

(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
2018 年 12 月 27 日 (27.12.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/233156 A1

(51) 国际专利分类号:
H01G 7/06 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/106668

(22) 国际申请日: 2017 年 10 月 18 日 (18.10.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710485860.2 2017 年 6 月 23 日 (23.06.2017) CN

(71) 申请人: 北京北方华创微电子装备有限公司 (BEIJING NAURA MICROELECTRONICS EQUIPMENT CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。

(72) 发明人: 韦刚 (WEI, Gang); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。
成晓阳 (CHENG, Xiaoyang); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。

(74) 代理人: 北京天昊联合知识产权代理有限公司 (TEE & HOWE INTELLECTUAL PROPERTY ATTORNEYS); 中国北京市东城区建国门

内大街 28 号民生金融中心 D 座 10 层 张天舒, Beijing 100005 (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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条 (3))。

(54) Title: ADJUSTABLE CAPACITOR, IMPEDANCE-MATCHING APPARATUS AND SEMICONDUCTOR-PROCESSING DEVICE

(54) 发明名称: 可调电容、阻抗匹配装置和半导体加工设备

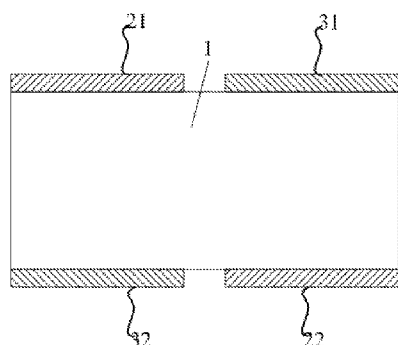


图 3

(57) Abstract: An adjustable capacitor, comprising a ferroelectric dielectric layer (1) and a first electrode (21) and a second electrode (22) located on two opposite sides of the ferroelectric dielectric layer (1); and the adjustable capacitor further comprising a first control electrode (31) and a second control electrode (32) arranged so as to be insulated from the first electrode (21) and the second electrode (22). The first control electrode (31) and the second control electrode (32) are used for providing an electric field to the ferroelectric dielectric layer (1) so as to adjust a dielectric constant of the ferroelectric dielectric layer (1) by means of controlling the electric field strength of the electric field, thereby adjusting a capacitance value between the first electrode (21) and the second electrode (22). Further provided are an impedance-matching apparatus and a semiconductor-processing device. The adjustable capacitor, the impedance-matching apparatus and the semiconductor-processing device can adjust the capacitance value of the adjustable capacitor in milliseconds or even faster, thereby accelerating a matching speed, shortening a matching time, and improving the processing efficiency and processing effect.

(57) 摘要：一种可调电容，包括铁电介质层(1)和位于所述铁电介质层(1)相对两侧的第一电极(21)和第二电极(22)；所述可调电容还包括与第一电极(21)和第二电极(22)绝缘设置的第一控制电极(31)和第二控制电极(32)；所述第一控制电极(31)和所述第二控制电极(32)用于向所述铁电介质层(1)提供电场，以通过控制所述电场的电场强度来调整所述铁电介质层(1)的介电常数，从而调节所述第一电极(21)和第二电极(22)之间的电容值。还提供一种阻抗匹配装置及半导体加工设备。该可调电容、阻抗匹配装置及半导体加工设备能够在毫秒级的时间内甚至更快地调节可调电容的容值大小，从而可以加快匹配速度，缩短匹配时间，提高工艺效率和工艺效果。

可调电容、阻抗匹配装置和半导体加工设备

技术领域

本发明属于微电子加工技术领域，具体涉及一种可调电容、阻抗匹配装置和半导体加工设备。

背景技术

等离子体技术被广泛地应用于半导体器件的制造技术领域。在等离子体沉积与刻蚀系统中，采用射频电源向反应腔室加载能量以将腔室内的工艺气体激发形成等离子体；等离子体中含有大量的电子、离子、激发态的原子、分子和自由基等活性粒子，这些活性粒子和置于腔体内并曝露在等离子体环境下的基片表面发生各种物理和化学反应，使基片表面发生变化，从而完成刻蚀、沉积等工艺。

在应用中，射频电源的输出阻抗一般为 50Ω ，为了使反应腔室从射频电源处获得最大的功率以及降低反应腔室的反射功率，一般在射频电源与反应腔室之间设置有阻抗匹配装置，用于使射频电源的输出阻抗和负载阻抗相匹配，负载阻抗等于阻抗匹配装置的阻抗与反应腔室的阻抗之和。

图 1 为应用现有的阻抗匹配装置的半导体加工设备的原理框图。请参阅图 1，阻抗匹配装置串接在射频电源 10 和反应腔室 20 之间，其包括采集单元 1、控制单元 2、执行单元 3 和匹配网络 4，其中，采集单元 1 串接在射频电源 10 和匹配网络 4 之间，采集单元 1 用于采集其所在传输线上的电信号（电压 V 和电流 I ）并发送至控制单元 2；匹配网络 4 包括可调电容 C_1 、 C_2 以及固定电感 L ；执行单元 3 包括电机 $M1$ 和 $M2$ ；控制单元 2 根据采集单元 1 发送的电信号依据阻抗匹配算法来获得可调电容 C_1 、 C_2 的变化量，并根据该变化量控制电机 $M1$ 和 $M2$ 转动，从而带动可调电容 C_1 、 C_2 的机械调节端运动，以分别对可调电容 C_1 、 C_2 的电容值进行调节。基于上述可知，阻抗匹配装置通过调节其自身阻抗来对射频电源的输出阻抗和负载阻抗进行

