqrt{\epsilon}$ ）/ f_1 ，其中， ϵ 为该介质的相对介电常数。第一方面中，前述工作波长 λ 可以称为第一波长。

可以看出，第一方面提供的天线设计方案，可利用一个条形导体激励出两个线天线模式：CM线天线模式和DM线天线模式，在天线小型化的同时实现覆盖多个频段。

结合第一方面，在一些实施例中，电子设备可包括地板，接地枝节可具体连接地板。地板上可分布第三电流，第三电流的频率不同于第一电流、第二电流的频率，具体可低于第一电流、第二电流的频率。

结合第一方面，在一些实施例中，电子设备可包括金属边框，条形导体为电子设备的部分金属边框。该部分金属边框可以为位于电子设备底部的金属边框，或者为位于电子设备顶部的金属边框。

结合第一方面，在一些实施例中，接地枝节可连接该金属边框和地板，可例如为设置在地板上的连接条形导体的金属弹片。地板可包括：电子设备的印刷电路板 PCB 地板、电子设备的金属中框。

结合第一方面，在一些实施例中，馈电点可以偏离条形导体的中间位置，以覆盖更多频段。此时，馈电点附近可不必设置接地枝节，即接地枝节可以被移除。条形导体上可存在更多路频率不同的电流。

第二方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备可包括天线装置。该天线装置可包括：开设有槽的金属板，其中，

槽的第一侧的中间位置可设有开口。在槽的第一位置处，馈源的正极连接槽的第一侧，馈源的负极连接槽的第二侧。第一位置可设置在开口 33 附近。这里，附近可以是指馈电位置 35 到开口 33 之间的距离 L_3 小于 $1/4$ 个工作波长 λ 。第二方面中，工作波长 λ 可以称为第一波长。

在金属板上存在围绕槽的第一电流和第二电流，第一电流和第二电流的频率不同，第一电流围绕槽同向分布；第二电流围绕槽，在开口两侧呈反向分布。第一电流为 CM 槽天线模式的电流，第二电流为 DM 槽天线模式的电流。其中，第一波长由第一电流的频率确定。

可以看出，第二方面提供的天线设计方案，可利用一个开槽导体激励出两个槽天线模式：CM 槽天线模式和 DM 槽天线模式，在天线小型化的同时实现覆盖多个频段。

结合第二方面，在一些实施例中，电子设备可包括地板，金属板可以是地板。地板可包括：电子设备的印刷电路板 PCB 地板、电子设备的金属中框。

第三方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置。该天线装置可包括：至少一个线天线、槽天线，槽天线可包括开设有槽的金属板，其中，

槽天线的中间位置处可连接有馈源，馈源的正极连接槽的一侧边，馈源的负极连接槽的另一侧边。线天线可平行于金属板所处的平面，线天线在金属板上的投影与槽的相交部分可位于投影的中间位置，相交部分到槽天线的中间位置之间的距离可小于 $1/2$ 个第一波长。第一波长是槽天线的工作波长。

槽天线上可分布有围绕槽的第一电流，第一电流在槽天线的中间位置两侧方向相反，线天线上分布有方向相同的第二电流。

可以看出，第三方面提供的天线设计方案，馈电的槽天线工作在 DM 槽天线模式的同时，还可耦合一个或多个线天线工作在 DM 线天线模式，可覆盖多个频段。而且，线天线可设计成设置于后盖上的悬浮天线，不占用电子设备内部的设计空间，受内部器件的影响很小。

结合第三方面，在一些实施例中，线天线到金属板所处的平面的距离可以小于第一距离，如小于 1 毫米。应理解的是，耦合间距越小，耦合效应越强。本申请对该耦合间距的具体取值不做限制，满足支槽天线能够耦合悬浮的线天线即可。

结合第三方面，在一些实施例中，至少一个线天线可以为不同长度的两个或两个以上的线天线。这两个或两个以上的线天线各自在金属板上的投影可以相互平行。这两个或两个以上的线天线可以同处于第一平面，第一平面可平行于金属板所处的平面。由于各自长度不同，因此，这两个或两个以上的线天线上分布的第二电流的频率也不同。

结合第三方面，在一些实施例中，线天线可以是悬浮天线，可以设置于后盖的内表面，也可以设置于后盖的外表面，还可以嵌入于后盖中。例如，线天线可以是粘贴于后盖内表面的金属条，还可以使用导电银浆印制在后盖内表面上。

结合第三方面，在一些实施例中，电子设备可包括地板，金属板可以是地板。地板可包括：电子设备的印刷电路板 PCB 地板、电子设备的金属中框。

第四方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：线天线、槽天线，其中，

线天线的中间位置可连接有馈源，即线天线的馈电位置可以是线天线的中间位置。具体的，馈源的正极可连接在该中间位置的一侧，馈源的负极连接在该中间位置的另一侧。槽天线可包括金属板和槽。槽天线可通过在金属板（如 PCB 地板）上开槽形成。槽可以使用例如聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合填充。

线天线可平行于槽天线所处的平面，并垂直于槽天线的槽。该平面可以称为开槽面，即前述金属板所在平面。线天线在开槽面的投影与槽天线的槽可以在该投影的中间位置相交。线天线在开槽面的投影与槽的相交部分 A，到槽天线的中间位置 B 的距离 L_6 ，可大于 $1/8$ 个工作波长 λ ，小于 $1/2$ 个工作波长 λ 。工作波长 λ 是指槽天线的工作波长。第四方面中，工作波长 λ 可以称为第一波长。

槽天线上分布有围绕槽的，在槽天线的中间位置两侧的反向电流；线天线上分布有在中间位置两侧方向相同的电流。

可以看出，第四方面提供的天线设计方案，馈电的线天线工作在 DM 线天线模式的同时，还可耦合槽天线工作在 DM 槽天线模式，可覆盖多个频段。线天线可设计成设置于后盖上的悬浮天线，不占用电子设备内部的设计空间，受内部器件的影响很小。该天线结构中，馈电的线天线还可以耦合更多尺寸不同的槽天线，以覆盖更多频段。

结合第四方面，在一些实施例中，线天线可以是悬浮天线，可以设置于后盖的内表面，也可以设置于后盖的外表面，还可以嵌入于后盖中。例如，线天线可以是粘贴于后盖内表面的金属条，还可以使用导电银浆印制在后盖内表面上。

结合第四方面，在一些实施例中，电子设备可包括地板，金属板可以是地板。地板可包括：电子设备的印刷电路板 PCB 地板、电子设备的金属中框。

第五方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：线天线、槽天线，

线天线具有馈电点，馈电点可设置在线天线的中间位置。馈电点连接馈源的正极，馈源的负极连接地。槽天线可包括开设有槽的金属板，槽的第一侧的中间位置可开设有开口。

线天线在线天线的中间位置可垂直于金属板所处的平面。线天线连接的馈源的正极位于开口的一侧，线天线连接的馈源的负极位于开口的另一侧。

槽天线上可分布有围绕槽的同向电流。线天线上可分布有在线天线的中间位置两侧方

向相反的电流。

可以看出，第五方面提供的天线设计方案，馈电的线天线工作在 CM 线天线模式的同时，还可耦合槽天线工作在 CM 槽天线模式，可覆盖多个频段。该天线结构中，馈电的线天线还可以耦合更多尺寸不同的槽天线，以覆盖更多频段。

结合第五方面，在一些实施例中，电子设备可包括地板，金属板可以是地板。地板可包括：电子设备的印刷电路板 PCB 地板、电子设备的金属中框。

第六方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：线天线、槽天线，槽天线包括开设有槽的金属板，其中，

槽的第一侧的中间位置可开设有开口，开口处可连接有馈源，馈源的正极连接在开口的一侧，馈源的负极连接在开口的另一侧。

线天线在线天线的中间位置可垂直于金属板所处的平面，线天线连接的馈源的正极可位于开口的一侧，线天线连接的馈源的负极可位于开口的另一侧。

槽天线上可分布有围绕槽的同向电流，线天线上可分布有在中间位置两侧方向相反的电流。

可以看出，第六方面提供的天线设计方案，馈电的槽天线工作在 CM 槽天线模式的同时，还可耦合线天线工作在 CM 线天线模式，可覆盖多个频段。

结合第六方面，在一些实施例中，电子设备可包括地板，金属板可以是地板。地板可包括：电子设备的印刷电路板 PCB 地板、电子设备的金属中框。

第七方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：线天线、槽天线，其中，

线天线可具有馈电点，馈电点可设置在线天线的中间位置。馈电点连接馈源的正极，馈源的负极连接地。槽天线可包括开设有槽的金属板。

线天线可平行于槽天线，线天线的中间位置和槽天线的中间位置之间的连线可既垂直于线天线，又垂直于槽天线；

线天线上可分布有在中间位置两侧方向相反的电流。槽天线上可分布有围绕槽的，在槽天线的中间位置两侧的反向电流。

可以看出，第七方面提供的天线设计方案，馈电的线天线工作在 CM 线天线模式的同时，还可耦合槽天线工作在 DM 槽天线模式，可覆盖多个频段。该天线结构中，馈电的线天线还可以耦合更多尺寸不同的槽天线，以覆盖更多频段。

结合第七方面，在一些实施例中，电子设备可包括地板，金属板可以是地板。地板可包括：电子设备的印刷电路板 PCB 地板、电子设备的金属中框。

第八方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：线天线、槽天线，其中，

槽天线可包括开设有槽的金属板。所处槽天线的中间位置可连接有馈源，馈源的正极连接槽天线的一侧，馈源的负极连接槽天线的另一侧。

线天线可平行于槽天线，线天线的中间位置和槽天线的中间位置之间的连线可既垂直于线天线，又垂直于槽天线。

线天线上可分布有在中间位置两侧方向相反的电流，槽天线上可分布有围绕槽的，在

槽天线的中间位置两侧的反向电流。

可以看出，第八方面提供的天线设计方案，馈电的槽天线工作在 DM 槽天线模式的同时，还可耦合线天线工作在 CM 线天线模式，可覆盖多个频段。该天线结构中，馈电的槽天线还可以耦合更多尺寸不同的线天线，以覆盖更多频段。

结合第八方面，在一些实施例中，电子设备可包括地板，金属板可以是地板。地板可包括：电子设备的印刷电路板 PCB 地板、电子设备的金属中框。

第九方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：线天线、槽天线，其中，

线天线的中间位置可连接有馈源，馈源的正极连接在中间位置的一侧，馈源的负极连接在中间位置的另一侧。槽天线可包括开设有槽的金属板，槽的第一侧的中间位置可开设有开口。

线天线可平行于槽天线，线天线的中间位置和槽天线的中间位置之间的连线可既垂直于线天线，又垂直于槽天线；

线天线上可分布有在线天线的中间位置两侧方向相同的电流，槽天线上可分布有围绕槽的同向电流。

可以看出，第九方面提供的天线设计方案，馈电的线天线工作在 DM 线天线模式的同时，还可耦合槽天线工作在 CM 槽天线模式，可覆盖多个频段。线天线可设计成设置于后盖上的悬浮天线，不占用电子设备内部的设计空间，受内部器件的影响很小。该天线结构中，馈电的线天线还可以耦合更多尺寸不同的槽天线，以覆盖更多频段。

结合第九方面，在一些实施例中，电子设备可包括地板，金属板可以是地板。地板可包括：电子设备的印刷电路板 PCB 地板、电子设备的金属中框。

第十方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：线天线、槽天线，其中，

槽天线包括可开设有槽的金属板，槽的第一侧的中间位置可开设有开口。开口处可连接有馈源，馈源的正极连接在开口的一侧，馈源的负极连接在开口的另一侧。

线天线可平行于槽天线，线天线的中间位置和槽天线的中间位置之间的连线可既垂直于线天线，又垂直于槽天线。

线天线上可分布有在线天线的中间位置两侧方向相同的电流，槽天线上可分布有围绕槽的同向电流。

可以看出，第十方面提供的天线设计方案，馈电的槽天线工作在 CM 槽天线模式的同时，还可耦合线天线工作在 DM 线天线模式，可覆盖多个频段。线天线可设计成设置于后盖上的悬浮天线，不占用电子设备内部的设计空间，受内部器件的影响很小。该天线结构中，馈电的线天线还可以耦合更多尺寸不同的槽天线，以覆盖更多频段。

结合第十方面，在一些实施例中，电子设备可包括地板，金属板可以是地板。地板可包括：电子设备的印刷电路板 PCB 地板、电子设备的金属中框。

第十一方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：条形枝节、槽，

条形枝节和槽可以相互平行。槽可以通过在地板上开槽形成。槽的第一侧边靠近条形

枝节，第一侧边可设有开口。开口具体可设于第一侧边的中间位置，也可以设于偏离中间位置处。

条形枝节可具有连接点B，可在连接点B处连接接地枝节。接地枝节可用于在开口的一端（C端）连接槽的第一侧边和条形枝节。条形枝节上可设置馈电点A，馈电点A可用于连接馈源。具体的，馈源的正极连接在馈电点A，馈源的负极在开口的另一端（D端）连接槽的第一侧边。

条形枝节上的馈电点A到连接点B之间的距离 L_8 ，可以小于 $1/4$ 个工作波长 λ 。工作波长 λ 是指条形枝节的工作波长，即CM线天线模式的工作波长。第十一方面中，工作波长 λ 可以称为第一波长。

条形枝节上分布的电流同向；在金属板上分布着围绕槽的同向电流。

可以看出，第十一方面提供的天线设计方案，通过对CM线天线和CM槽天线进行合成，得到兼具CM线天线和CM槽天线的枝节特点的天线结构。通过单馈的馈电设计，可激励出CM线天线模式和CM槽天线模式，可覆盖多个频段。

第十二方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：条形导体、槽，其中，

槽可开设于条形导体上，槽的开槽方向可垂直于条形导体的延伸方向；槽在条形导体的中间位置可垂直于条形导体。槽的中间位置可连接有馈源，馈源的正极连接槽的一侧边，馈源的负极连接槽的另一侧边。

条形导体上可分布有在槽的中间位置两侧的同向电流。条形导体上还可分布有围绕槽的，在槽的中间位置两侧的反向电流。

可以看出，第十二方面提供的天线设计方案，可通过在条形导体上开槽以兼具DM线天线和DM槽天线的枝节特点，并能通过馈电设计激励出两个槽天线模式：DM线天线模式和DM槽天线模式，在天线小型化的同时实现覆盖多个频段。

第十三方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：条形枝节、槽，其中，

条形枝节和槽相互平行；槽开设于金属板上；条形枝节的中间位置连接有第一枝节，第一枝节用于连接槽的第一侧；槽的中间位置连接有馈源，馈源的正极连接槽的第一侧，馈源的负极连接槽的第二侧；

条形枝节分布有在条形枝节的中间位置两侧方向相反的电流；金属板上分布有围绕槽的，在槽的中间位置两侧的反向电流。

可以看出，实施例十三提供的天线设计方案，通过兼具CM线天线和DM槽天线的枝节特点的天线结构，结合单馈的馈电设计，可激励出CM线天线模式和DM槽天线模式，可覆盖多个频段。

第十四方面，本申请提供了一种电子设备，该电子设备包括天线装置，该天线装置可包括：条形枝节、槽，其中，

条形枝节和槽可以相互平行。槽可以通过在地板上开槽形成。槽的第一侧边靠近条形枝节，第一侧边可设有开口。开口具体可设于第一侧边的中间位置，也可以设于偏离中间位置处。

条形枝节可具有第一连接点和第二连接点。条形枝节可在第一连接点处连接第一枝节，条形枝节可在第二连接点处连接第二枝节。第一枝节可用于在开口的一端（C 端）连接槽的第一侧边和条形枝节。第二枝节可用于在开口的另一端（D 端）连接槽的第一侧边和条形枝节。

开口处可连接馈源。在开口处，馈源的正极在开口的一端（C 端）连接第一枝节，馈源的负极在开口的另一端（D 端）连接第二枝节。

条形枝节上分布有同向电流；金属板上分布有围绕槽的同向电流。

可以看出，第十四方面提供的天线设计方案，通过对 DM 线天线和 CM 槽天线进行合成，得到兼具 DM 线天线和 CM 槽天线的枝节特点的天线结构。通过单馈的馈电设计，可激励出 DM 线天线模式和 CM 槽天线模式，可覆盖多个频段。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对本申请实施例中所需要使用的附图进行说明。

图 1 是本申请提供的天线设计方案所基于的电子设备的结构示意图；

图 2A 示出了本申请提供的 CM 线天线；

图 2B 示出了本申请提供的 CM 线天线模式的电流、电场的分布示意图；

图 3A 示出了本申请提供的 DM 线天线；

图 3B 示出了本申请提供的 DM 线天线模式的电流、电场的分布；

图 4A 示出了本申请提供的 CM 槽天线；

图 4B 示出了本申请提供的 CM 槽天线模式的电流、电场、磁流的分布；

图 5A 示出了本申请提供的 DM 槽天线；

图 5B 示出了本申请提供的 DM 槽天线模式的电流、电场、磁流的分布；

图 6A-图 6B 示出了条形导体具有的特征模；

图 7A 示出了实施 1 提供的天线设计方案；

图 7B-图 7C 示出了实施 1 提供的天线结构的电流分布；

图 7D 示出了实施例 1 提供的天线设计方案在实际整机中的实施；

图 7E 示出了图 7D 所示天线的 S11 仿真；

图 8A 示出了实施 1 的扩展方案；

图 8B-图 8E 示出了图 8A 所示天线结构的电流分布；

图 9A-图 9B 示出了开槽金属板具有的两个特征模；

图 10A 示出了实施 2 提供的天线设计方案；

图 10B-图 10C 示出了实施 2 提供的天线结构的电流分布；

图 11A 示出了实施 1 的扩展方案；

图 11B-图 11E 示出了图 11A 所示天线结构的电流分布；

图 12A-图 12B 示出了实施三提供的天线设计方案；

图 12C 示出了图 12A-图 12B 所示的天线结构产生的谐振模式；

图 12D-图 12F 示出了图 12C 中的各个谐振的电流分布；

图 13A-图 13B 示出了实施四提供的天线设计方案；
图 13C 示出了图 13A-图 13B 所示的天线结构产生的谐振模式；
图 13D-图 13E 示出了图 13C 中的各个谐振的电流分布；
图 14A-图 14B 示出了实施五提供的天线设计方案；
图 14C 示出了图 14A-图 14B 所示的天线结构产生的谐振模式；
图 14D-图 14E 示出了图 14C 中的各个谐振的电流分布；
图 15A-图 15B 示出了实施七提供的天线设计方案。
图 15C 示出了图 15A-图 15B 所示的天线结构产生的谐振模式；
图 15D-图 15E 示出了图 15C 中的各个谐振的电流分布；
图 16 示出了实施八提供的天线设计方案；
图 17A 示出了实施九提供的天线设计方案；
图 17B-图 17C 示出了图 17A 所示的天线结构具有的模式电流、模式电场；
图 18 示出了实施十提供的天线设计方案；
图 19A 示出了实施十一提供的天线设计方案；
图 19B 示出了图 19A 所示的天线结构产生的谐振模式；
图 19C-图 19D 示出了图 19B 中的一些谐振的电流分布；
图 19E 示出了图 19B 中的一些谐振的电场分布；
图 20A 示出了实施十二提供的天线设计方案；
图 20B-图 20C 示出了图 20A 所示的天线结构具有的模式电流、模式电场；
图 20D 示出了实施十二的扩展方案；
图 20E 示出了图 20D 所示的天线结构产生的谐振模式；
图 20F-图 20H 示出了图 20E 中的各个谐振的电流分布；
图 21A 示出了实施十三提供的天线设计方案；
图 21B 示出了图 21A 所示的天线结构产生的谐振模式；
图 21C-图 21E 示出了图 21B 中的各个谐振的电流分布；
图 22A 示出了实施十四提供的天线设计方案；
图 22B 示出了图 22A 所示的天线结构产生的谐振模式；
图 22C-图 22E 示出了图 22B 中的各个谐振的电流分布。

具体实施方式

下面结合本发明实施例中的附图对本发明实施例进行描述。

本申请提供的技术方案适用于采用以下一种或多种通信技术的电子设备：蓝牙（bluetooth，BT）通信技术、全球定位系统（global positioning system，GPS）通信技术、无线保真（wirelessfidelity，Wi-Fi）通信技术、全球移动通讯系统（global system for mobile communications，GSM）通信技术、宽频码分多址（wideband code division multiple access，WCDMA）通信技术、长期演进（long term evolution，LTE）通信技术、5G 通信技术、SUB-6G 通信技术以及未来其他通信技术等。本申请中，电子设备可以是手机、平板电脑、个人数码助理（personal digital assistant，PDA）等等。

图 1 示例性示出了本申请提供的天线设计方案所基于的电子设备内部环境。如图 1 所示, 电子设备 10 可包括: 玻璃盖板 13、显示屏 15、印刷电路板 PCB17、壳体 19 和后盖 21。

其中, 玻璃盖板 13 可以紧贴显示屏 15 设置, 可主要用于对显示屏 15 起到保护防尘作用。

其中, 印刷电路板 PCB17 可以采用 FR-4 介质板, 也可以采用罗杰斯 (Rogers) 介质板, 也可以采用 Rogers 和 FR-4 的混合介质板, 等等。这里, FR-4 是一种耐燃材料等级的代号, Rogers 介质板一种高频板。印刷电路板 PCB17 靠近壳体 19 的一侧可以设置一金属层, 该金属层可以通过在 PCB17 的表面蚀刻金属形成。该金属层可用于印刷电路板 PCB17 上承载的电子元件接地, 以防止用户触电或设备损坏。该金属层可以称为 PCB 地板。不限于 PCB 地板外, 电子设备 10 还可以具有其他用来接地的地板, 可例如金属中框。

其中, 壳体 19 主要起整机的支撑作用。壳体 19 可以包括外围传导性结构 11, 结构 11 可以由金属等传导性材料形成。结构 11 可以绕电子设备 10 和显示屏 15 的外围延伸, 结构 11 具体可以包围显示屏 15 的四个侧边, 帮助固定显示屏 15。在一种实现中, 金属材料制成的结构 11 可以直接用作电子设备 10 的金属边框, 形成金属边框的外观, 适用于金属 ID。在另一种实现中, 结构 11 的外表面还可以设置非金属边框, 例如塑料边框, 形成非金属边框的外观, 适用于非金属 ID。

其中, 后盖 21 可以是金属材料制成的后盖, 也可以是非导电材料制成的后盖, 如玻璃后盖、塑料后盖等非金属后盖。

图 1 仅示意性的示出了电子设备 10 包括的一些部件, 这些部件的实际形状、实际大小和实际构造不受图 1 限定。

为了给用户带来更为舒适的视觉感受, 电子设备 10 可以采用全面屏工业设计 (industry design, ID)。全面屏意味着极大的屏占比 (通常在 90% 以上)。全面屏的边框宽度大幅缩减, 需要对电子设备 10 内部器件, 如前置摄像头、受话器、指纹识别器、天线等, 进行重新布局。尤其对于天线设计来说, 净空区域缩减, 天线空间进一步被压缩。而天线的尺寸、带宽、效率是相互关联、相互影响的, 减小天线尺寸 (空间), 天线的效率带宽积 (efficiency-bandwidth product) 势必减小。

本申请提供的天线设计方案可实现小型化的多模天线, 可覆盖更多频段。

首先, 介绍本申请将涉及四个天线模式。

1. 共模 (common mode, CM) 线天线模式

如图 2A 所示, 线天线 101 在中间位置 103 处连接馈源。馈源的正极连接在线天线 101 的中间位置 103, 馈源的负极连接地 (例如地板)。

图 2B 示出了线天线 101 的电流、电场分布。如图 2B 所示, 电流在中间位置 103 两侧反向, 呈现对称分布; 电场在中间位置 103 两侧, 呈现同向分布。如图 2B 所示, 馈电 102 处的电流呈现同向分布。基于馈电 102 处的电流同向分布, 图 2A 所示的这种馈电可称为线天线 CM 馈电。图 2B 所示的这种线天线模式, 可以称为 CM 线天线模式。图 2B 所示的电流、电场可分别称为 CM 线天线模式的电流、电场。

CM 线天线模式的电流、电场是线天线 101 在中间位置 103 两侧的两个水平枝节作为 $1/4$ 波长天线产生的。电流在线天线 101 的中间位置 103 处强，在线天线 101 的两端弱。电场在线天线 101 的中间位置 103 处弱，在线天线 101 的两端强。

2. 差模 (differential mode, DM) 线天线模式

如图 3A 所示，线天线 104 在中间位置 106 处连接馈源。馈源的正极连接在中间位置 106 的一侧，馈源的负极连接在中间位置 106 的另一侧。

图 3B 示出了线天线 104 的电流、电场分布。如图 3B 所示，电流在中间位置 106 两侧同向，呈现反对称分布；电场在中间位置 106 两侧呈反向分布。如图 3B 所示，馈电 105 处的电流呈现反向分布。基于馈电 105 处的电流反向分布，图 3A 所示的这种馈电可称为线天线 DM 馈电。图 3B 所示的这种线天线模式可以称为 DM 线天线模式。图 3B 所示的电流、电场可分别称为 DM 线天线模式的电流、电场。

DM 线天线模式的电流、电场是整个线天线 104 作为 $1/2$ 波长天线产生的。电流在线天线 104 的中间位置 106 处强，在线天线 104 的两端弱。电场在线天线 104 的中间位置 106 处弱，在线天线 104 的两端强。

3. 共模 (common mode, CM) 槽天线模式

如图 4A 所示，槽天线 108 可通过在地板上开槽形成。槽 109 的一侧设有开口 107，开口 107 可具体开设在该侧的中间位置。开口 107 处可连接馈源。馈源的正极可连接在开口 107 的一侧，馈源的负极可连接在开口 107 的另一侧。

图 4B 示出了槽天线 108 的电流、电场、磁流分布。如图 4B 所示，电流在槽 109 周围的导体（如地板）上围绕槽 109 呈同向分布，电场在槽 109 的中间位置两侧呈现反向分布，磁流在槽 109 的中间位置两侧呈反向分布。如图 4B 所示，开口 107 处（即馈电处）的电场同向，开口 107 处（即馈电处）的磁流同向。基于开口 107 处（馈电处）的磁流同向，图 4A 所示的这种馈电可称为槽天线 CM 馈电。图 4B 所示的这种槽天线模式可以称为 CM 槽天线模式。图 4B 所示的电场、电流、磁流可分布称为 CM 槽天线模式的电场、电流、磁流。

CM 槽天线模式的电流、电场是槽天线 108 的中间位置两侧的槽天线体作为 $1/4$ 波长天线产生的。电流在槽天线 108 的中间位置处弱，在槽天线 108 的两端强。电场在槽天线 108 的中间位置处强，在槽天线 108 的两端弱。

4. 差模 (differential mode, DM) 槽天线模式

如图 5A 所示，槽天线 110 可通过在地板上开槽形成。槽天线 110 的中间位置 112 处连接馈源。槽 114 的一侧边的中间位置连接馈源的正极，槽 114 的另一侧边的中间位置连接馈源的负极。

图 5B 示出了槽天线 110 的电流、电场、磁流分布。如图 5B 所示，在槽 114 周围的导体（如地板）上，电流围绕槽 114 分布，且在槽 114 的中间位置两侧呈反向分布，电场在中间位置 112 两侧呈现反向分布，磁流在中间位置 112 两侧呈同向分布。馈源处的磁流呈反向分布（未示出）。基于馈源处的磁流呈反向分布，图 5A 所示的这种馈电可称为槽天线 DM 馈电。图 5B 所示的这种槽天线模式可以称为 DM 槽天线模式。图 5B 所示的电场、电流、磁流可分布称为 DM 槽天线模式的电场、电流、磁流。

DM 槽天线模式的电流、电场是整个槽天线 110 作为 $1/2$ 波长天线产生的。电流在槽天线 110 的中间位置处弱，在槽天线 110 的两端强。电场在槽天线 110 的中间位置处强，在槽天线 110 的两端弱。

本申请提供以下天线设计方案，将融合上述 4 个天线模式中的多个天线模式，以覆盖更多频段，又能实现天线小型化。

方案一

方案一中，对特定形状的导体进行馈电设计，以激励出上述 4 个天线模式中的某两个天线模式。这样，可实现从一个特定形状的导体中激励出两个天线模式，在天线小型化的同时实现覆盖多个频段。

方案一所基于的原理是：在不考虑馈电的情况下，任意形状的导体可具有多个特征模 (characteristic mode)。通过馈电设计可增强其中某一个或某几个特征模，从而选择出期望特征模。

下面结合附图详细说明方案一的多个实施例。

实施例 1

实施例 1 中，针对条形导体，通过馈电设计，可激励出两种期望特征模。这两种期望特征模为：图 2A-图 2B 所示的 CM 线天线模式、图 3A-图 3B 所示的 DM 线天线模式。也即是说，通过对条形导体进行馈电设计，可从条形导体具有的多种特征模中选择出 CM 线天线模式、DM 线天线模式。

图 6A 和图 6B 示出了条形导体 111 具有的两个特征模（不考虑馈电）。其中，图 6A 示出的特征模即 CM 线天线模式，条形导体 111 上的电流为 CM 线天线模式电流，即条形导体 111 上的电流呈现反向分布。图 6B 示出的特征模即 DM 线天线模式，条形导体 111 上的电流为 DM 线天线模式电流，即条形导体 111 上的电流呈现同向分布。

图 7A 示出了实施 1 提供的天线设计方案。如图 7A 所示，实施例 1 提供的线天线可包括：条形导体 111、馈电点 113 和接地点 115。其中：

馈电点 113 可以设置在条形导体 111 的中间位置。馈电点 113 可连接馈源。该馈源的正极可连接在馈电点 113，该馈源的负极可连接地（如地板）。

在条形导体 111 上，接地点 115 可以设置在馈电点 113 附近。接地点 115 可连接接地枝节 117。接地枝节 117 可用于连接地（如地板）。这里，附近可以是指馈电点 113 到接地枝节 117 的接地端 A 之间的长度小于 $1/4$ 个工作波长 λ 。即，馈电点 113 到接地点 115 之间的距离 L_{BC} 与接地枝节 117 的长度 L_{CA} 之和，小于 $1/4$ 个工作波长 λ 。工作波长 λ 是指图 7A 所示线天线的 CM 线天线模式的工作波长，后面内容会介绍工作波长 λ 的计算方式，这里先不展开。

馈电点 113 设置在条形导体 111 的中间位置，可使得条形导体 111 的中间位置处的电流强，条形导体 111 的两端的电流弱。这样，既可与前述 CM 线天线模式的电流强弱分布一致，也可与前述 DM 线天线模式的电流强弱一致，从而良好的耦合起条形导体 111 具有的两种特征模：CM 线天线模式和 DM 线天线模式。也即是说，馈电点 113 的设计可激励图 7A 所示的线天线产生 CM 线天线模式和 DM 线天线模式。

图 7B 和图 7C 分别示出了分布在条形导体 111 上的频率不同的两路电流：电流 116、电流 118。其中，电流 116 在馈电点 113 两侧方向相反，电流 118 在馈电点 113 两侧方向相同。电流 116 是 CM 线天线模式的电流，电流 118 是 DM 线天线模式的电流。电流 116 是条形导体 111 在馈电点 113 两侧的水平枝节 111-A、111-B 产生的 $1/4$ 波长模式的电流，电流 118 是整个条形导体 111 产生的 $1/2$ 波长模式的电流。由于条形导体 111 上具有频率不同的两路电流：电流 116、电流 118，因此条形导体 111 上可产生两个不同谐振频率，图 7A 所示的线天线可具有至少两个不同的工作频段。实施例 1 中，电流 116 可以称为第一电流，电流 118 可以成为第二电流。

前述工作波长 λ （即图 7A 所示线天线的 CM 线天线模式的工作波长）可依据电流 116 的频率 f_1 计算得到，因为电流 116 是 CM 线天线模式的电流。具体的，辐射信号在空气中的工作波长 λ 可以如下计算：波长 = 光速 / f_1 。辐射信号在介质中的工作波长 λ 可以如下计算：波长 = (光速 / $\sqrt{\epsilon}$) / f_1 ，其中， ϵ 为该介质的相对介电常数。实施例 1 中，前述工作波长 λ 可以称为第一波长。

图 7D 示出了实施例 1 提供的天线设计方案在实际整机中的实施。如图 7D 所示，条形导体 111 可以是电子设备的部分金属边框，例如位于电子设备顶部或底部的金属边框。在条形导体 111 的中间位置，可对条形导体 111 馈电。接地枝节 117 可连接该金属边框和地板，可例如为设置在地板上的连接条形导体 111 的金属弹片。接地枝节 117 可设置在靠近馈电点 113 的附近。图 7E 示出了图 7D 所示天线的 S11 仿真。如图 7E 所示，该天线实际可以产生 3 个谐振：谐振“1”（LB1）、谐振“2”（LB2）、谐振“3”（LB2）。谐振“1”在 0.7GHz 附近，谐振“2”在 0.85GHz 附近，谐振“3”在 1.05GHz 附近。谐振“2”可由条形导体 111 的二分之一波长模式产生，即为 DM 线天线模式的谐振。谐振“3”可由条形导体 111 的四分之一波长模式产生，即为 CM 线天线模式的谐振。谐振“1”可由条形导体 111 的四分之一波长模式激励起地板产生，地板上分布有电流 120。电流 120 的频率可不同于流 116、电流 118 的频率，具体可低于电流 116、电流 118 的频率。实施例 1 中，电流 120 可以称为第三电流。

可以看出，实施例 1 提供的天线设计方案，可利用一个条形导体激励出两个线天线模式：CM 线天线模式和 DM 线天线模式，在天线小型化的同时实现覆盖多个频段。

实施例 1 的扩展方案

如图 8A 所示，馈电点 113 可以偏离条形导体 111 的中间位置，以覆盖更多频段。也就是说，在图 8A 所示的天线结构中，馈电点 113 到条形导体 111 的一端的距离 L_1 ，不等于，馈电点 113 到条形导体 111 的另一端的距离 L_2 。以馈电点 113 为分界线，条形导体 111 可以划分为：长枝节、短枝节，长枝节即图 8A 中长度为 L_2 的一段水平枝节，短枝节即图 8A 中长度为 L_1 的一段水平枝节。在图 8A 所示的天线结构中，馈电点 113 附近可不必设置接地枝节 117，即接地枝节 117 可以被移除。

与图 7A 实施例不同的是，图 8A 所示的天线结构中，条形导体 111 上可存在更多路频率不同的电流：电流 20、电流 21、电流 22、电流 23，可分别如图 8B-图 8E 所示。在条形导体 111 上，电流 20、电流 22、电流 23 在馈电点 113 两侧的方向相反。电流 21 在整个条

形导体 111 上的方向相同。电流 20 是长枝节产生的 $1/4$ 波长模式的电流。电流 21 是整个条形导体 111 产生的 $1/2$ 波长模式的电流。电流 22 是短枝节产生的 $1/4$ 波长模式的电流。电流 23 是长枝节产生的 $3/4$ 波长模式的电流。由于条形导体 111 上可存在更多路频率不同的电流，因此，图 8A 所示的天线结构在实现天线小型化的同时，可覆盖更多工作频段。

实施例 2

实施例 2 中，针对特定开槽导体，通过馈电设计，可激励出两种期望特征模。这两种期望特征模为：图 4A-图 4B 所示的 CM 槽天线模式、图 5A-图 5B 所示的 DM 槽天线模式。也即是说，通过对特定开槽导体进行馈电设计，可从特定开槽导体具有的多种特征模中选择出 CM 槽天线模式、DM 槽天线模式。

图 9A 和图 9B 示出了开槽金属板具有的两个特征模（不考虑馈电）。该开槽金属板即实施例 2 中选择的特定开槽导体，可例如为地板。该开槽金属板具有槽 31，槽 31 可通过在地板上开槽实现。槽 31 的一侧设有开口 33，开口 33 可具体开设在该侧的中间位置。开口 33 可连通槽 31 至槽 31 外部的自由空间。其中，图 9A 示出的特征模即 CM 槽天线模式，图 9A 所示的电流、电场为 CM 槽天线模式的电流、电场。图 9B 示出的特征模即 DM 槽天线模式，图 9B 所示的电流、电场为 DM 槽天线模式的电流、电场。除了 CM 槽天线模式、DM 槽天线模式，图 9A-图 9B 所示的开槽导体还可具有其他特征模，这里不展开说明。

图 10A 示出了实施 2 提供的天线设计方案。如图 10A 所示，实施例 2 提供的槽天线可包括：金属板、槽 31。其中：

金属板可以是地板。槽 31 可通过在金属板（例如地板）上开槽实现。槽 31 的一侧可设有开口 33，开口 33 可具体开设在该侧的中间位置。槽 31 可以使用例如聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合填充。开口 33 也可以使用例如聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合填充。

槽 31 的位置 35 处可连接有馈源。在位置 35 处，馈源的正极连接槽 31 的一侧，馈源的负极连接槽 31 的另一侧。实施例 2 中，连接馈源的正极的一侧可以称为槽 31 的第一侧，连接馈源的负极的一侧可以称为槽 31 的第二侧。位置 35 可设置在开口 33 附近。这里，附近可以是指馈电位置 35 到开口 33 之间的距离 L_3 小于 $1/4$ 个工作波长 λ 。工作波长 λ 是图 10A 所示槽天线的 CM 槽天线模式的工作波长，后面内容会介绍工作波长 λ 的计算方式，这里先不展开。可选的，距离 L_3 还可大于 $1/8$ 个工作波长 λ ，以便于在实际整机中的实施。在开口 33 附近馈电，可使得槽 31 的中间位置附近的电流弱、槽 31 两端的电流强。这样，既可与 CM 槽天线的 $1/4$ 波长模式的电流强弱分布一致，也可与 DM 槽天线的 $1/2$ 波长模式的电流强弱一致，从而良好的耦合起图 10A 所示的开槽金属板具有的特征模：CM 槽天线模式和 DM 槽天线模式。

馈电位置 35 的设计可激励图 10A 所示的槽天线产生 CM 槽天线模式和 DM 槽天线模式。如图 10B 和图 10C 所示，图 10A 所示的槽天线上可存在围绕槽 31 的频率不同的两路电流：电流 36、电流 38。实施例 2 中，电流 36、电流 38 可以分别称为第一电流、第二电流。电流 36 围绕槽 31 同向分布。电流 38 围绕槽 31 分布，且在开口 33 两侧呈反向分布。图 10A 所示的槽天线上可存在频率不同的电场：电场 32、电场 34。在槽 31 上，电场 32

在开口 33 两侧呈反向分布, 和电流 36 同频率, 是 CM 槽天线模式的电场。电场 34 在槽 31 上的呈同向分布, 和电流 38 同频率, 是 DM 槽天线模式的电场。电场 34 的频率 f_3 高于电场 32 的频率 f_4 。由于图 10A 所示的槽天线上存在频率不同的两种电场: 电场 32、电场 34, 因此该槽天线可具有至少两个不同的工作频段。

前述工作波长 λ_2 (即CM槽天线模式的工作波长) 可依据电流36、电场32的频率 f_4 计算得到, 因为电场32是CM槽天线模式的电场。具体的, 辐射信号在空气中的工作波长 λ_2 可以如下计算: $\lambda_2 = \text{光速} / f_4$ 。辐射信号在介质中的工作波长 λ_2 可以如下计算: $\lambda_2 = (\text{光速} / \sqrt{\epsilon}) / f_4$, 其中, ϵ 为该介质的相对介电常数。实施例2中, 前述工作波长 λ_2 可以称为第一波长。

可以看出, 实施例 2 提供的天线设计方案, 可利用一个开槽导体激励出两个槽天线模式: CM 槽天线模式和 DM 槽天线模式, 在天线小型化的同时实现覆盖多个频段。

实施例 2 的扩展方案

如图 11A 所示, 槽 31 的开口 33 的位置可以偏离槽 31 的开口侧的中间位置, 以覆盖更多频段。也即是说, 在图 11A 所示的槽天线结构中, 开口 33 到槽 31 的一端的距离 L_4 , 不等于, 开口 33 到槽 31 的另一端的距离 L_5 。以开口 33 的位置为分界线, 图 11A 所示的槽天线可以划分为: 长槽体、短槽体, 长槽体即图 11A 中长度为 L_4 的一段槽体, 短槽体即图 11A 中长度为 L_5 的一段槽体。

在图 11A 所示的槽天线结构中, 馈电位置 35 可设计在开口 33 附近。关于附近所表达的含义, 前述实施例 2 中进行了说明, 这里不再赘述。与图 10A 实施例不同的是, 图 11A 所示的槽天上可存在更多频率不同的电场: 电场 50、电场 51、电场 52、电场 53, 可分别如图 11B-图 11E 所示。电场 50、电场 51、电场 52、电场 53 在槽 31 上呈反向分布。电场 51 在水平枝节 13 上呈同向分布。电场 50 是长槽体产生的 $1/4$ 波长模式的电场。电场 51 是整个槽天线产生的 $1/2$ 波长模式的电场。电场 52 是短槽体产生的 $1/4$ 波长模式的电场。电场 53 是长槽体产生的 $1/4$ 波长模式的电场。由于图 11A 所示的槽天线上可存在更多频率不同的电场, 因此, 图 11A 所示的天线结构在实现天线小型化的同时, 可覆盖更多工作频段。

方案二

方案二中, 通过馈电的槽天线耦合线天线, 或者馈电的线天线耦合槽天线, 形成耦合天线结构, 以组合上述 4 个天线模式中的线天线模式和槽天线模式。这样, 可实现通过馈电一个天线来激励出两个天线模式, 在天线小型化的同时实现覆盖多个频段。

下面结合附图详细说明方案二的多个实施例。

实施例 3

实施例 3 中, 馈电天线可以是图 5A 所示的 DM 槽天线, 耦合天线可以是图 3A 所示的 DM 线天线, 可激励出 DM 槽天线模式和 DM 线天线模式。

图 12A-图 12B 示出了实施 3 提供的天线设计方案。其中, 图 12A 示出了该天线设计方案的立体示意图, 图 12B 示出了该天线设计方案的俯视平面示意图。如图 12A-图 12B 所示, 实施例 3 提供的天线结构可包括: 至少一个线天线 61、槽天线 63。其中:

线天线 61 可以是图 3A 所示的 DM 线天线。线天线 61 可以是悬浮天线, 可以设置于

后盖 21 的内表面，也可以设置于后盖 21 的外表面，还可以嵌入于后盖 21 中。例如，线天线 61 可以是粘贴于后盖 21 内表面的金属条，还可以使用导电银浆印制在后盖 21 内表面上。

槽天线 63 可以是图 5A 所示的 DM 槽天线。槽天线 63 可包括金属板和槽 60。槽天线 63 可通过在金属板（如 PCB 17）上开槽形成。槽天线 63 的中间位置 65 处可连接有馈源，即槽天线 63 的馈电位置 65 可位于其中间位置。具体的，槽 60 的一侧边的中间位置可连接馈源的正极，槽 60 另一侧边的中间位置可连接馈源的负极。槽 60 可以使用例如聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合填充。

线天线 61 可平行于槽天线 63 所处的平面，并垂直于槽天线 63 的槽 60。该平面可以称为开槽面，即前述金属板所在平面。线天线 61 在开槽面的投影与槽天线 63 的槽 60 可以在该投影的中间位置相交。线天线 61 在开槽面的投影与槽 60 的相交部分 67，到槽天线 63 的馈电位置 65 之间的距离可小于 $1/2$ 个工作波长 λ 。工作波长 λ 是指槽天线 63 的工作波长。实施例 3 中，工作波长 λ 可以称为第一波长。

线天线 61 与馈电的槽天线 63 之间的耦合间距可以是线天线 61 到槽天线 63 所处的平面之间的距离。该距离小于第一距离，如小于 1 毫米。应理解的是，耦合间距越小，耦合效应越强。本申请对该耦合间距的具体取值不做限制，满足支槽天线 63 能够耦合悬浮的线天线 61 即可。

应理解的是，线天线 61 与馈电的槽天线 63 所处的平面之间也可不平行。当二者之间不平行时，馈电的槽天线 63 也可以耦合悬浮的线天线 61，此时耦合效果可能弱于二者平行时的耦合效果。

下面说明图 12A-图 12B 示例性所示的天线结构可以产生的谐振模式。

请参阅图 12C，图 12C 中的“1”、“2”、“3”代表不同的谐振。该耦合天线结构可以在 1.6GHz 附近产生谐振“1”，在 2.5GHz 附近产生谐振“2”，还可以在 3.9GHz 附近产生谐振“3”。具体的：谐振“1”可由槽天线 63 的二分之一波长模式产生。谐振“2”可由较长的线天线 61 的二分之一波长模式产生，谐振“3”可由较短的线天线 61 的二分之一波长模式产生。

图 12D-图 12F 示例性示出了谐振“1”、“2”、“3”的电流分布。如图 12D 所示，谐振“1”的电流 71 在槽天线 63 上围绕槽 60 反向分布，具体在馈电点 65 两侧呈对称反向，在槽 60 中间附近的电流弱，在槽 60 两端附近的电流强。实施例 3 中，围绕槽 63 的电流 71 可以称为第一电流。如图 12E 所示，谐振“2”的电流 72 在较长的线天线 61 上同向分布，在该线天线 61 的中间强，在该线天线 61 的两端弱。如图 12F 所指示，谐振“3”的电流 73 在较短的线天线 61 上同向分布，在该线天线 61 的中间强，在该线天线 61 的两端弱。实施例 3 中，线天线 61 上的电流可以称为第二电流。

不限制槽天线 63 产生谐振“1”的波长模式，谐振“1”也可由槽天线 63 的一倍波长模式、二分之三波长模式等产生。不限制较长的线天线 61 产生谐振“2”的波长模式，谐振“2”也可由较长的线天线 61 的二分之三波长模式、二分之五波长模式等产生。不限制较短的线天线 61 产生谐振“3”的波长模式，谐振“3”也可由较短的线天线 61 的二分之三波长模式、二分之五波长模式等产生。

图 12A-图 12B 示例性所示的天线结构中有 2 个长度不同的线天线 61。不限于此，该

天线结构也可以有更多线天线 61。也即是说，馈电的槽天线 63 可同时耦合两个以上的线天线 61，以覆盖更多频段。该天线结构也可以仅有一个线天线 61。长度不同的两个或两个以上的线天线 61 各自在开槽面的投影可相互平行。可选的，这两个或两个以上的线天线 61 可以同处于一个平面中，该平面可平行于开槽面。该平面可以称为第一平面。由于各自长度不同，因此，这两个或两个以上的线天线 61 上分布的第二电流的频率也不同。

除了图 12C 中示出的 1.6GHz 频段、2.5GHz 频段、3.9GHz 频段，图 12A-图 12B 示例性所示的天线结构还可以产生其他频段的谐振，具体可通过调整该天线结构中各个天线辐射体（如槽天线 63、线天线 61）的尺寸来设置。