阻抗匹配。

然而，采用如图 1 所示的阻抗匹配装置在实际应用中不可避免地存在以下问题：图 1 所示的阻抗匹配装置通过电机转动来改变电容的容值大小，阻抗匹配速度受到电机的转动速度的限制，使得匹配速度通常仅为秒级，而难以实现毫秒级的匹配速度。

发明内容

本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一，提出了一种可调电容及阻抗匹配装置，可以实现在毫秒级或更短时间内调节可调电容的容值大小，从而达到毫秒级或更短时间的匹配速度。

为解决上述问题之一，本发明提供了一种可调电容，包括铁电介质层和位于所述铁电介质层相对两侧的第一电极和第二电极；所述可调电容还包括与第一电极和第二电极绝缘设置的第一控制电极和第二控制电极；所述第一控制电极和所述第二控制电极，用于向所述铁电介质层提供电场，以通过控制所述电场的电场强度来调整所述铁电介质层的介电常数，从而调节所述第一电极和第二电极之间的容值。

其中，至少部分所述铁电介质层同时位于所述第一控制电极和所述第二控制电极之间的电场以及所述第一电极和所述第二电极之间的电场中。

其中，所述第一电极和所述第一控制电极均设置于所述铁电介质层的上侧，且所述第一电极位于左侧，所述第一控制电极位于右侧；所述第二电极和所述第二控制电极均设置在所述铁电介质层的下侧，且所述第二电极位于右侧，所述第二控制电极位于左侧；所述第一控制电极与所述第二控制电极在所述铁电介质层的上表面所在平面上的正投影不重叠。

其中，所述第二控制电极的数量为两个，所述第二电极位于所述两个所述第二控制电极之间；所述第一电极的数量为两个，所述第一控制电极位于所述两个所述第一电极之间。

其中，所述第二控制电极与所述第一电极相对设置；所述第一控制电极与所述第二电极相对设置。

其中，相对设置的所述第二控制电极和所述第一电极在所述铁电介质层上的正投影完全重合；相对设置的所述第一控制电极和所述第二电极在所述铁电介质层上的正投影完全重合。

其中，所述第一电极和第二电极分别设置在所述铁电介质层的上侧和下侧；所述第一控制电极和所述第二控制电极分别设置在所述铁电介质层的左侧和右侧。

其中，所述铁电介质层的材料包括 BaTiO_3 、 BaO-TiO_2 、 KNbO_3 、 $\text{K}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5$ 、 LiNbO_3 、 $\text{Li}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5$ 、磷酸二氢钾、三甘氨酸硫酸盐和罗息盐中的至少一种。

作为另一个方面，本发明还提供一种阻抗匹配器，包括采集单元、匹配网络和控制单元，所述匹配网络串接在所述射频电源和所述反应腔室之间，且所述匹配网络可以包括本发明前述任一方案所述的可调电容，且所述第一电极和第二电极接入所述匹配网络的电路中，所述第一控制电极与所述控制单元电连接，所述第二控制电极接地；所述采集单元用于采集所述射频电源和所述匹配网络之间的传输线上的电信号，并将其发送至所述控制单元；所述控制单元用于根据所述采集单元采集到的电信号进行阻抗匹配运算，并根据运算结果控制加载在所述第一控制电极和第二控制电极之间的电压，以调节所述第一电极和所述第二电极之间的容值。

该阻抗匹配装置还包括低通滤波器，所述低通滤波器设置在所述控制单元与所述第一控制电极之间。

其中，所述可调电容的数量为多个，所述低通滤波器的数量与所述可调电容的数量相等，且二者一一对应地设置。

作为另一个方面，本发明还提供一种半导体加工设备，包括射频电源、阻抗匹配装置和反应腔室，所述阻抗匹配装置串接在所述射频电源和所述反应腔室之间，其中，所述阻抗匹配装置采用本发明前述任一方案所述的阻抗匹配装置。

本发明具有以下有益效果：

本发明实施例提供的可调电容，由于可以通过控制第一控制电极和第二控制电极之间的电压来控制铁电介质层所在的电场的电场强度，电场强度的快速变化可以引起铁电介质层的介电常数的快速变

化,介电常数的快速变化可以引起第一电极和第二电极之间的电容容值的快速变化,因此,与现有技术的机械调节方式相比,本发明可以提高电容容值的调节速率、缩短调节时间,可以实现毫秒级或更短时间内的电容容值的调节。

本发明实施例提供的阻抗匹配装置,由于采用本发明实施例提供的可调电容,因而阻抗匹配装置能够实现毫秒级的匹配速度。

本发明实施例提供的半导体加工设备,由于采用本发明实施例提供的阻抗匹配装置,可以实现射频电源的输出阻抗和负载阻抗之间的快速匹配,从而提高工艺效率以及工艺效果。

附图说明

图 1 为应用现有的阻抗匹配装置的半导体加工设备的原理框图;
图 2 为铁电介质层的极化强度 P 与所处电场 E 之间的关系示意图;

图 3 为本发明实施例 1 中的可调电容的一种结构示意图;
图 4 为本发明实施例 1 中的可调电容的另一种结构示意图;
图 5 为本发明实施例 1 中的可调电容的又一种结构示意图;
图 6 为本发明实施例 2 提供的阻抗匹配装置的结构示意图;
图 7 为本发明实施例 3 提供的半导体加工设备的结构示意图。

具体实施方式

为使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图来对本发明提供的可调电容、阻抗匹配装置和半导体加工设备进行详细描述。

实施例 1

本发明实施例提供一种可调电容,该可调电容包括铁电介质层和位于铁电介质层相对两侧的第一电极和第二电极;该可调电容还包括与第一电极和第二电极绝缘设置的第一控制电极和第二控制电极;第一控制电极和第二控制电极用于向铁电介质层提供电场,以通过控制电场的电场强度来调整铁电介质层的介电常数,从而调节第一电极和

第二电极之间的电容的容值大小。也就是说，所谓第一电极和第二电极为本发明实施例提供的可调电容的两个电极，所谓第一控制电极和第二控制电极为用以控制可调电容的介电常数进而调节电容容值的控制电极。

本实施例提供的可调电容，可以通过控制第一控制电极与第二控制电极之间的电压来控制铁电介质层所在电场的电场强度，使第一控制电极与第二控制电极之间的电压的快速变化可导致电场强度的快速变化，电场强度的快速变化可以引起铁电介质层的介电常数的快速变化，因此，本发明实施例提供的可调电容通过改变其所在的电场而改变铁电介质层的介电常数等电气参数，进而实现对可调电容容值的调节，也就是说，本发明实施例提供的可调电容是采用电气参数调节方式实现电容容值的可调，即，利用的是可调电容的铁电介质层自身的物理性质（如，铁电介质层所在的电场变化会导致介电常数变化，进而导致第一电极和第二电极之间的电容的容值发生变化），与现有技术中通过电机带动电容的机械调节端进行机械运动而实现电容容值调节的方式相比，本发明实施例提供的可调电容的容值调节速度快、调节时间短，可以在毫秒级或更短时间内完成电容容值的调节。

为了便于理解，下面将对本实施例提供的可调电容的电容值调节原理进行解释说明。图2为铁电材料的极化强度 P 与所加载的电场 E 之间的关系示意图。铁电介质层的铁电材料在电场的作用下，电介质（铁电材料）内部沿电场的方向会出现宏观偶极子，在电介质表面会出现极化电荷，极化电荷的极化强度 P （单位体积内电介质的电偶极矩矢量和）与电场的大小和电场的方向均相关。而电介质的电极化率 $\chi = P/E$ ，其在图2中表现为曲线各个点的斜率，并且，电场越大，电介质的电极化率 χ 越小。对于电介质，电感应强度 D 、电场强度 E 和极化强度 P 之间的关系如下公式：

$$D = \varepsilon_0 E + P$$

$$D = (\varepsilon_0 + \chi)E = \varepsilon_0 \varepsilon_r E$$

$$\varepsilon_r = 1 + \chi / \varepsilon_0$$

式中： ε_0 表示真空介电常数， ε_r 表示相对介电常数。

对于介质平行板电容器，其电容值 $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r S / d$ ， S 为平行板电容

器电极板的等效正对面积， d 为平行的两个电极板之间的间距。

由上述分析可知，对于铁电材料为介质的电容，当电容所处的电场快速变化时，其相对介电常数 ϵ_r 会随之发生快速变化，从而可以实现可调电容的容值大小的快速调节。

综上，通过在毫秒级或更短时间内调整介质可调电容所在电场的电场强度，可以达到在毫秒级或更短时间内改变可调电容的容值大小的目的。

在本实施例中，至少部分铁电介质层同时位于第一控制电极与第二控制电极之间的电场以及第一电极与第二电极之间的电场中，这样，该部分铁电介质层会因受到第一控制电极与第二控制电极之间的电场变化的影响而使介电常数发生变化，该部分铁电介质层作为第一电极和第二电极之间的介质层，根据电容公式，由于其介电常数发生变化，可知该第一电极和第二电极之间的容值也相应发生变化，从而可以确保通过改变提供给第一控制电极与第二控制电极之间的电场的电场强度来有效调整该第一电极与第二电极之间的电容容值大小，即实现可调电容的容值大小的调节。

可选地，如图3所示，其为本实施例中的可调电容的一种结构示意图。在该实施例中，可调电容包括：铁电介质层1、位于铁电介质层1相对两侧的第一电极21和第二电极22，以及与第一电极21和第二电极22绝缘设置的第一控制电极31和第二控制电极32。第一电极21和第一控制电极31均设置于铁电介质层1的上侧，且第一电极21位于左侧，第一控制电极31位于右侧；第二电极22和第二控制电极32均设置在铁电介质层1的下侧，且第二电极22位于右侧，第二控制电极32位于左侧；第一控制电极31与第二控制电极32在铁电介质层1上表面所在平面上的正投影不重叠。本实施例中，该可调电容在接入阻抗匹配装置时，第一电极21和第二电极22连接至在匹配网络的电路中，第一控制电极31、第二控制电极32受阻抗匹配装置中的控制单元的控制，调节第一电极21和第二电极22二者之间的电压，具体电气结构示意图请参考图6。

进一步可选地，第二控制电极32与第一电极21相对设置，二者在铁电介质层1上表面所在平面上的正投影至少部分重叠；第一控制

电极 31 与第二电极 22 相对设置，二者在铁电介质层 1 上表面所在平面上的正投影至少部分重叠。第一电极 21 和第二电极 22 以及第一控制电极 31 和第二控制电极 32 采用上述位置关系，使得可调电容的体积较小且结构简单。

更进一步优选地，相对设置的第二控制电极 32 和第一电极 21 在铁电介质层 1 上表面所在平面中的正投影完全重合；相对设置的第一控制电极 31 和第二电极 22 在铁电介质层 1 上表面所在平面中的正投影完全重合，这可使得可调电容各组成部分更集中，从而使得可调电容的体积更小且结构更为简单。