本申请中，频段是指一个频率范围。例如 2.5GHz 频段可以是指 2.4835GHz~2.5835GHz 的频率范围，即 2.5GHz 附近的频率范围。

可以看出，实施例 3 提供的天线设计方案，馈电的槽天线 63 工作在 DM 槽天线模式的同时，还可耦合一个或多个线天线 61 工作在 DM 线天线模式，可覆盖多个频段。而且，线天线 61 可设计成设置于后盖上的悬浮天线，不占用电子设备内部的设计空间，受内部器件的影响很小。

实施例 4

和实施例 3 一样，实施例 4 提供的天线结构也可激励出 DM 线天线模式和 DM 槽天线模式。和实施例 3 不同的是，实施例 4 中的馈电天线可以是图 3A 所示的 DM 线天线，耦合天线可以是图 5A 所示的 DM 槽天线。

图 13A-图 13B 示出了实施 4 提供的天线设计方案。其中，图 13A 示出了该天线设计方案的立体示意图，图 13B 示出了该天线设计方案的俯视平面示意图。如图 12A-图 12B 所示，实施例 4 提供的天线结构可包括：线天线 81、槽天线 83。其中：

线天线 81 可以是图 3A 所示的 DM 线天线。线天线 81 的中间位置可连接有馈源，即线天线 81 的馈电位置 85 可以是线天线 81 的中间位置。具体的，馈源的正极可连接在该中间位置的一侧，馈源的负极连接在该中间位置的另一侧。线天线 81 可以是悬浮天线，可以设置于后盖 21 的内表面，也可以设置于后盖 21 的外表面，还可以嵌入于后盖 21 中。

槽天线 83 可以是图 5A 所示的 DM 槽天线。槽天线 83 可包括金属板和槽 80。槽天线 83 可通过在金属板（如 PCB 地板）上开槽形成。槽 80 可以使用例如聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合填充。

线天线 81 可平行于槽天线 83 所处的平面，并垂直于槽天线 83 的槽 80。该平面可以称为开槽面，即前述金属板所在平面。线天线 81 在开槽面的投影与槽天线 83 的槽 80 可以在该投影的中间位置相交。线天线 81 在开槽面的投影与槽 80 的相交部分 A，到槽天线 83 的中间位置 B 的距离 L_6 ，可大于 $1/8$ 个工作波长 λ ，小于 $1/2$ 个工作波长 λ 。工作波长 λ 是指槽天线 83 的工作波长。实施例 4 中，前述工作波长 λ 可以称为第一波长。

关于馈电的线天线 81 与槽天线 83 之间的耦合间距的相关描述，可以参考实施例 3，这里不再赘述。

下面说明图 13A-图 13B 示例性所示的天线结构可以产生的谐振模式。

请参阅图 13C，图 13C 中的“1”、“2”代表不同的谐振。该耦合天线结构可以在 1.5GHz

附近产生谐振“1”，在 2.1GHz 附近产生谐振“2”。具体的：谐振“1”可由线天线 81 的二分之一波长模式产生。谐振“2”可由槽天线 83 的二分之一波长模式产生。

图 13D-图 13E 示例性示出了谐振“1”、“2”的电流分布。如图 13D 所示，谐振“1”的电流 91 在线天线 81 上同向分布，具体在线天线 81 的中间强，在线天线 81 的两端弱。如图 13E 所示，谐振“2”的电流 93 在槽天线 83 上围绕槽 80 反向分布，具体在位置 B 两侧呈反向分布，在位置 B 附近的电流弱，在槽 80 两端附近的电流强。

除了图 13C 中示出的 1.5GHz 频段、2.1GHz 频段，图 13A-图 13B 示例性所示的天线结构还可以产生其他频段的谐振，具体可通过调整该天线结构中各个天线辐射体（如槽天线 83、线天线 81）的尺寸来设置。

可以看出，实施例 4 提供的天线设计方案，馈电的线天线 81 工作在 DM 线天线模式的同时，还可耦合槽天线 83 工作在 DM 槽天线模式，可覆盖多个频段。线天线 81 可设计成设置于后盖上的悬浮天线，不占用电子设备内部的设计空间，受内部器件的影响很小。该天线结构中，馈电的线天线 81 还可以耦合更多尺寸不同的槽天线 83，以覆盖更多频段。

实施例 5

实施例 5 中，馈电天线可以是图 2A 所示的 CM 线天线，耦合天线可以是图 4A 所示的 CM 槽天线，可激励出 CM 线天线模式和 CM 槽天线模式。

图 14A-图 14B 示出了实施 5 提供的天线设计方案。如图 14A-图 14B 所示，实施例 5 提供的天线结构可包括：线天线 121、槽天线 123。其中：

线天线 121 可以是图 2A 所示的 CM 线天线。线天线 121 的馈电位置 122 可在设置在线天线 121 的中间位置。馈电位置 122 可连接馈源 125。馈源 125 的正极可连接在馈电位置 122，馈源 125 的负极可连接地（如地板）。

槽天线 123 可以是图 4A 所示的 CM 槽天线。槽天线 123 可通过在金属板上开槽形成。槽天线 123 可包括槽 127。槽 127 的靠近线天线 121 的一侧 126 可开设有开口 129，开口 129 可具体开设在该侧的中间位置。槽 127 可以使用例如聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合填充。开口 129 也可以使用例如聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合填充。

馈电的线天线 121 和槽天线 123 可以在二者的中间位置处，相互靠近且相互垂直。具体的：线天线 121 可以在槽天线 123 的一侧 126 垂直于槽天线 123 所处的平面。该平面可以称为开槽面，即前述金属板所在平面。槽天线 123 所处的平面可以在线天线 121 的中间位置垂直于线天线 121。线天线 121 连接的馈源的正极可位于槽天线 123 的开口 129 的一侧，线天线 121 连接的馈源的负极可位于槽天线 123 的开口 129 的另一侧。

线天线 121 和槽天线 123 之间的耦合间距可以是槽天线 123 所处的平面和线天线 121 之间的距离。该距离可以小于特定值，例如 1 毫米。应理解的是，耦合间距越小，耦合效应越强。本申请对该耦合间距的具体取值不做限制，满足馈电的线天线 121 能够耦合槽天线 123 即可。

下面说明图 14A-图 14B 示例性所示的天线结构可以产生的谐振模式。

请参阅图 14C，图 14C 中的“1”、“2”代表不同的谐振。该耦合天线结构可以在 1.3GHz

附近产生谐振“1”，在 2.0GHz 附近产生谐振“2”。具体的：谐振“1”可由槽天线 123 的四分之一波长模式产生。谐振“2”可由线天线 121 的四分之一波长模式产生。

图 14D-图 14E 示例性示出了谐振“1”、“2”的电流分布。如图 14D 所示，谐振“1”的电流 121 在槽天线 123 上围绕槽 127 同向分布，具体在槽 127 中间附近的电流弱，在槽 127 两端附近的电流强。如图 14E 所示，谐振“2”的电流 123 在线天线 121 上反向分布，具体在馈电点 125 两侧反向对称分布，在线天线 121 的中间强，在线天线 121 的两端弱。

不限制槽天线 123 产生谐振“1”的波长模式，谐振“1”也可由槽天线 123 的四分之三波长模式等产生。不限制线天线 121 产生谐振“2”的波长模式，谐振“2”也可由线天线 121 的四分之三波长模式等产生。

除了图 14C 中示出的 1.3GHz 频段、2.0GHz 频段，图 14A 示例性所示的天线结构还可以产生其他频段的谐振，具体可通过调整该天线结构中各个天线辐射体（如槽天线 123、线天线 121）的尺寸来设置。

可以看出，实施例 5 提供的天线设计方案，馈电的线天线 121 工作在 CM 线天线模式的同时，还可耦合槽天线 123 工作在 CM 槽天线模式，可覆盖多个频段。该天线结构中，馈电的线天线 121 还可以耦合更多尺寸不同的槽天线 123，以覆盖更多频段。

实施例 6

和实施例 5 一样，实施例 6 提供的天线结构也可激励出 CM 线天线模式和 CM 槽天线模式。和实施例 5 不同的是，实施例 6 的馈电天线可以是图 4A 所示的 CM 槽天线，耦合天线可以是图 2A 所示的 CM 线天线。

实施例 6 提供的天线结构中，CM 线天线与 CM 槽天线的之间位置关系可参考实施例 5 中的线天线 121 和槽天线 123 之间的位置关系，这里不再赘述。CM 槽天线的开口 129 处可连接馈源。馈源的正极可连接在开口 129 的一侧，馈源的负极可连接在开口 129 的另一侧。

实施例 7

实施例 7 中，馈电天线可以是图 2A 所示的 CM 线天线，耦合天线可以是图 5A 所示的 DM 槽天线，可激励出 CM 线天线模式和 DM 槽天线模式。

图 15A-图 15B 示出了实施 7 提供的天线设计方案。如图 15A 所示，实施例 7 提供的天线结构可包括：线天线 141、槽天线 143。图 15A 中线天线 141 和槽天线 143 可以共平面。图 15B 中线天线 141 的平面和槽天线 143 的平面可以相互垂直。其中：

线天线 141 可以是图 2A 所示的 CM 线天线。线天线 141 的馈电位置 142 可在设置在线天线 141 的中间位置。馈电位置 142 可连接馈源。馈源的正极可连接在馈电位置 142，馈源的负极可连接地（如地板）。

槽天线 143 可以是图 5A 所示的 DM 槽天线。槽天线 143 可通过在金属板上开槽形成。槽天线 143 可包括槽 147。槽 147 可以使用例如聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合填充。

馈电的线天线 141 和槽天线 143 可以相互靠近且相互平行。具体的，线天线 141 可以

平行于槽天线 143。线天线 141 的中间位置和槽天线 143 的中间位置之间的连线可以既垂直于线天线 141，又垂直于槽天线 143。也可以说，线天线 141 和槽 147 共中垂面。

线天线 141 和槽天线 143 之间的耦合间距可以是线天线 141 到槽天线 143 之间的距离。该距离可以小于特定值，例如 5 毫米。应理解的是，耦合间距越小，耦合效应越强。本申请对该耦合间距的具体取值不做限制，满足馈电的线天线 141 能够耦合槽天线 143 即可。

下面说明图 15A-图 15B 示例性所示的天线结构可以产生的谐振模式。

请参阅图 15C，图 15C 中的“1”、“2”代表不同的谐振。该耦合天线结构可以在 1.51GHz 附近产生谐振“1”，在 1.95GHz 附近产生谐振“2”。具体的：谐振“1”可由线天线 141 的四分之一波长模式产生。谐振“2”可由槽天线 143 的二分之一波长模式产生。

图 15D-图 15E 示例性示出了谐振“1”、“2”的电流分布。如图 15D 所示，谐振“1”的电流 151 分布在线天线 141 和地板上，即线天线 141 还激励起地板产生辐射。电流 151 在线天线 141 上呈反向对称分布，在线天线 141 的中间强，在线天线 121 的两端弱。如图 15E 所示，谐振“2”的电流 153 在槽天线 143 上围绕槽 147 反向分布，具体在槽 147 的中间位置两侧呈反向对称分布，在槽 147 中间附近的电流弱，在槽 147 两端附近的电流强。

不限制线天线 141 产生谐振“1”的波长模式，谐振“1”也可由线天线 141 的四分之三波长模式等产生。不限制槽天线 143 产生谐振“2”的波长模式，谐振“2”也可槽天线 143 的一倍波长模式、二分之三波长模式等产生。

除了图 15C 中示出的 1.51GHz 频段、1.95GHz 频段，图 15A-图 15B 示例性所示的天线结构还可以产生其他频段的谐振，具体可通过调整该天线结构中各个天线辐射体（如线天线 141、槽天线 143）的尺寸来设置。

可以看出，实施例 7 提供的天线设计方案，馈电的线天线 141 工作在 CM 线天线模式的同时，还可耦合槽天线 143 工作在 DM 槽天线模式，可覆盖多个频段。该天线结构中，馈电的线天线 121 还可以耦合更多尺寸不同的槽天线 123，以覆盖更多频段。

实施例 8

和实施例 7 一样，实施例 8 提供的天线结构也可激励出 CM 线天线模式和 DM 槽天线模式。和实施例 7 不同的是，实施例 8 的馈电天线可以是图 5A 所示的 DM 槽天线，耦合天线可以是图 2A 所示的 CM 线天线。

如图 16 所示，实施例 8 提供的天线结构中，CM 线天线与 DM 槽天线的之间位置关系可参考实施例 7 中的线天线 121 和槽天线 123 之间的位置关系，这里不再赘述。DM 槽天线的馈电位置可设置在 DM 槽天线的中间位置。在该馈电位置，馈源的正极连接 DM 槽天线的一侧，馈源的负极连接 DM 槽天线的另一侧。

实施例 9

实施例 9 中，馈电天线可以是图 3A 所示的 DM 线天线，耦合天线可以是图 4A 所示的 CM 槽天线，可激励出 DM 线天线模式和 CM 槽天线模式。

图 17A 示出了实施例 9 提供的天线设计方案。如图 17A 所示，实施例 9 提供的天线结构可包括：线天线 161、槽天线 163。其中：

线天线 161 可以是图 3A 所示的 DM 线天线。线天线 161 的中间位置可连接馈源，即线天线 161 的馈电位置 165 可以是线天线 161 的中间位置。具体的，馈源的正极可连接在该中间位置的一侧，馈源的负极连接在该中间位置的另一侧。线天线 161 可以是悬浮天线，可以设置于后盖 21 的内表面，也可以设置于后盖 21 的外表面，还可以嵌入于后盖 21 中。

槽天线 163 可以是图 4A 所示的 CM 槽天线。槽天线 163 可通过在金属板上开槽形成。槽天线 163 可包括槽 167。槽 167 的靠近线天线 161 的一侧可开设有开口 169，开口 169 可具体开设在该侧的中间位置。槽 167 可以使用例如聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合填充。开口 169 也可以使用例如聚合物、玻璃、陶瓷等材料或者这些材料的组合填充。

馈电的线天线 161 和槽天线 163 可以相互靠近且相互平行。具体的，线天线 161 可以平行于槽天线 163。线天线 161 的中间位置和槽天线 163 的中间位置之间的连线可以既垂直于线天线 161，又垂直于槽天线 163。也即是说，也可以说，辐射枝节 141-A 和槽 147 共中垂面。

线天线 161 和槽天线 163 之间的耦合间距可以是线天线 161 到槽天线 163 之间的距离。该距离可以小于特定值，例如 5 毫米。应理解的是，耦合间距越小，耦合效应越强。本申请对该耦合间距的具体取值不做限制，满足馈电的线天线 161 能够耦合槽天线 163 即可。

图 17B-图 17C 示例性示出了 DM 线天线模式、CM 槽天线模式的电流分布。如图 17B 所示，DM 线天线模式的电流 171 在线天线 161 同向分布。电流 171 在线天线 161 的中间强，在线天线 161 的两端弱。如图 17C 所示，CM 槽天线模式的电流 173 在槽天线 163 上围绕槽 167 同向分布。电流 173 具体在槽 167 中间附近弱，在槽 167 两端附近强。

实施例 9 提供的天线设计方案，馈电的线天线 161 工作在 DM 线天线模式的同时，还可耦合槽天线 163 工作在 CM 槽天线模式，可覆盖多个频段。线天线 161 可设计成设置于后盖上的悬浮天线，不占用电子设备内部的设计空间，受内部器件的影响很小。该天线结构中，馈电的线天线 161 还可以耦合更多尺寸不同的槽天线 163，以覆盖更多频段。

实施例 10

和实施例 9 一样，实施例 10 提供的天线结构也可激励出 DM 线天线模式和 CM 槽天线模式。和实施例 9 不同的是，实施例 10 的馈电天线可以是图 4A 所示的 CM 槽天线，耦合天线可以是图 3A 所示的 DM 线天线。

如图 18 所示，实施例 10 提供的天线结构中，DM 线天线和 CM 槽天线的之间位置关系可参考实施例 9 中的线天线 161 和槽天线 163 之间的位置关系，这里不再赘述。CM 槽天线的开口 169 处可连接馈源。馈源的正极可连接在开口 169 的一侧，馈源的负极可连接在开口 169 的另一侧。

方案三

方案三中，对槽天线和线天线进行合成，得到兼具二者枝节特点的天线，以具备线天线模式和槽天线模式。并通过单馈的馈电设计激励出这两个天线模式，在天线小型化的同时实现覆盖多个频段。

下面结合附图详细说明方案三的多个实施例。

实施例 11

实施例 11 中，对 CM 线天线和 CM 槽天线进行合成，得到兼具 CM 线天线模式和 CM 槽天线模式的天线结构。通过馈电设计，可激励出 CM 线天线模式和 CM 槽天线模式。

图 19A 示出了实施 11 提供的天线设计方案。如图 19A 所示，实施例 11 提供的天线结构可包括：条形枝节 181、槽 183。其中：

条形枝节 181 和槽 183 可以相互平行。槽 183 可以通过在地板上开槽形成。槽 183 的侧边 183-A 靠近条形枝节 181，侧边 183-A 可设有开口 185。开口 185 具体可设于侧边 183-A 的中间位置，也可以设于偏离中间位置处。本实施例中，侧边 183-A 可以称为第一侧边。

条形枝节 181 可具有连接点 B，可在连接点 B 处连接接地枝节 187。接地枝节 187 可用于在开口 185 的一端（C 端）连接槽 183 的侧边 183-A 和条形枝节 181。条形枝节 181 上可设置馈电点 A，馈电点 A 可用于连接馈源。具体的，馈源的正极连接在馈电点 A，馈源的负极在开口 185 的另一端（D 端）连接槽 183 的侧边 183-A。

条形枝节 181 上的馈电点 A 到连接点 B 之间的距离 L_8 ，可以小于 $1/4$ 个工作波长 λ 。工作波长 λ 是指条形枝节 181 的工作波长，即 CM 线天线模式的工作波长。实施例 11 中，工作波长 λ 可以称为第一波长。

下面说明图 19A 示例性所示的天线结构可以产生的谐振模式。

请参阅图 19B，图 19B 中的“1”、“2”、“3”、“4”、“5”代表不同的谐振。该天线结构可以在 1.2GHz 附近产生谐振“1”，在 1.8GHz 附近产生谐振“2”，在 2.3GHz 附近产生谐振“3”，在 3.0GHz 附近产生谐振“4”，在 5.3GHz 附近产生谐振“5”。具体的：谐振“1”可由条形枝节 181 的四分之一波长模式产生，是 CM 线天线模式的谐振。谐振“2”可由条形枝节 181 的二分之一波长模式产生，是 DM 线天线模式的谐振。谐振“3”可由条形枝节 181 的四分之一波长模式的倍频（两倍倍频）产生。谐振“4”可由槽 183 的四分之一波长模式产生，是 CM 槽天线模式的谐振。谐振“5”可由槽 183 的四分之一波长模式的倍频产生。

图 19C-图 19D 示例性示出了谐振“1”、“2”的电流分布。如图 19C 所示，谐振“1”的电流在条形枝节 181 上呈反向分布，在条形枝节 181 的中间的电流强，在条形枝节 181 两端的电流弱。谐振“1”的电流是条形枝节 181 的四分之一波长模式产生的电流，是 CM 线天线模式的电流。CM 线天线模式还激励起地板产生谐振。如图 19D 所示，谐振“2”的电流在条形枝节 181 上呈同向分布，在条形枝节 181 的中间的电流强，在条形枝节 181 两端的电流弱。谐振“4”的电流（未示出）围绕槽 183 同向分布，是槽 183 的二分之一波长模式产生的电流，是 DM 线天线模式的电流。

图 19E 示例性示出了谐振“4”的电场分布。如图 19E 所示，谐振“4”的电场在槽 183 上呈反向分布，在槽 183 的中间的电场强，在槽 183 的两端的电场弱。谐振“4”的电场是槽 183 的四分之一波长模式产生的电场，是 CM 槽天线模式的电场。

不限制条形枝节 181 产生谐振“1”的波长模式，谐振“1”也可由条形枝节 181 的四分之三波长模式等产生。不限制条形枝节 181 产生谐振“2”的波长模式，谐振“2”也可由条形枝节 181 的二分之三波长模式、二分之五波长模式等产生。不限制槽 183 产生谐振

“4”的波长模式，谐振“4”也可由槽 183 的二分之三波长模式、二分之五波长模式等产生。

除了图 19B 中示出的 1.2GHz 频段、1.8GHz 频段、2.3GHz 频段、3.0GHz 频段、5.3GHz 频段，图 19A 示例性所示的天线结构还可以产生其他频段的谐振，具体可通过调整该天线结构中各个枝节（如条形枝节 181、槽 183）的尺寸来设置。

可以看出，实施例 11 提供的天线设计方案，通过对 CM 线天线和 CM 槽天线进行合成，得到兼具 CM 线天线和 CM 槽天线的枝节特点的天线结构。通过单馈的馈电设计，可激励出 CM 线天线模式和 CM 槽天线模式，可覆盖多个频段。

实施例 12

实施例 12 中，对 DM 线天线和 DM 槽天线进行合成，得到兼具 DM 线天线和 DM 槽天线的枝节特点的天线结构。通过馈电设计，可激励出 DM 线天线模式和 DM 槽天线模式。

图 20A 示出了实施 12 提供的天线设计方案。如图 20A 所示，实施例 12 提供的天线结构可包括：条形导体 191、槽 193。其中：

槽 193 可通过在条形导体 191 上开槽形成。槽 193 的开槽方向可垂直于条型导体 193 的延伸方向。槽 193 可在条型导体 193 的中间位置垂直于条型导体 193。槽 193 的中间位置可连接馈源，该馈源的正极可连接槽 193 的一侧边，该馈源的负极可连接槽 193 的另一侧边。

图 20B-图 20C 示例性示出了图 20A 的天线结构具有的模式电流、模式电场。图 20B 所示的电流在槽 193 两侧的导体上呈同向分布，其方向具体和条形导体 191 的延伸方向一致，该电流是该天线结构的 CM 线天线模式的电流。图 20C 所示的电流围绕着槽 193 呈反向分布，是该天线结构的 CM 槽天线模式的电流。图 20C 所示的电场在槽 193 上呈同向分布，是该天线结构的 CM 槽天线模式的电场。

可以看出，实施例 12 提供的天线设计方案，可通过在条形导体上开槽以兼具 DM 线天线和 DM 槽天线的枝节特点，并能通过馈电设计激励出两个槽天线模式：DM 线天线模式和 DM 槽天线模式，在天线小型化的同时实现覆盖多个频段。

实施例 12 中，馈电点 A 也可以偏离槽 193 的中间位置设置，可如图 20D 所示。偏置的馈电点 A 可将槽 193 划分为短槽体 193-A 和长槽体 193-B。这种馈电点偏置可使得该天线结构能够覆盖更多频段。下面说明 20D 示例性所示的天线结构可以产生的谐振模式。

请参阅图 20E，图 20E 中的“1”、“2”、“3”代表不同的谐振。该天线结构可以在 1.5GHz 附近产生谐振“1”，在 2.4GHz 附近产生谐振“2”，在 4.6GHz 附近产生谐振“3”。具体的：谐振“1”可由槽 193 的二分之一波长模式产生。谐振“2”可由条形导体 191 的二分之一波长模式产生。谐振“3”可由槽 193 的二分之一波长模式的倍频（3 倍频）产生。

图 20F-图 20H 示例性示出了谐振“1”、“2”、“3”的电流分布。如图 20F 所示，谐振“1”的电流围绕着槽 193 呈反向分布，围绕短槽 193-A 的电流强，围绕长槽 193-B 的电流弱。如图 20G 所示，谐振“2”的电流在条形导体 191 上呈同向分布，在条形导体 191 的中间的电流强，在条形导体 191 两端的电流弱。如图 20H 所示，谐振“3”的电流围绕着槽 193 呈反向分布，围绕着长槽 193-B 的电流强，围绕着短槽 193-A 的电流弱。

不限制槽 193 产生谐振“1”的波长模式,谐振“1”也可由槽 193 的二分之三波长模式等产生。不限制条形枝节 181 产生谐振“2”的波长模式,谐振“2”也可由条形导体 191 的二分之三波长模式、二分之五波长模式等产生。

除了图 20E 中示出的 1.5GHz 频段、2.4GHz 频段、4.6GHz 频段,图 20D 示例性所示的天线结构还可以产生其他频段的谐振,具体可通过调整该天线结构中各个枝节(如条形导体 191、槽 193)的尺寸来设置。

实施例 13

实施例 13 中,对 CM 线天线和 DM 槽天线进行合成,得到兼具 CM 线天线和 DM 槽天线的枝节特点的天线结构。通过馈电设计,可激励出 CM 线天线模式和 DM 槽天线模式。

图 21A 示出了实施 13 提供的天线设计方案。如图 21A 所示,实施例 13 提供的天线结构可包括:条形枝节 201、槽 203。其中:

条形枝节 201 和槽 203 可以相互平行。槽 203 可以通过在地板上开槽形成。条形枝节 201 可具有连接点 B,可在连接点 B 处连接枝节 205。枝节 205 可用于连接槽 203 的一侧边。连接点 B 具体可以设置在条形枝节 201 的中间位置。

槽 203 的中间位置可连接馈源。在该中间位置,馈源的正极连接槽 203 的一侧,馈源的负极连接槽 203 的另一侧。

下面说明图 21A 示例性所示的天线结构可以产生的谐振模式。

请参阅图 21B,图 21B 中的“1”、“2”、“3”代表不同的谐振。该天线结构可以在 1.45GHz 附近产生谐振“1”,在 2.0GHz 附近产生谐振“2”,在 3.6GHz 附近产生谐振“3”。具体的:谐振“1”可由槽 203 的二分之一波长模式产生,是 DM 槽天线模式的谐振。谐振“2”可由条形枝节 201 的四分之一波长模式产生,是 CM 线天线模式的谐振。谐振“3”可由槽 203 的二分之一波长模式的倍频(3 倍倍频)产生。

图 21C-图 21E 示例性示出了谐振“1”、“2”、“3”的电流分布。如图 21C 所示,谐振“1”的电流围绕着槽 203 呈反向分布,电流在槽 203 的两端强,电流在槽 203 的中间弱。谐振“1”的电流是槽 203 二分之一波长模式产生的电流,是 DM 槽天线模式的电流。如图 21D 所示,谐振“2”的电流在条形枝节 201 上呈反向分布,在条形枝节 201 的中间的电流强,在条形枝节 201 两端的电流弱。谐振“2”的电流是条形枝节 201 的四分之一波长模式产生的电流,是 CM 线天线模式的电流。如图 21E 所示,谐振“3”的电流围绕着槽 203 呈反向分布,电流在槽 203 的两端强,电流在槽 203 的中间弱。谐振“3”的电流是槽 203 二分之一波长模式的倍频(3 倍频)产生的电流,是 DM 槽天线模式的电流。

不限制槽 203 产生谐振“1”的波长模式,谐振“1”也可由槽 203 的二分之三波长模式等产生。不限制条形枝节 201 产生谐振“2”的波长模式,谐振“2”也可由条形枝节 201 的四分之三波长模式等产生。

除了图 21B 中示出的 1.45GHz 频段、2.0GHz 频段、3.6GHz 频段,图 21A 示例性所示的天线结构还可以产生其他频段的谐振,具体可通过调整该天线结构中各个枝节(如条形枝节 201、槽 203)的尺寸来设置。

可以看出,实施例 13 提供的天线设计方案,通过对 CM 线天线和 DM 槽天线进行合成,

得到兼具 CM 线天线和 DM 槽天线的枝节特点的天线结构。通过单馈的馈电设计，可激励出 CM 线天线模式和 DM 槽天线模式，可覆盖多个频段。

实施例 14

实施例 14 中，对 DM 线天线和 CM 槽天线进行合成，得到兼具 DM 线天线和 CM 槽天线的枝节特点的天线结构。通过馈电设计，可激励出 DM 线天线模式和 CM 槽天线模式。

图 22A 示出了实施 14 提供的天线设计方案。如图 22A 所示，实施例 14 提供的天线结构可包括：条形枝节 211、槽 213。其中：

条形枝节 211 和槽 213 可以相互平行。槽 213 可以通过在地板上开槽形成。槽 213 的侧边 213-A 靠近条形枝节 211，侧边 213-A 可设有开口 215。开口 215 具体可设于侧边 213-A 的中间位置，也可以设于偏离中间位置处。本实施例中，侧边 213-A 可以称为第一侧边。

条形枝节 211 可具有连接点 A 和连接点 B。条形枝节 211 可在连接点 A 处连接枝节 217，条形枝节 211 可在连接点 B 处连接枝节 219。枝节 217 可用于在开口 215 的一端（C 端）连接槽 213 的侧边 213-A 和条形枝节 211。枝节 219 可用于在开口 215 的另一端（D 端）连接槽 213 的侧边 213-A 和条形枝节 211。本实施例中，连接点 A 和连接点 B 以分别称为第一连接点、第二连接点。本实施例中，枝节 217、枝节 219 可以分别称为第一枝节、第二枝节。

开口 215 处可连接馈源。在开口 215 处，馈源的正极在开口 215 的一端（C 端）连接枝节 217，馈源的负极在开口 215 的另一端（D 端）连接枝节 219。

下面说明图 22A 示例性所示的天线结构可以产生的谐振模式。

请参阅图 22B，图 22B 中的“1”、“2”、“3”代表不同的谐振。该天线结构可以在 2.28GHz 附近产生谐振“1”，在 3.5GHz 附近产生谐振“2”，在 5.7GHz 附近产生谐振“3”。具体的：谐振“1”可由条形枝节 211 的二分之一波长模式产生，是 DM 线天线模式的谐振。谐振“2”可由槽 213 的四分之一波长模式产生，是 CM 槽天线模式的谐振。谐振“3”可由条形枝节 211 的二分之一波长模式的倍频（3 倍倍频）产生。

图 22C-图 22E 示例性示出了谐振“1”、“2”、“3”的电流分布。如图 22C 所示，谐振“1”的电流在条形枝节 211 上呈同向分布，在条形枝节 211 的中间的电流强，在条形枝节 211 两端的电流弱。谐振“1”的电流是条形枝节 211 的二分之一波长模式产生的电流，是 DM 线天线模式的电流。如图 22D 所示，谐振“2”的电流围绕着槽 213 呈反向分布，电流在槽 213 的两端强，电流在槽 213 的中间弱。谐振“2”的电流是槽 213 四分之一波长模式产生的电流，是 CM 槽天线模式的电流。如图 22E 所示，谐振“3”的电流在条形枝节 211 上呈同向分布，在条形枝节 211 的中间的电流强，在条形枝节 211 两端的电流弱。谐振“3”的电流是条形枝节 211 的二分之一波长模式的倍频（3 倍频）产生的电流，是 DM 线天线模式的电流。

不限制条形枝节 211 产生谐振“1”的波长模式，谐振“1”也可由条形枝节 211 的二分之三波长模式等产生。不限制槽 213 产生谐振“2”的波长模式，谐振“2”也可由槽 213 的四分之三波长模式等产生。

除了图 22B 中示出的 2.28GHz 频段、3.5GHz 频段、5.7GHz 频段，图 22A 示例性所示

的天线结构还可以产生其他频段的谐振，具体可通过调整该天线结构中各个枝节（如条形枝节 211、槽 213）的尺寸来设置。

当槽 213 的开口 215 偏离侧边 213-A 的中间位置而设时，图 22A 示例性所示的天线结构还可以覆盖更多频段。

可以看出，实施例 14 提供的天线设计方案，通过对 DM 线天线和 CM 槽天线进行合成，得到兼具 DM 线天线和 CM 槽天线的枝节特点的天线结构。通过单馈的馈电设计，可激励出 DM 线天线模式和 CM 槽天线模式，可覆盖多个频段。

以上实施例中提及的各种槽也可在 PCB 17 之外的地板（金属板）上开设形成。

本申请中，天线的某种波长模式（如二分之一波长模式、四分之一波长模式等）中的波长可以是指该天线辐射的信号波长。例如，天线的二分之一波长模式可产生 2.4GHz 频段的谐振，其中二分之一波长模式中的波长是指天线辐射 2.4GHz 频段的信号的波长。应理解的是，辐射信号在空气中的波长可以如下计算：波长=光速/频率，其中频率为辐射信号的频率。辐射信号在介质中的波长可以如下计算：波长=（光速/ $\sqrt{\epsilon}$ ）/频率，其中， ϵ 为该介质的相对介电常数，频率为辐射信号的频率。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权利要求

1、一种电子设备，其特征在于，包括天线装置，所述天线装置包括：条形导体，所述条形导体上设置有馈电点和接地点，

所述馈电点设置在所述条形导体的中间位置，所述馈电点连接馈源的正极，所述馈源的负极接地；所述接地点设置在所述条形导体上，所述接地点连接接地枝节，所述接地枝节用于接地；所述馈电点到所述接地点之间的距离与所述接地枝节的长度之和，小于 $1/4$ 个第一波长；

所述条形导体上存在频率不同的两路电流：第一电流、第二电流，所述第一电流在所述馈电点两侧方向相反，所述第二电流在所述馈电点两侧方向相同；

其中，所述第一波长由所述第一电流的频率确定。

2、如权利要求1所述的电子设备，其特征在于，所述电子设备包括地板，所述接地枝节具体连接所述地板，所述地板上分布第三电流，所述第三电流的频率不同于所述第一电流、所述第二电流的频率。

3、如权利要求2所述的电子设备，其特征在于，所述电子设备包括金属边框，所述条形导体为所述电子设备的部分金属边框。

4、如权利要求3所述的电子设备，其特征在于，所述部分金属边框为位于所述电子设备底部的金属边框，或者为位于所述电子设备顶部的金属边框。

5、如权利要求2-4中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述第三电流的频率低于所述第一电流、所述第二电流的频率。

6、如权利要求1-5中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述接地枝节为设在所述地板上的连接所述条形导体的金属弹片。

7、如权利要求1-6中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述地板包括：所述电子设备的印刷电路板PCB地板、所述电子设备的金属中框。

8、一种电子设备，包括天线装置，其特征在于，所述天线装置包括：开设有槽的金属板，其中，所述槽的第一侧的中间位置设有开口；在所述槽的第一位置处，馈源的正极连接所述槽的第一侧，所述馈源的负极连接所述槽的第二侧；所述第一位置到所述开口之间的距离小于 $1/4$ 个第一波长；

在所述金属板上存在围绕所述槽的第一电流和第二电流，所述第一电流和所述第二电流的频率不同，所述第一电流围绕所述槽同向分布；所述第二电流围绕所述槽，在所述开口两侧呈反向分布；

其中，所述第一波长由所述第一电流的频率确定。

9、如权利要求8所述的电子设备，其特征在于，所述电子设备包括地板，所述金属板是所地板。

10、如权利要求9所述的电子设备，其特征在于，所述地板包括：所述电子设备的印刷电路板PCB地板、所述电子设备的金属中框。

11、一种电子设备，包括天线装置，其特征在于，所述天线装置包括：至少一个线天线、槽天线，

所述槽天线包括开设有槽的金属板；所述槽天线的中间位置处连接有馈源，所述馈源

的正极连接所述槽的一侧边，所述馈源的负极连接所述槽的另一侧边；

所述线天线平行于所述金属板所处的平面，所述线天线在所述金属板上的投影与所述槽的相交部分位于所述投影的中间位置，所述相交部分到所述槽天线的中间位置之间的距离小于 $1/2$ 个第一波长；所述第一波长是所述槽天线的工作波长；

所述槽天线上分布有围绕所述槽的第一电流，所述第一电流在所述槽天线的中间位置两侧方向相反；所述线天线上分布有方向相同的第二电流。

12、如权利要求 11 所述的电子设备，其特征在于，所述线天线到所述金属板所处的平面的距离小于第一距离。

13、如权利要求 11 或 12 所述的电子设备，其特征在于，所述至少一个线天线为不同长度的两个或两个以上的线天线。

14、如权利要求 13 所述的电子设备，其特征在于，所述两个或两个以上的线天线各自在所述金属板上的投影相互平行。

15、如权利要求 14 所述的电子设备，其特征在于，所述两个或两个以上的线天线同处于第一平面，所述第一平面平行于所述金属板所处的平面。

16、如权利要求 13-15 中任一项所述的电子设备，其特征在于，在所述两个或两个以上的线天线上的所述第二电流的频率不同。

17、如权利要求 11-16 中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述线天线是悬浮天线；所述线天线设置于所述电子设备的后盖的内表面，或者设置于所述后盖的外表面，或者嵌入于所述后盖中。