在实际应用中，可调电容还可以采用如图 4 所示的结构，其与图 3 相比，区别在于：第二控制电极 32 的数量为两个，第二电极 22 位于两个第二控制电极 32 之间；第一电极 21 的数量为两个，第一控制电极 31 位于两个第一电极 21 之间。图 4 所示的可调电容与图 3 所示相比，使更多部分的铁电介质层 1 同时处于第一控制电极 31 与第二控制电极 32 之间的电场以及第一电极 21 与第二电极 22 之间的电场中，因而相对图 3 而言，能够在相同的电场变化情况下，使得可调电容的容值的变化增大，从而可以进一步提高可调电容的电容值大小的调节速率。

可选地，如图 5 所示，该实施例中的可调介质电容的第一电极 21 和第二电极 22 分别设置在铁电介质层 1 的上侧和下侧；第一控制电极 31 和第二控制电极 32 分别设置在铁电介质层 1 的左侧和右侧。当然，可调介质电容的第一电极 21 和第二电极 22 也可以分别设置在铁电介质层 1 的左侧和右侧；第一控制电极 31 和第二控制电极 32 分别设置在铁电介质层 1 的上侧和下侧。图 5 所示的可调电容，全部的铁电介质层 1 可同时处于第一控制电极 31 与第二控制电极 32 之间的电场以及第一电极 21 与第二电极 22 之间的电场中，使得其在相同的电场变化情况下，可调电容的容值的变化更进一步增大，从而更进一步提高可调电容的电容值大小的调节速率。

其中，铁电介质层 1 的铁电材料包括但不限于为 BaTiO_3 、 BaO-TiO_2 、 KNbO_3 、 $\text{K}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5$ 、 LiNbO_3 、 $\text{Li}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5$ 、磷酸二氢钾、三甘氨酸硫酸盐和罗息盐中的至少一种。

实施例 2

本实施例提供一种阻抗匹配装置，如图 6 所示，该阻抗匹配装置包括匹配网络 50、采集单元 51 和控制单元 52，匹配网络 50 中包括上述实施例 1 提供的可调电容，且第一电极 21 和第二电极 22 接入匹配网络 50 的电路中，第一控制电极 31 与控制单元 52 电连接，第二控制电极 32 接地；其中：

匹配网络 50 串接在射频电源 10 和反应腔室 20 之间；采集单元 51 用于采集射频电源 10 和匹配网络 50 之间的传输线上的电信号，并将该电信号发送至控制单元 52；控制单元 52 用于根据采集单元 51 采集到的电信号进行阻抗匹配运算，并根据运算结果控制加载至第一控制电极 31 与第二控制电极 32 之间的电压，以调节第一电极 21 和第二电极 22 之间的容值。

其中，采集单元包括但不限于为传感器。匹配网络 50 的类型包括但不限于为 L 型。本实施例中阻抗匹配装置中各单元的形式不唯一，如控制单元 52 可以为 DSP，还可以为单片机等。关于控制单元 52 进行阻抗匹配运算时的具体算法，本实施例不作具体限定，只要保证按照计算结果调整电压后，能够使射频电源 10 的输出阻抗与负载阻抗相等即可。

本实施例中的阻抗匹配装置，由于调整匹配网络中的电容的容值大小不需要通过执行单元控制，而是采用实施例 1 中的可调电容，因而只需要控制控制单元 52 输出的控制电压 V1 和 V2 的大小，即可实现可调电容的容值大小的快速变化，能实现快速匹配，实现毫秒或更快的匹配速度。

为了便于理解，下面结合图 6 对本实施例中的阻抗匹配装置进行详细的解释说明。

如图 6 所示，本实施例中，阻抗匹配装置中的采集单元 51 位于匹配网络 50 前端，用于检测射频电源 10 传输线上的电压 V、电流 I 等电信号，控制单元 52 利用一定的鉴幅鉴相算法，得到从匹配网络 50 的输入端向输出端看去的负载阻抗的模值 $|Z|$ 和相位 θ ，并提供匹配控制算法计算所需的控制量。匹配网络 50 采用的元器件由可调电容

C1、C2 和电感 L 组成，其中电容 C1、C2 为前述实施例 1 所述的可调电容；可调电容 C1、C2 各自处于其控制电极提供的电场 E1 和 E2 环境下，其中 E1 和 E2 的电场强度可由控制单元 52 控制加载在控制电极上的控制电压 V1 和 V2 来实现；控制单元 52 根据采集单元 51 提供的电信号，通过匹配控制算法，调整加载在控制电极上的控制电压 V1 和 V2，从而实现对可调电容 C1 和 C2 的容值大小的快速调整，进而使得匹配网络 50 的负载阻抗等于射频电源 10 的输出阻抗（通常为 50Ω ），使二者达到快速共轭匹配。此时，射频电源 10 传输线上的反射功率为零或很小，射频电源 10 产生的功率全部输送给了反应腔室 20。

可选地，如图 6 所示，阻抗匹配装置还包括低通滤波器 53；低通滤波器 53 设置在控制单元 52 与第一控制电极 31 之间。关于低通滤波器 53 的具体组成结构，本实施例不作具体限制。例如，低通滤波器 53 包括电感和电容。其中，电感的一端接控制单元 52 的输出端，另一端接电容的一端，电容的另一端接地和控制电极。控制单元 52 调整两个控制电极的电压 V1 和 V2 后，分别通过低通滤波器 F1 和 F2 控制 E1 和 E2 的大小，借助低通滤波器可以滤除掉一些信号干扰。

可选地，可调电容的数量为多个，低通滤波器与可调电容一一对应设置且数量相等。例如，如图 6 所示，可调电容包括两个，分别为 C1 和 C2，低通滤波器也包括两个，分别为 F1 和 F2，可调电容 C1 通过低通滤波器 F1 与控制单元 52 连接，可调电容 C2 通过低通滤波器 F2 与控制单元 52 连接。