18、如权利要求 11-17 中任一项所述的电子设备，其特征在于，所述电子设备包括地板，所述金属板是地板。

19、如权利要求 18 所述的电子设备，其特征在于，所述地板包括：所述电子设备的印刷电路板 PCB 地板、所述电子设备的金属中框。

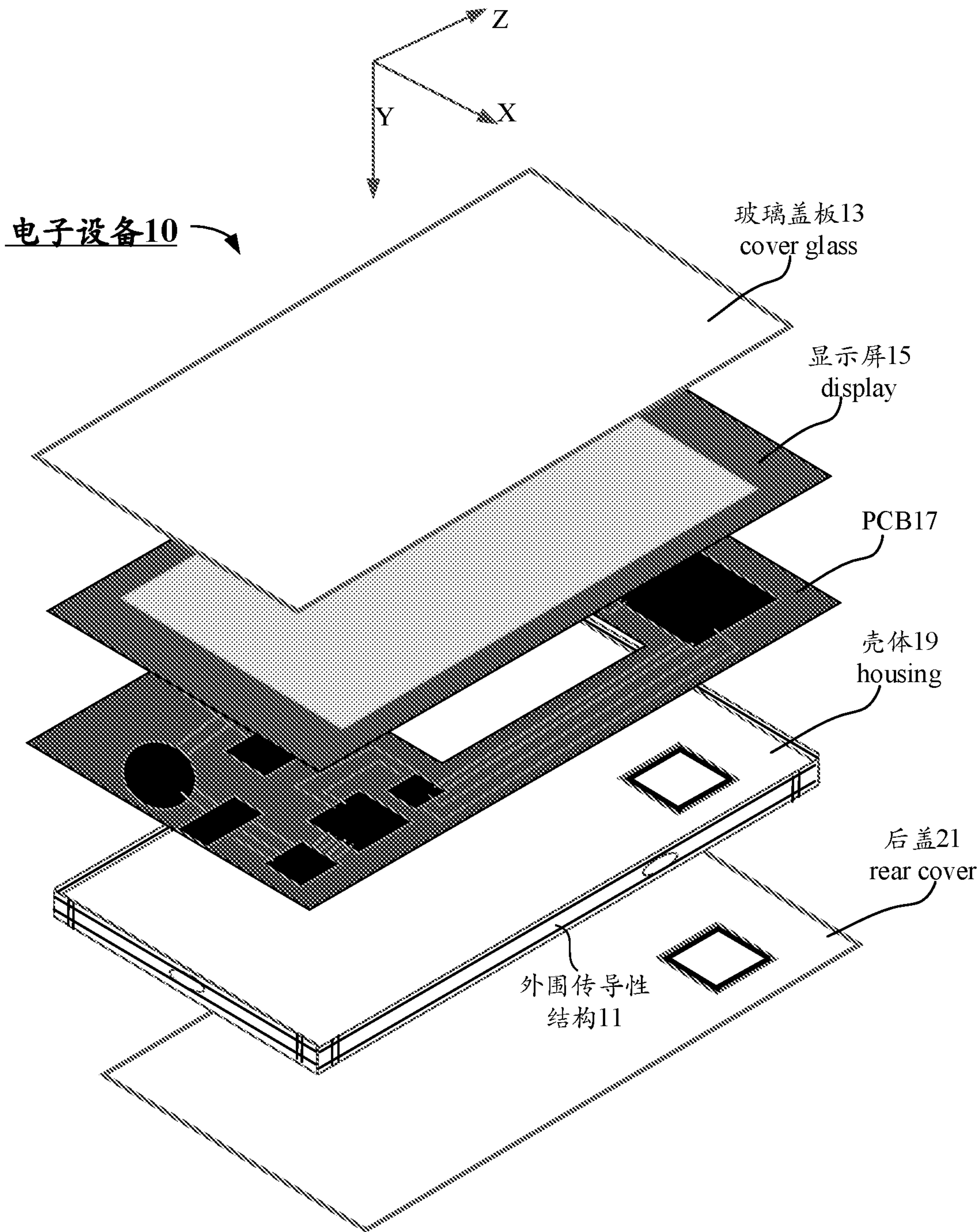


图 1

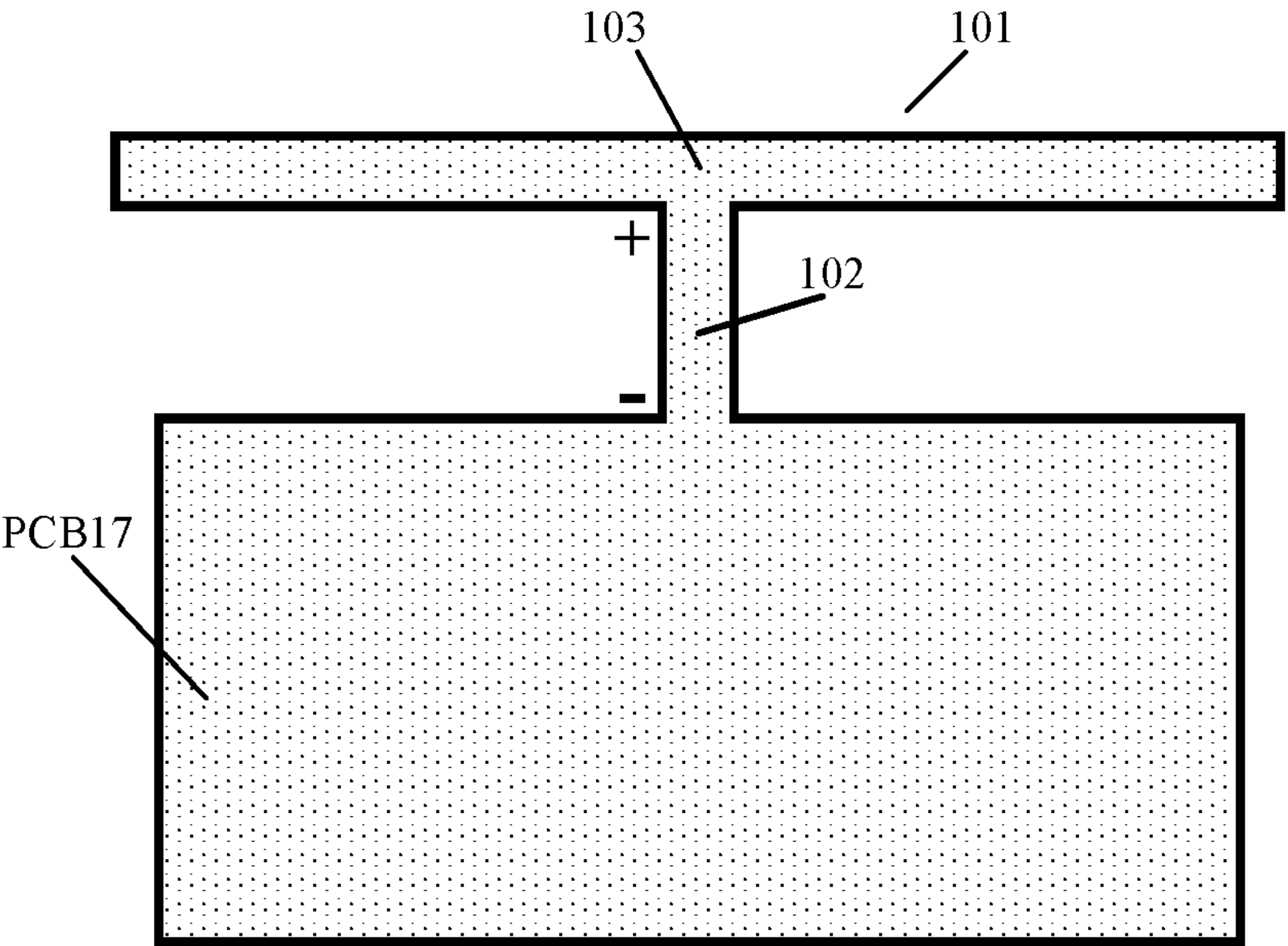


图 2A

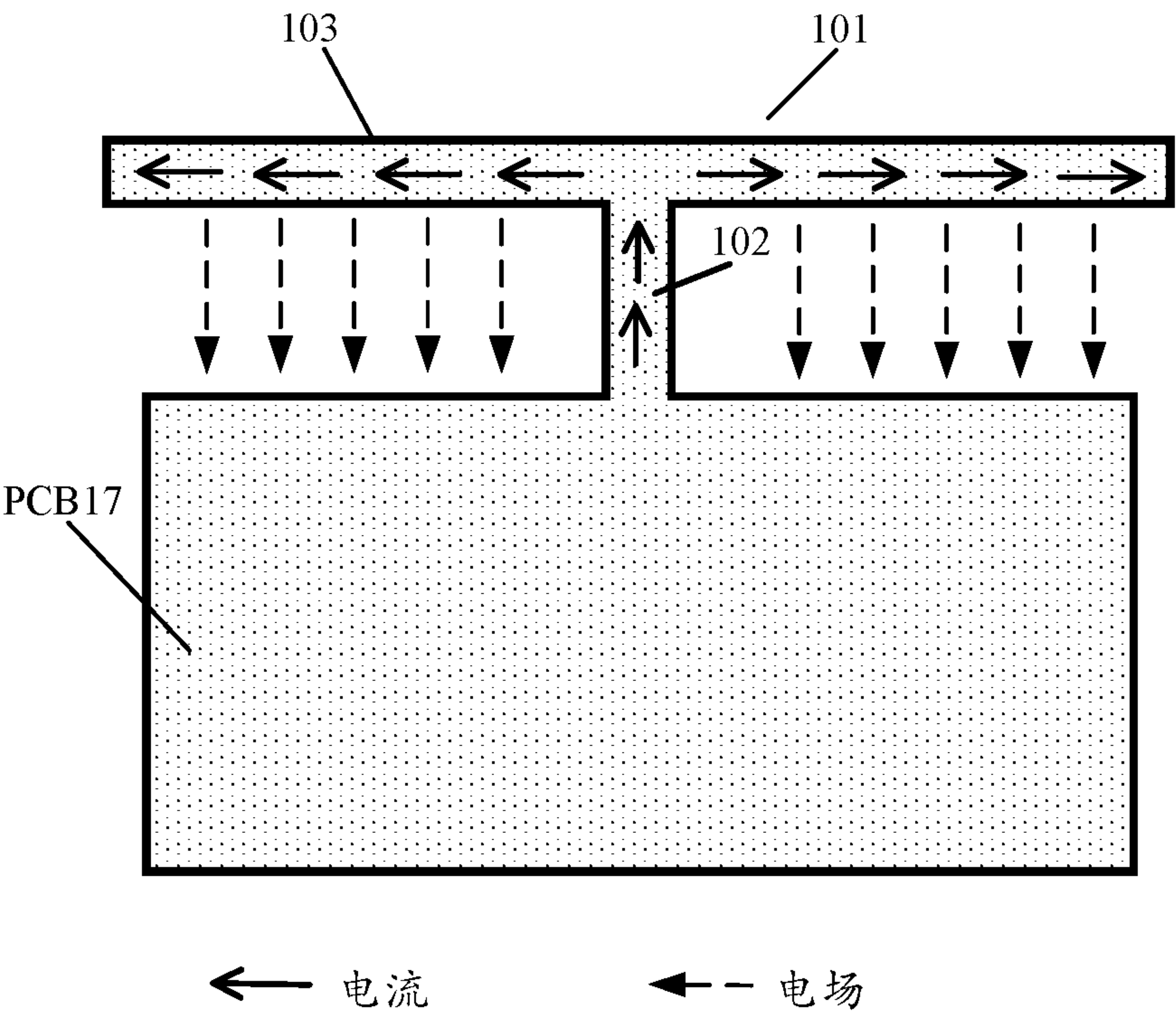


图 2B

3/42

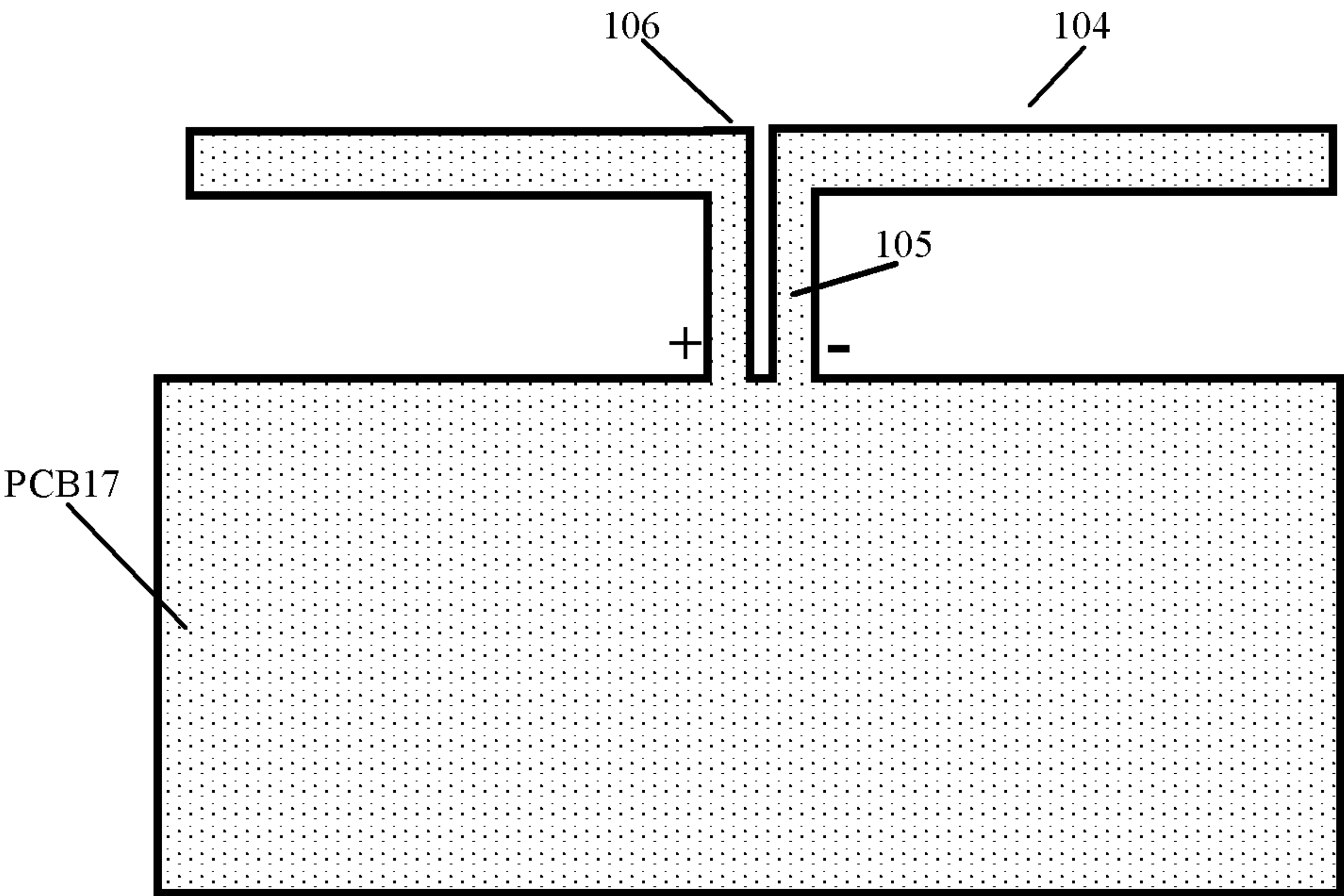


图 3A

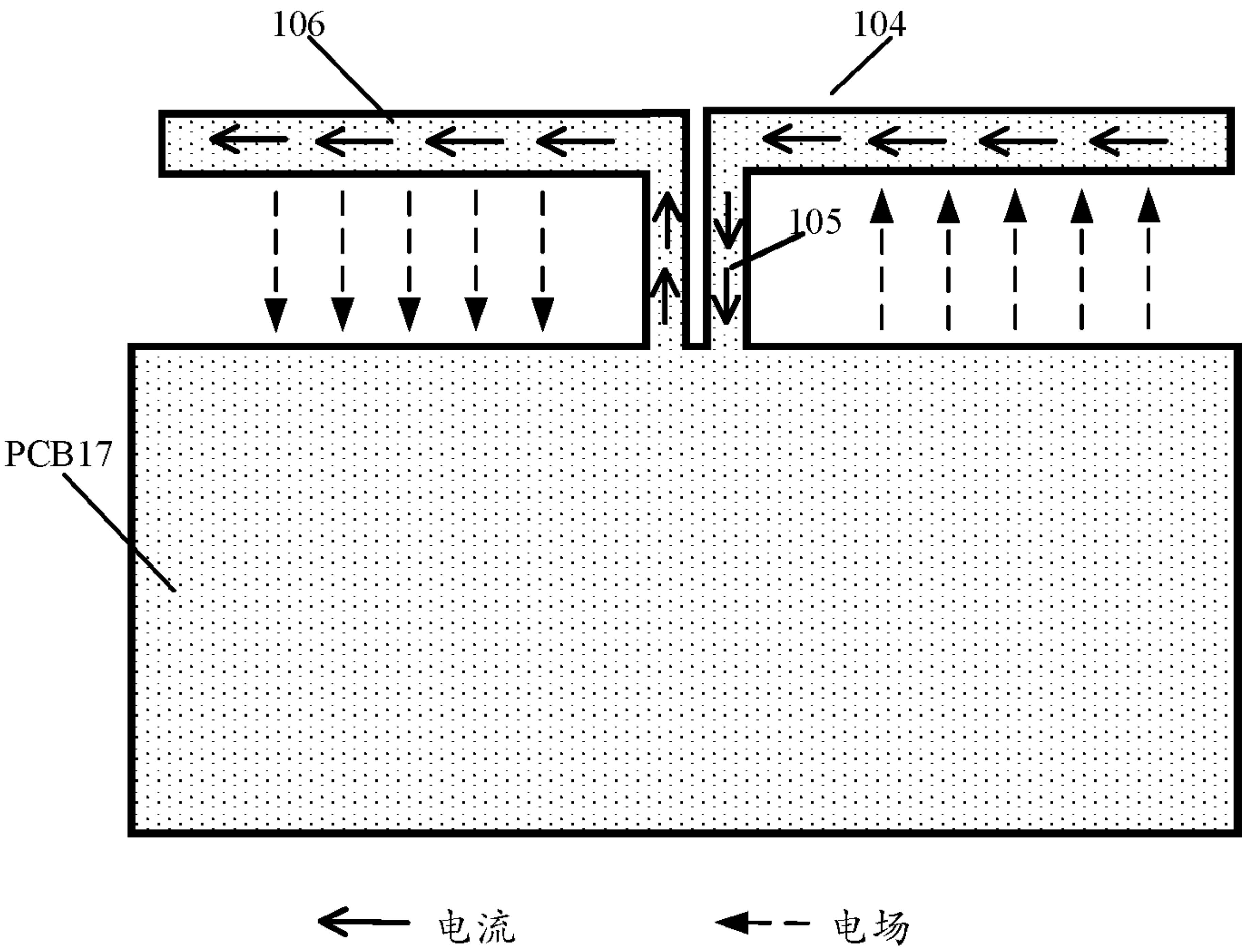


图 3B

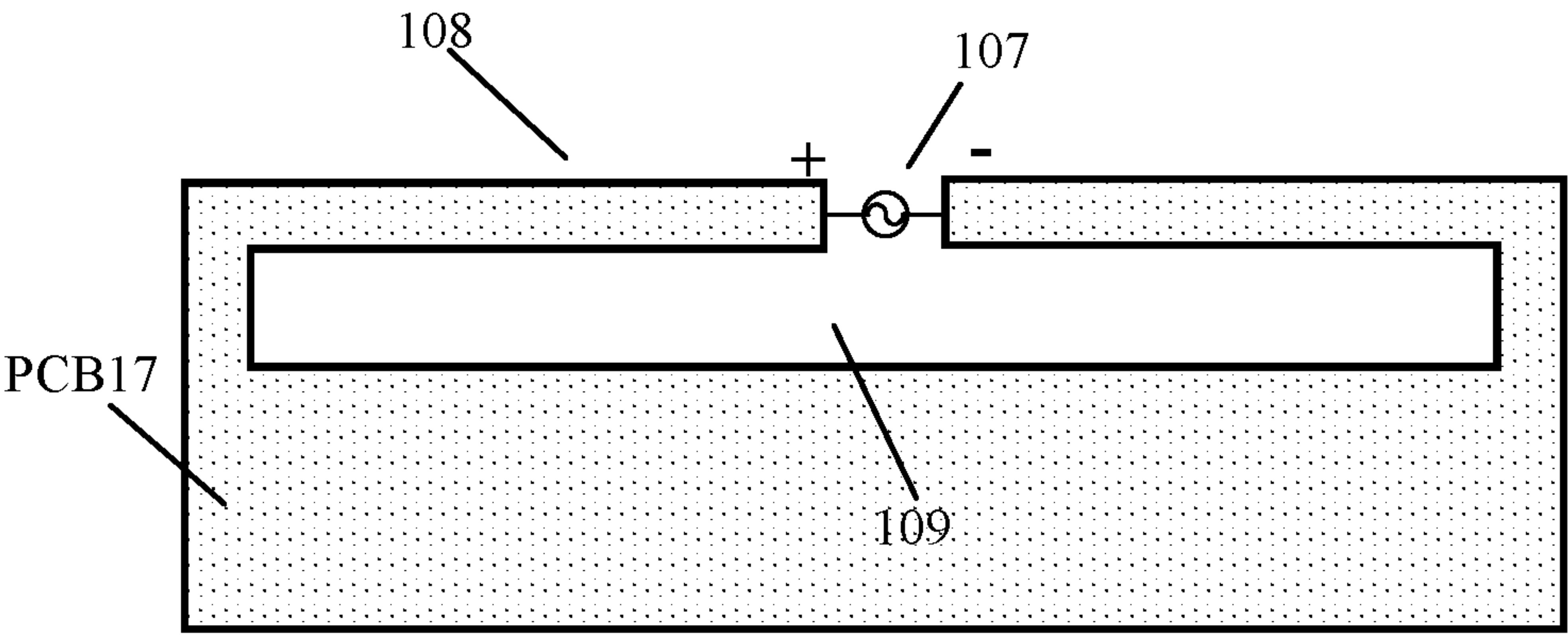
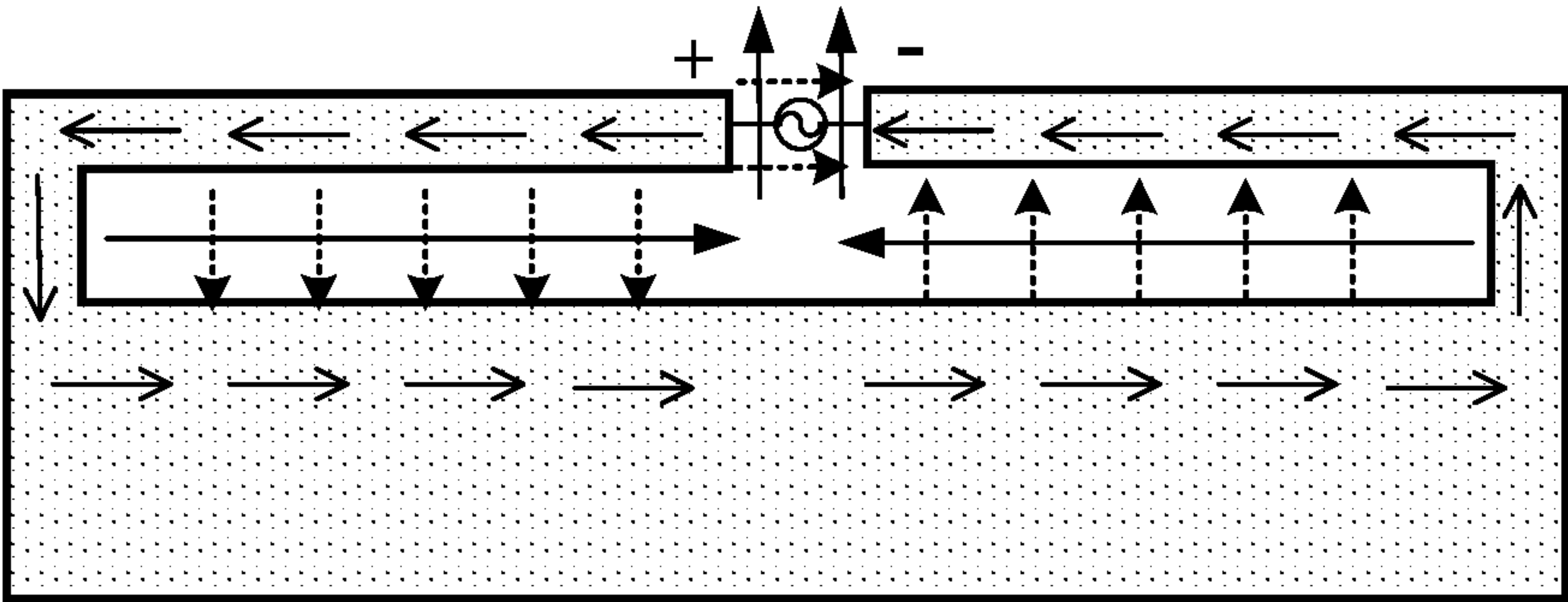


图 4A



← 电流 ←····· 电场 ← 磁流

图 4B

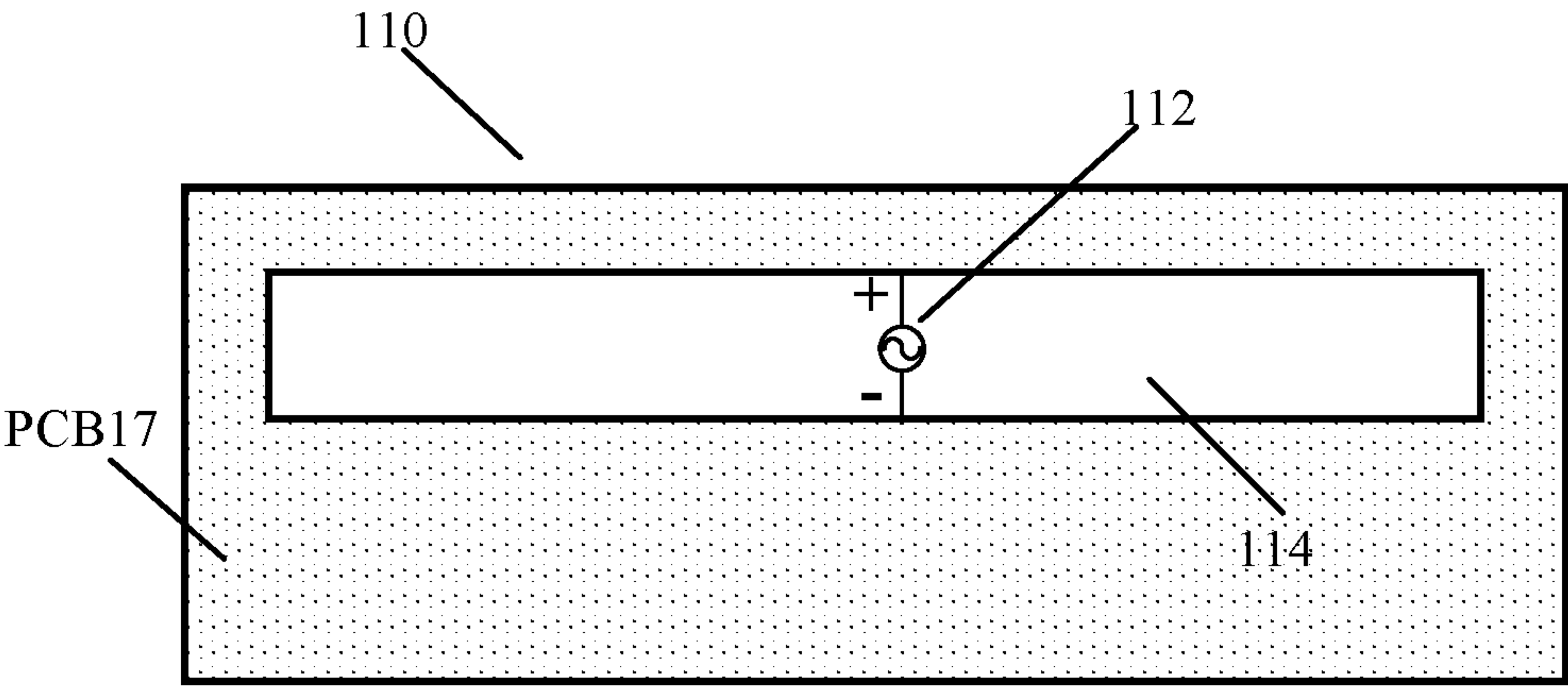
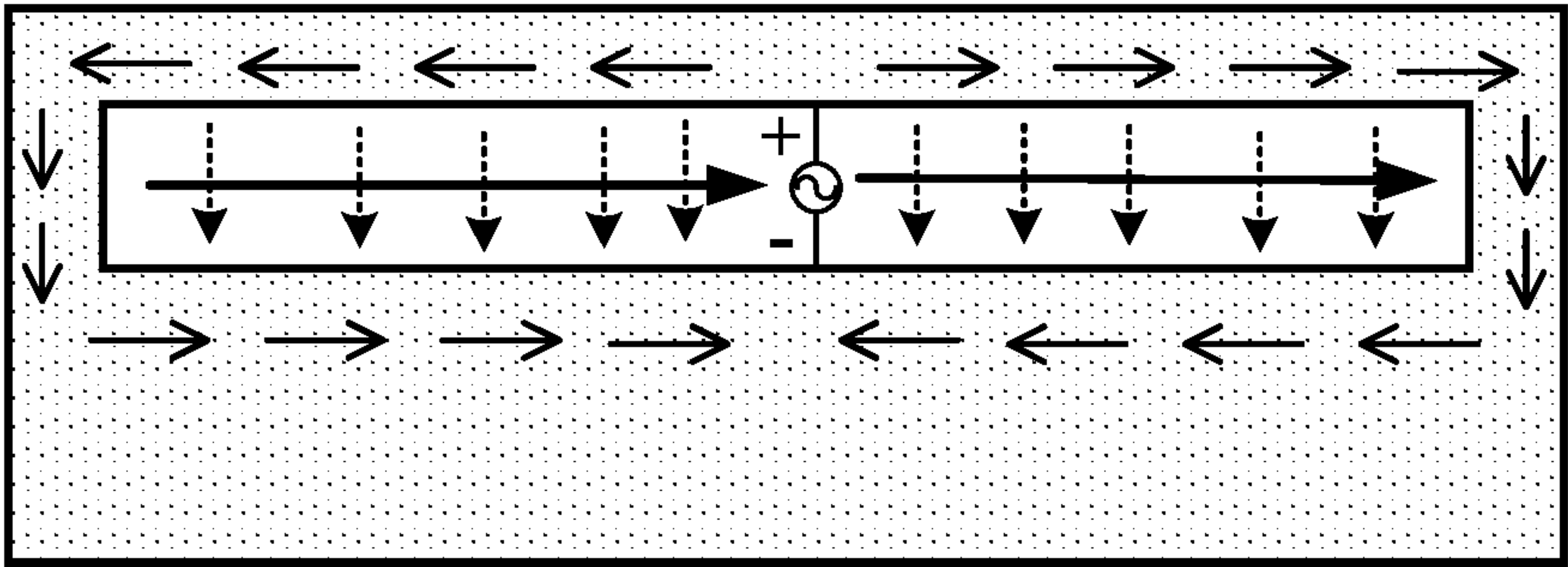
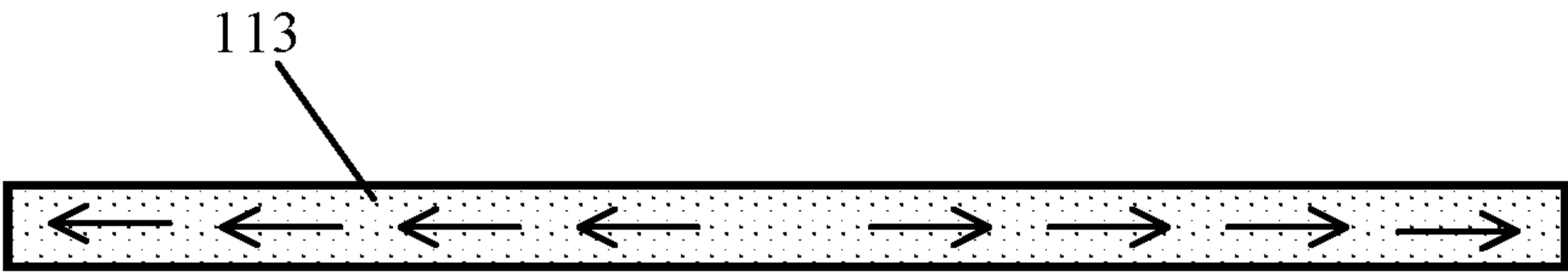


图 5A



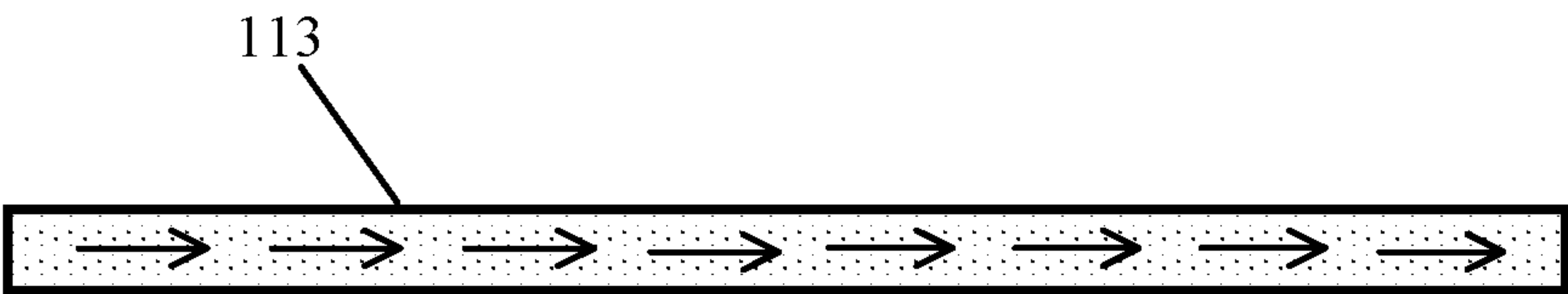
← 电流 ←····· 电场 ← 磁流

图 5B



← 电流

图 6A



← 电流

图 6B

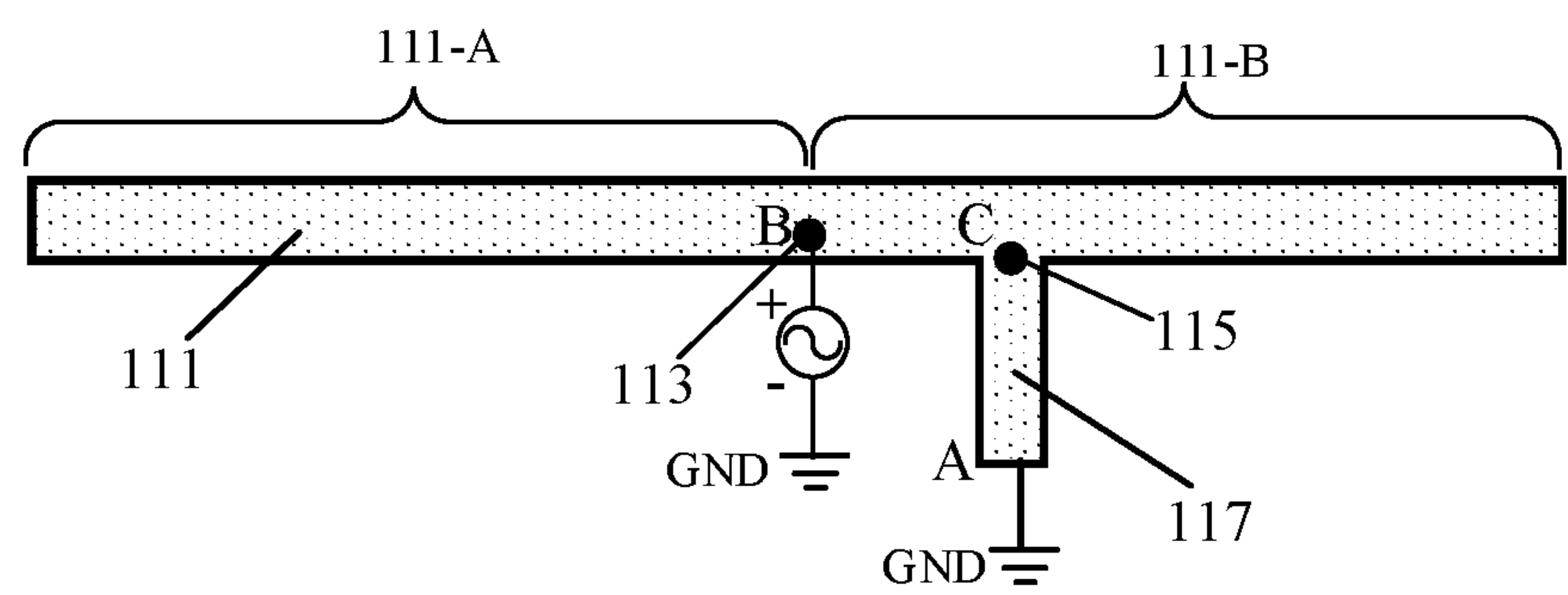
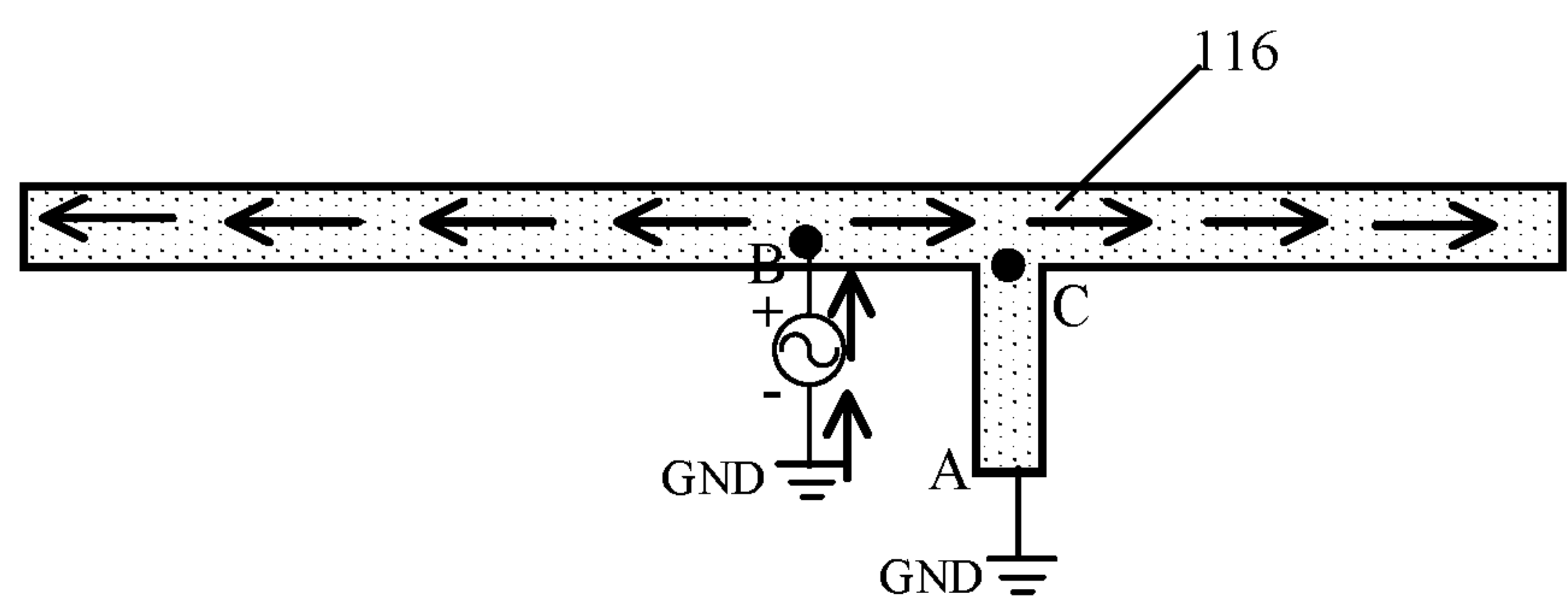
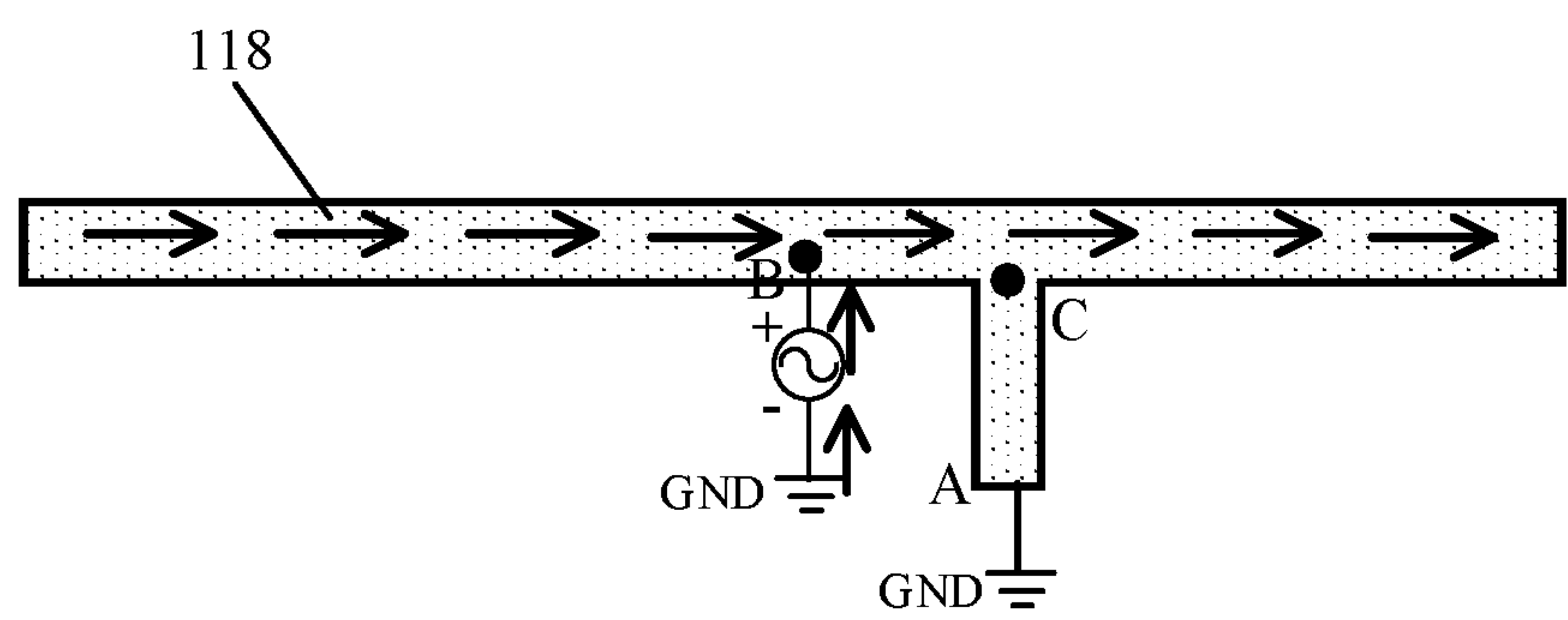


图 7A



← 电流

图 7B



← 电流

图 7C

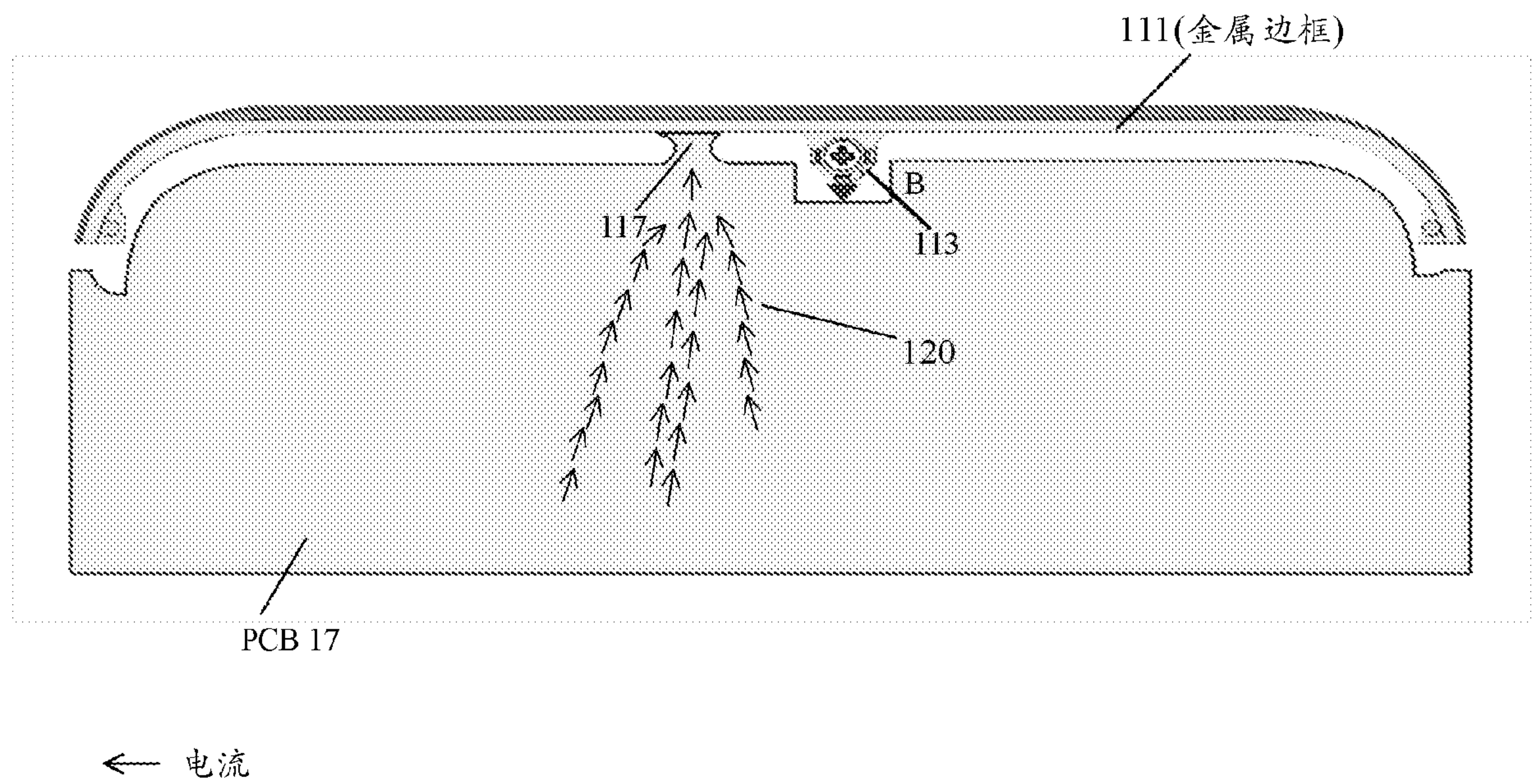
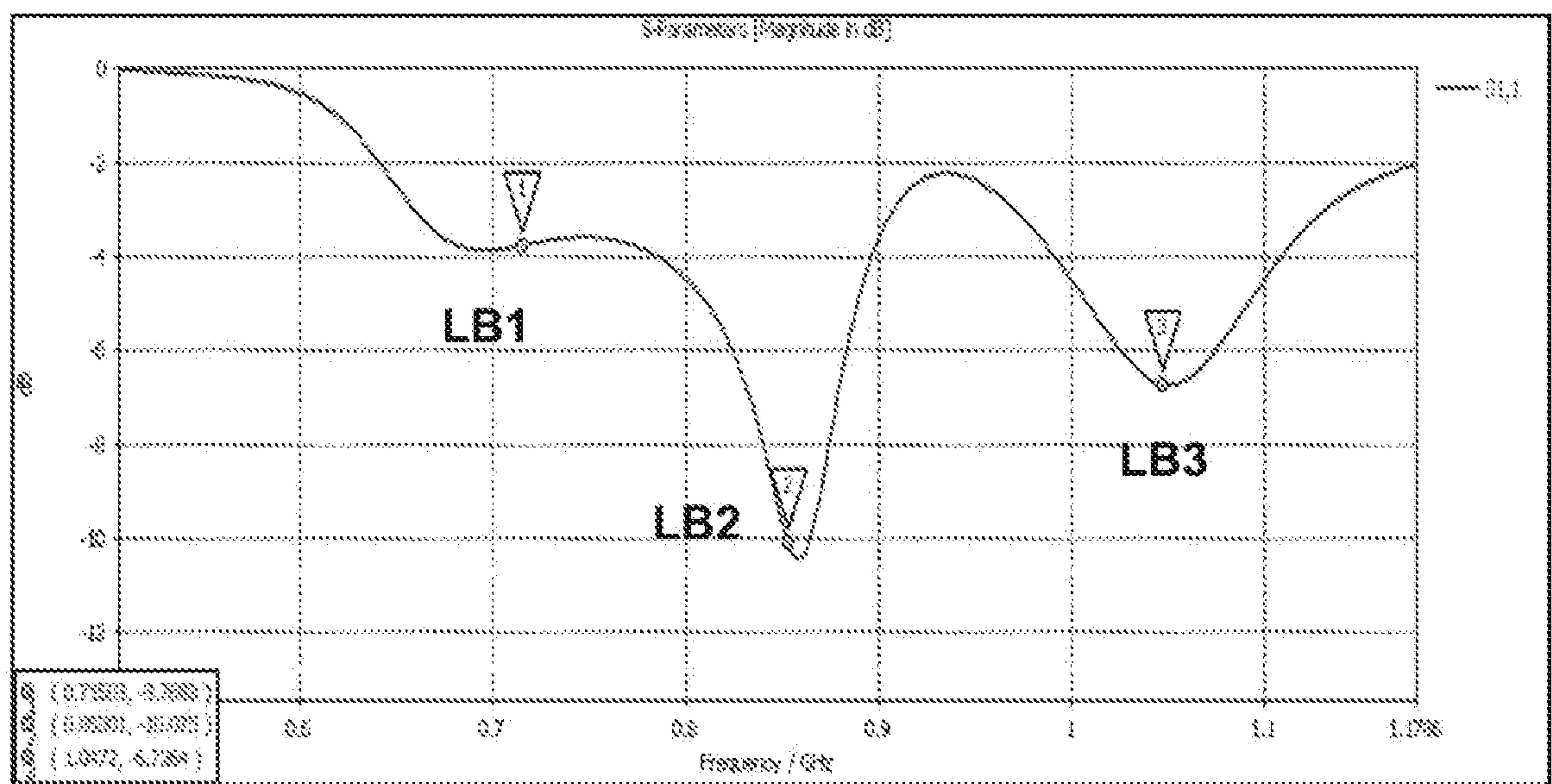


图 7D



Simulated S11

图 7E

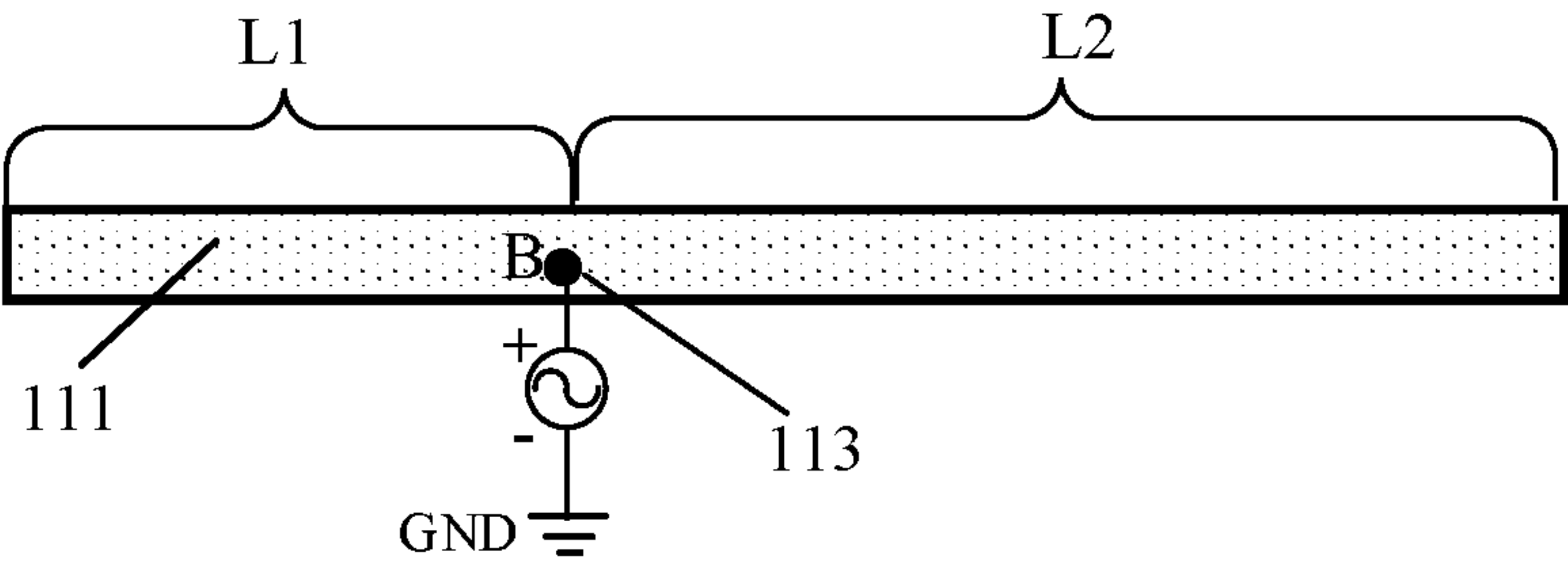
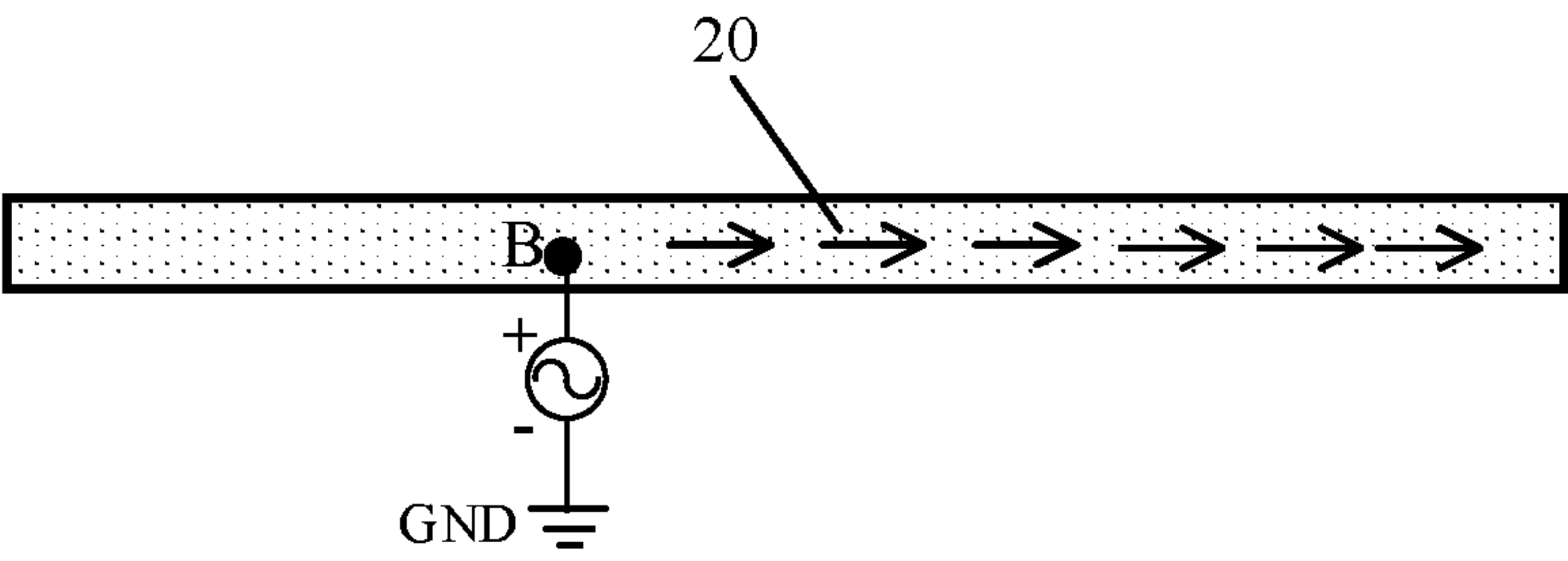
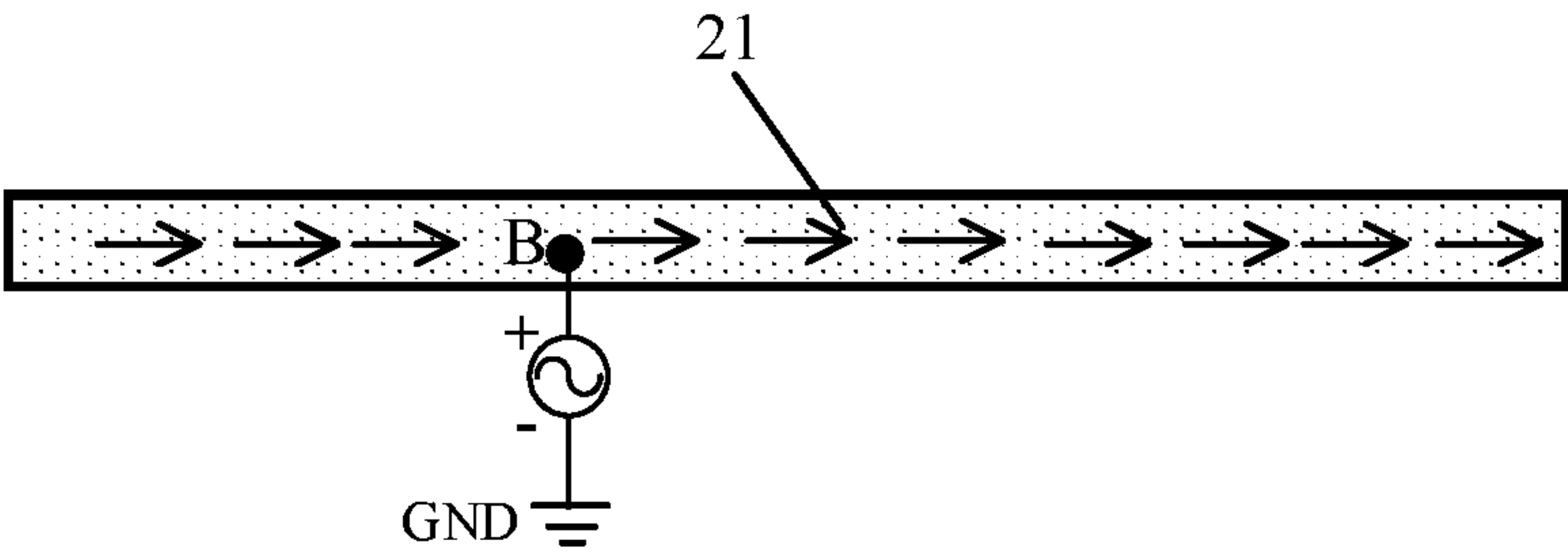