需要说明的是，本实施例中的阻抗匹配装置不限于应用于等离子体系统，还可以应用于其它如通信、核磁、输电线等系统。

实施例 3

本实施例提供一种半导体加工设备，如图 7 所示，该半导体加工设备包括射频电源 10、阻抗匹配装置 60 和反应腔室 20，阻抗匹配装置 60 串接在射频电源 10 和反应腔室 20 之间，用于对射频电源 10 的输出阻抗和负载阻抗实现匹配，其中，阻抗匹配装置 60 采用上述实施例 2 提供的阻抗匹配装置。

本实施例中的半导体加工设备，采用实施例 2 提供的阻抗匹配装置，可以实现射频电源的输出阻抗和负载阻抗之间的快速匹配，从而提高工艺效率以及工艺效果。

可以理解的是，以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式，然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言，在不脱离本发明的精神和实质的情况下，可以做出各种变型和改进，这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种可调电容，其特征在于，包括铁电介质层和位于所述铁电介质层相对两侧的第一电极和第二电极；

所述可调电容还包括与第一电极和第二电极绝缘设置的第一控制电极和第二控制电极；

所述第一控制电极和所述第二控制电极，用于向所述铁电介质层提供电场，以通过控制所述电场的电场强度来调整所述铁电介质层的介电常数，从而调节所述第一电极和第二电极之间的容值。

2. 根据权利要求 1 所述的可调电容，其特征在于，至少部分所述铁电介质层同时位于所述第一控制电极和所述第二控制电极之间的电场以及所述第一电极和所述第二电极之间的电场中。

3. 根据权利要求 2 所述的可调电容，其特征在于，所述第一电极和所述第一控制电极均设置于所述铁电介质层的上侧，且所述第一电极位于左侧，所述第一控制电极位于右侧；

所述第二电极和所述第二控制电极均设置在所述铁电介质层的下侧，且所述第二电极位于右侧，所述第二控制电极位于左侧；

所述第一控制电极与所述第二控制电极在所述铁电介质层的上表面所在平面上的正投影不重叠。

4. 根据权利要求 3 所述的可调电容，其特征在于，所述第二控制电极的数量为两个，所述第二电极位于所述两个所述第二控制电极之间；

所述第一电极的数量为两个，所述第一控制电极位于所述两个所述第一电极之间。

5. 根据权利要求 3 或 4 所述的可调电容, 其特征在于, 所述第二控制电极与所述第一电极相对设置;

所述第一控制电极与所述第二电极相对设置。

6. 根据权利要求 5 所述的可调电容, 其特征在于, 相对设置的所述第二控制电极和所述第一电极在所述铁电介质层上的正投影完全重合;

相对设置的所述第一控制电极和所述第二电极在所述铁电介质层上的正投影完全重合。

7. 根据权利要求 2 所述的可调电容, 其特征在于, 所述第一电极和第二电极分别设置在所述铁电介质层的上侧和下侧;

所述第一控制电极和所述第二控制电极分别设置在所述铁电介质层的左侧和右侧。

8. 根据权利要求 1 所述的可调电容, 其特征在于, 所述铁电介质层的材料包括 BaTiO_3 、 BaO-TiO_2 、 KNbO_3 、 $\text{K}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5$ 、 LiNbO_3 、 $\text{Li}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5$ 、磷酸二氢钾、三甘氨酸硫酸盐和罗息盐中的至少一种。

9. 一种阻抗匹配器, 包括采集单元、匹配网络和控制单元, 所述匹配网络串接在射频电源和反应腔室之间, 其特征在于, 所述匹配网络包括权利要求 1-8 中任意一项所述的可调电容, 且所述第一电极和第二电极接入所述匹配网络的电路中, 所述第一控制电极与所述控制单元电连接, 所述第二控制电极接地;

所述采集单元用于采集所述射频电源和所述匹配网络之间的传输线上的电信号, 并将其发送至所述控制单元;

所述控制单元用于根据所述采集单元采集到的电信号进行阻抗匹配运算, 并根据运算结果控制加载在所述第一控制电极和第二控制电极之间的电

压，以调节所述第一电极和所述第二电极之间的容值。

10. 根据权利要求 9 所述的阻抗匹配装置，其特征在于，还包括低通滤波器，所述低通滤波器设置在所述控制单元与所述第一控制电极之间。

11. 根据权利要求 10 所述的阻抗匹配装置，其特征在于，所述可调电容的数量为多个，所述低通滤波器的数量与所述可调电容的数量相等，且二者一一对应地设置。

12. 一种半导体加工设备，包括射频电源、阻抗匹配装置和反应腔室，所述阻抗匹配装置串接在所述射频电源和所述反应腔室之间，其特征在于，所述阻抗匹配装置采用权利要求 9-10 中任意一项所述的阻抗匹配装置。

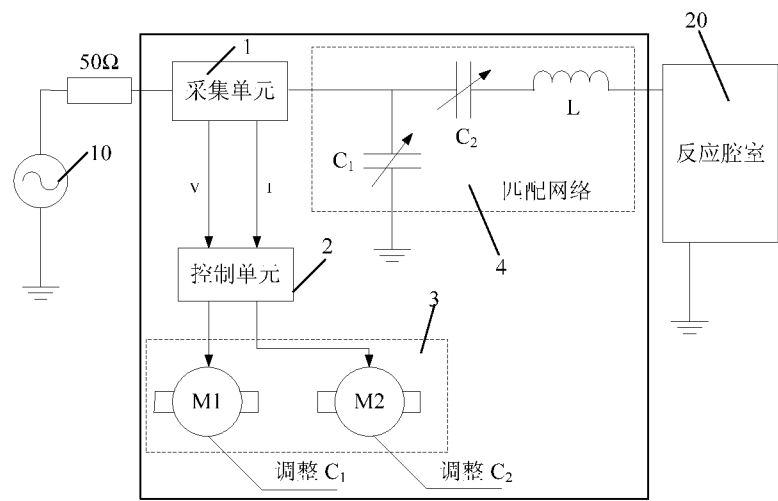


图 1

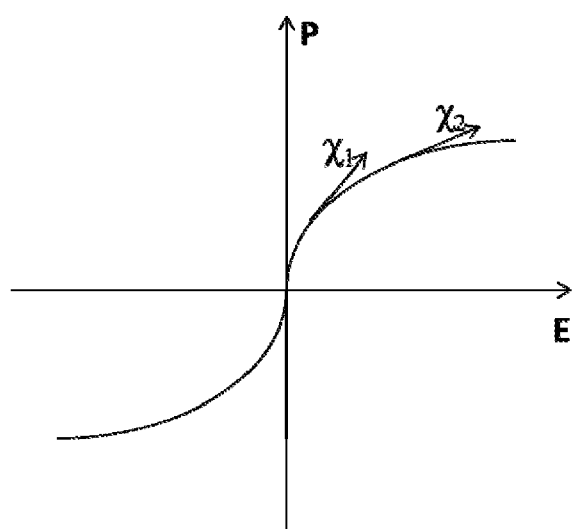


图 2

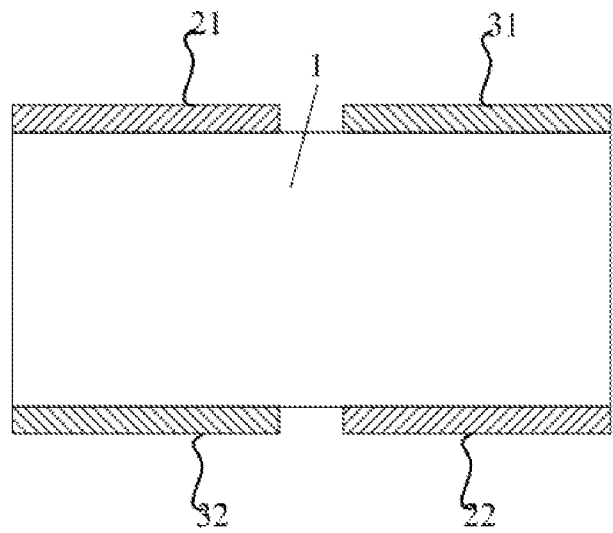


图 3

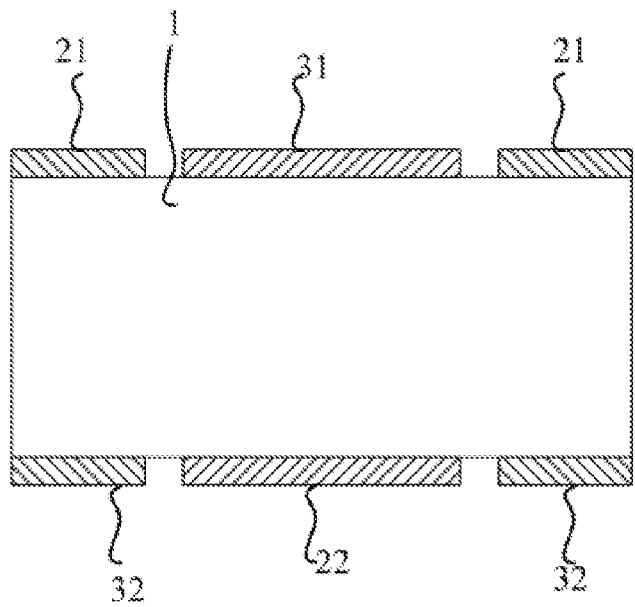


图 4

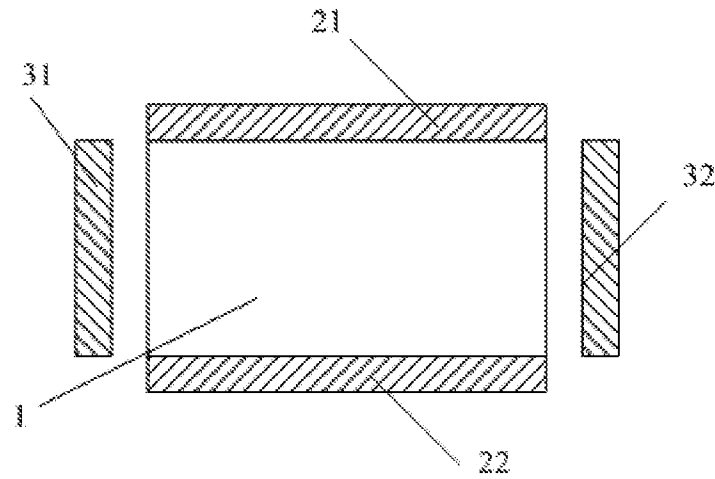


图 5

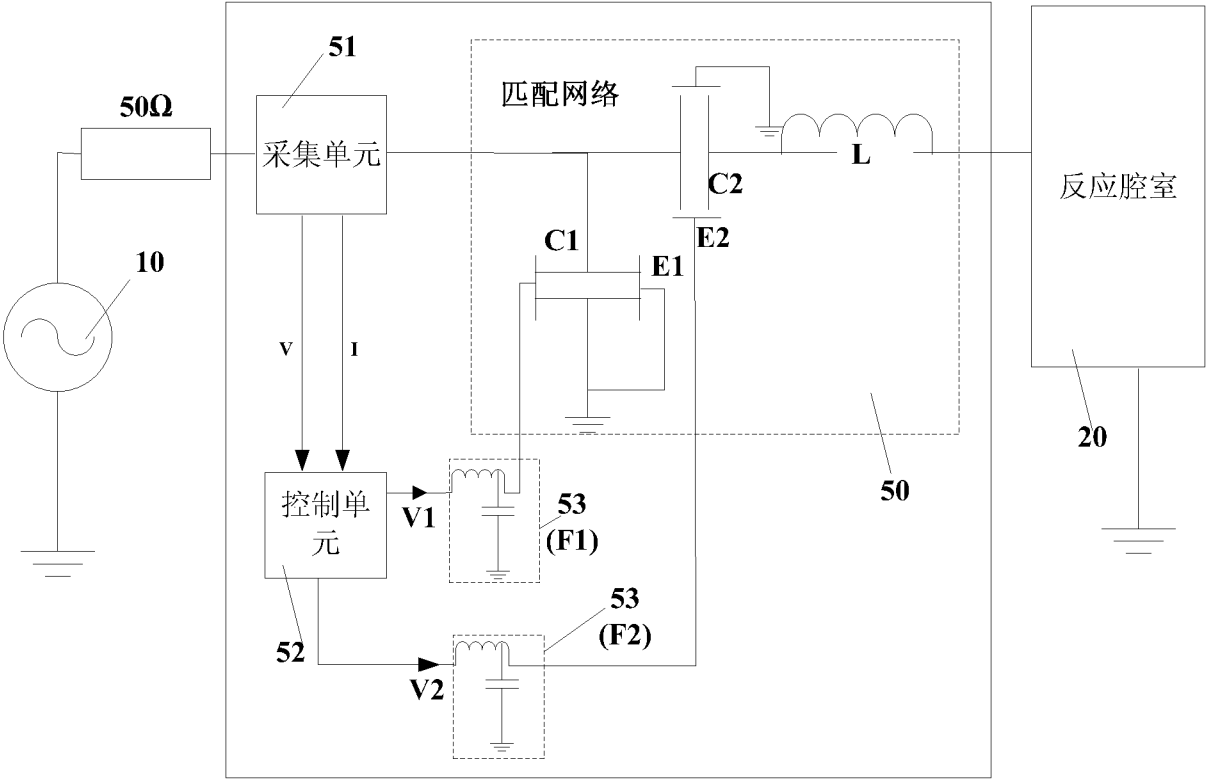


图 6

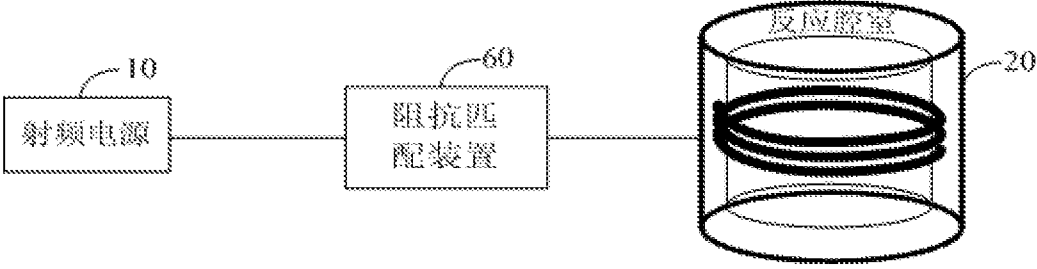


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/106668

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01G 7/06 (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)

H01G; H03J; H05H

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, WPI, EPODOC, IEEE: 电容, 可调, 铁电, 电介质, 控制, 电场, 介电常数, 阻抗, 匹配, 网络, capacitor, ferroelectric, dielectric, control, electric field

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101682315 A (NXP B.V.), 24 March 2010 (24.03.2010), description, page 1, line 21 to page 7, line 23, and figure 9	1-6, 8
Y	CN 101682315 A (NXP B.V.), 24 March 2010 (24.03.2010), description, page 1, line 21 to page 7, line 23, and figure 9	9-12
X	CN 101567266 A (SONY CORPORATION), 28 October 2009 (28.10.2009), description, page 5, line 13 to page 8, line 10, and figures 3-4	1, 2, 7
Y	CN 101567266 A (SONY CORPORATION), 28 October 2009 (28.10.2009), description, page 5, line 13 to page 8, line 10, and figures 3-4	9-12
Y	CN 104349567 A (BEIJING NMC CO., LTD.), 11 February 2015 (11.02.2015), description, paragraphs [0044]-[0102], and figures 1-3	9-12