图 8A



← 电流

图 8B



← 电流

图 8C

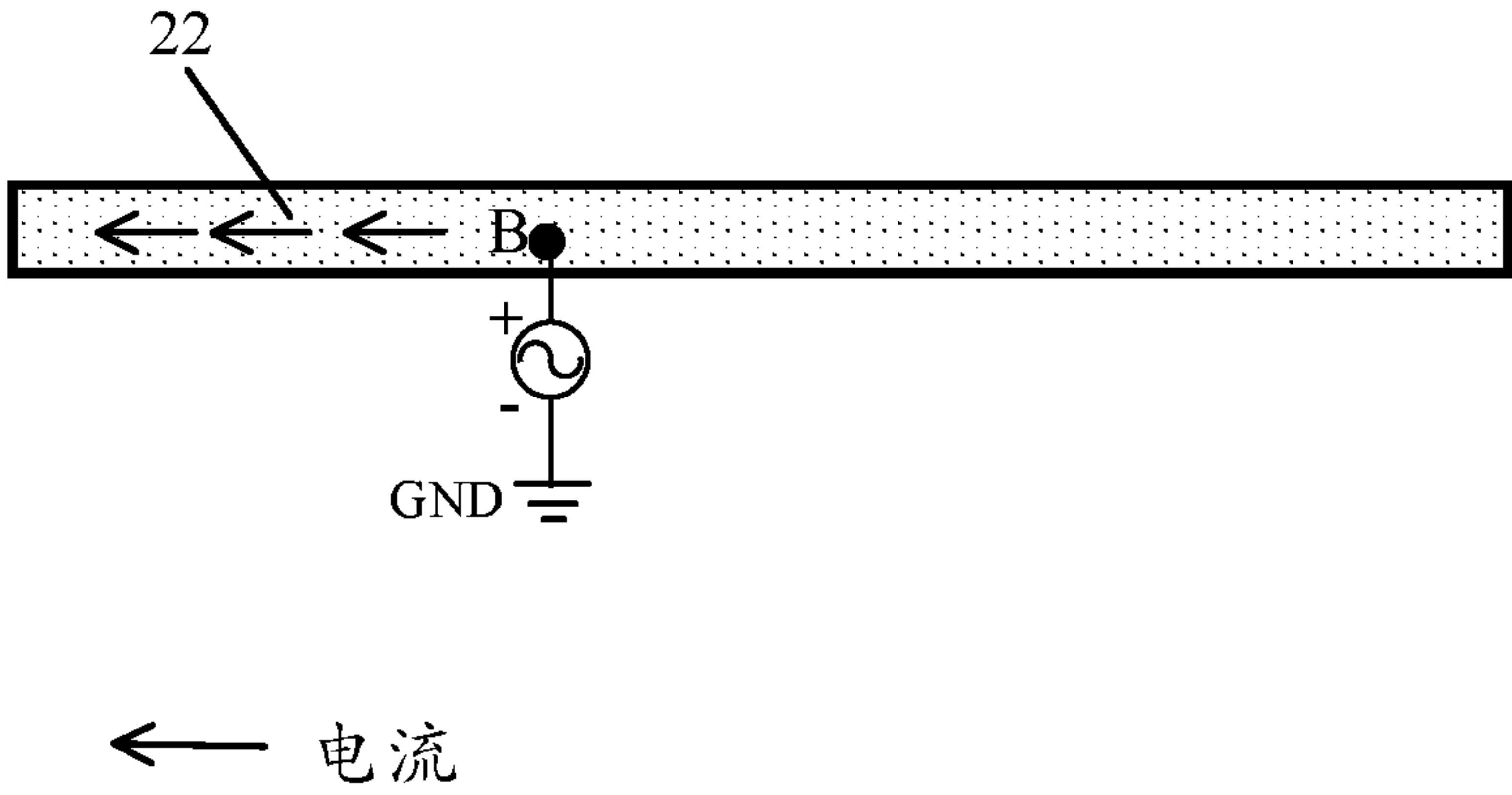


图 8D

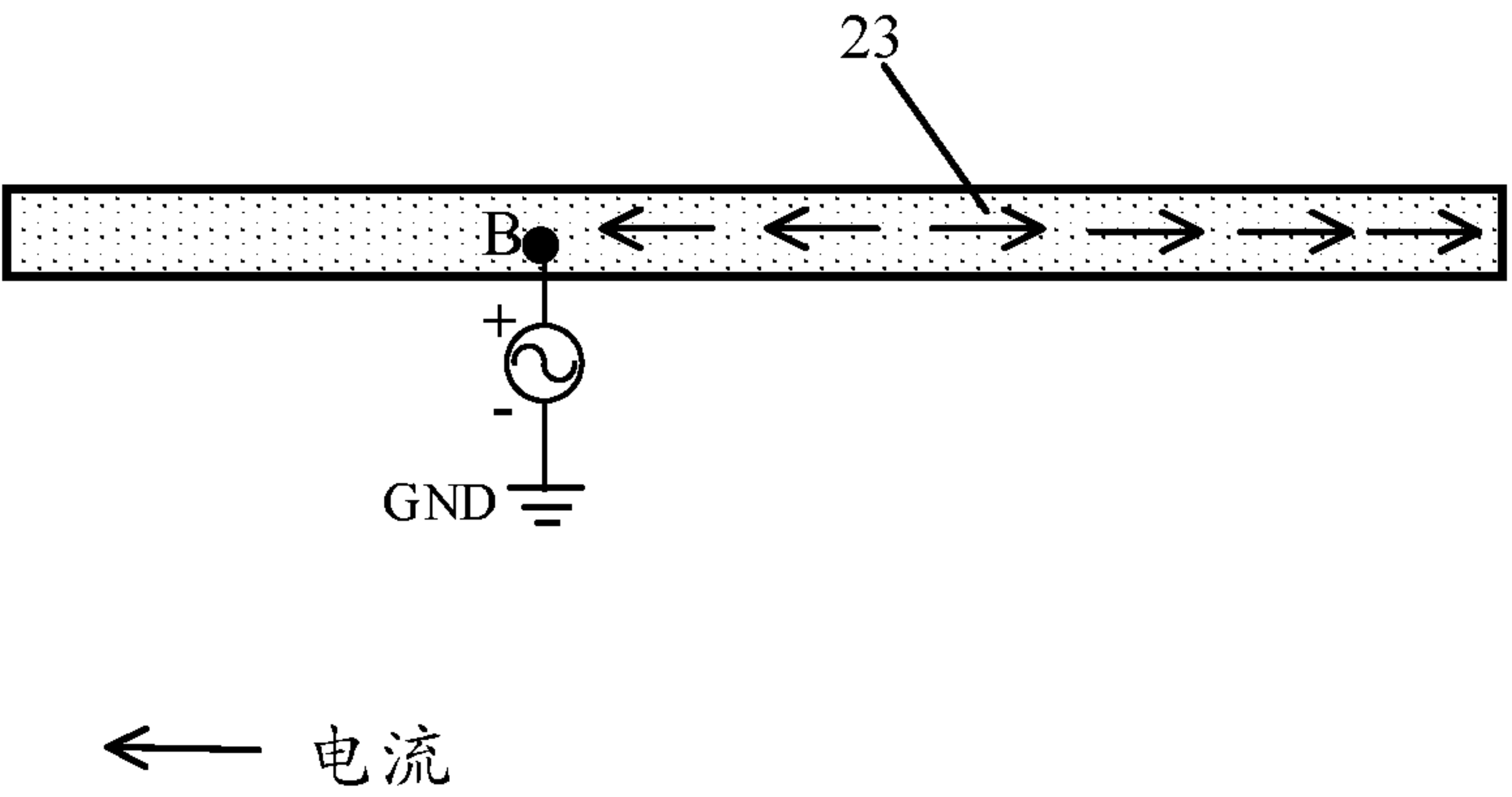


图 8E

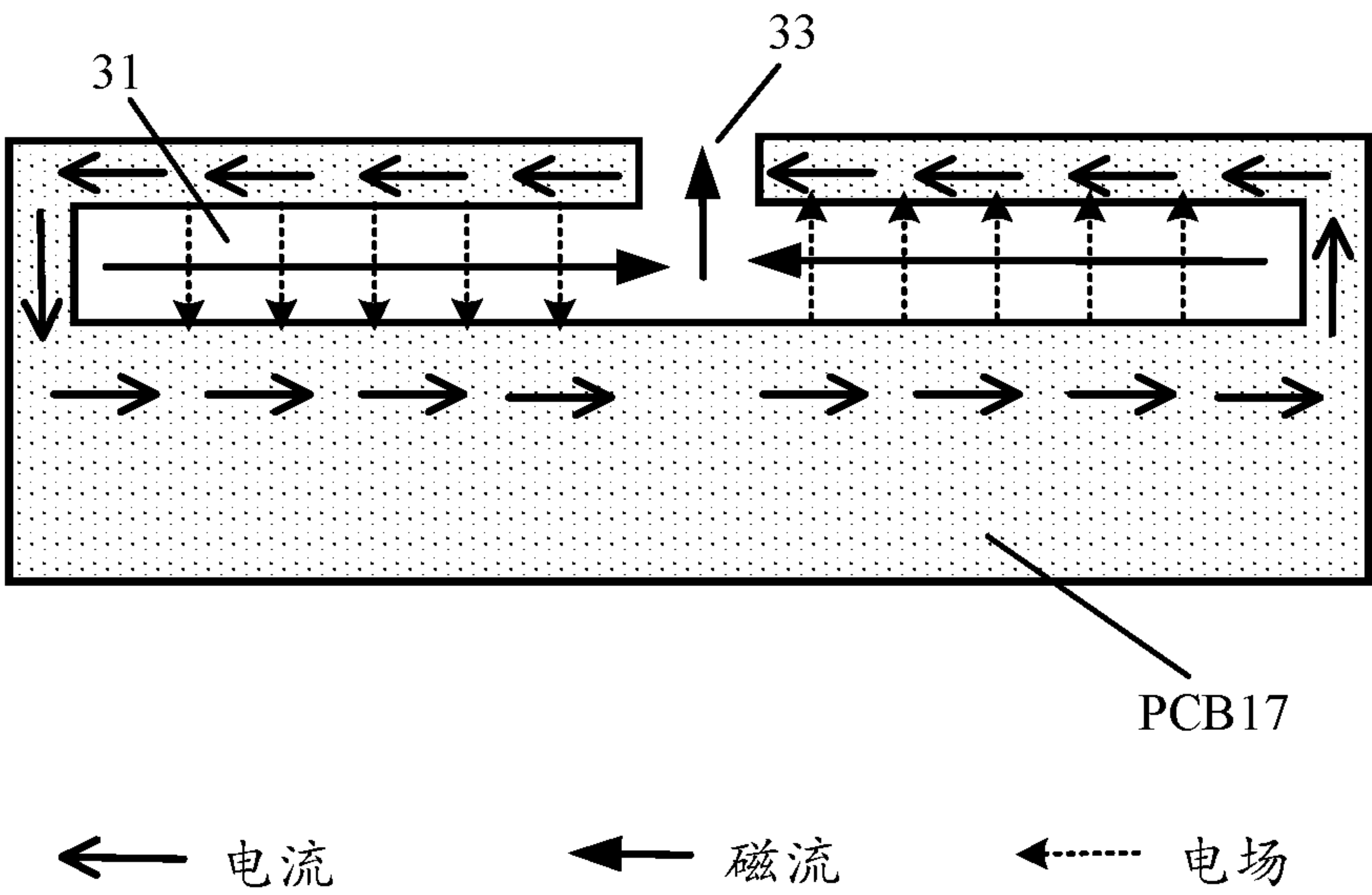


图 9A

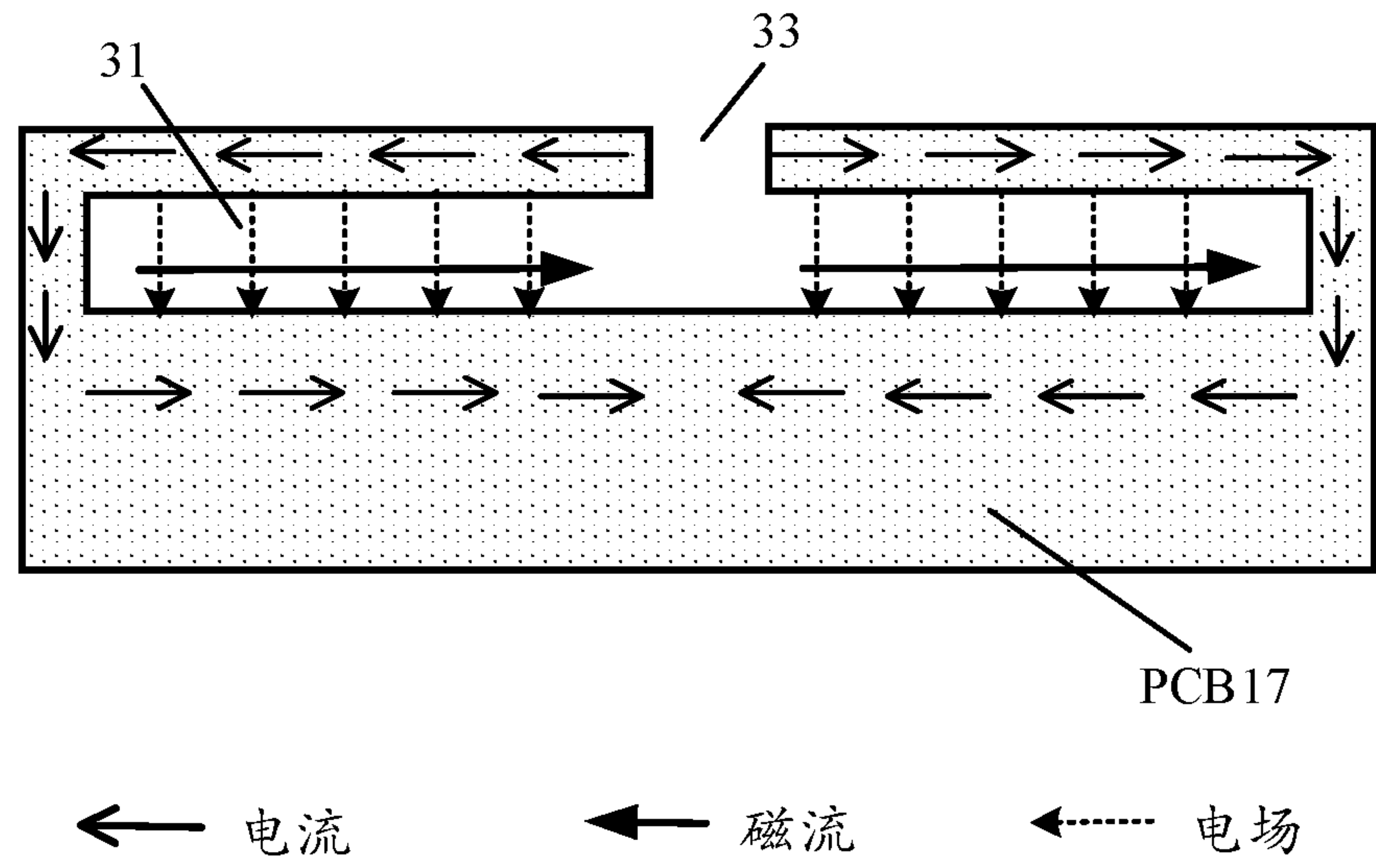


图 9B

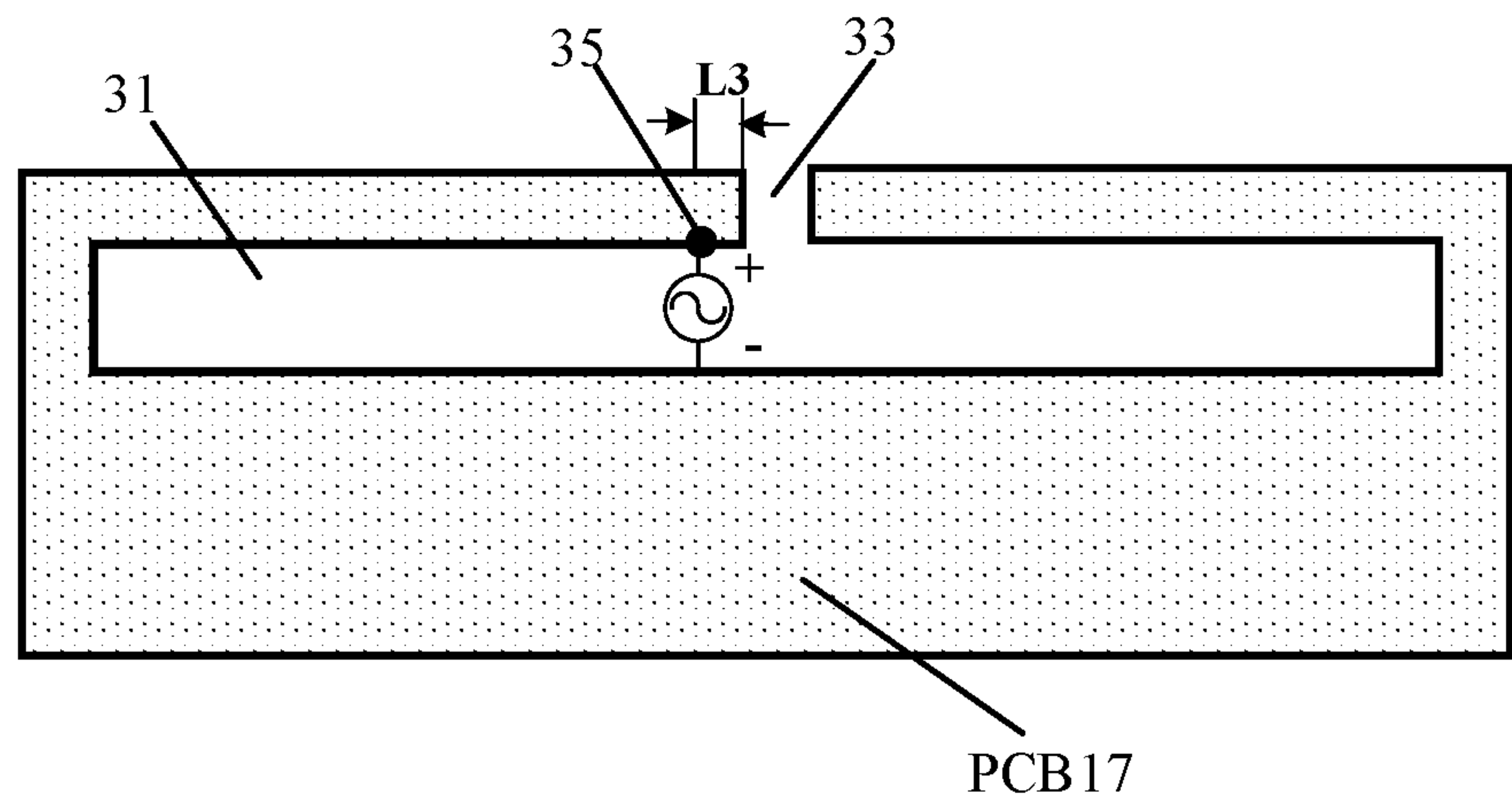


图 10A

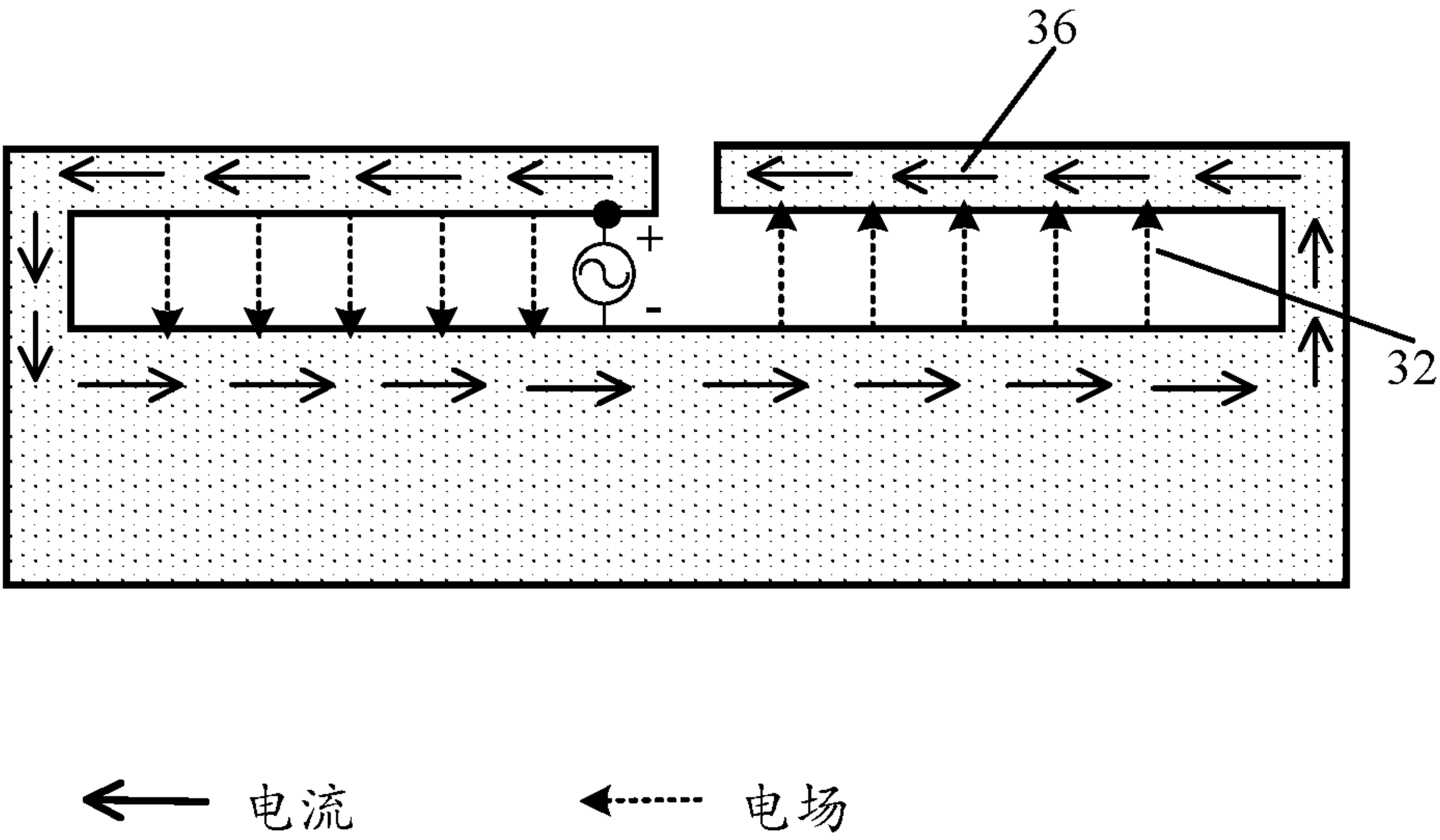


图 10B

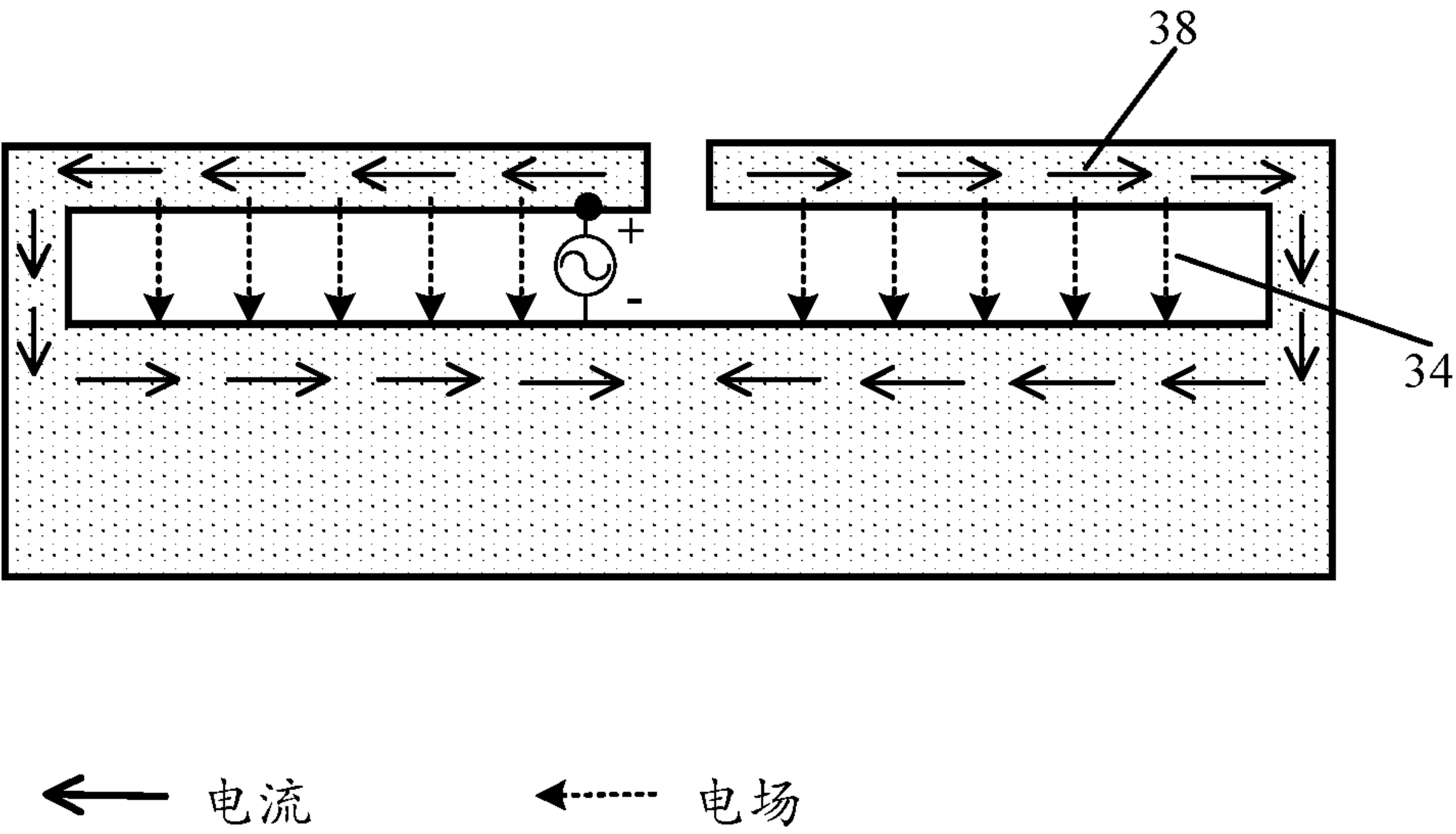


图 10C

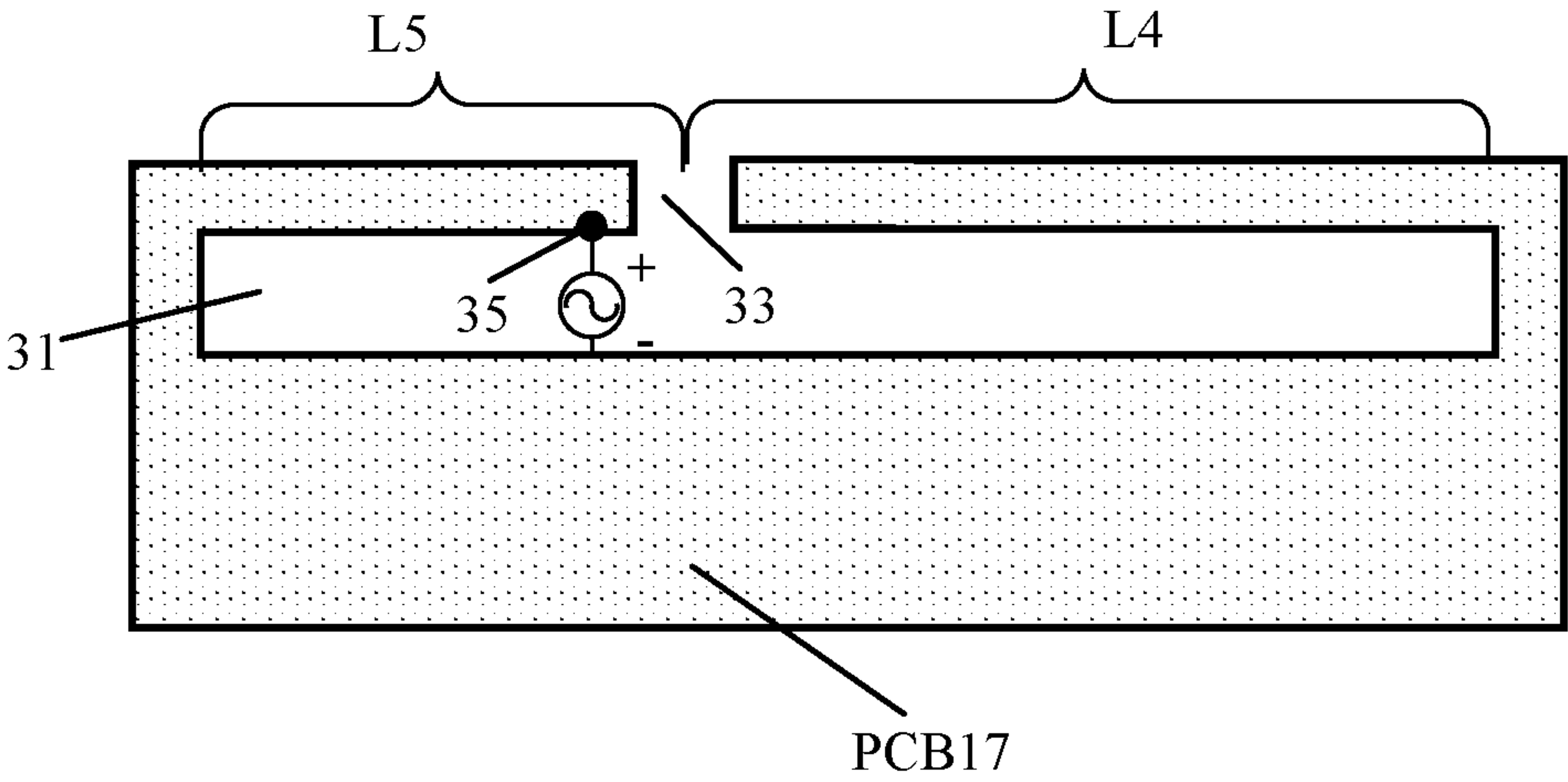
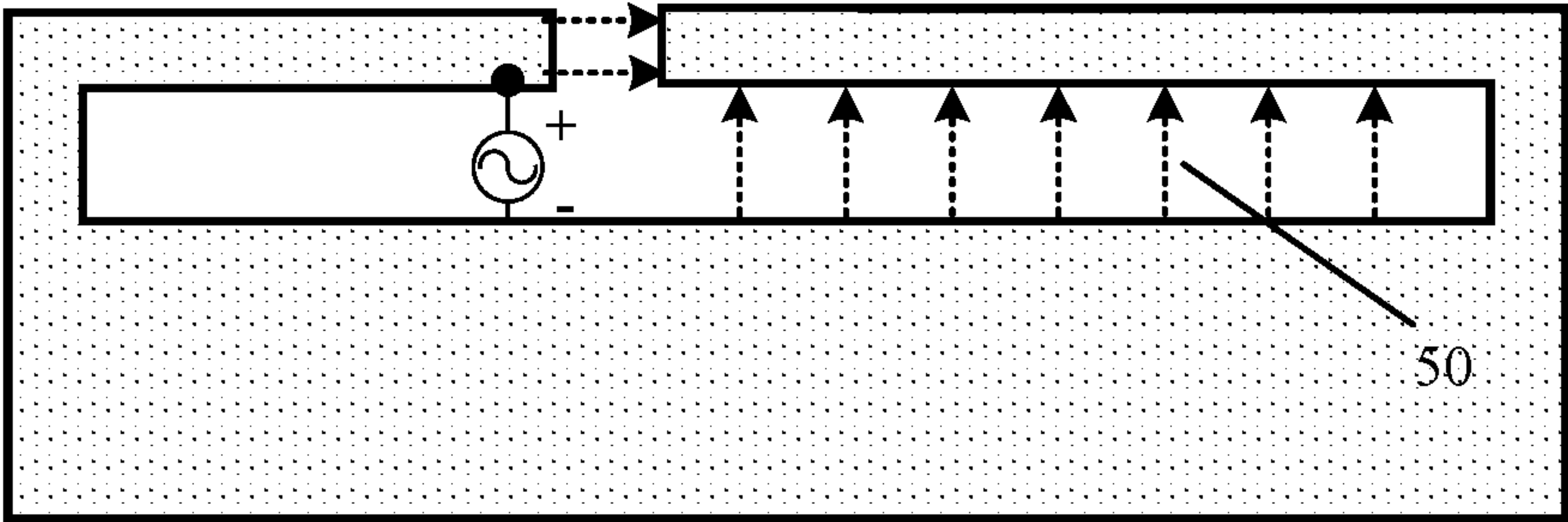
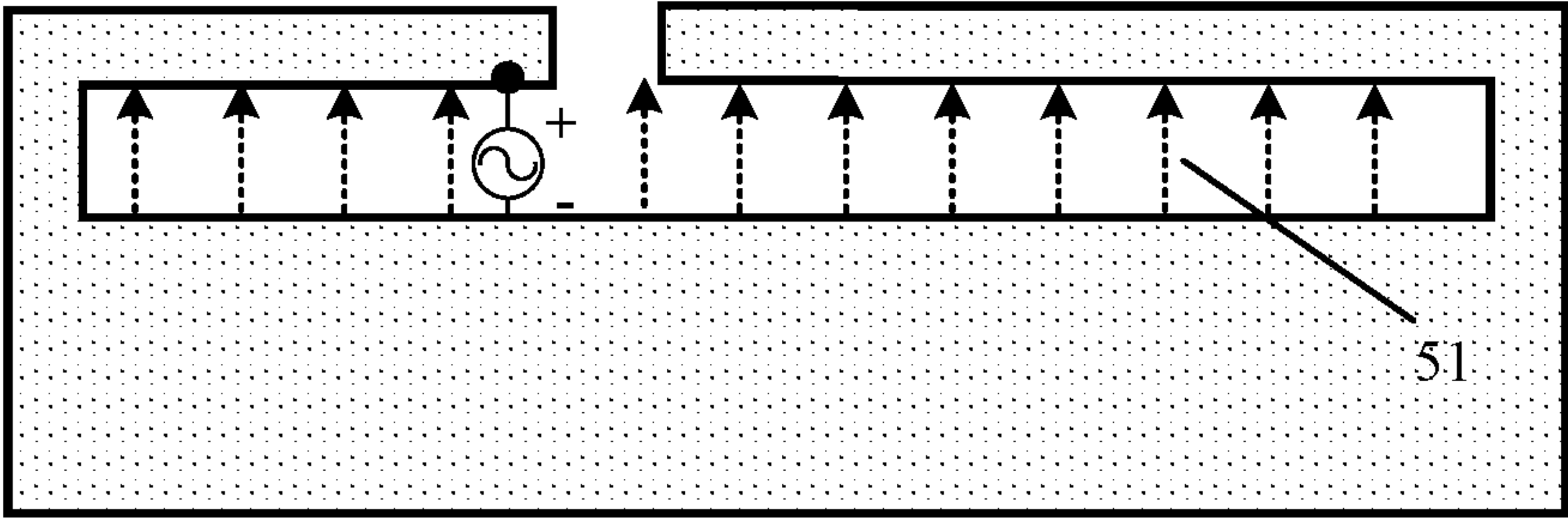


图 11A



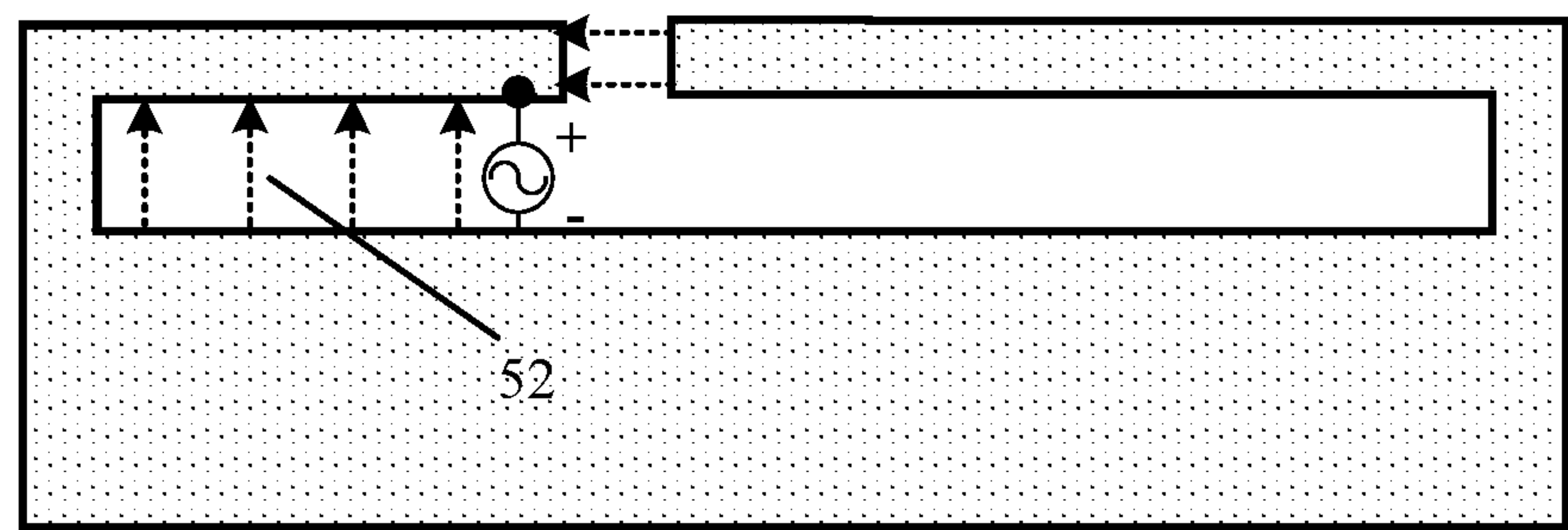
←····· 电场

图 11B



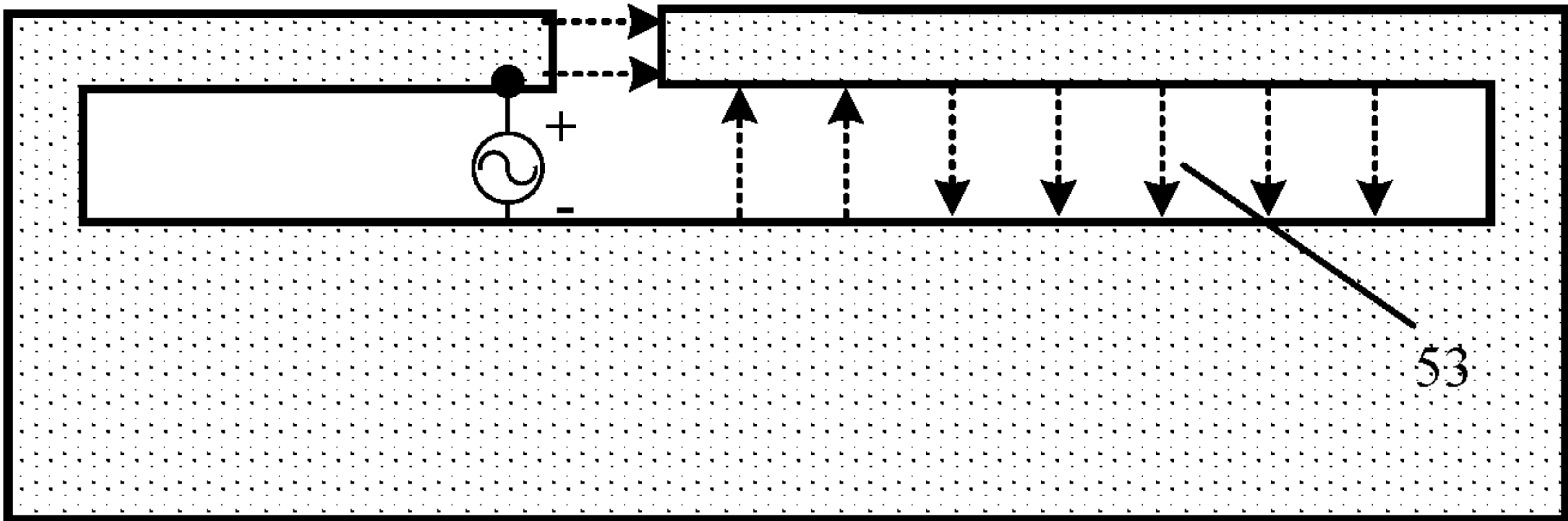
←····· 电场

图 11C



←----- 电场

图 11D



←----- 电场

图 11E

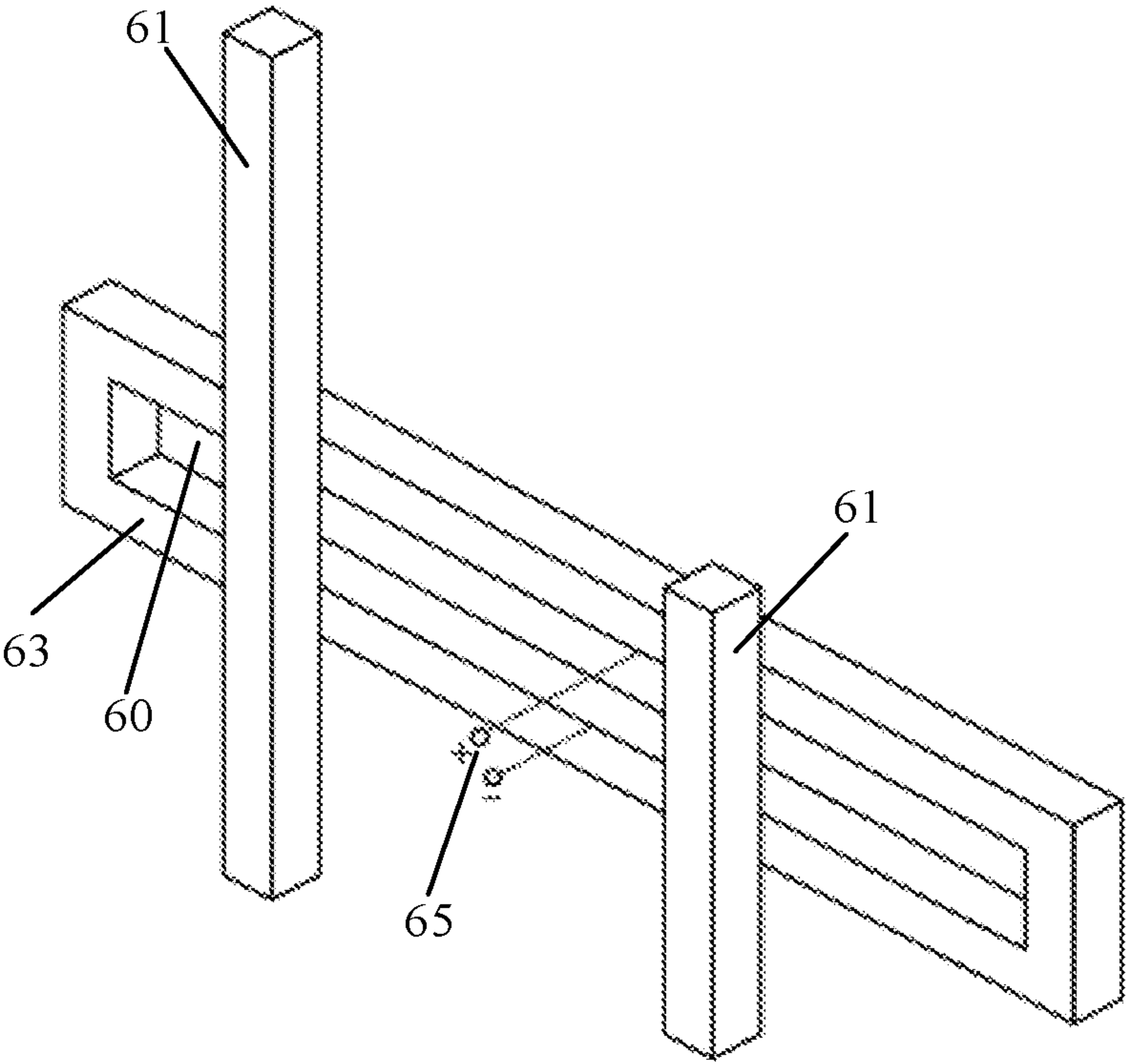


图 12A

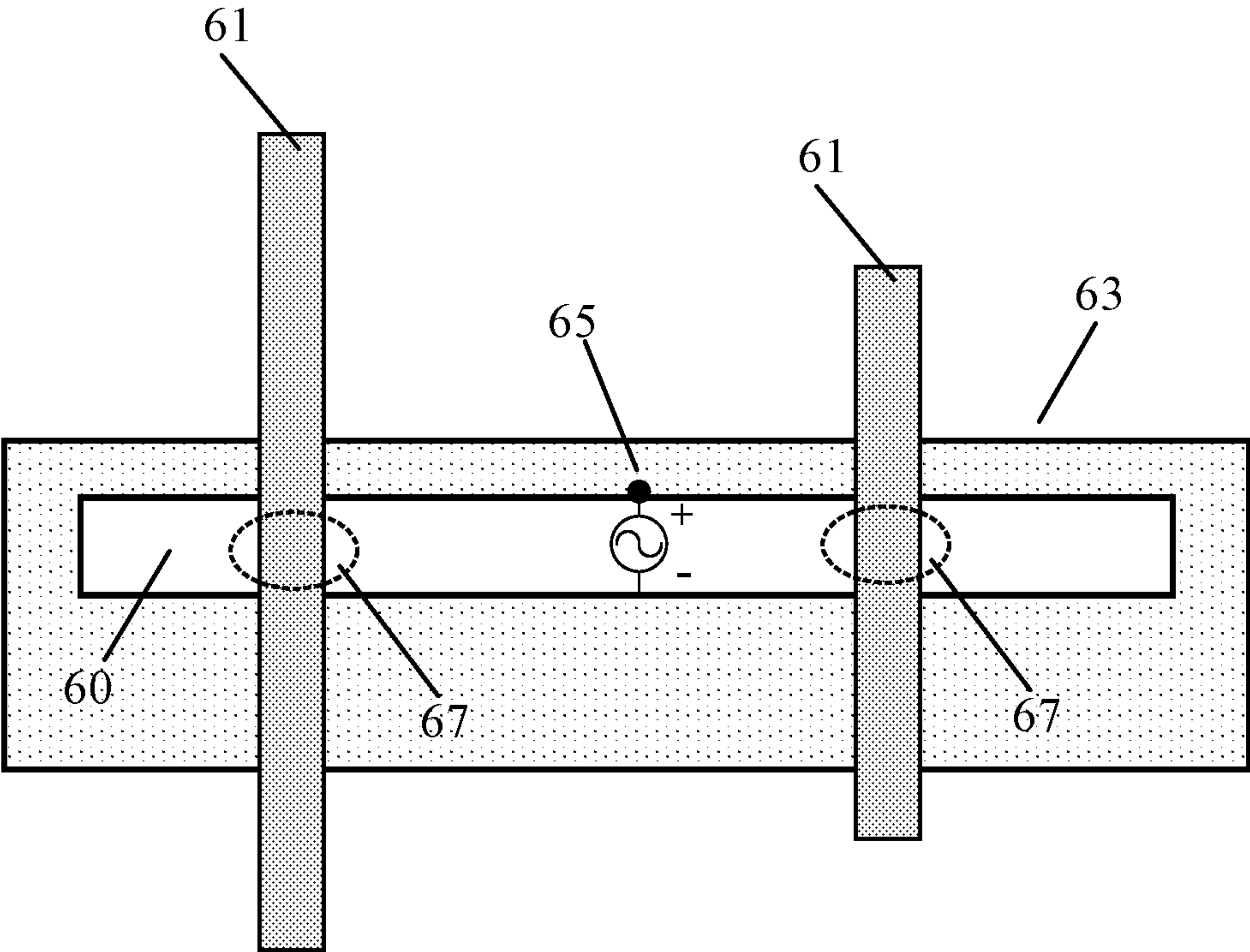


图 12B

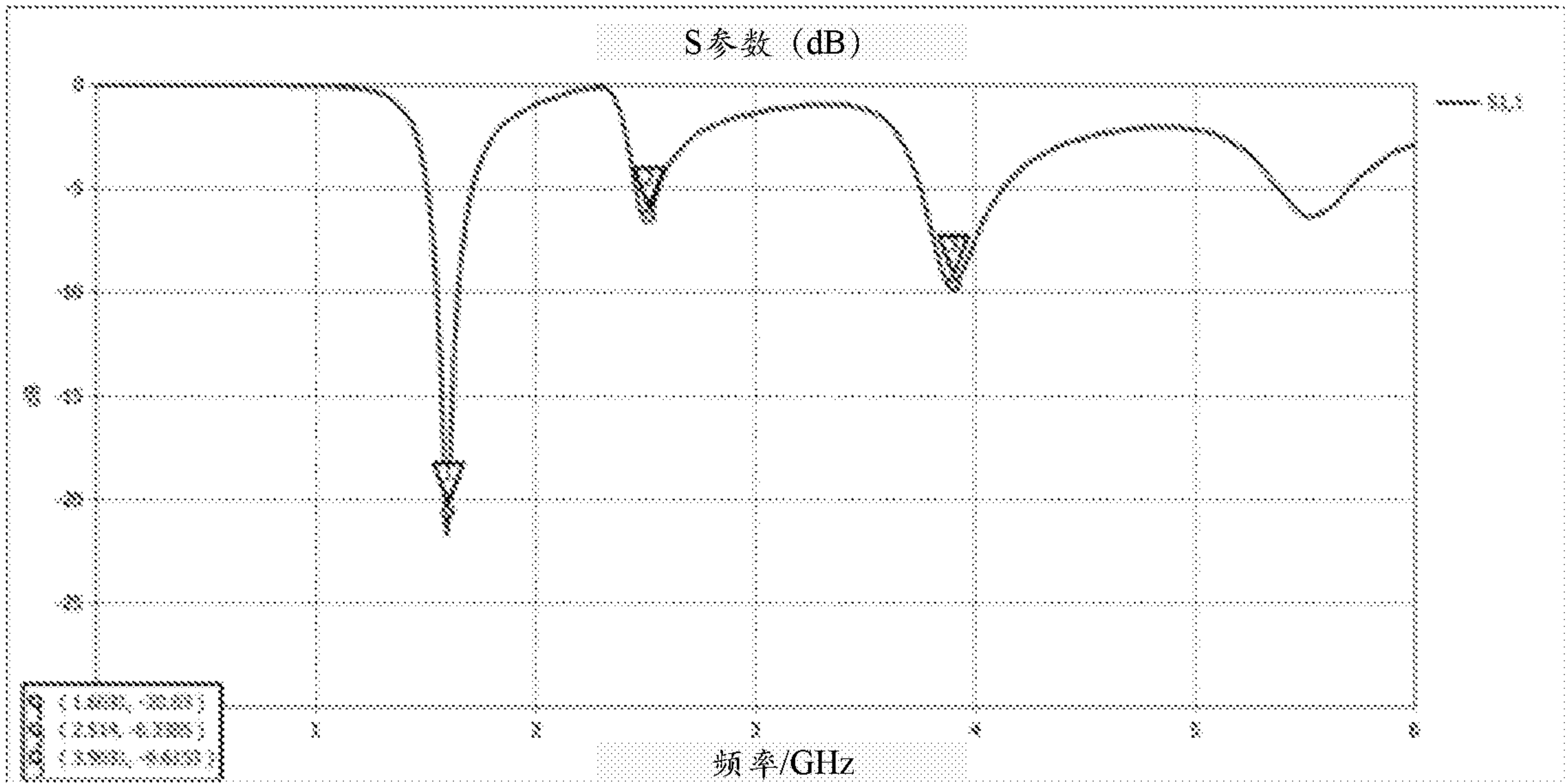


图 12C

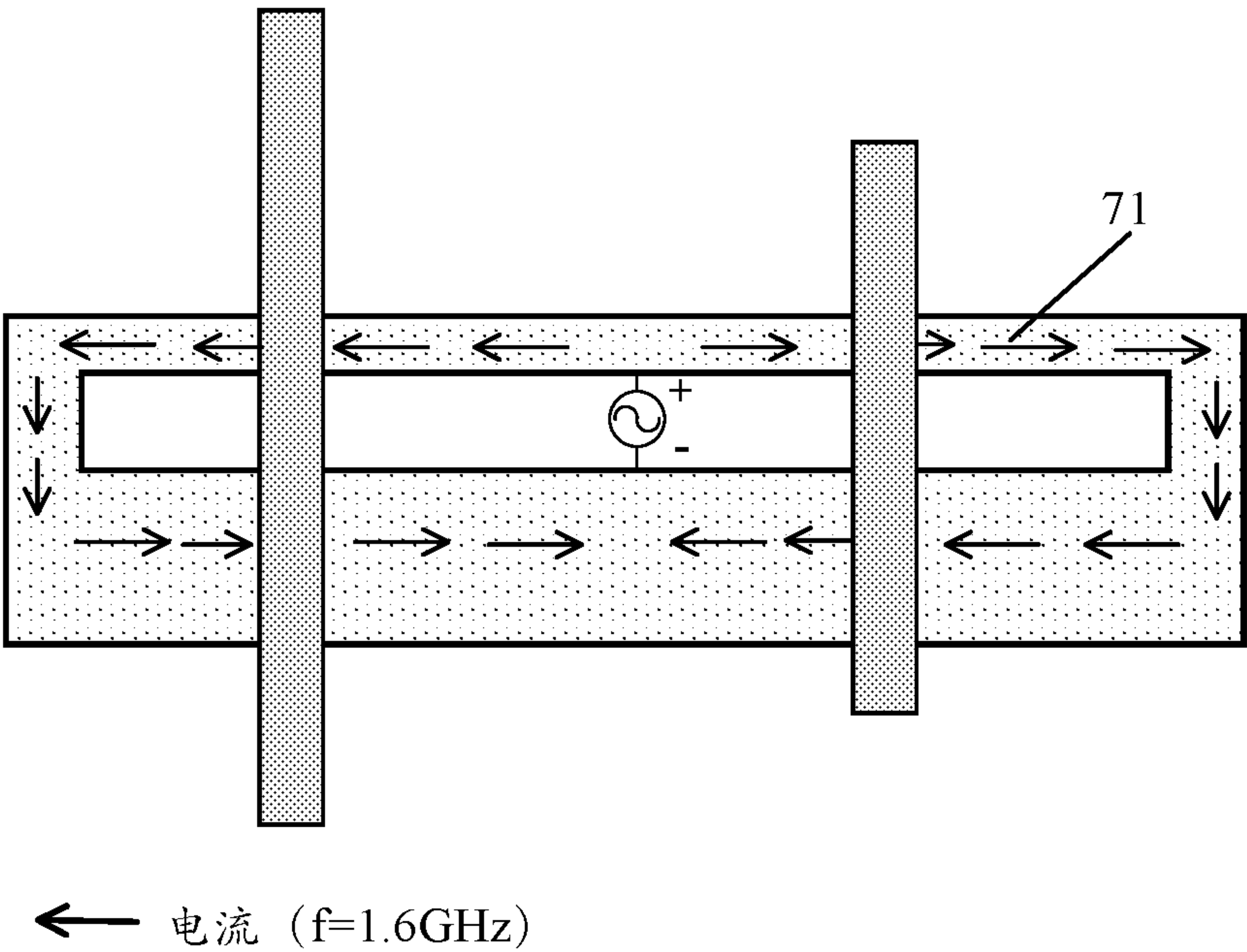
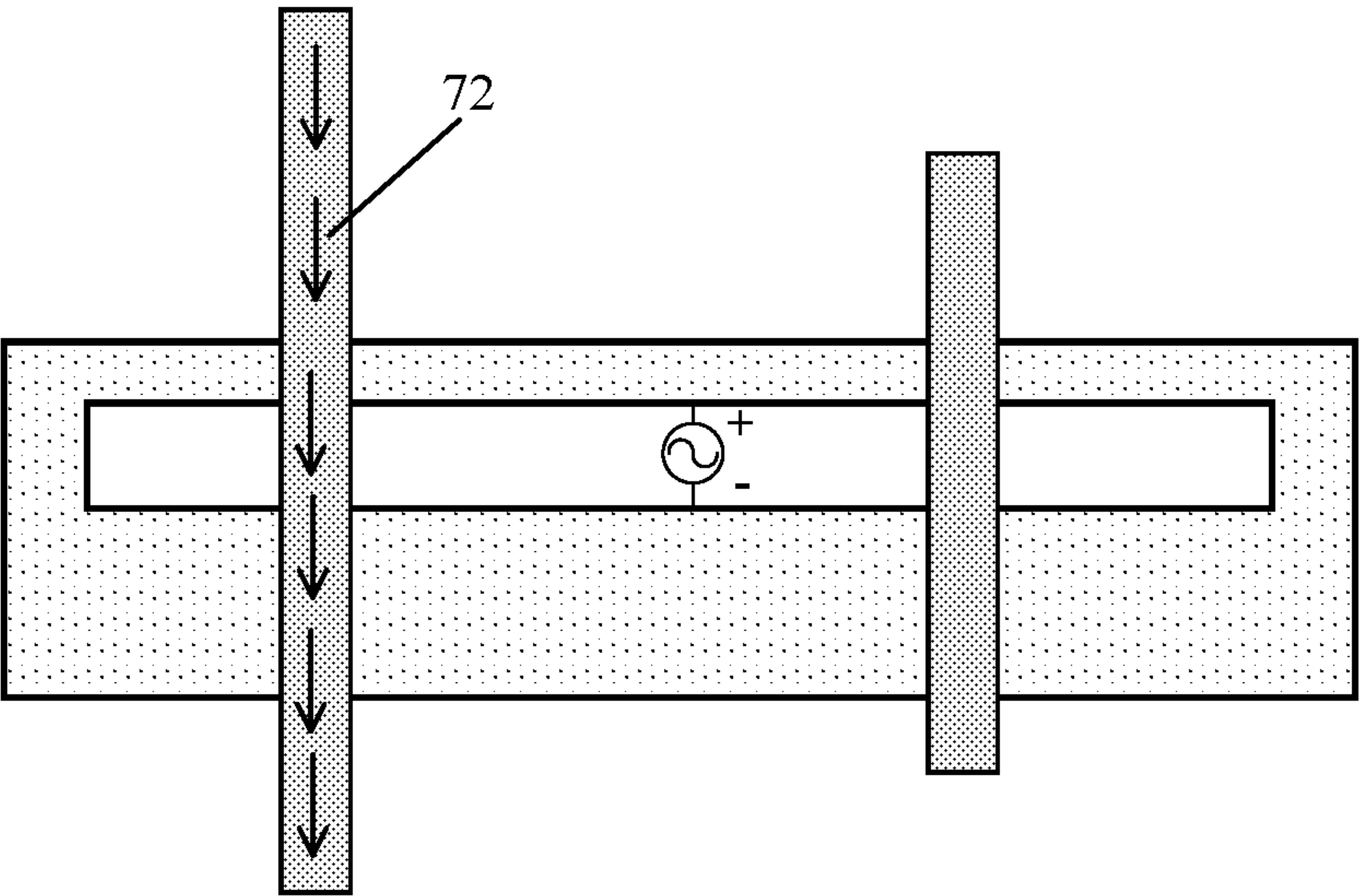
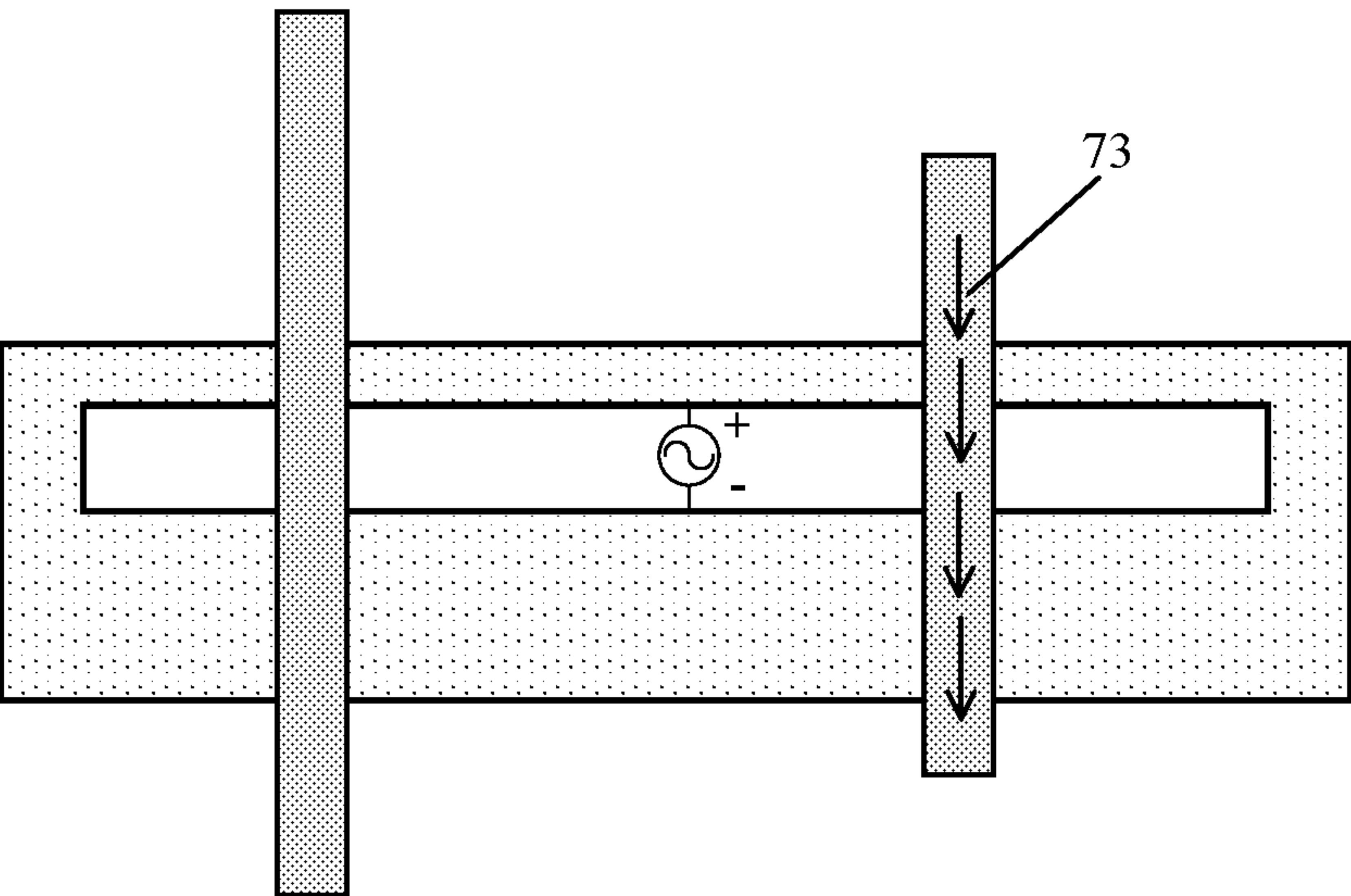


图 12D



← 电流 (f=2.5GHz)

图 12E



← 电流 (f=3.9GHz)

图 12F

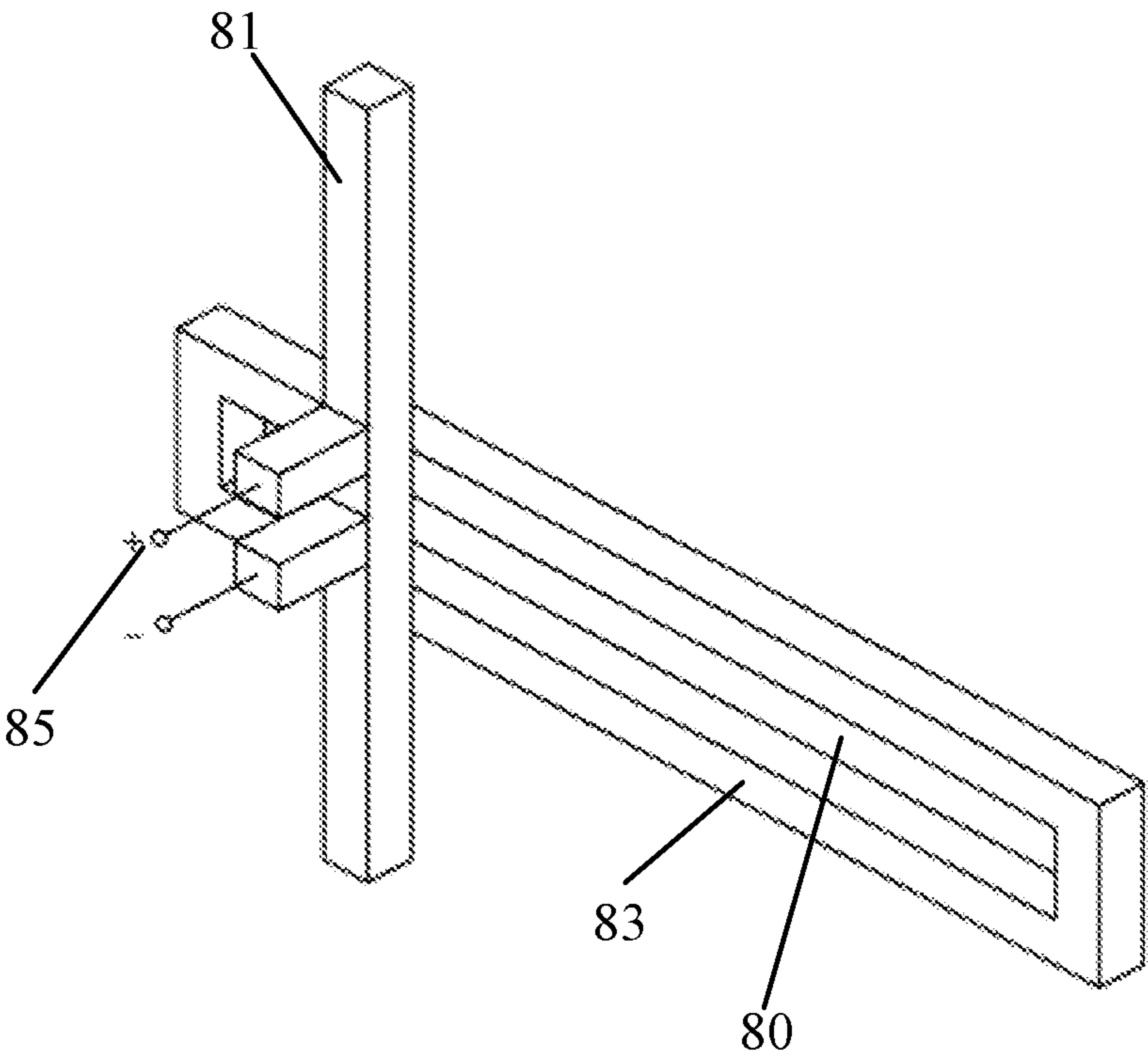


图 13A

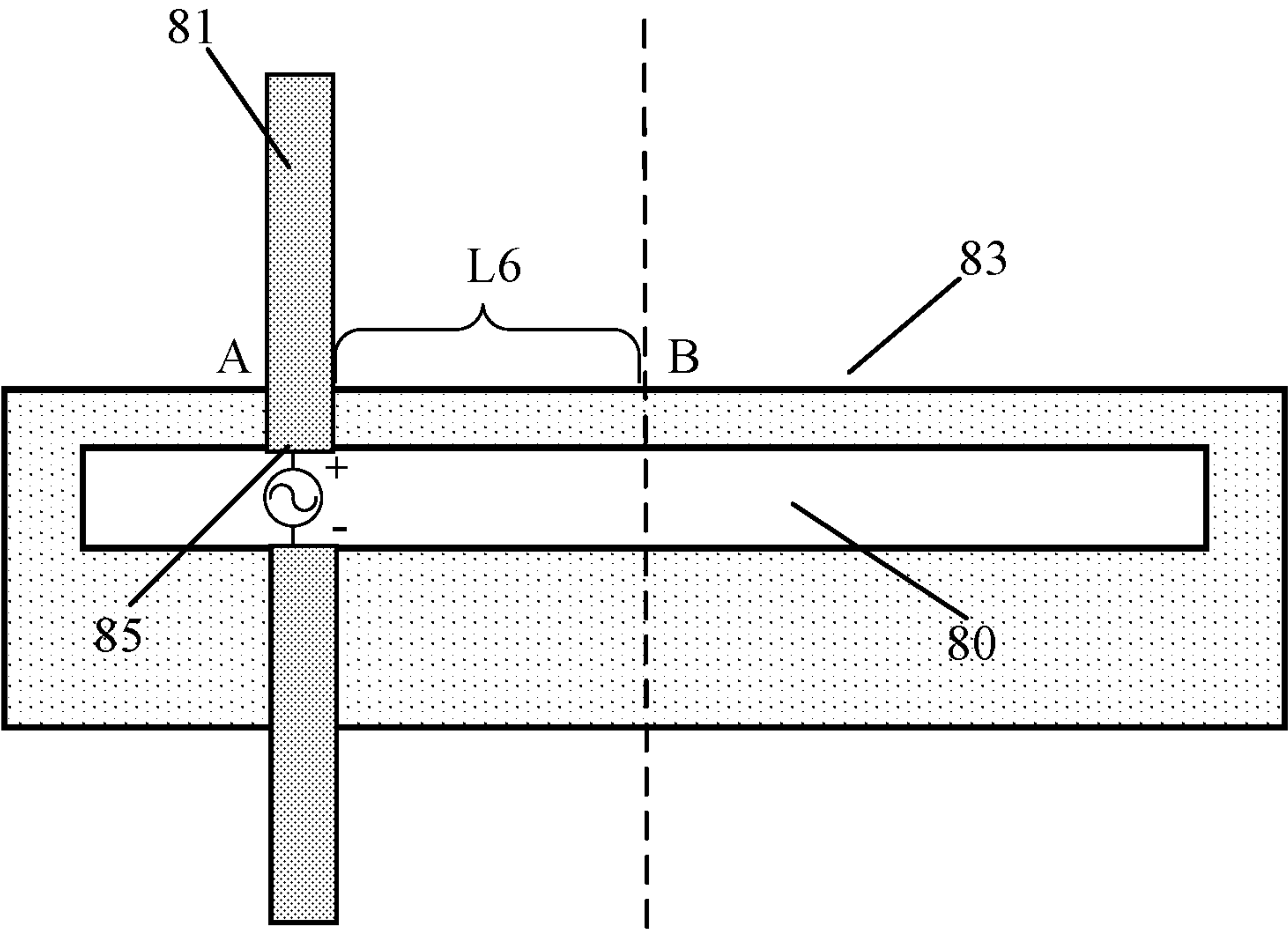


图 13B

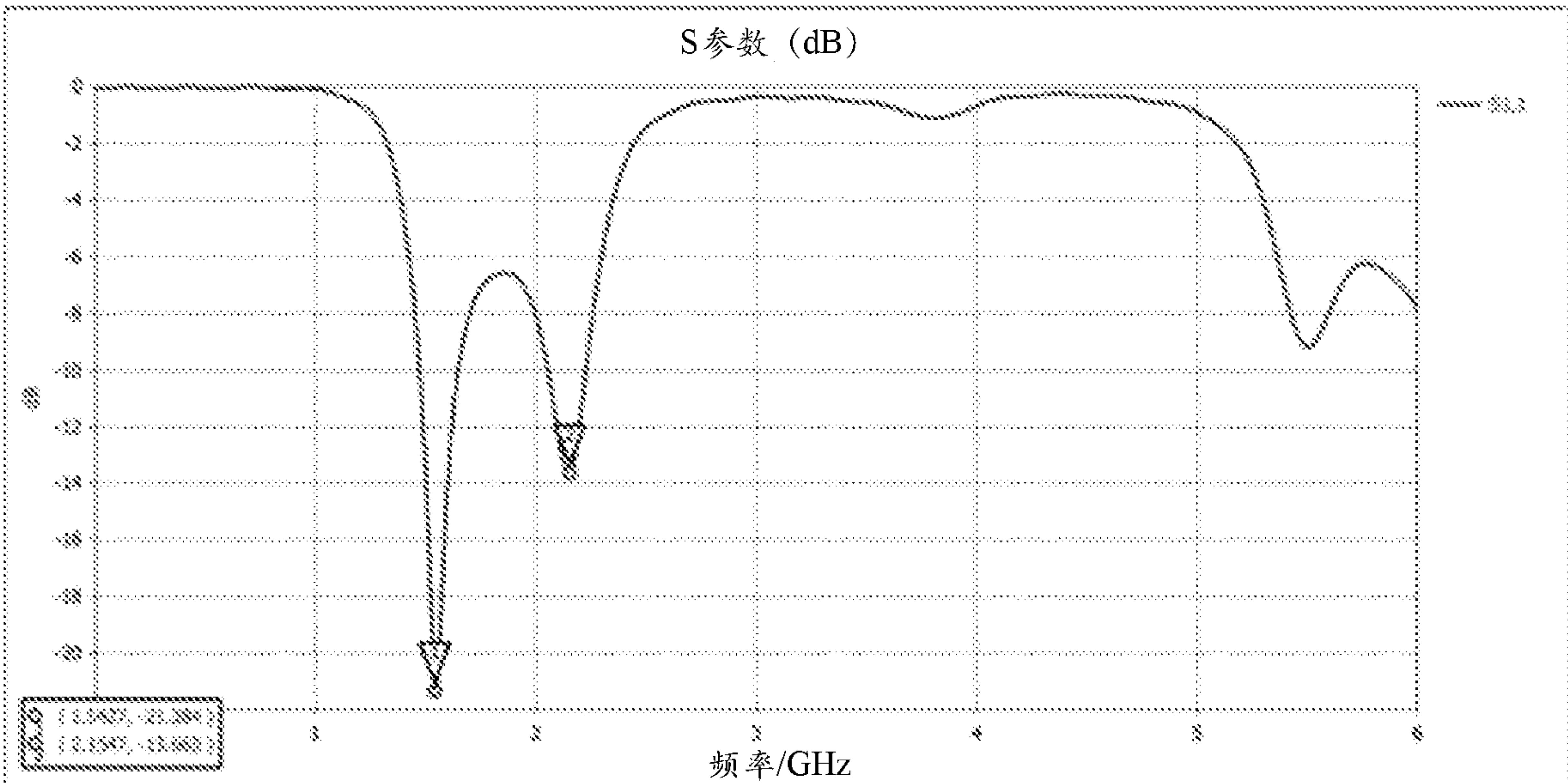


图 13C

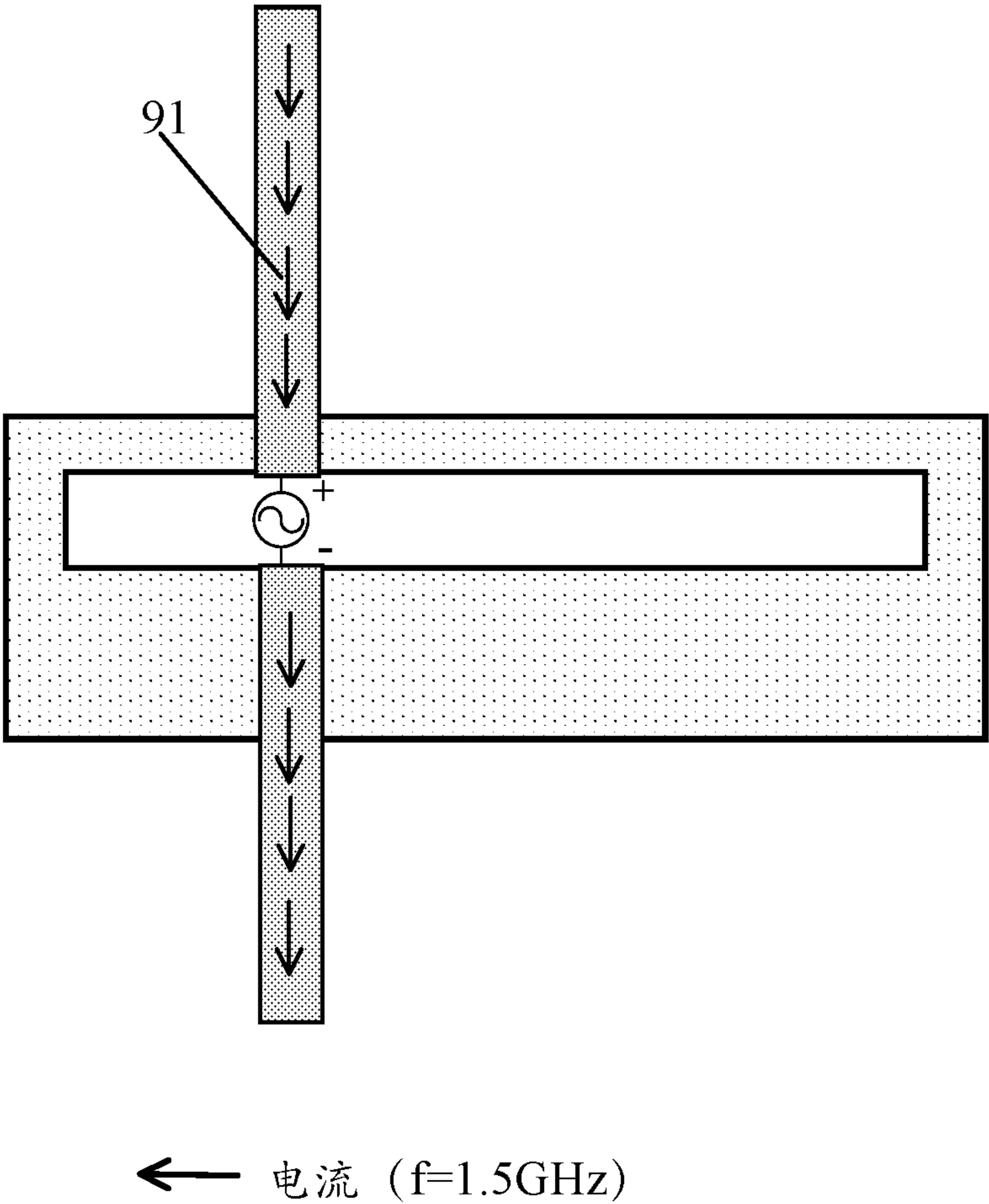
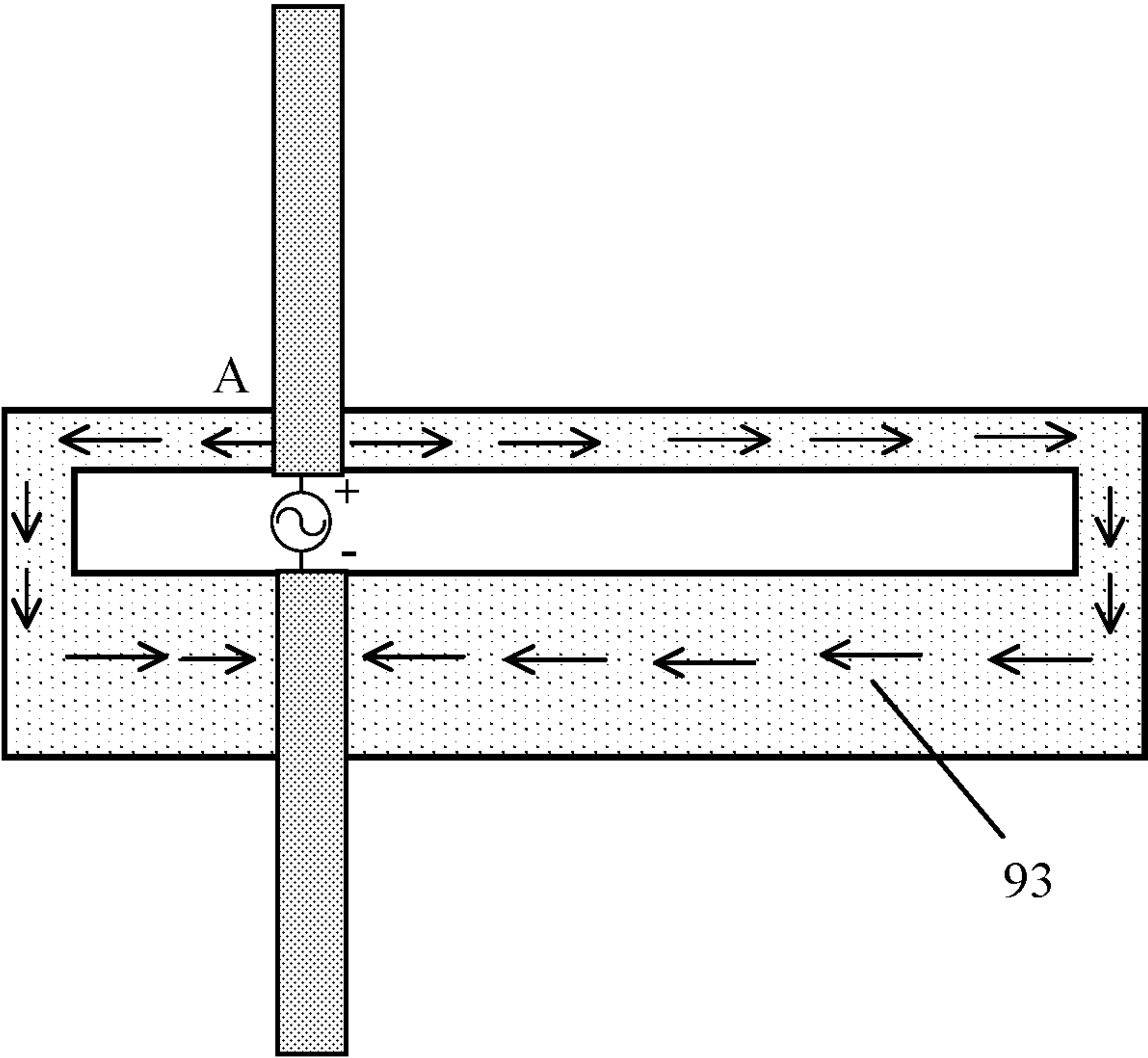


图 13D



← 电流 (f=2.1GHz)