A	CN 104882277 A (PEKING UNIVERSITY), 02 September 2015 (02.09.2015), entire document	1-12
A	US 5280407 A (CHARLES STARK DRAPER LABORATORY, INC.), 18 January 1994 (18.01.1994), entire document	1-12

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

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 13 March 2018	Date of mailing of the international search report 22 March 2018
--	---

Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer LIU, Jing Telephone No. (86-10) 53961452
---	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/106668

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101682315 A	24 March 2010	WO 2008152559 A2	18 December 2008
		WO 2008152559 A3	05 February 2009
		EP 2168239 A2	31 March 2010
		CN 101682315 B	29 August 2012
		US 2010182731 A1	22 July 2010
		US 9576738 B2	21 February 2017
		US 8890543 B2	18 November 2014
		US 2015092315 A1	02 April 2015
CN 101567266 A	28 October 2009	JP 2009267165 A	12 November 2009
		JP 4743222 B2	10 August 2011
		US 2009257167 A1	15 October 2009
		CN 101567266 B	13 February 2013
		US 8243417 B2	14 August 2012
		JP 2011101041 A	19 May 2011
		JP 5126374 B2	23 January 2013
CN 104349567 A	11 February 2015	TW I523417 B	21 February 2016
		TW 201505366 A	01 February 2015
		WO 2015014068 A1	05 February 2015
CN 104882277 A	02 September 2015	CN 104882277 B	29 December 2017
US 5280407 A	18 January 1994	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/106668