图 13E

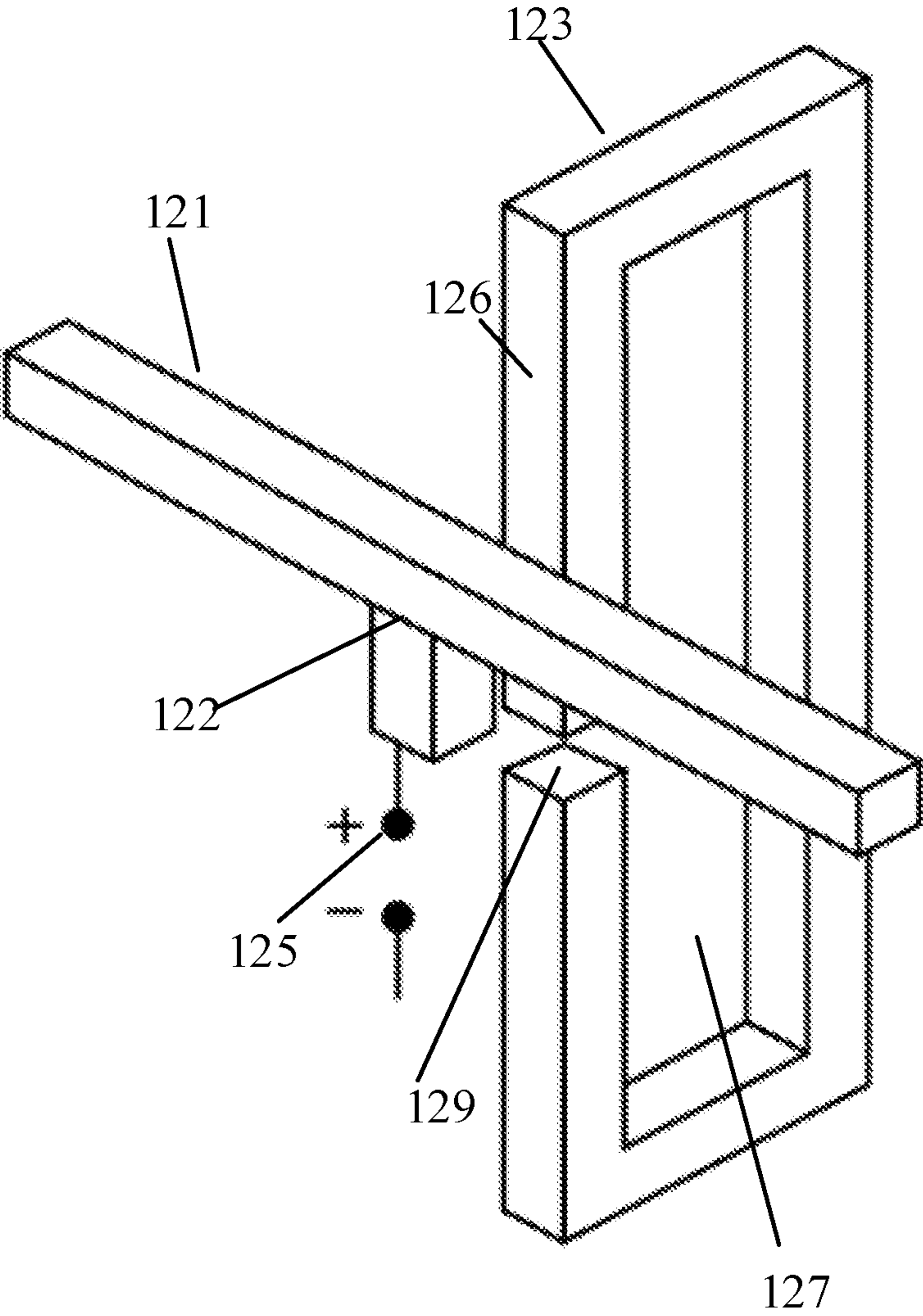


图 14A

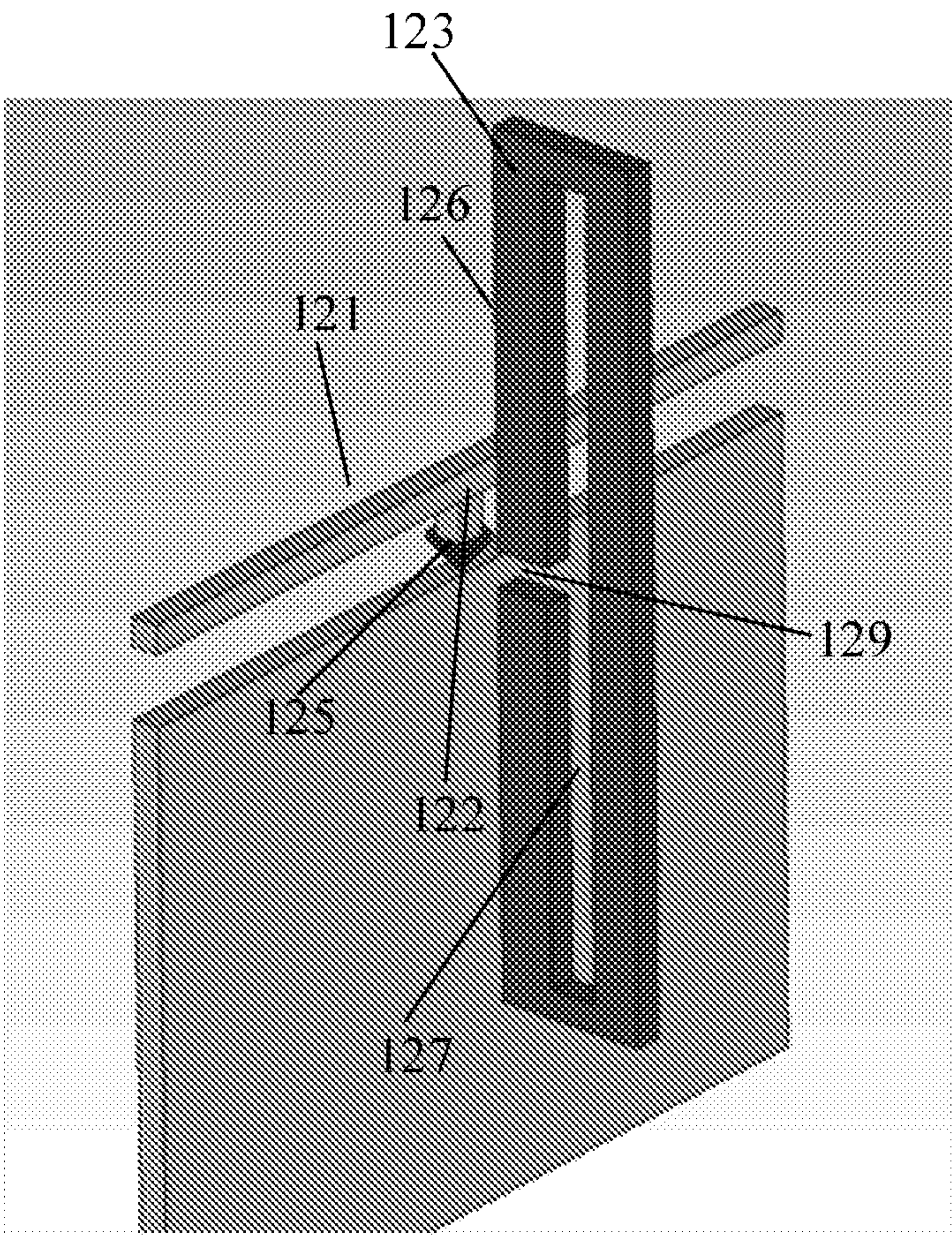


图 14B

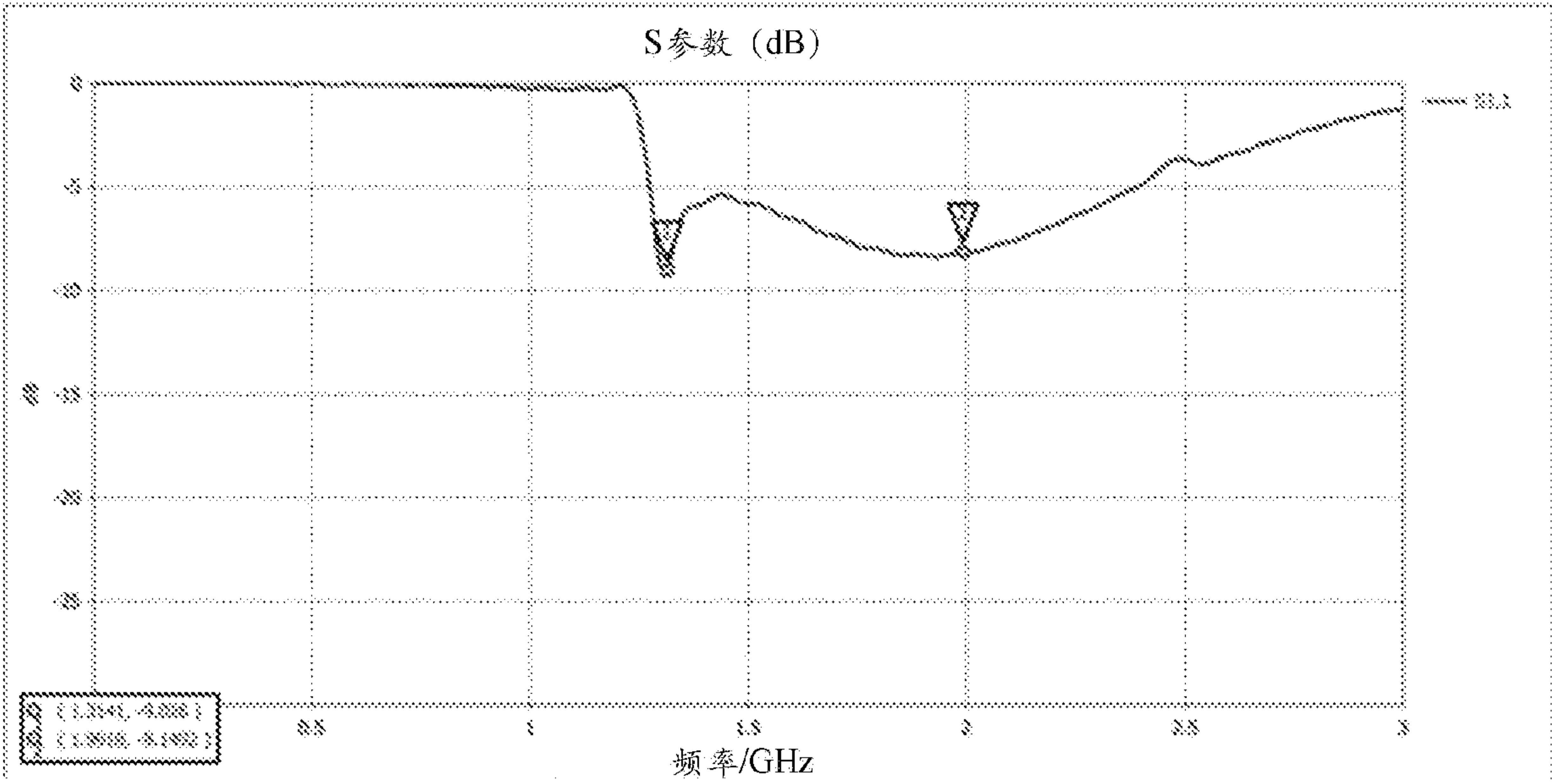
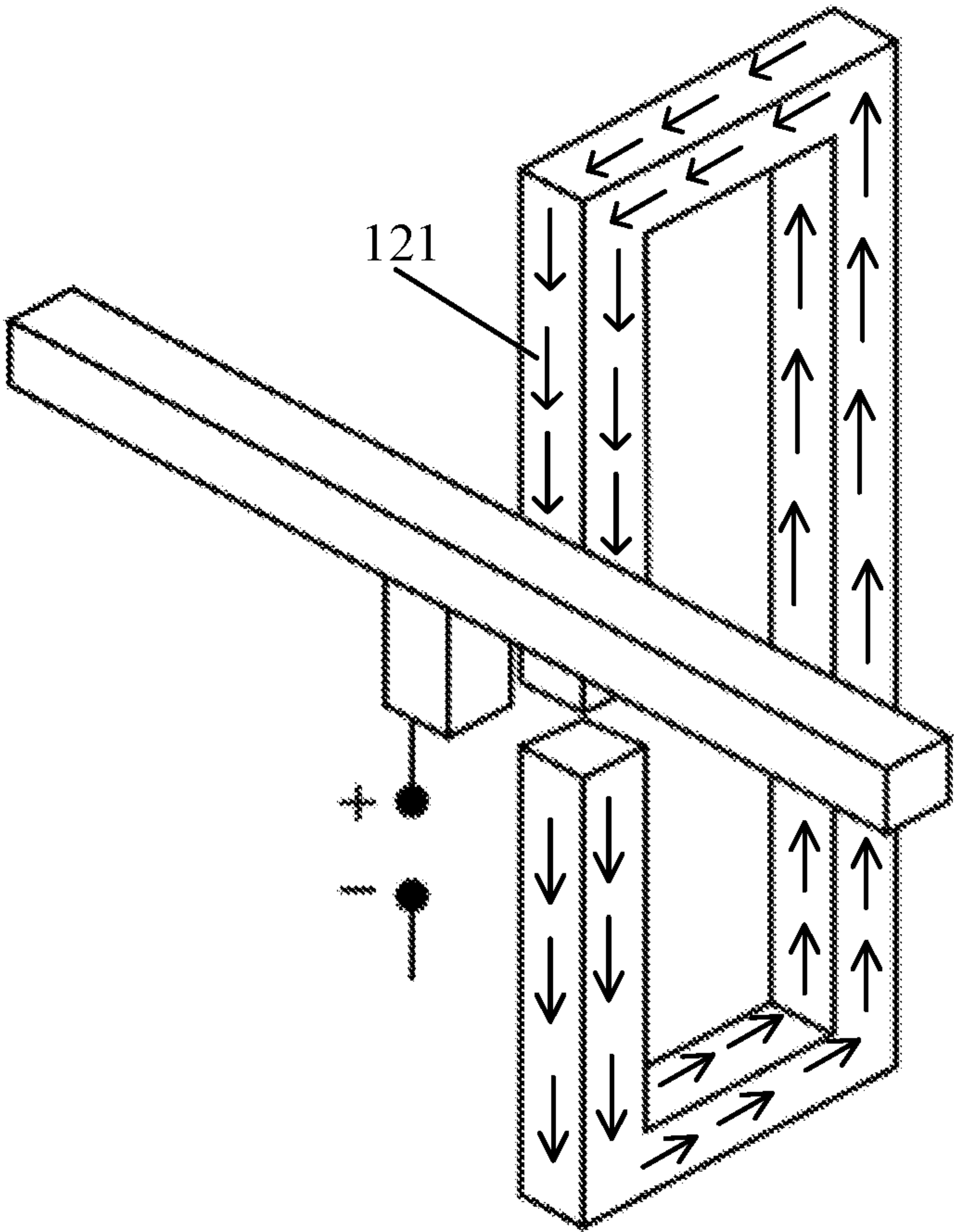
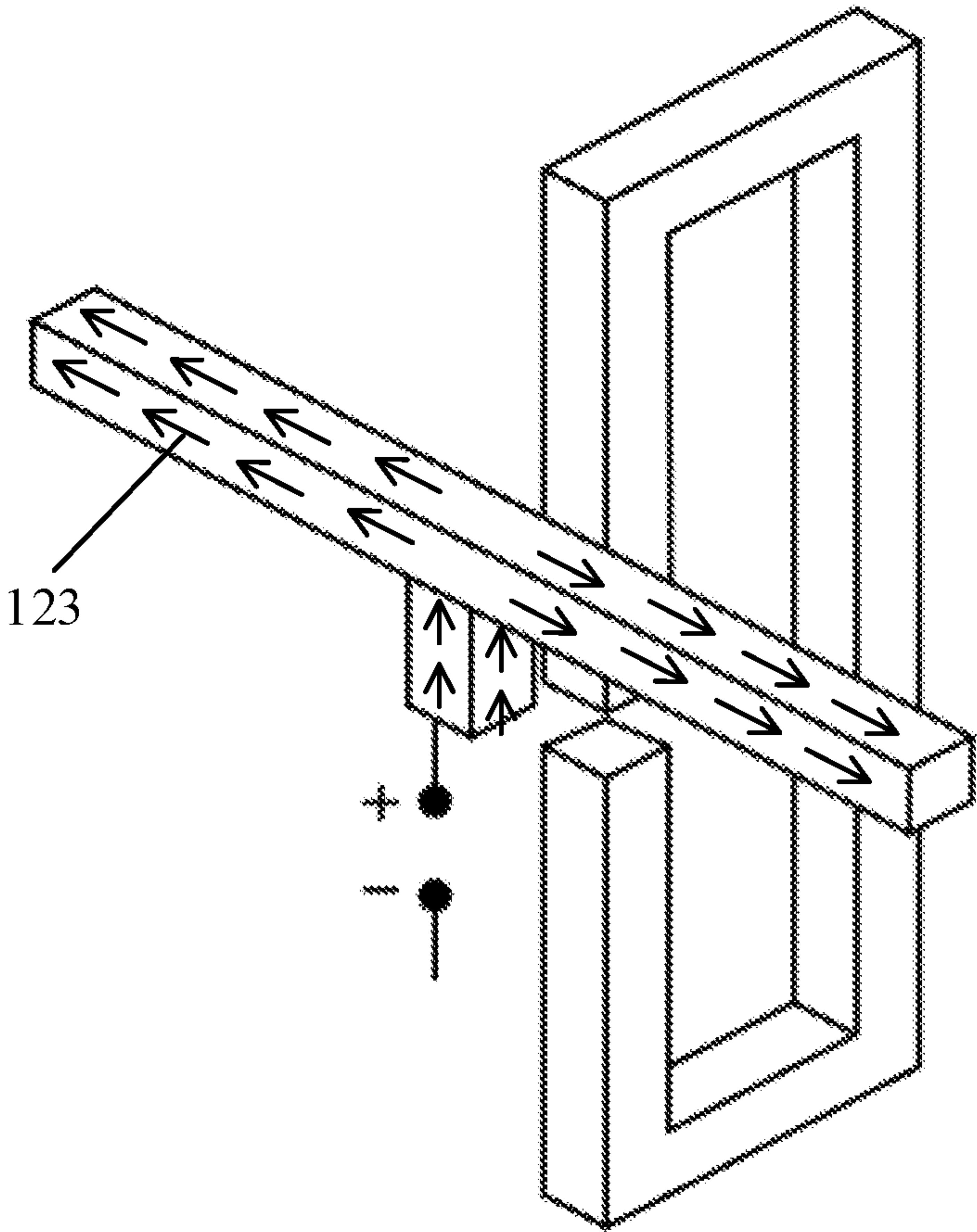


图 14C



← 电流 (f=1.3GHz)

图 14D



← 电流 (f=2GHz)

图 14E

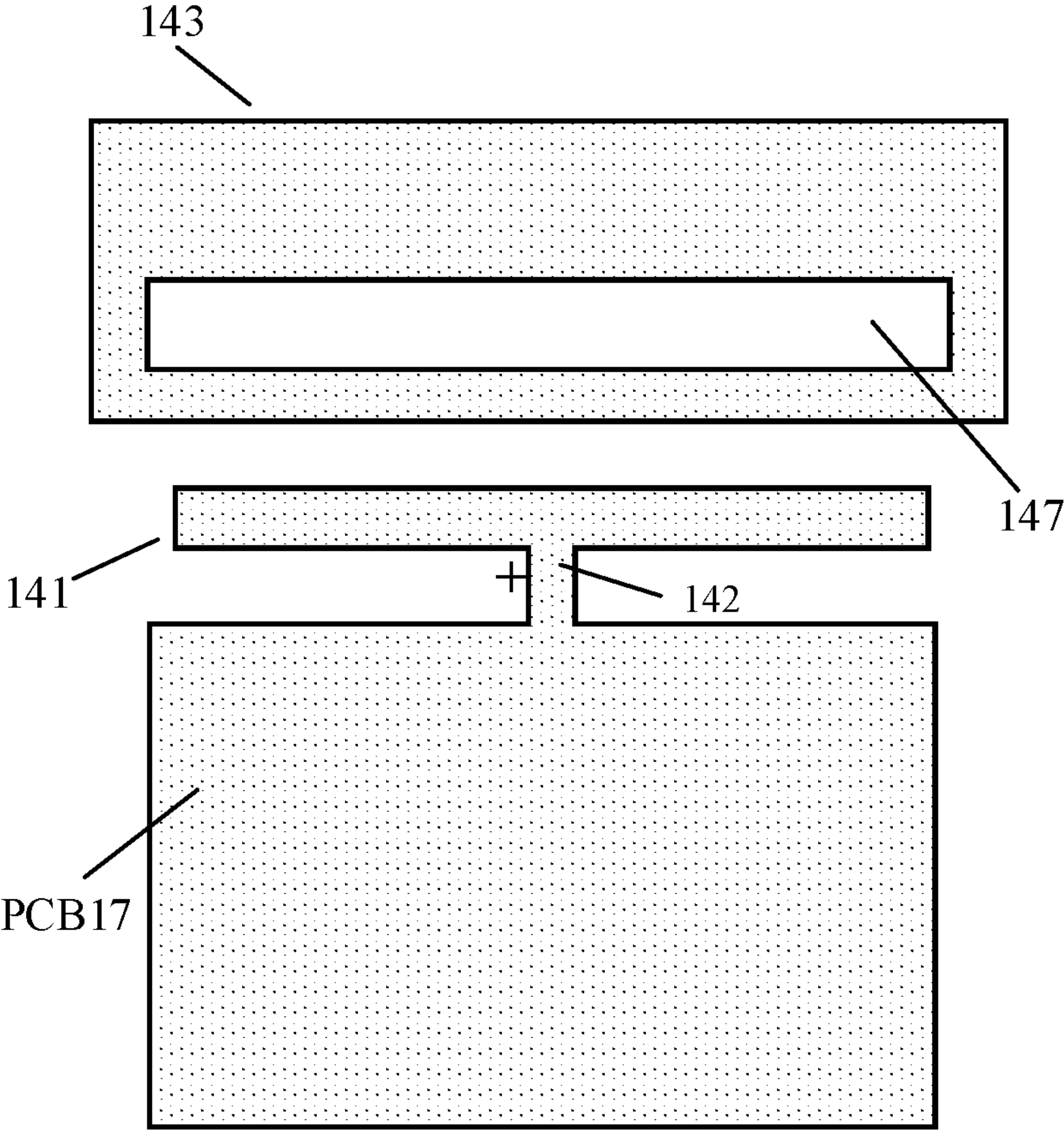


图 15A

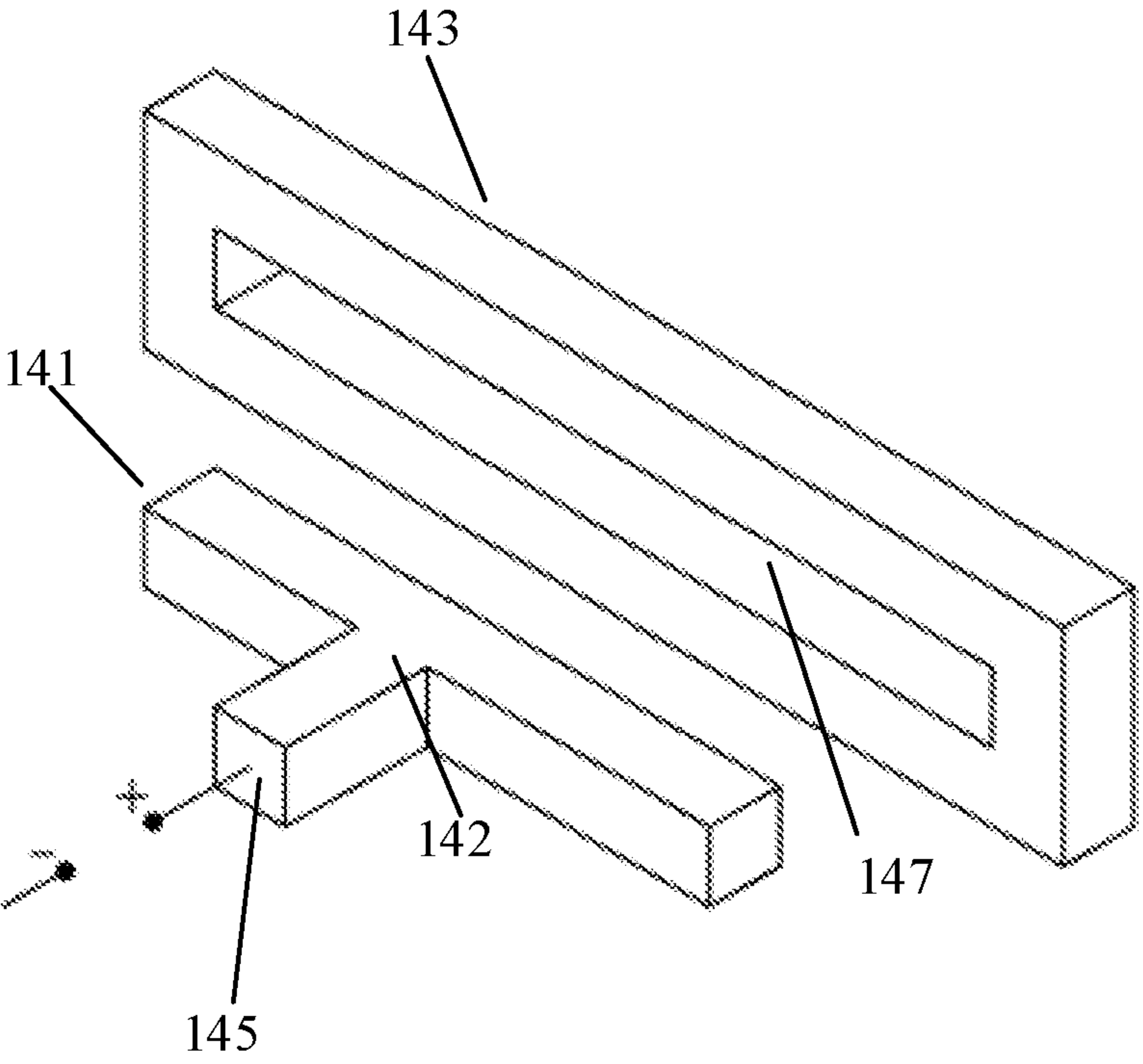
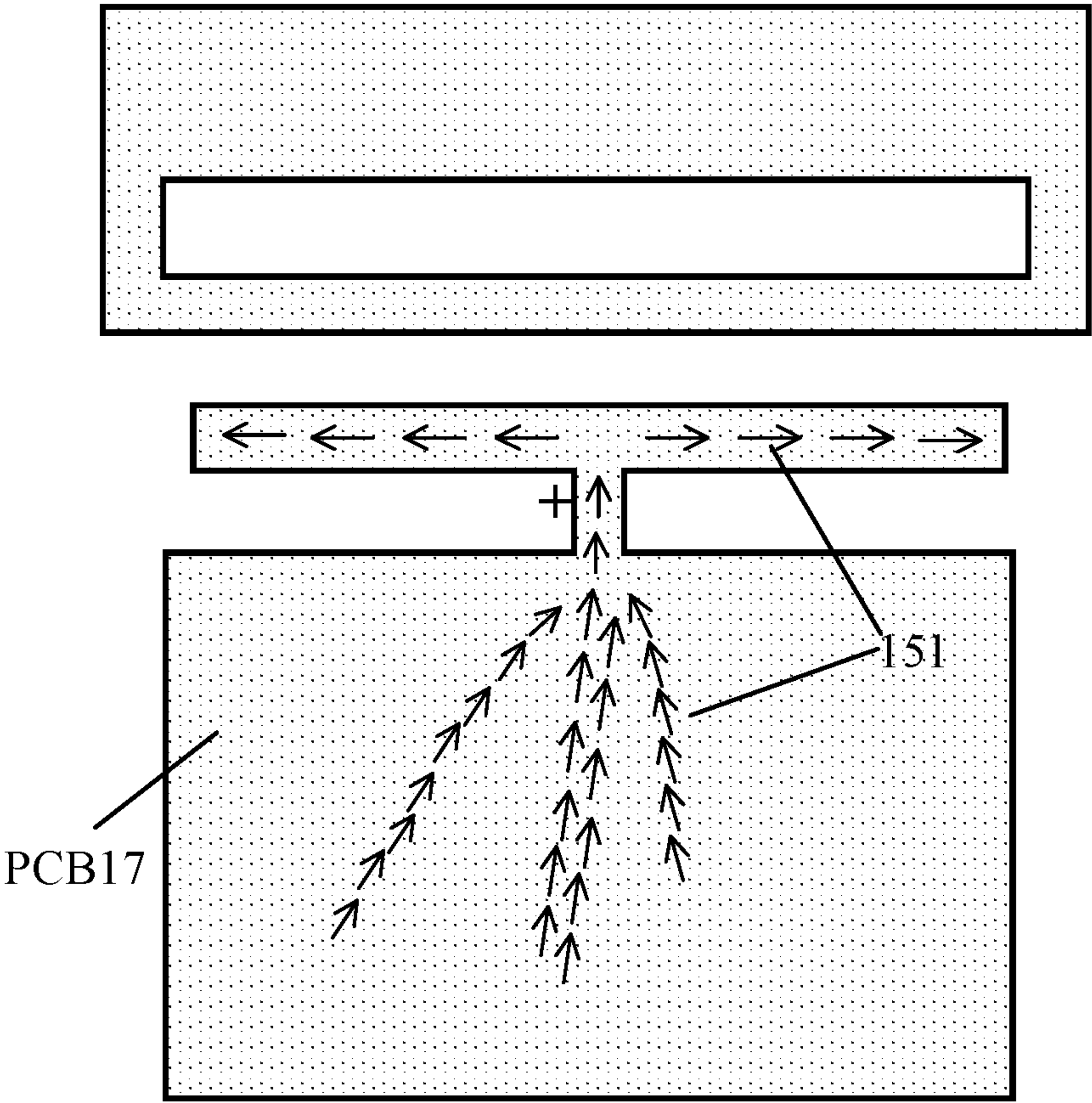
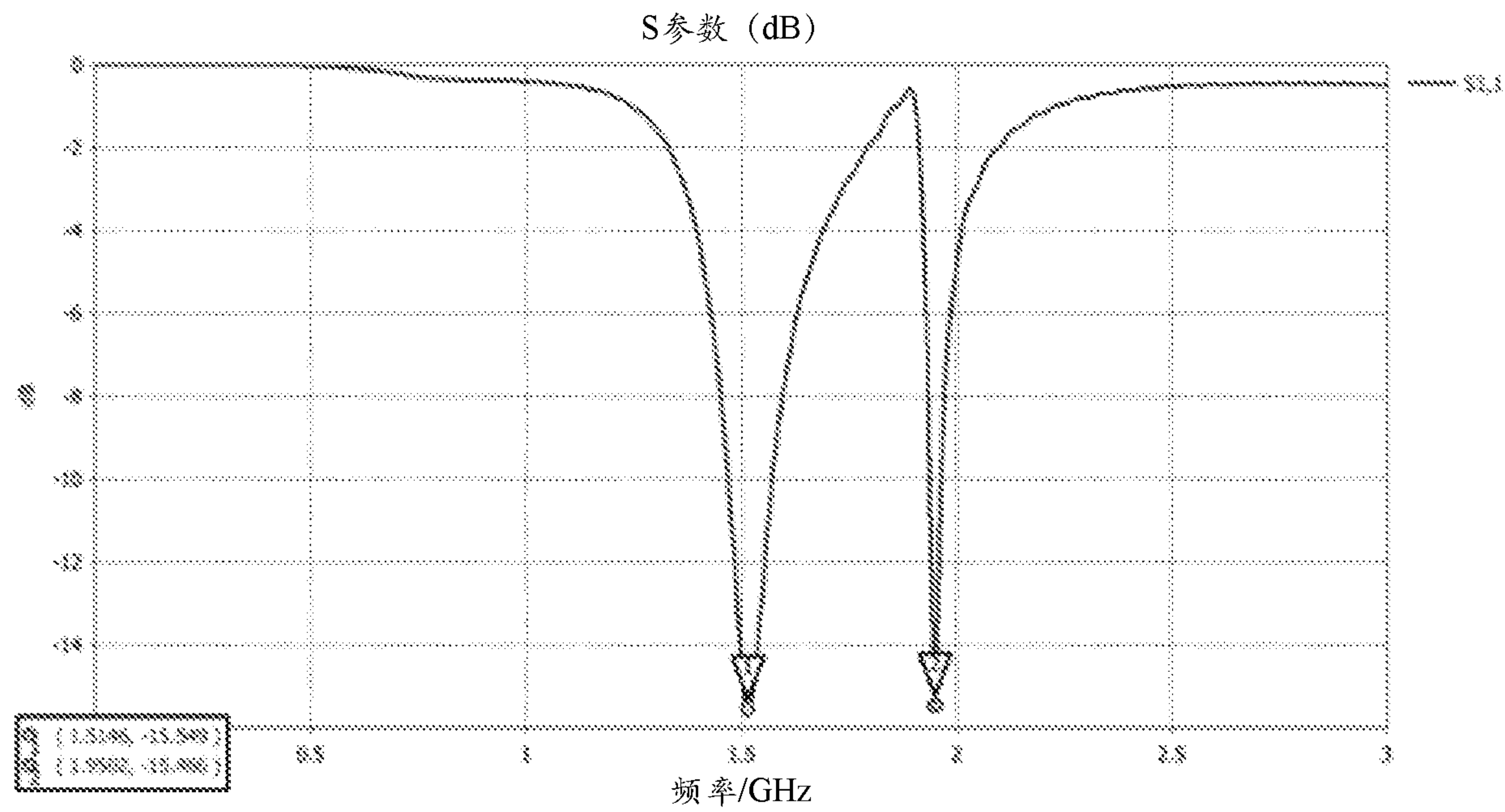


图 15B



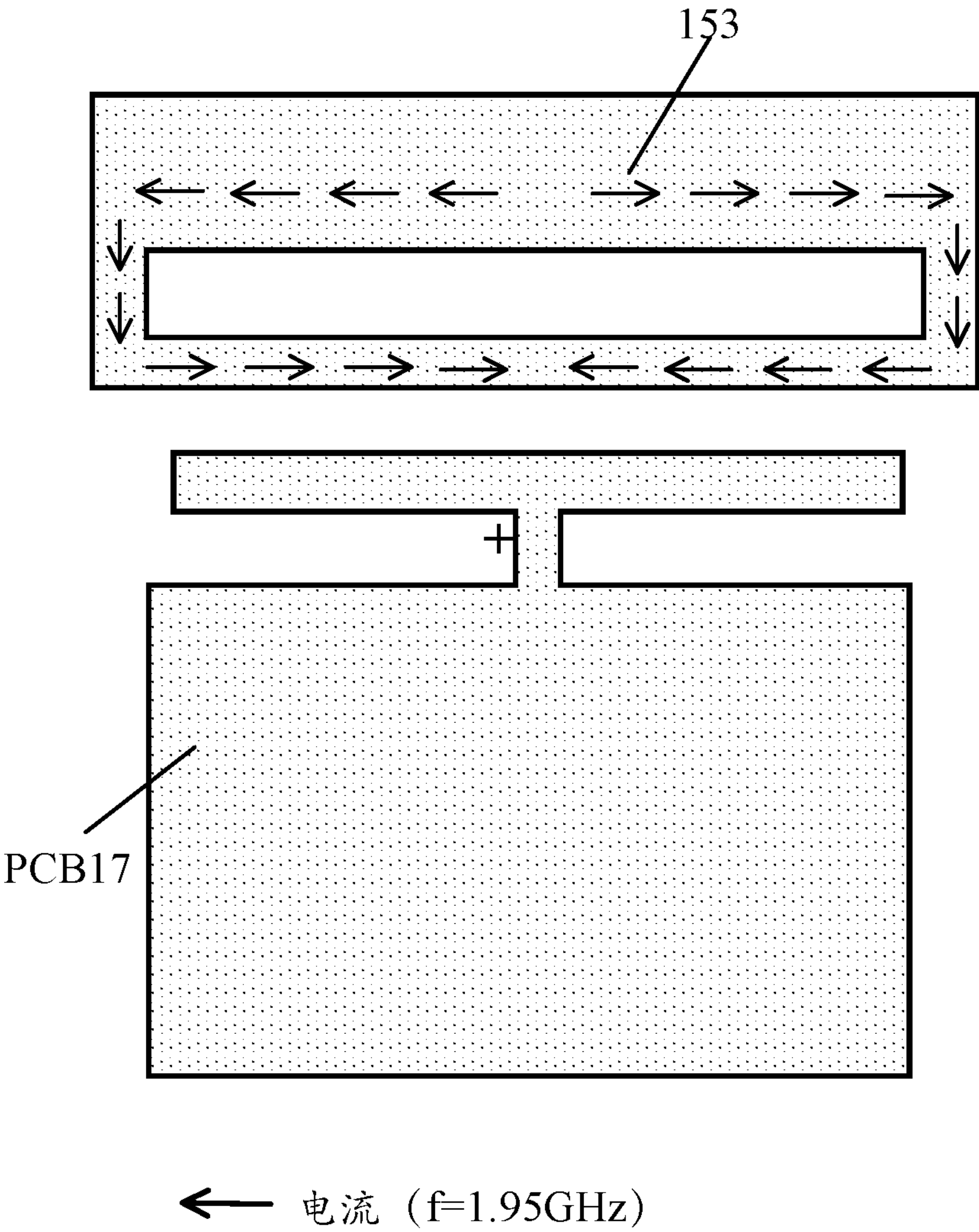


图 15E

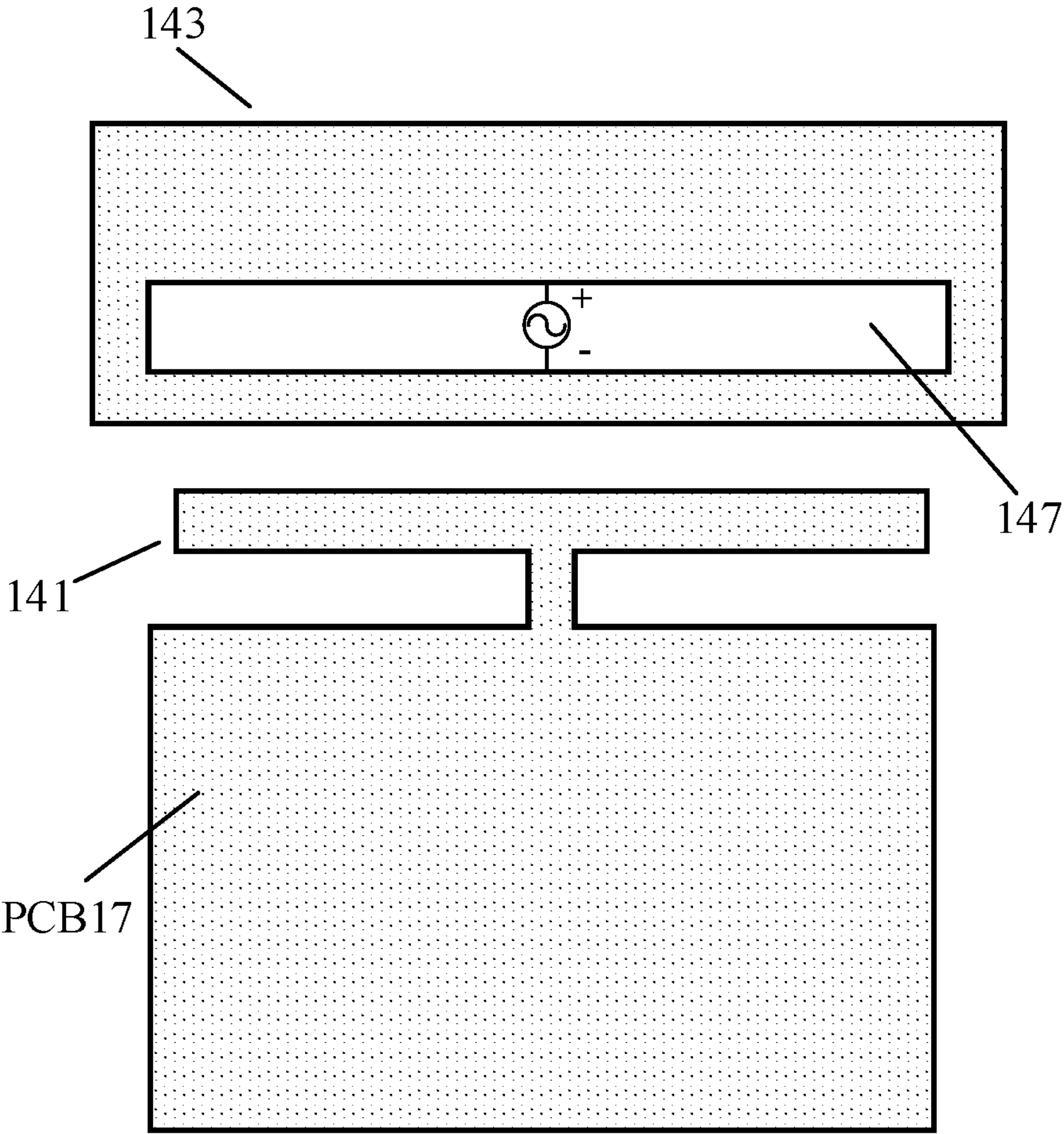


图 16

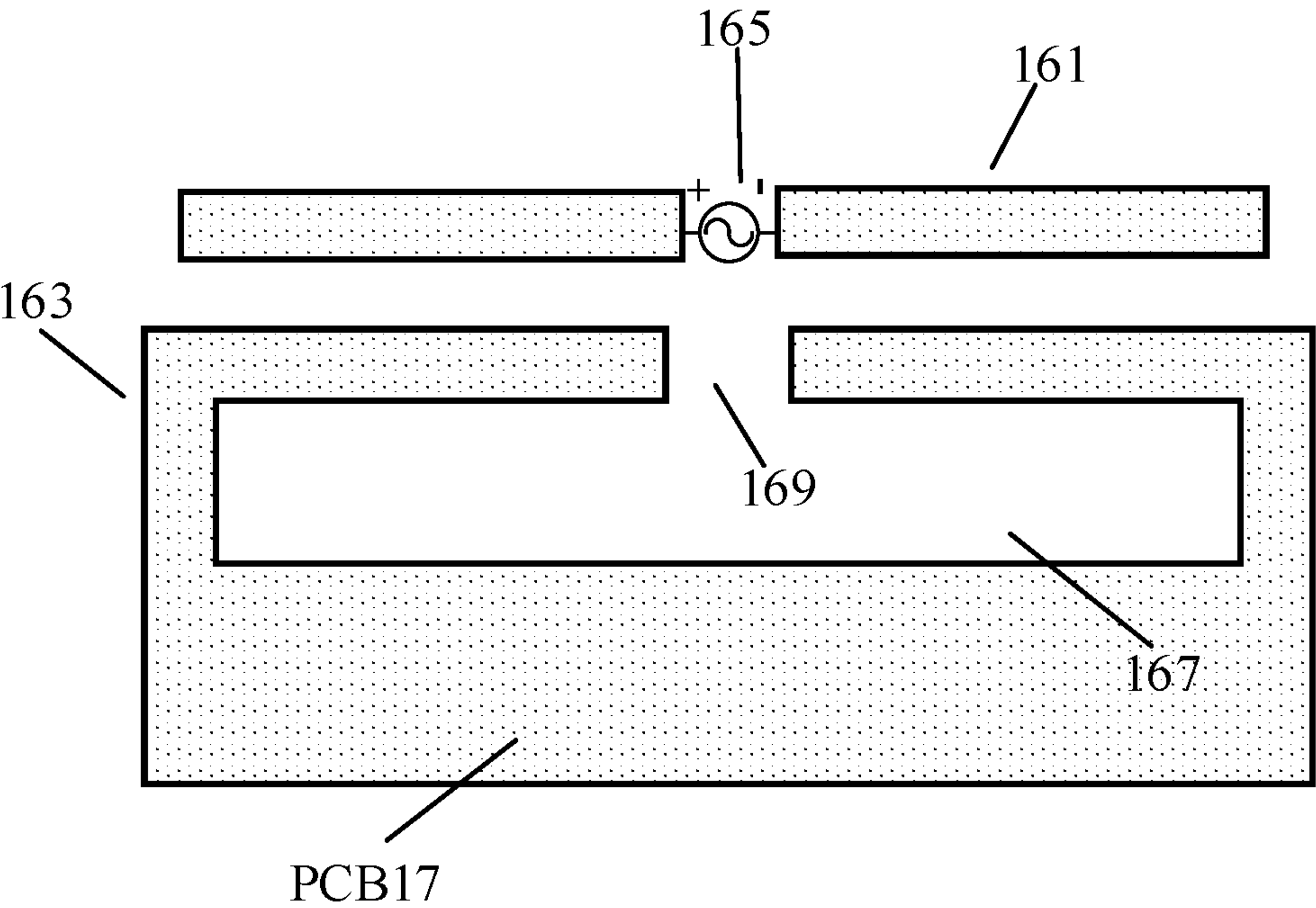


图 17A

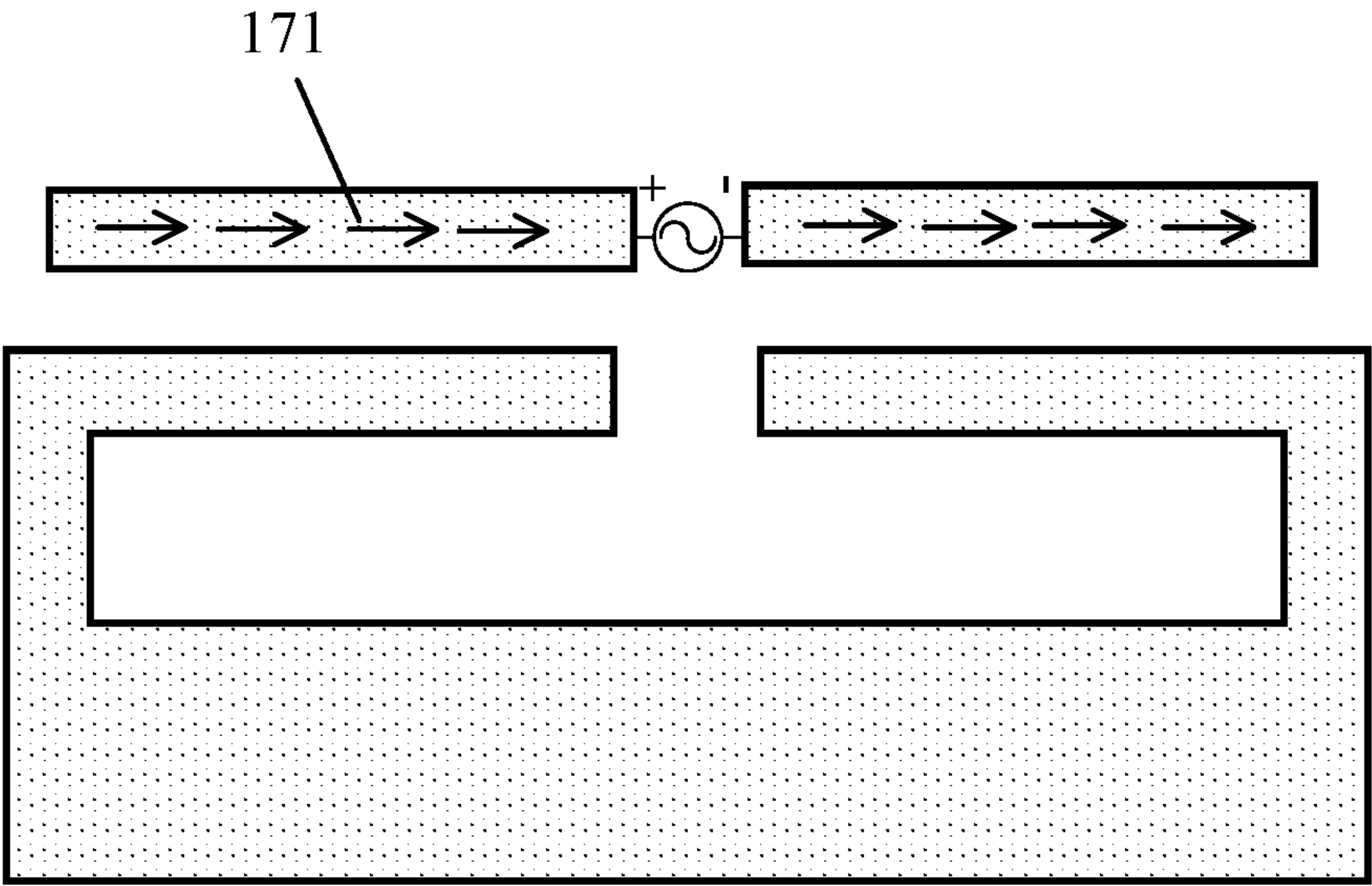


图 17B

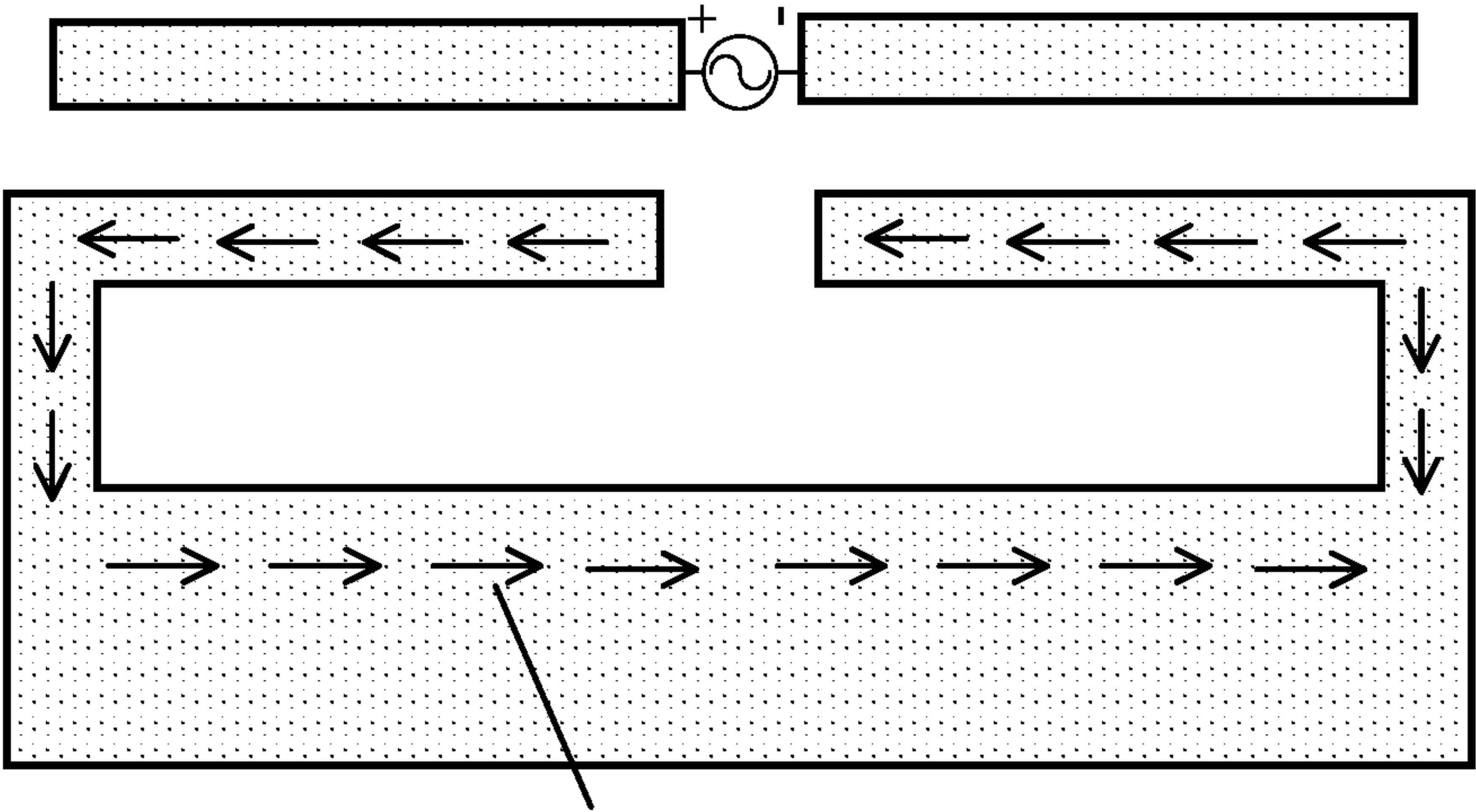


图 17C

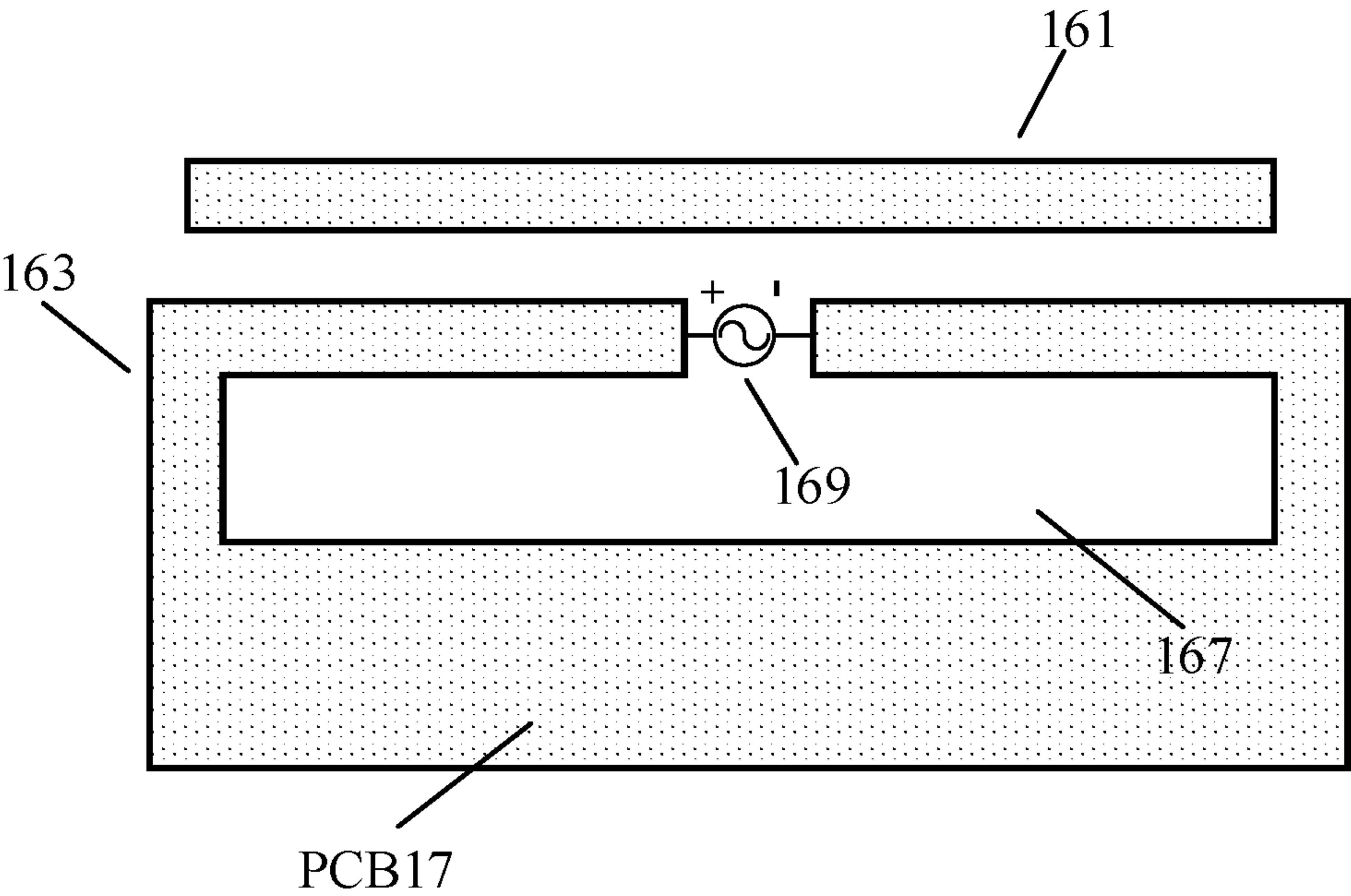


图 18

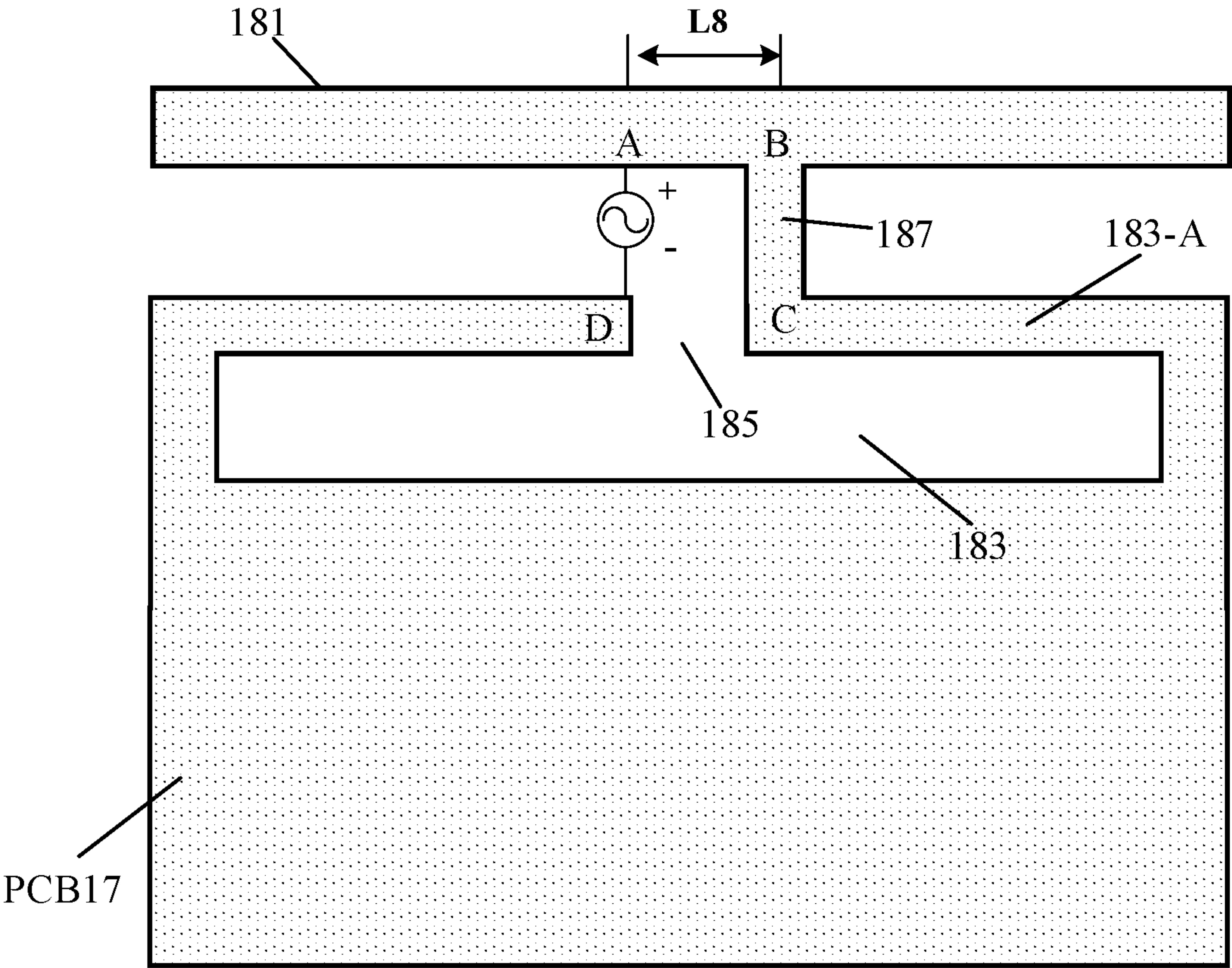


图 19A

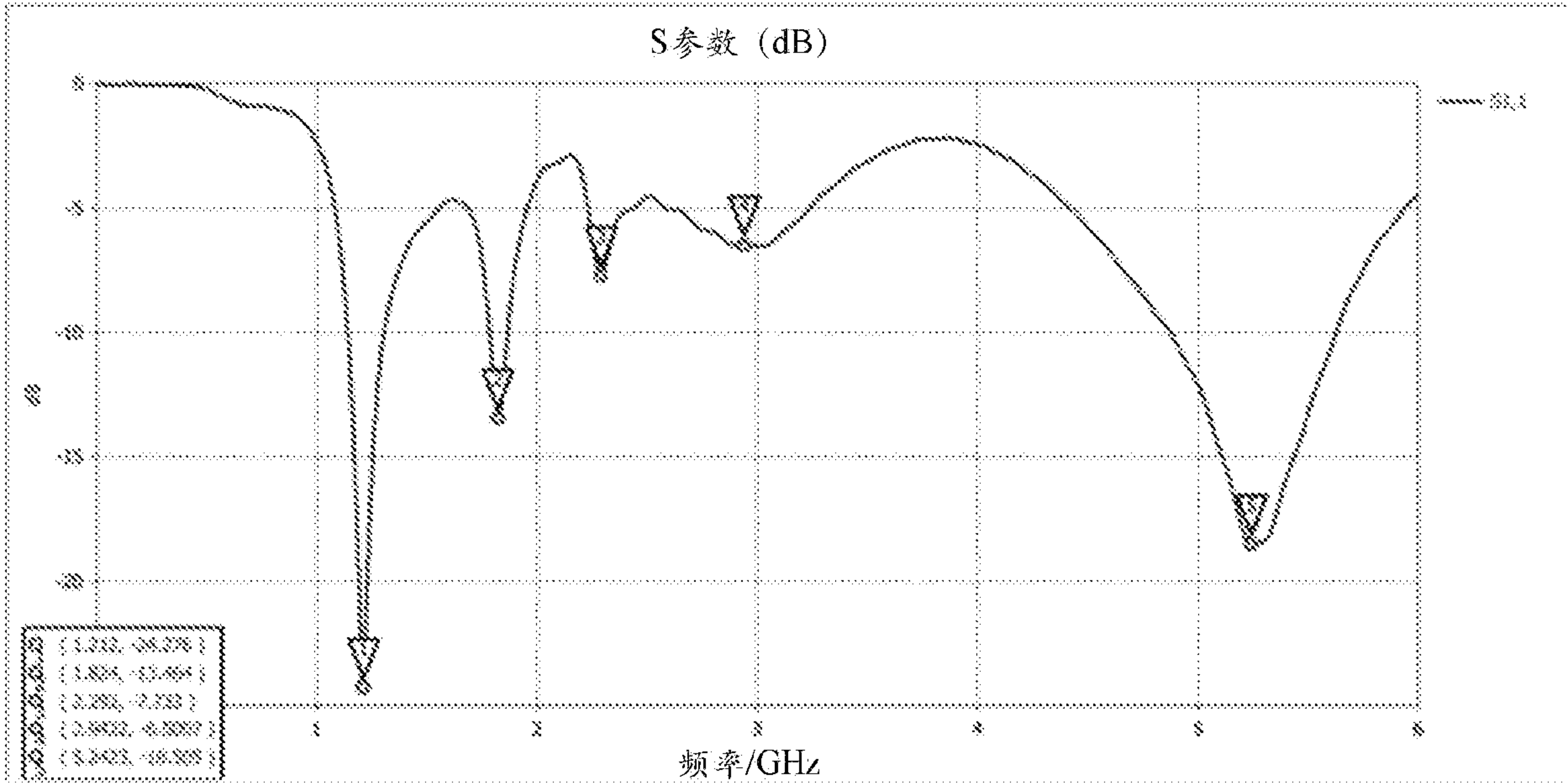
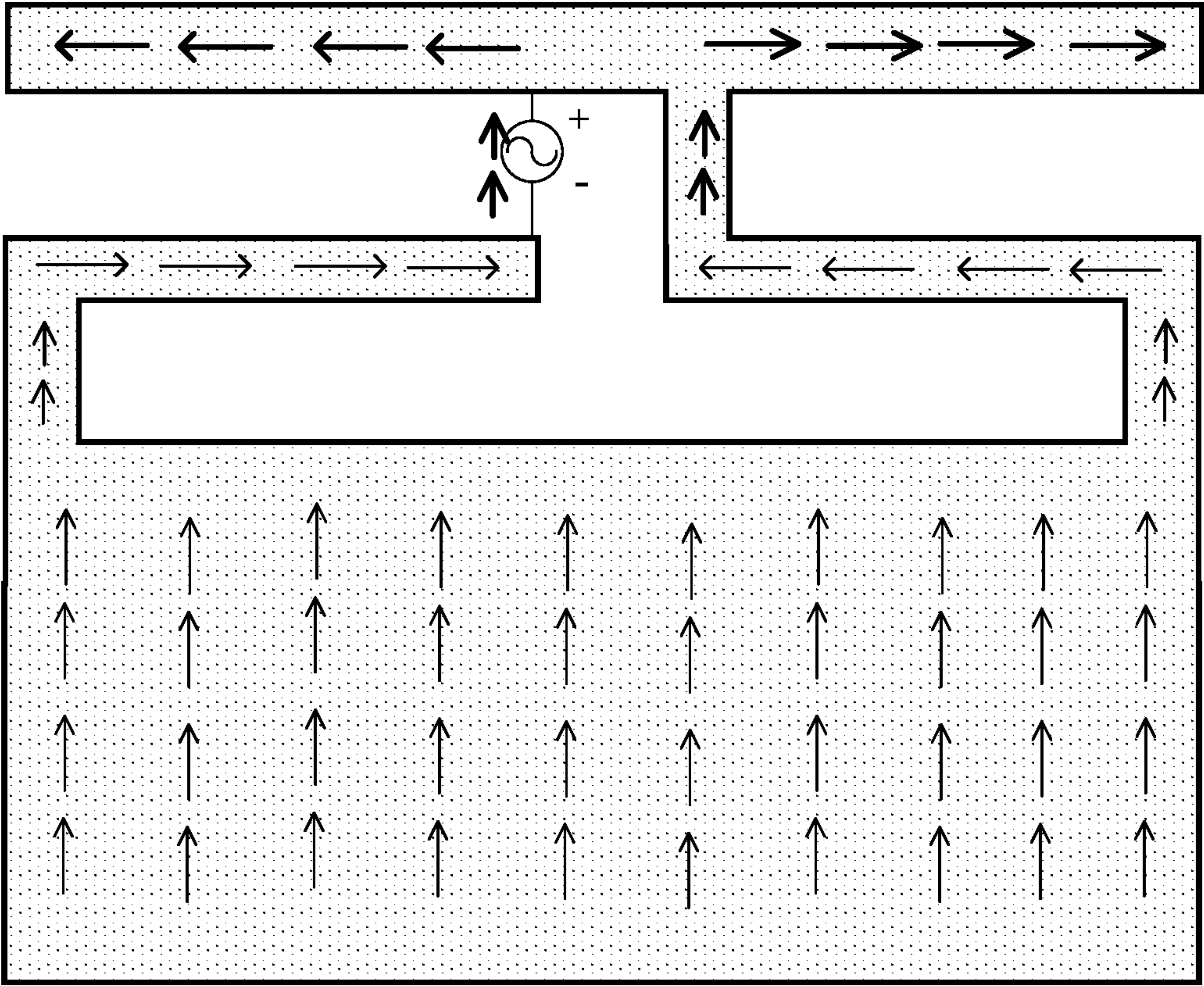
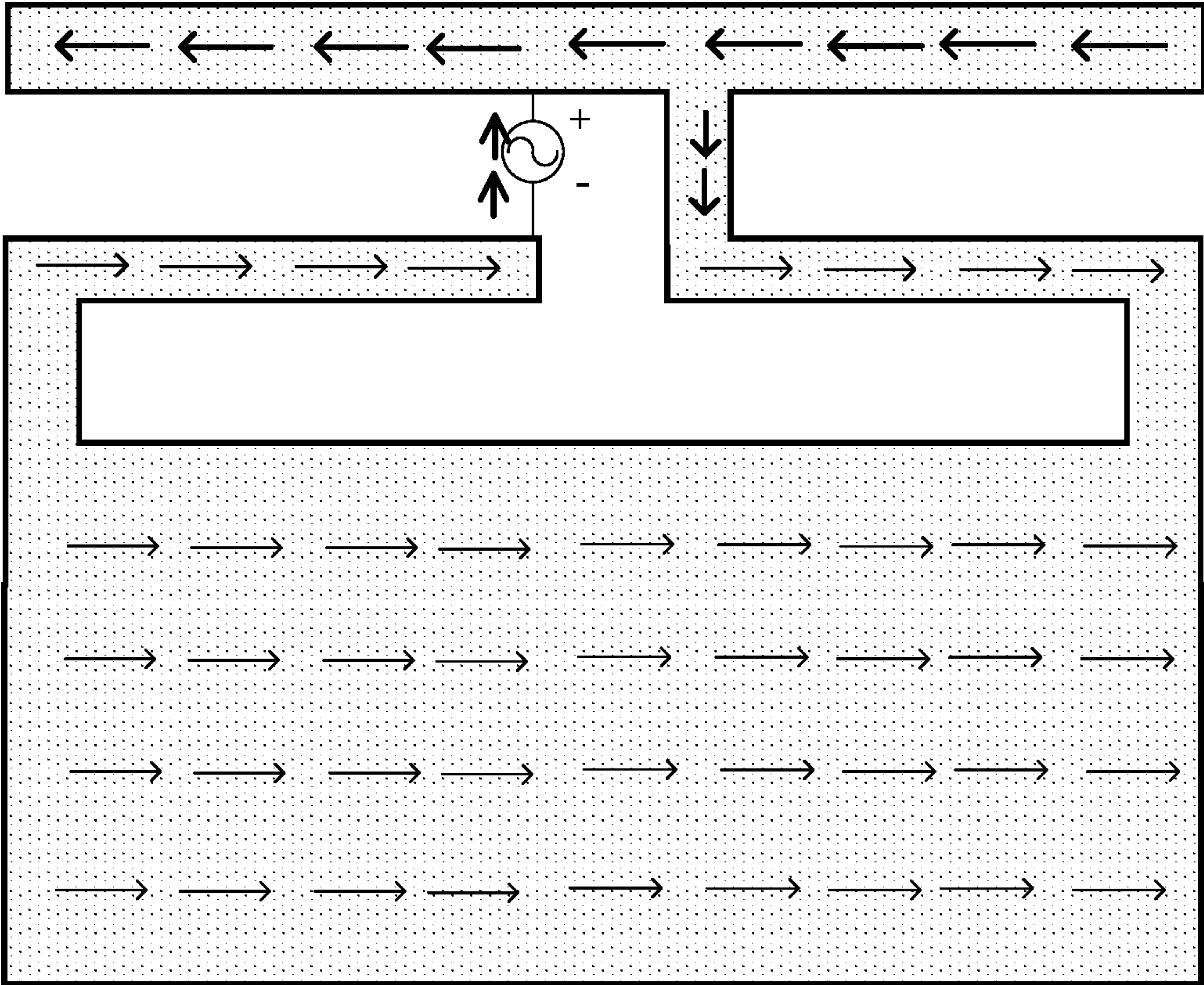


图 19B



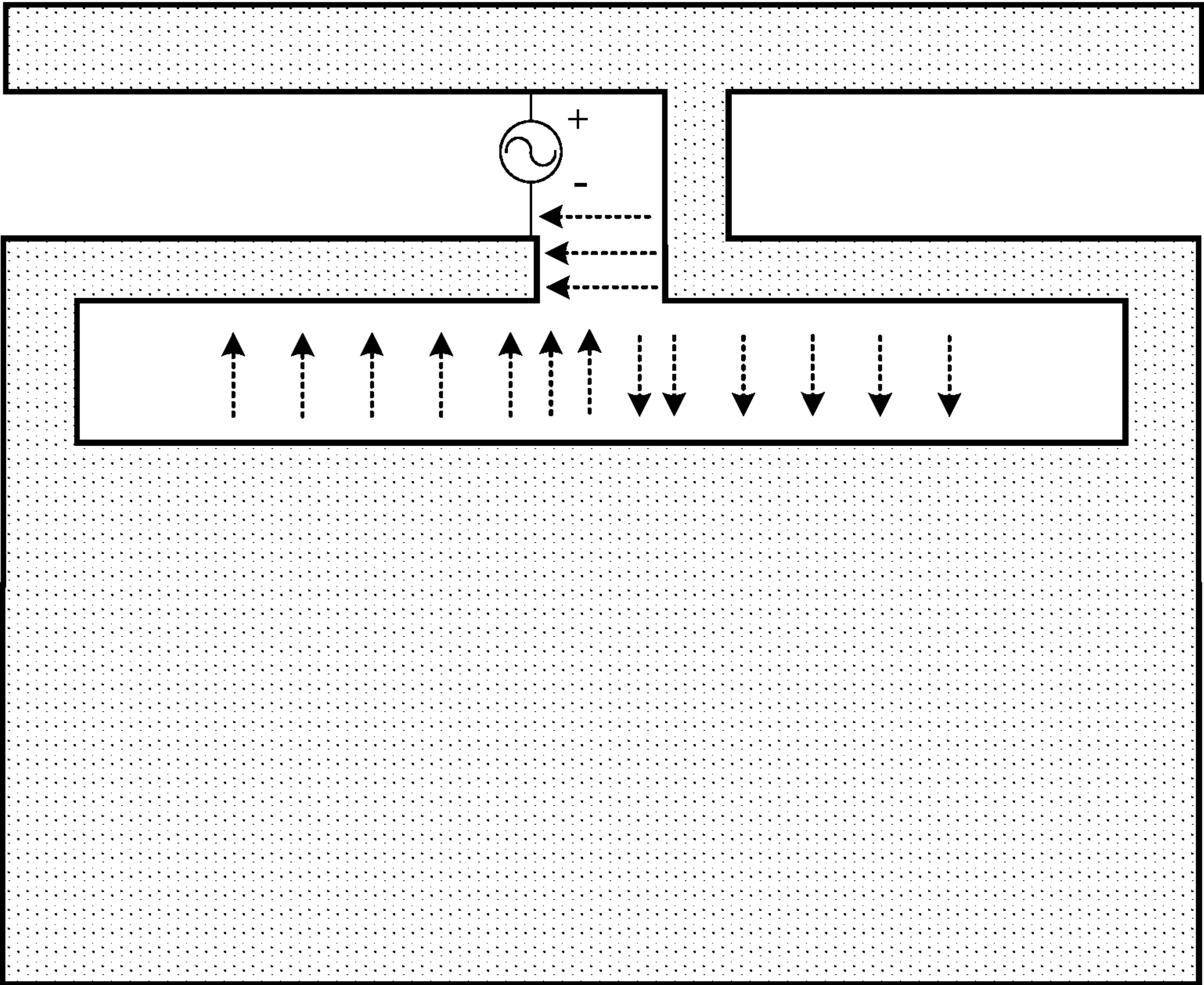
← 电流 (f=1.2GHz)

图 19C



← 电流 (f=1.8GHz)

图 19D



←----- 电场 (f=3.0GHz)

图 19E

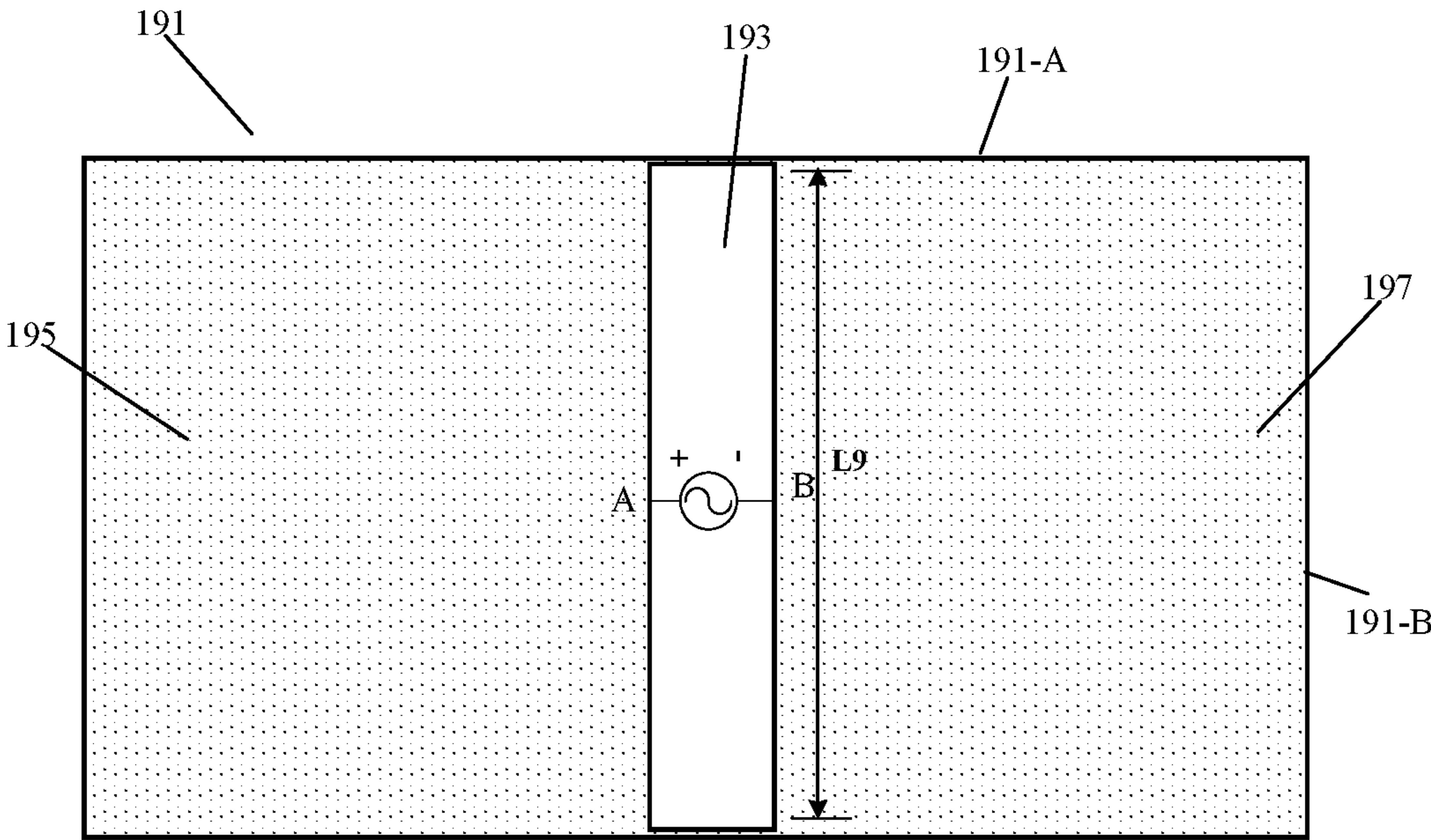
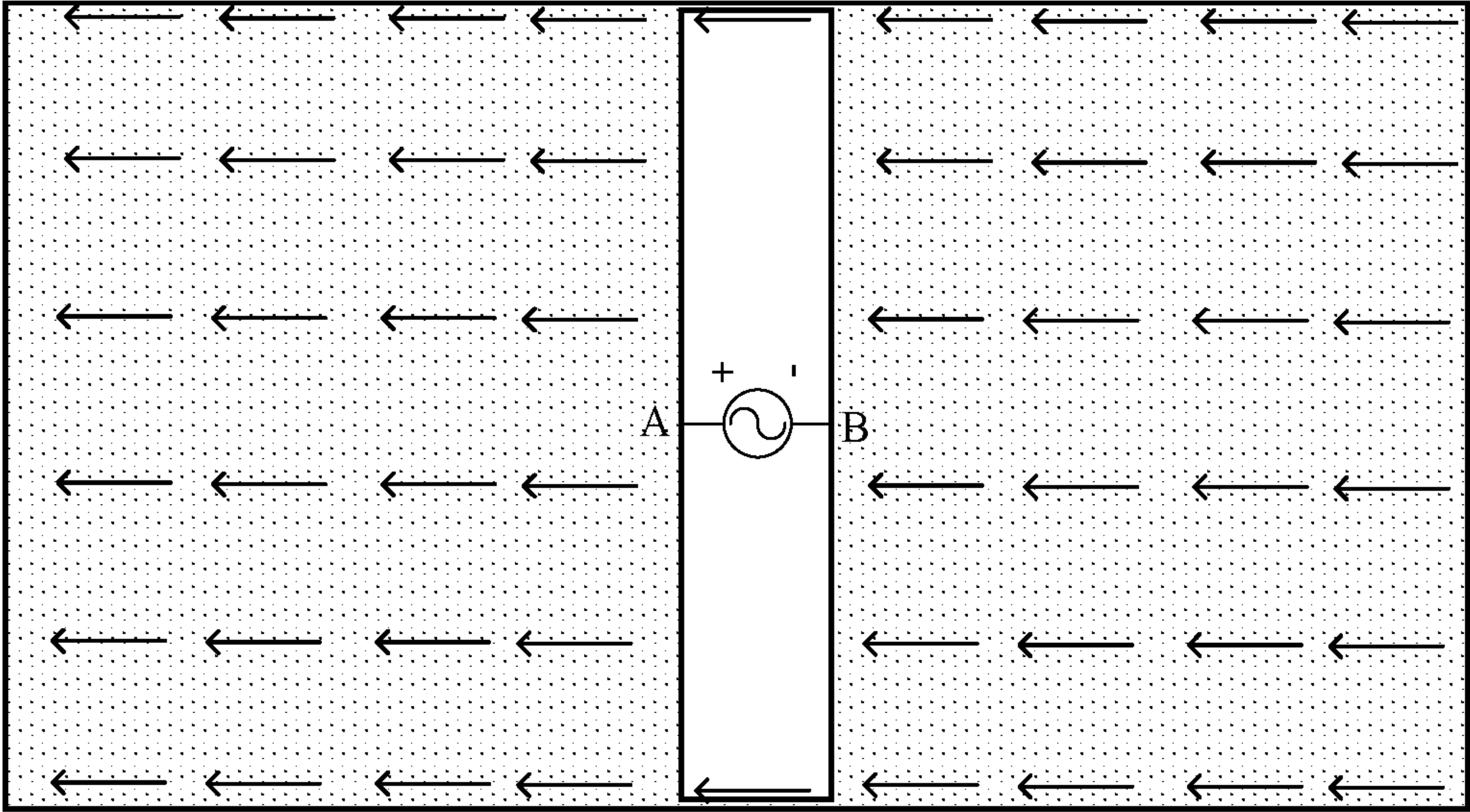
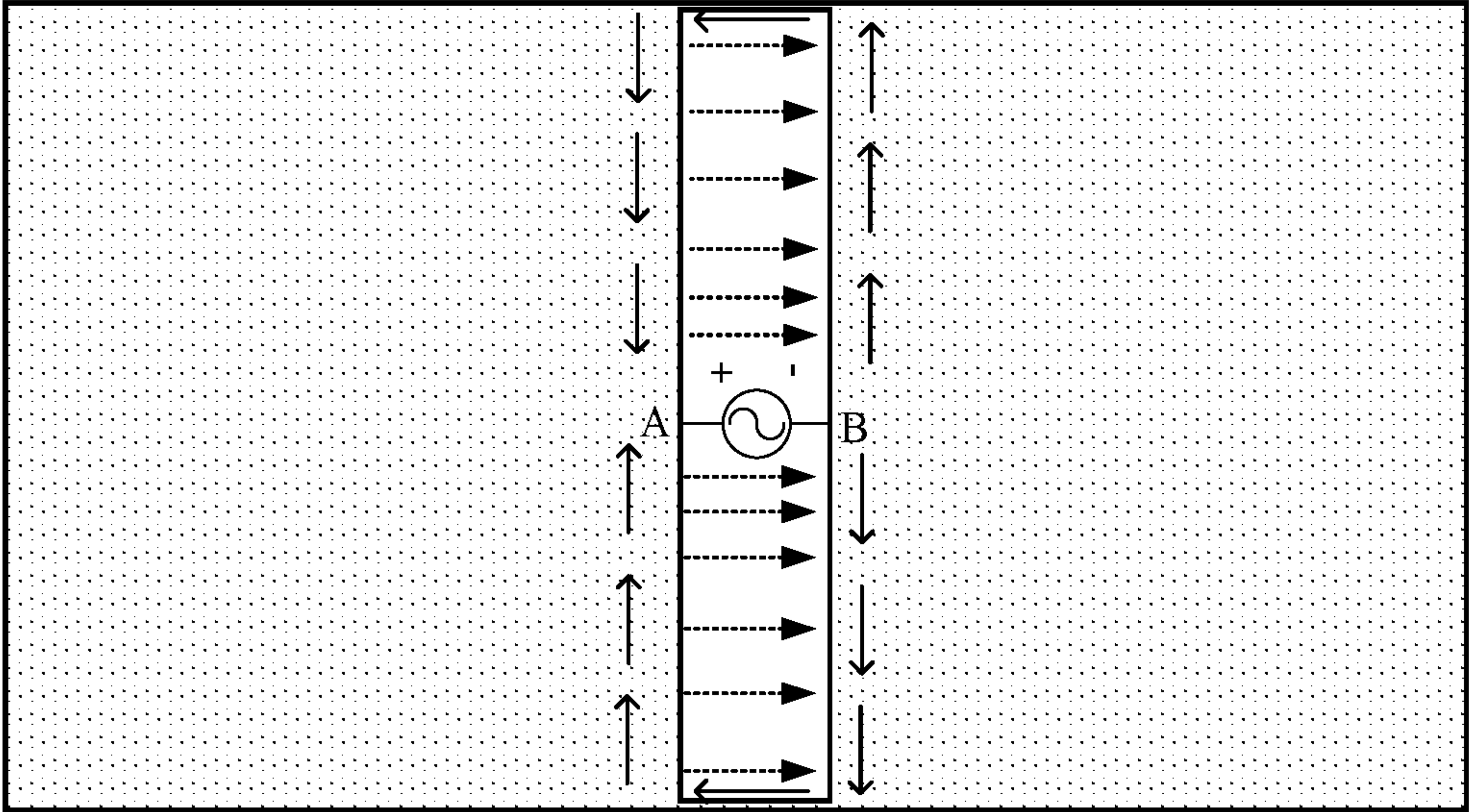


图 20A



← 电流 (DM线天线模式)

图 20B



← 电流 (DM槽天线模式) ←····· 电场 (DM槽天线模式)