A. 主题的分类 H01G 7/06 (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) H01G; H03J; H05H 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, WPI, EPODOC, IEEE: 电容, 可调, 铁电, 电介质, 控制, 电场, 介电常数, 阻抗, 匹配, 网络, capacitor, ferroelectric, dielectric, control, electric field																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 101682315 A (NXP股份有限公司) 2010年 3月 24日 (2010 - 03 - 24) 说明书第1页第21行至第7页第23行、附图9</td> <td>1-6, 8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101682315 A (NXP股份有限公司) 2010年 3月 24日 (2010 - 03 - 24) 说明书第1页第21行至第7页第23行、附图9</td> <td>9-12</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 101567266 A (索尼株式会社) 2009年 10月 28日 (2009 - 10 - 28) 说明书第5页第13行至第8页第10行、附图3-4</td> <td>1, 2, 7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101567266 A (索尼株式会社) 2009年 10月 28日 (2009 - 10 - 28) 说明书第5页第13行至第8页第10行、附图3-4</td> <td>9-12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104349567 A (北京北方微电子基地设备工艺研究中心有限责任公司) 2015年 2月 11日 (2015 - 02 - 11) 说明书第[0044]-[0102]段、附图1-3</td> <td>9-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104882277 A (北京大学) 2015年 9月 2日 (2015 - 09 - 02) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5280407 A (CHARLES STARK DRAPER LABORATORY, INC.) 1994年 1月 18日 (1994 - 01 - 18) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 101682315 A (NXP股份有限公司) 2010年 3月 24日 (2010 - 03 - 24) 说明书第1页第21行至第7页第23行、附图9	1-6, 8	Y	CN 101682315 A (NXP股份有限公司) 2010年 3月 24日 (2010 - 03 - 24) 说明书第1页第21行至第7页第23行、附图9	9-12	X	CN 101567266 A (索尼株式会社) 2009年 10月 28日 (2009 - 10 - 28) 说明书第5页第13行至第8页第10行、附图3-4	1, 2, 7	Y	CN 101567266 A (索尼株式会社) 2009年 10月 28日 (2009 - 10 - 28) 说明书第5页第13行至第8页第10行、附图3-4	9-12	Y	CN 104349567 A (北京北方微电子基地设备工艺研究中心有限责任公司) 2015年 2月 11日 (2015 - 02 - 11) 说明书第[0044]-[0102]段、附图1-3	9-12	A	CN 104882277 A (北京大学) 2015年 9月 2日 (2015 - 09 - 02) 全文	1-12	A	US 5280407 A (CHARLES STARK DRAPER LABORATORY, INC.) 1994年 1月 18日 (1994 - 01 - 18) 全文	1-12
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
X	CN 101682315 A (NXP股份有限公司) 2010年 3月 24日 (2010 - 03 - 24) 说明书第1页第21行至第7页第23行、附图9	1-6, 8																								
Y	CN 101682315 A (NXP股份有限公司) 2010年 3月 24日 (2010 - 03 - 24) 说明书第1页第21行至第7页第23行、附图9	9-12																								
X	CN 101567266 A (索尼株式会社) 2009年 10月 28日 (2009 - 10 - 28) 说明书第5页第13行至第8页第10行、附图3-4	1, 2, 7																								
Y	CN 101567266 A (索尼株式会社) 2009年 10月 28日 (2009 - 10 - 28) 说明书第5页第13行至第8页第10行、附图3-4	9-12																								
Y	CN 104349567 A (北京北方微电子基地设备工艺研究中心有限责任公司) 2015年 2月 11日 (2015 - 02 - 11) 说明书第[0044]-[0102]段、附图1-3	9-12																								
A	CN 104882277 A (北京大学) 2015年 9月 2日 (2015 - 09 - 02) 全文	1-12																								
A	US 5280407 A (CHARLES STARK DRAPER LABORATORY, INC.) 1994年 1月 18日 (1994 - 01 - 18) 全文	1-12																								
☐ 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, 但为了理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 2018年 3月 13日		国际检索报告邮寄日期 2018年 3月 22日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (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		受权官员 刘婧 电话号码 (86-10)53961452																								

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/106668

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	101682315	A	2010年 3月 24日	WO	2008152559	A2	2008年 12月 18日
				WO	2008152559	A3	2009年 2月 5日
				EP	2168239	A2	2010年 3月 31日
				CN	101682315	B	2012年 8月 29日
				US	2010182731	A1	2010年 7月 22日
				US	9576738	B2	2017年 2月 21日
				US	8890543	B2	2014年 11月 18日
				US	2015092315	A1	2015年 4月 2日
CN	101567266	A	2009年 10月 28日	JP	2009267165	A	2009年 11月 12日
				JP	4743222	B2	2011年 8月 10日
				US	2009257167	A1	2009年 10月 15日
				CN	101567266	B	2013年 2月 13日
				US	8243417	B2	2012年 8月 14日
				JP	2011101041	A	2011年 5月 19日
				JP	5126374	B2	2013年 1月 23日
CN	104349567	A	2015年 2月 11日	TW	1523417	B	2016年 2月 21日
				TW	201505366	A	2015年 2月 1日
				WO	2015014068	A1	2015年 2月 5日
CN	104882277	A	2015年 9月 2日	CN	104882277	B	2017年 12月 29日
US	5280407	A	1994年 1月 18日	无			