图 20C

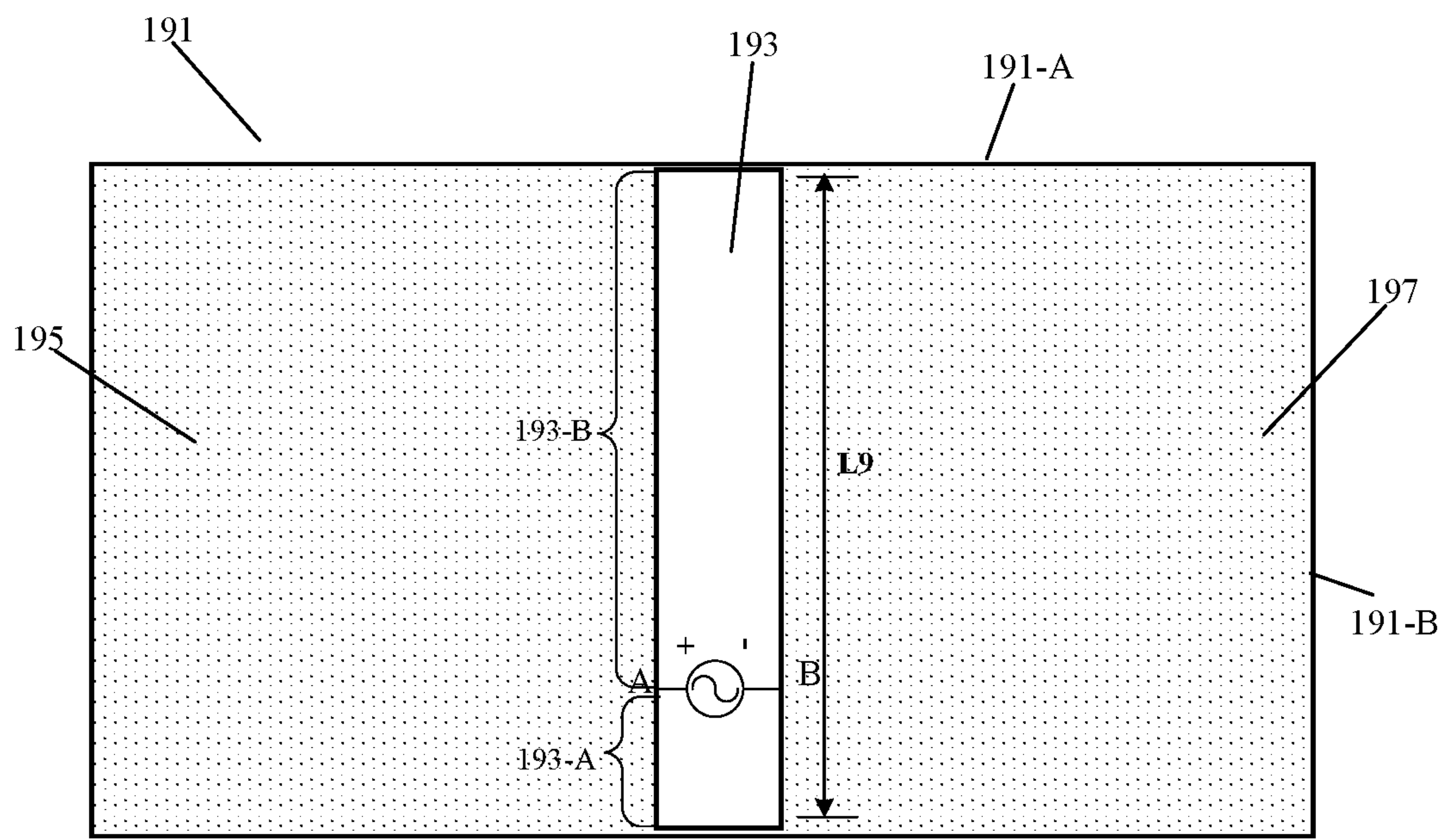


图 20D

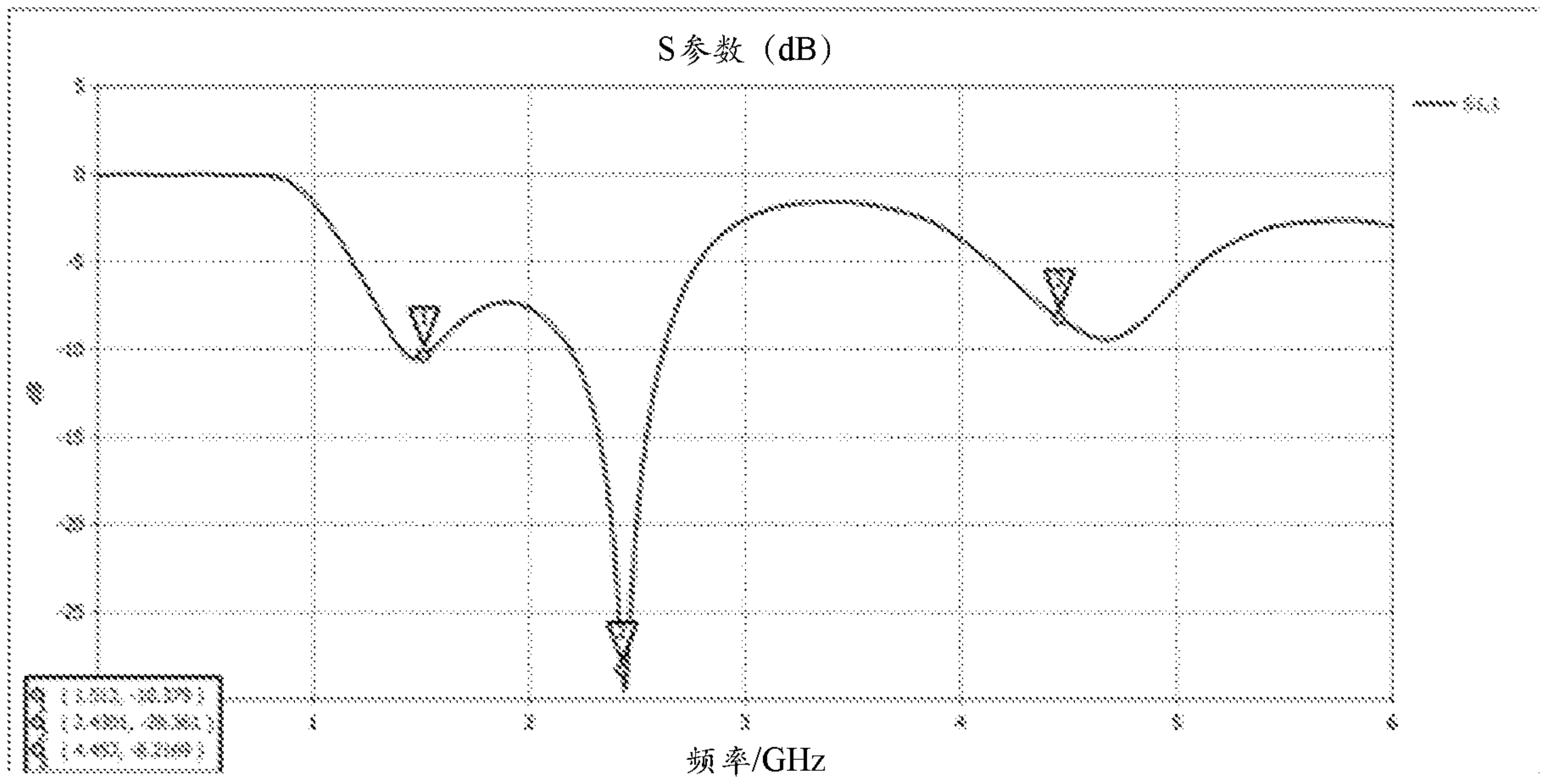


图 20E

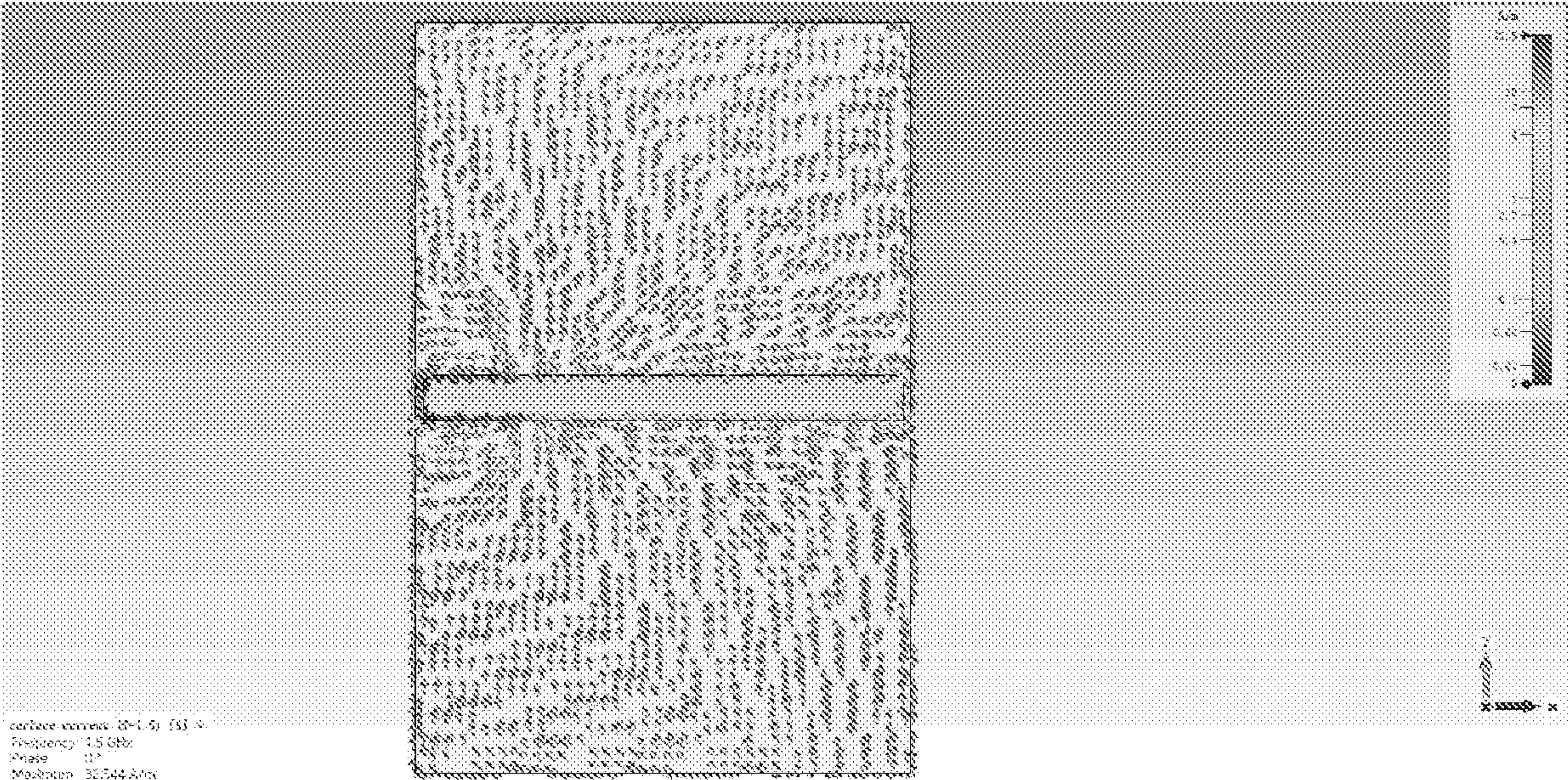


图 20F

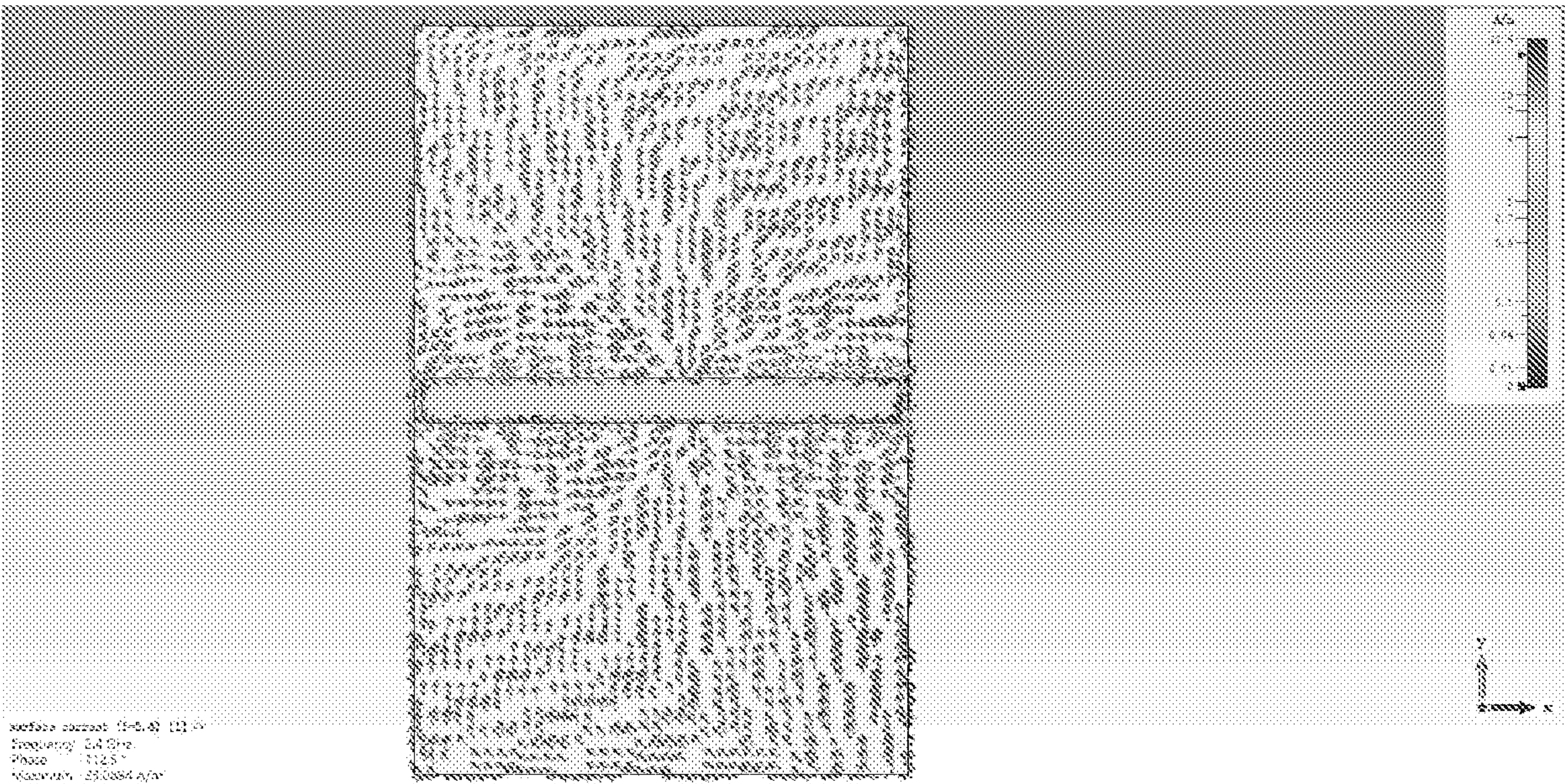


图 20G

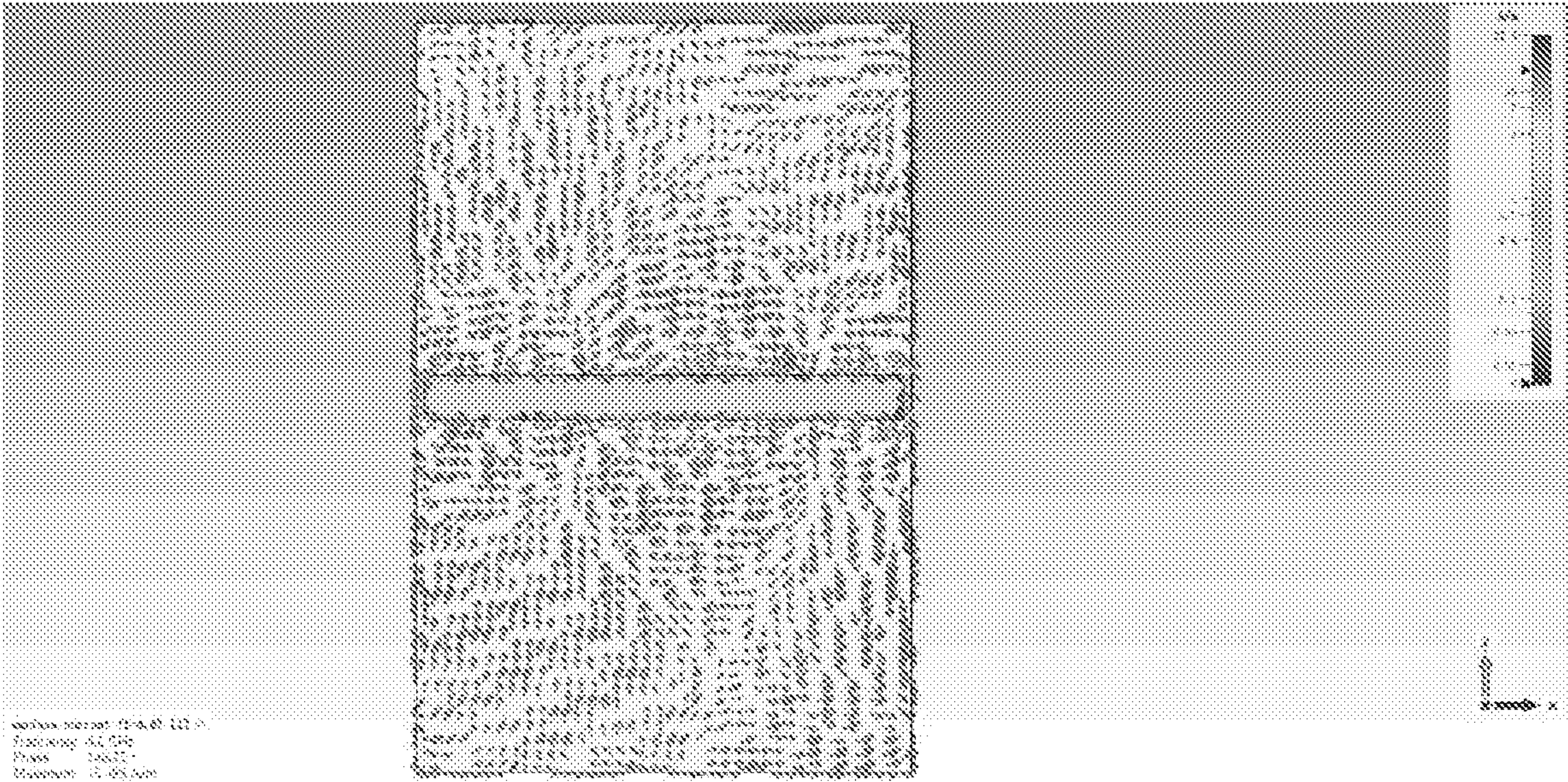


图 20H

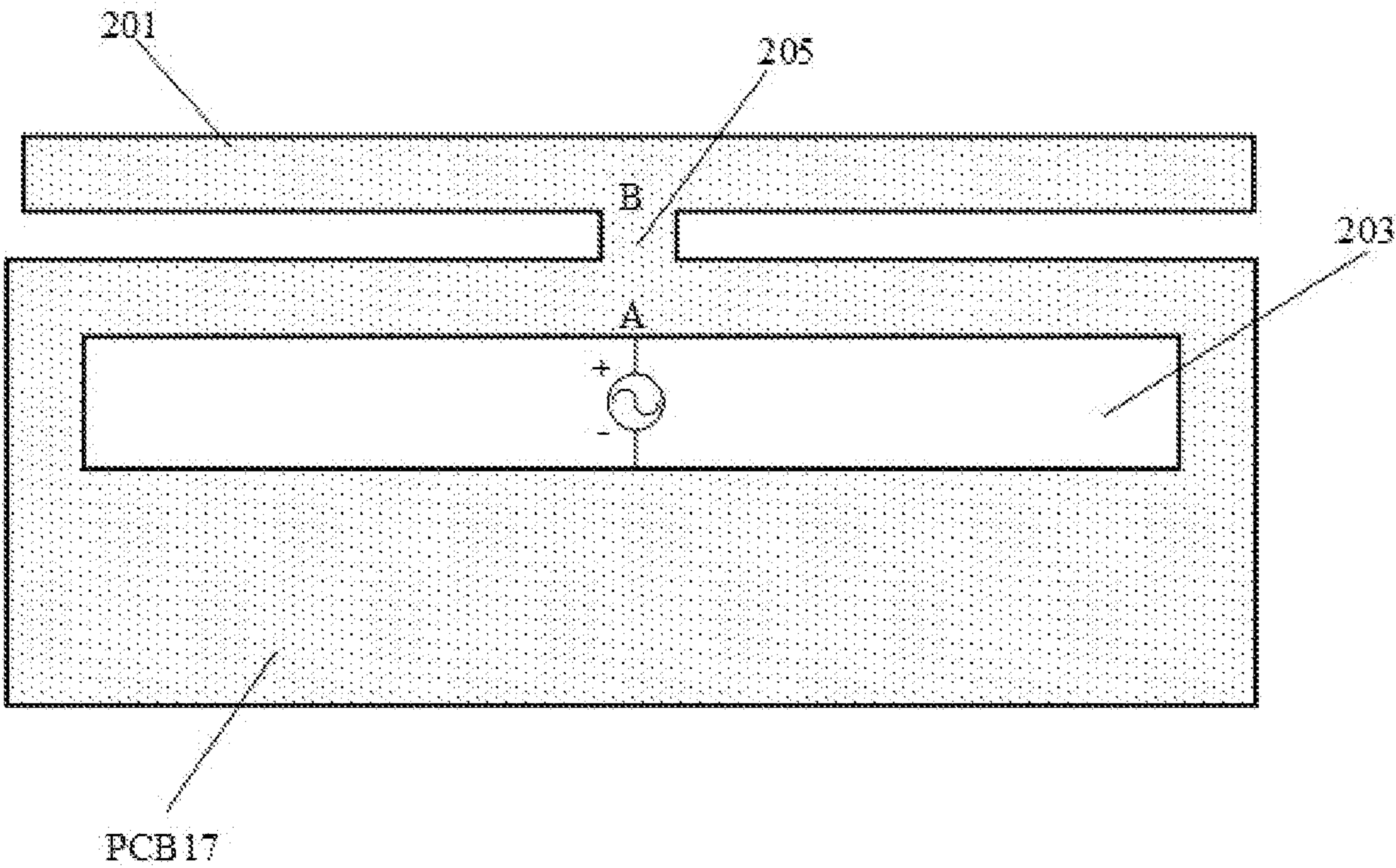


图 21A

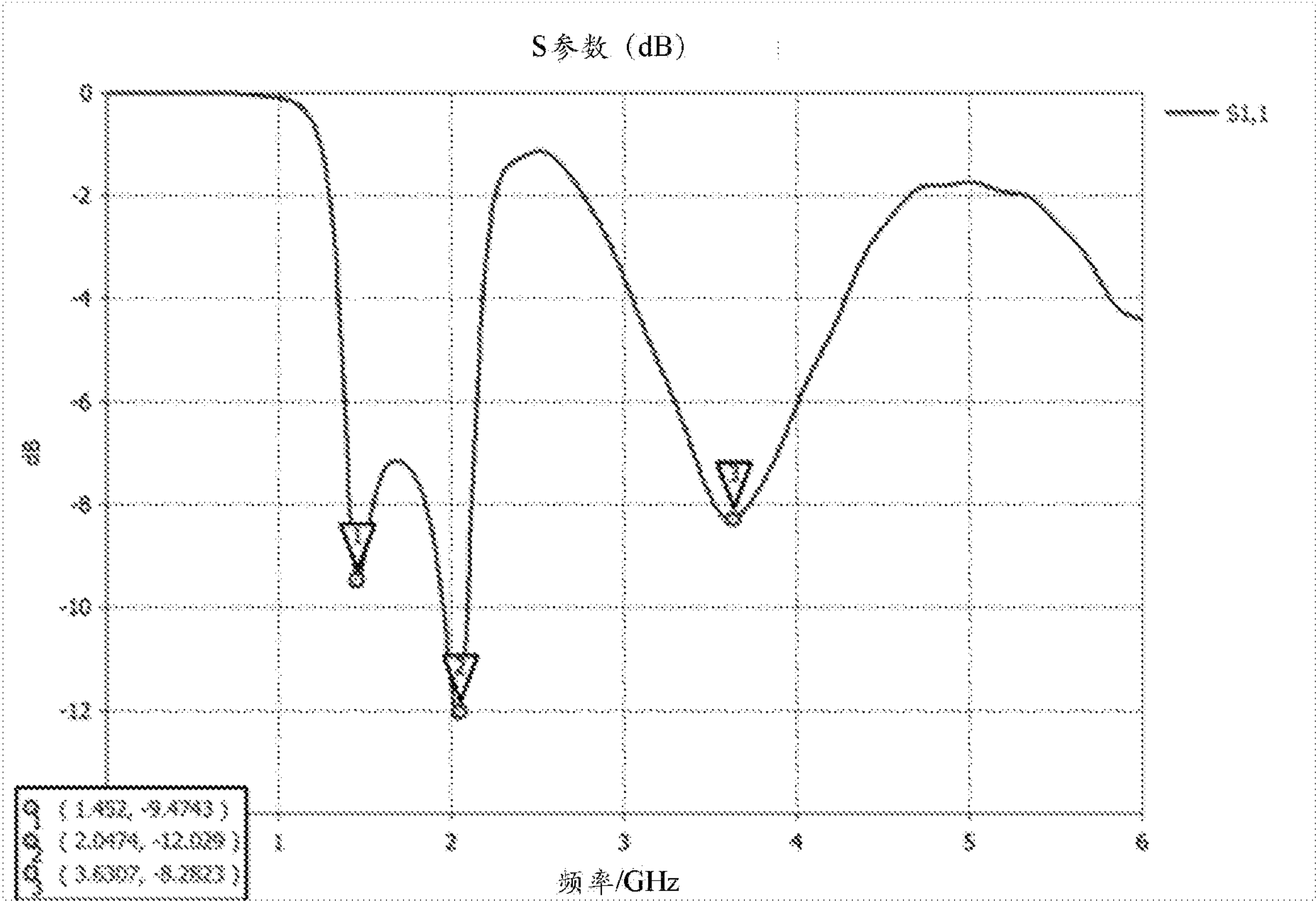


图 21B

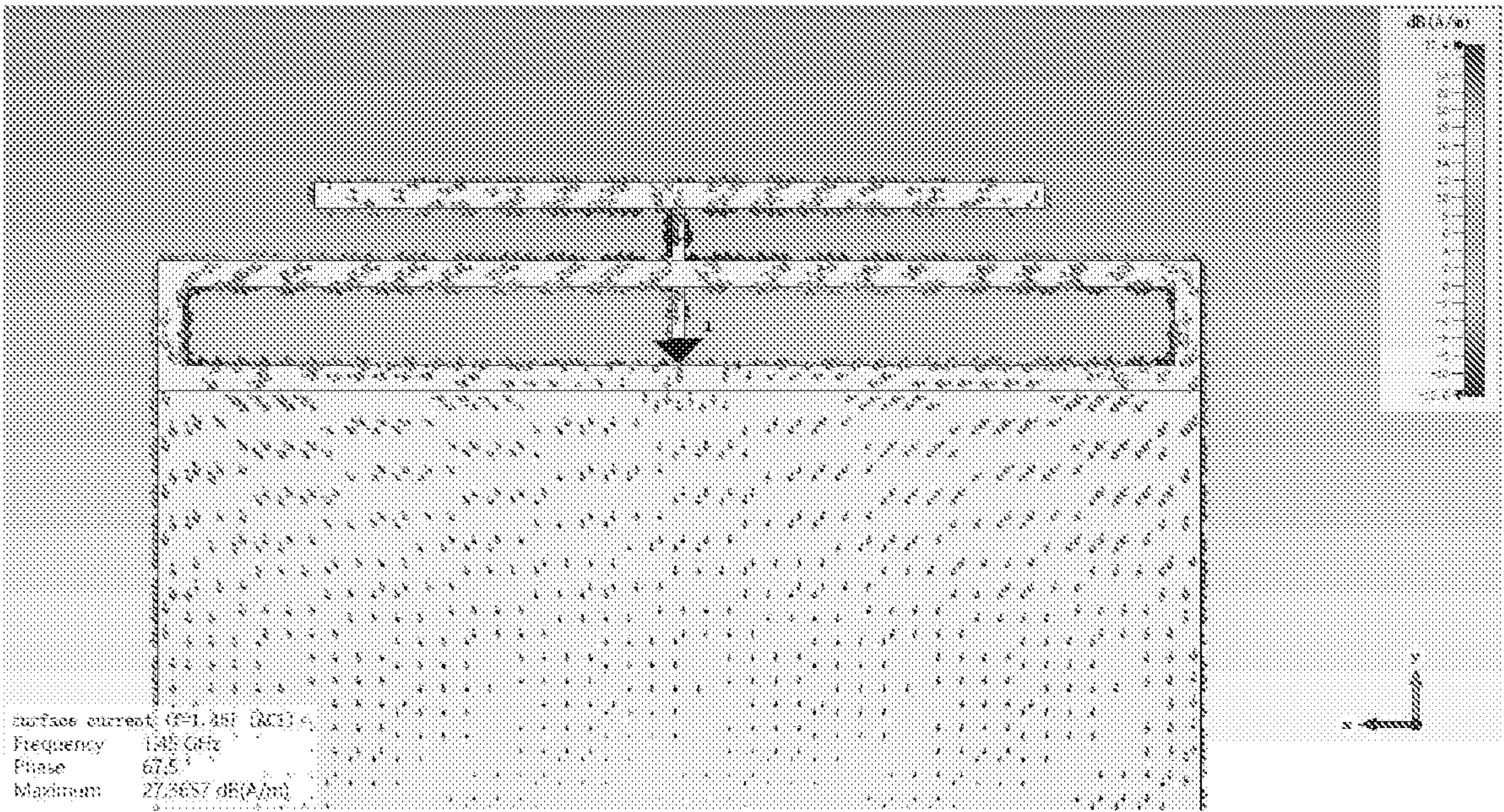


图 21C

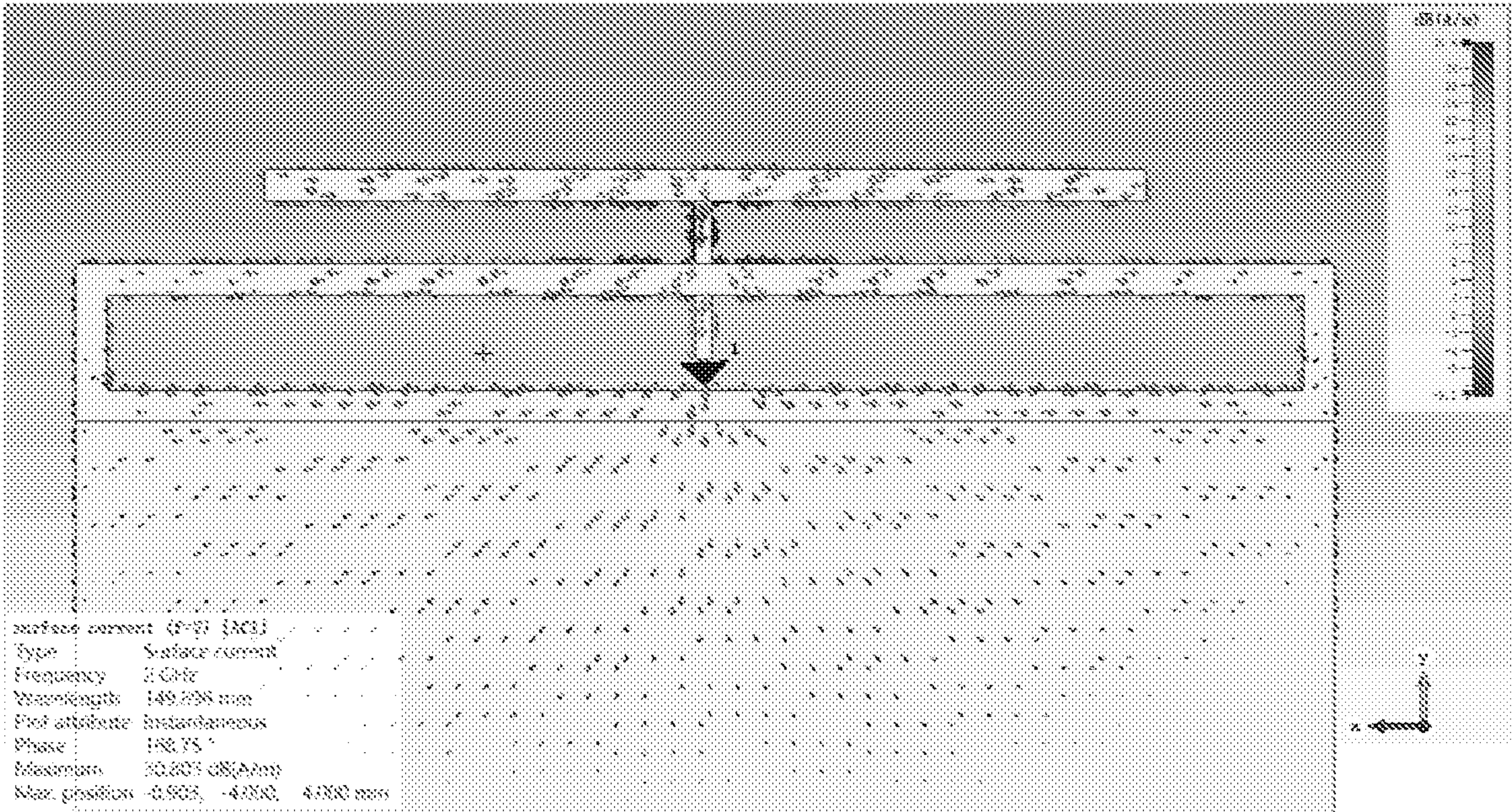


图 21D

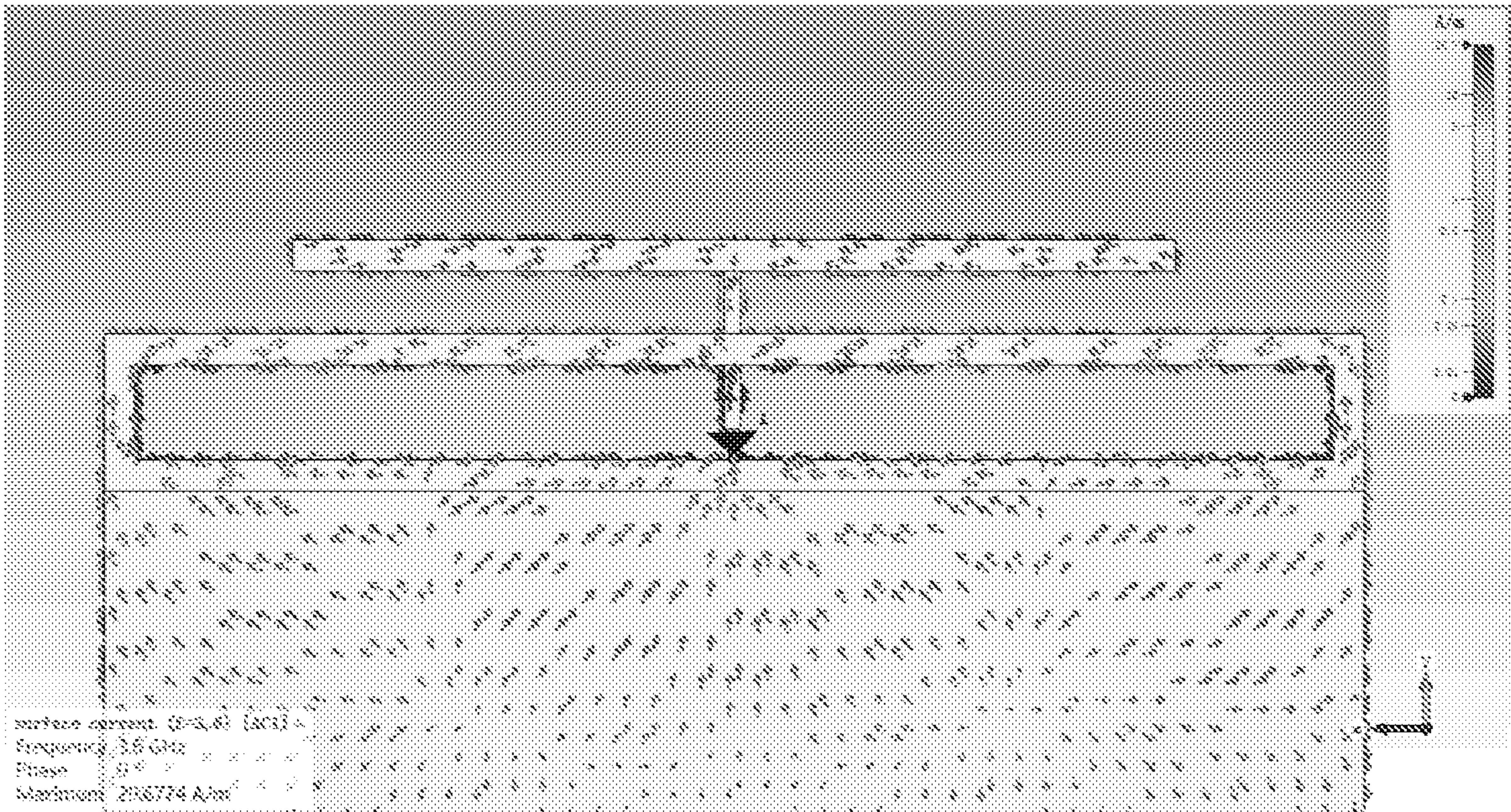


图 21E

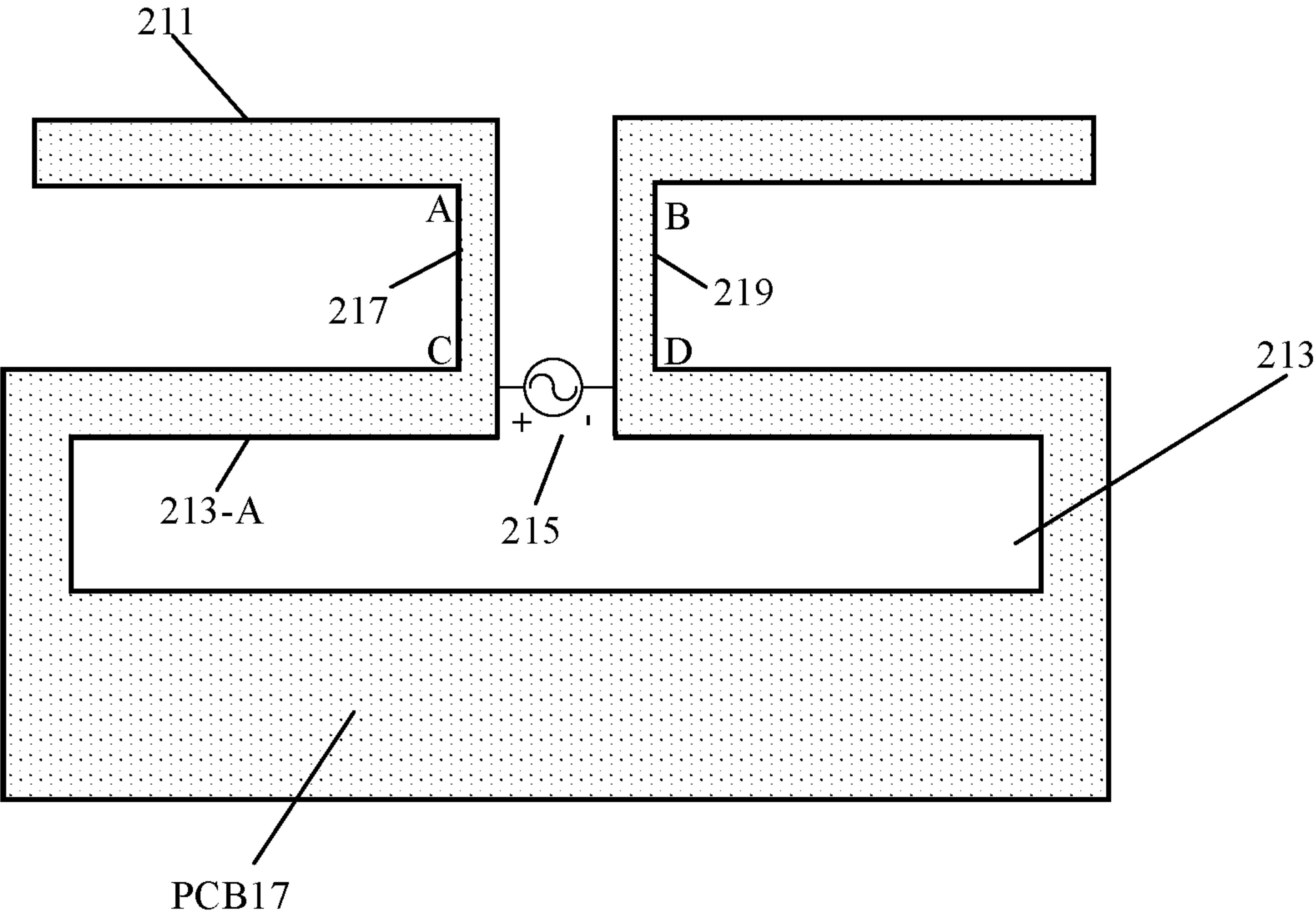


图 22A

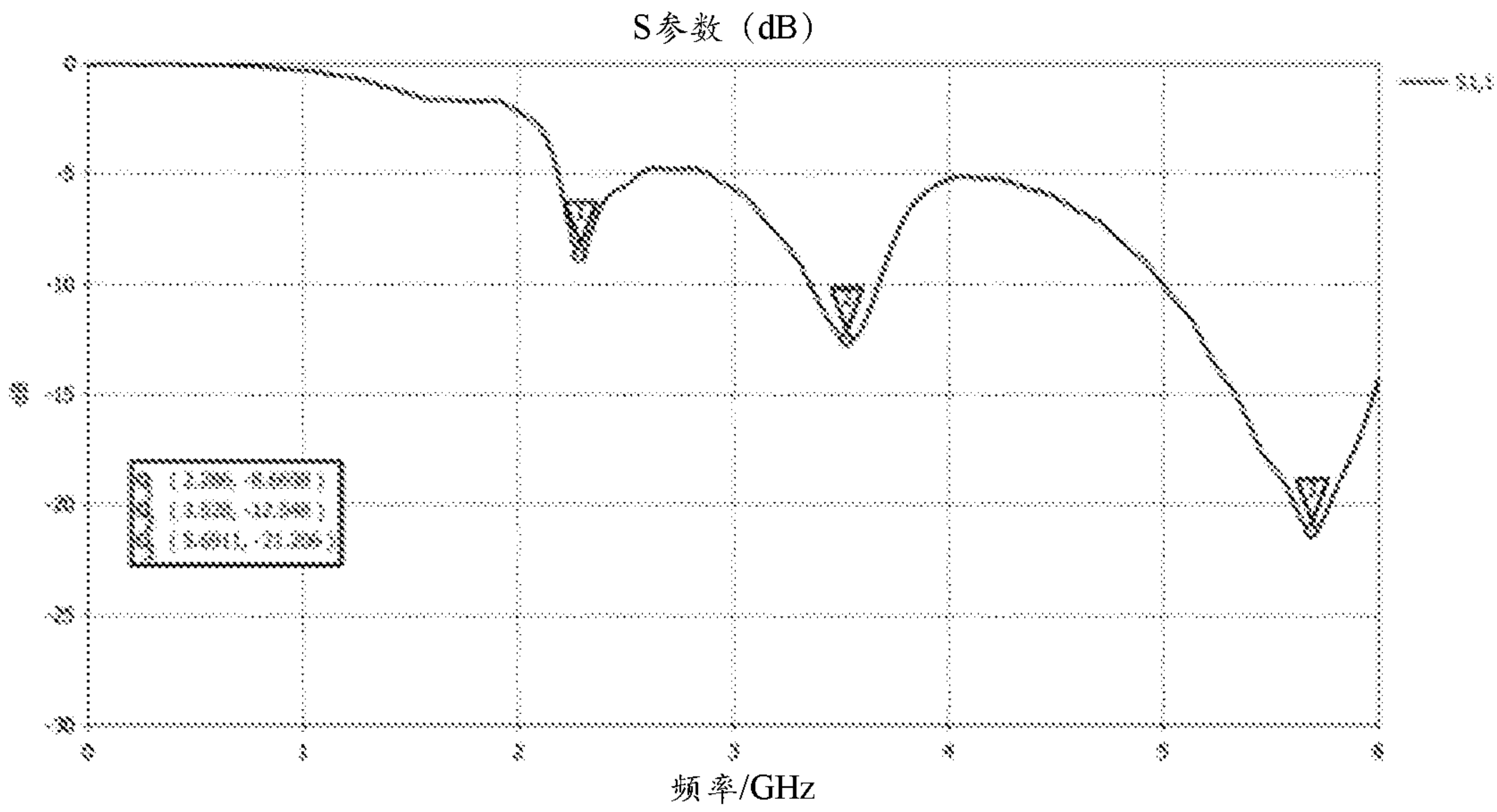


图 22B

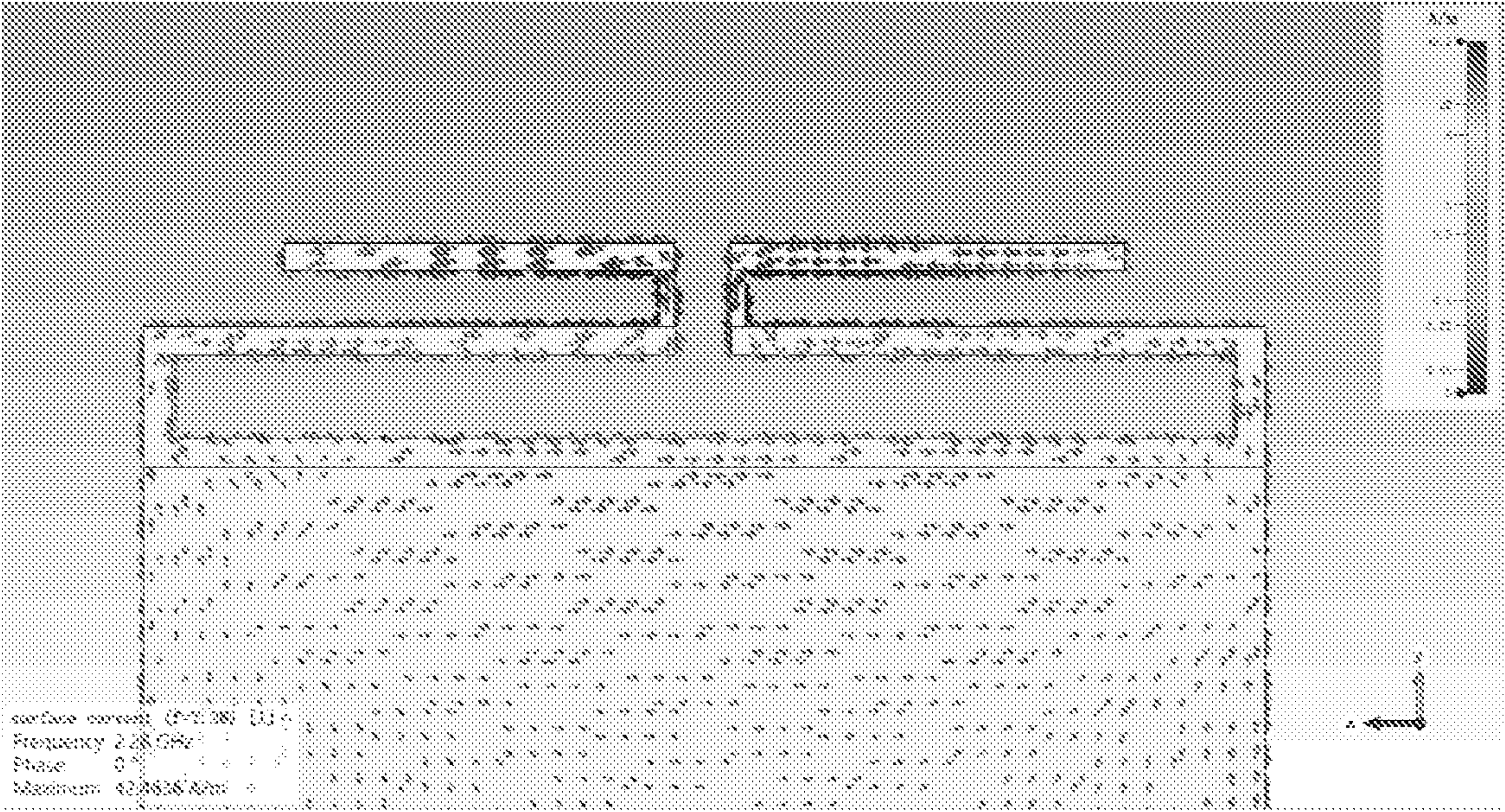


图 22C

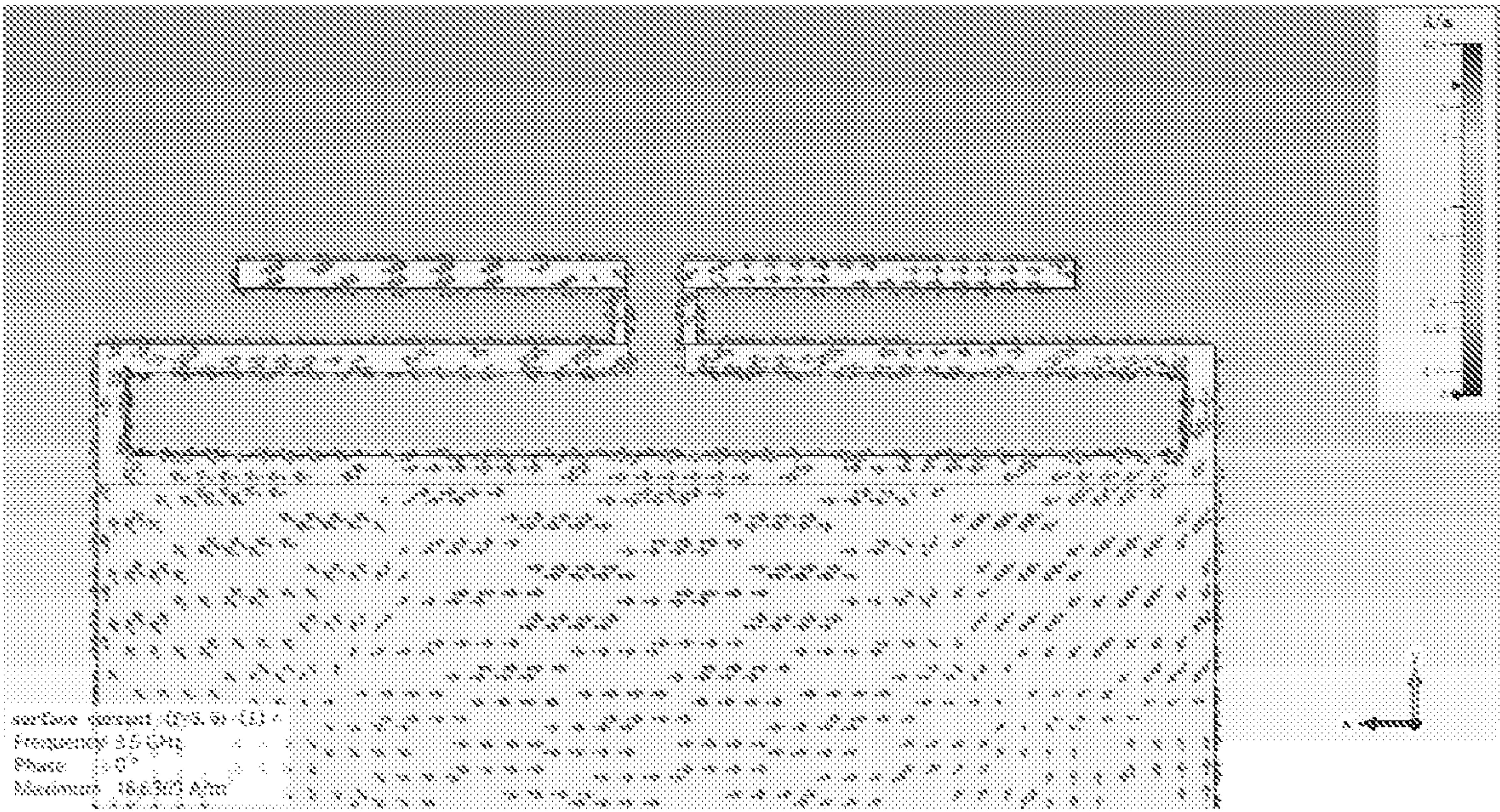


图 22D

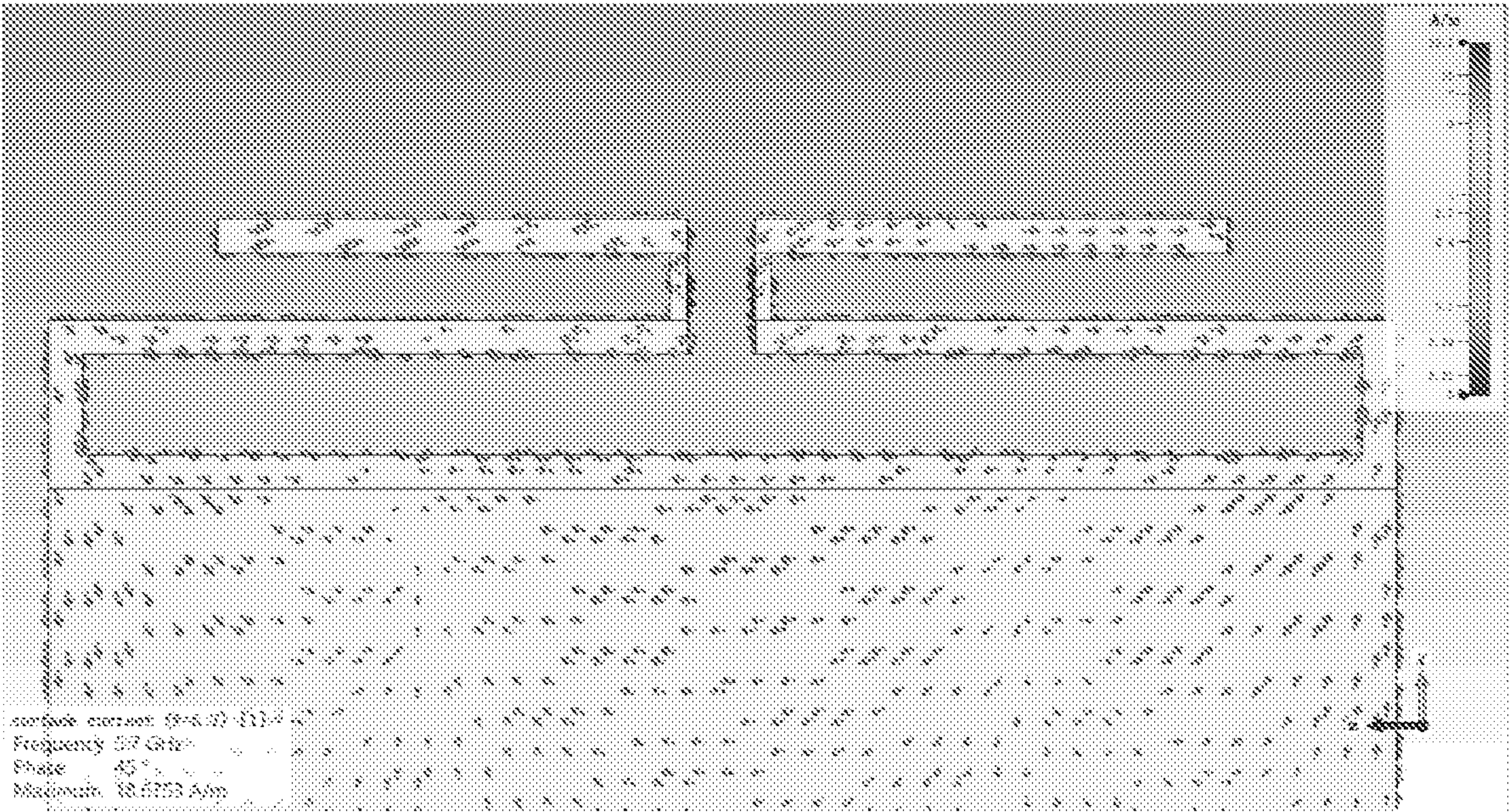


图 22E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/125466

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01Q 1/24(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)

H04Q

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)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 天线, 模式, 波长, 差模, 馈电, 共模, 差分, 接地, 条形, 条状, 线天线, 频段, 槽天线, 缝隙, 隙缝, 平行, 垂直, 重合, 覆盖, 四分之一, 1/4, CM, DM, antenna, wave, length, distance, feed, common mode, differential mode, ground, trough, groove, slot, strip, line, frequency band, parallel, vertical, perpendicular, cover

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102299414 A (SHANGHAI AMPHENOL AIRWAVE COMMUNICATION ELECTRONICS CO., LTD.) 28 December 2011 (2011-12-28) description, paragraphs [0027]-[0054], and figures 1-9	1-7
A	CN 101710644 A (SHENZHEN HUAWEI COMMUNICATION TECHNOLOGIES CO., LTD.) 19 May 2010 (2010-05-19) description, paragraphs [0024]-[0069], figure 1	8-19
A	CN 110364813 A (NANTONG UNIVERSITY) 22 October 2019 (2019-10-22) entire document	1-19
A	CN 1455970 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.) 12 November 2003 (2003-11-12) entire document	1-19
A	WO 2018158096 A1 (PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V.) 07 September 2018 (2018-09-07) entire document	1-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
“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)
“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

“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
“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
“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
“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 January 2021

Date of mailing of the international search report

29 January 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/125466

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 206976581 U (DONGGUAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 06 February 2018 (2018-02-06) entire document	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/125466

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	102299414	A	28 December 2011	None			
CN	101710644	A	19 May 2010	None			
CN	110364813	A	22 October 2019	None			
CN	1455970	A	12 November 2003	KR	20020081490	A	26 October 2002
				EP	1356543	A1	29 October 2003
				GB	0101667	D0	07 March 2001
				JP	2004518364	A	17 June 2004
				WO	02060005	A1	01 August 2002
				US	2002130816	A1	19 September 2002
WO	2018158096	A1	07 September 2018	JP	2020510967	A	09 April 2020
				US	2020015340	A1	09 January 2020
				CN	110352316	A	18 October 2019
				EP	3590149	A1	08 January 2020
CN	206976581	U	06 February 2018	None			

国际检索报告		国际申请号 PCT/CN2020/125466
A. 主题的分类 H01Q 1/24(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) H04Q 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)) CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI:天线, 模式, 波长, 差模, 馈电, 共模, 差分, 接地, 条形, 条状, 线天线, 频段, 槽天线, 缝隙, 隙缝, 平行, 垂直, 重合, 覆盖, 四分之一, 1/4, CM, DM, antenna, wave, length, distance, feed, common mode, differential mode, ground, trough, groove, slot, strip, line, frequency band, parallel, vertical, perpendicular, cover		
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
A	CN 102299414 A (上海安费诺永亿通讯电子有限公司) 2011年 12月 28日 (2011 - 12 - 28) 说明书第[0027]-[0054]段, 图1-9	1-7
A	CN 101710644 A (深圳华为通信技术有限公司) 2010年 5月 19日 (2010 - 05 - 19) 说明书第[0024]-[0069]段, 图1	8-19
A	CN 110364813 A (南通大学) 2019年 10月 22日 (2019 - 10 - 22) 全文	1-19
A	CN 1455970 A (皇家飞利浦电子有限公司) 2003年 11月 12日 (2003 - 11 - 12) 全文	1-19
A	W0 2018158096 A1 (PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V.) 2018年 9月 7日 (2018 - 09 - 07) 全文	1-19
A	CN 206976581 U (东莞理工学院) 2018年 2月 6日 (2018 - 02 - 06) 全文	1-19
☐ 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 2021年 1月 19日		国际检索报告邮寄日期 2021年 1月 29日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 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 廖然 电话号码 86-(10)-53961767

国际检索报告 关于同族专利的信息				国际申请号 PCT/CN2020/125466			
检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	102299414	A	2011年 12月 28日	无			
CN	101710644	A	2010年 5月 19日	无			
CN	110364813	A	2019年 10月 22日	无			
CN	1455970	A	2003年 11月 12日	KR	20020081490	A	2002年 10月 26日
				EP	1356543	A1	2003年 10月 29日
				GB	0101667	D0	2001年 3月 7日
				JP	2004518364	A	2004年 6月 17日
				WO	02060005	A1	2002年 8月 1日
				US	2002130816	A1	2002年 9月 19日
WO	2018158096	A1	2018年 9月 7日	JP	2020510967	A	2020年 4月 9日
				US	2020015340	A1	2020年 1月 9日
				CN	110352316	A	2019年 10月 18日
				EP	3590149	A1	2020年 1月 8日
CN	206976581	U	2018年 2月 6日	无			