



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108271309 B

(45)授权公告日 2020.05.01

(21)申请号 201611269744.9

(22)申请日 2016.12.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108271309 A

(43)申请公布日 2018.07.10

(73)专利权人 中微半导体设备(上海)股份有限公司

地址 201201 上海市浦东新区金桥出口加工区(南区)泰华路188号

(72)发明人 连增迪 刘季霖 吴狄 黄允文

(74)专利代理机构 上海信好专利代理事务所

(普通合伙) 31249

代理人 潘朱慧

(51)Int.Cl.

H05H 1/46(2006.01)

(56)对比文件

CN 1432189 A,2003.07.23,全文.

CN 1818132 A,2006.08.16,全文.

CN 101506950 A,2009.08.12,全文.

CN 102054649 A,2011.05.11,全文.

KR 20090037343 A,2009.04.15,全文.

EP 0379828 A2,1990.08.01,全文.

审查员 汪磊

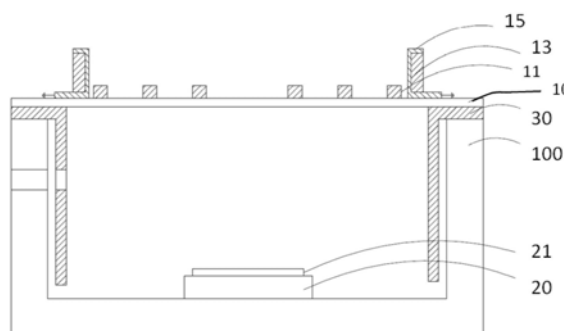
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种电感耦合等离子处理装置

(57)摘要

本发明提供一种电感耦合等离子处理装置,所述的电感耦合等离子处理装置包括反应腔,反应腔顶部包括一绝缘材料窗,一连接到射频电源的电感线圈设置在所述绝缘材料窗上方,电感线圈产生的射频磁场穿过绝缘材料窗进入反应腔激发反应腔内的反应气体形成等离子体,一个磁场调整环围绕所述电感线圈,所述磁场调整环包括一磁场导引环,使得高功率的磁场能量经过所述磁场导引环;所述磁场调整环还包括一个磁场反射环位于所述磁场导引环和所述电感线圈之间,使得经过所述磁场导引环的磁场能量被反射回反应腔中;其中所述磁场导引环由高磁导率、高电阻率的材料制成,所述磁场反射环由低相对磁导率、低电阻率的材料制成。



1. 一种电感耦合等离子处理装置, 所述的电感耦合等离子处理装置包括:

反应腔, 反应腔内包括一个基座, 所述基座用于固定待处理基片, 反应腔顶部包括一绝缘材料窗, 一连接到射频电源的电感线圈设置在所述绝缘材料窗上方, 电感线圈产生的射频磁场穿过绝缘材料窗进入反应腔激发反应腔内的反应气体形成等离子体, 利用所述等离子体对基片进行处理,

还包括一个靠近绝缘材料窗的磁场调整环, 所述磁场调整环包括一磁场导引环, 用于将电感线圈形成的磁场能量集中至所述磁场导引环周围;

所述磁场调整环还包括一个位于所述磁场导引环和所述电感线圈之间的磁场反射环, 用于将所述磁场导引环集中至磁场导引环周围的部分磁场能量反射回反应腔中;

其中所述磁场导引环由具有第一相对磁导率和第一电阻率的材料制成, 所述磁场反射环由具有第二相对磁导率和第二电阻率的材料制成, 所述第一相对磁导率大于第二相对磁导率, 第一电阻率大于第二电阻率。

2. 如权利要求1所述的电感耦合等离子处理装置, 其特征在于, 所述磁场导引环由铁氧体材料或坡莫合金或硅钢制成。

3. 如权利要求1所述的电感耦合等离子处理装置, 其特征在于, 所述第一相对磁导率大于100, 第二相对磁导率小于等于1; 第一电阻率大于 $15 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ , 第二电阻率小于 $3 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ 。

4. 如权利要求1所述的电感耦合等离子处理装置, 其特征在于, 所述磁场反射环由金属铜或铝制成。

5. 如权利要求1所述的电感耦合等离子处理装置, 其特征在于, 所述磁场反射环电接地。

6. 如权利要求1所述的电感耦合等离子处理装置, 其特征在于, 所述磁场调整环位于所述绝缘材料窗上方, 所述磁场反射环覆盖所述磁场导引环的顶部、内侧壁和底部。

7. 如权利要求1所述的电感耦合等离子处理装置, 其特征在于, 所述磁场调整环设置在反应腔内顶部, 靠近绝缘材料窗的下表面。

8. 如权利要求6所述的电感耦合等离子处理装置, 其特征在于, 所述磁场调整环包括竖直部分和横向延展部分, 所述横向延展部分覆盖所述电感线圈。

9. 如权利要求1所述的电感耦合等离子处理装置, 其特征在于, 所述磁场调整环的内侧和外侧均包括电感线圈, 所述磁场导引环的外部被磁场反射环完全包围。

10. 如权利要求1所述的电感耦合等离子处理装置, 其特征在于, 所述磁场调整环中的磁场导引环与磁场反射环集成为一体。

11. 如权利要求1所述的电感耦合等离子处理装置, 其特征在于, 所述磁场调整环中的所述第一相对磁导率大于10倍的第二相对磁导率, 第一电阻率大于5倍的第二电阻率。

12. 一种电感耦合等离子处理装置, 所述的电感耦合等离子处理装置包括:

反应腔, 反应腔内包括一个基座, 所述基座用于固定待处理基片, 反应腔顶部包括一绝缘材料窗, 一连接到射频电源的电感线圈设置在所述反应腔外侧壁, 电感线圈产生的射频磁场穿过绝缘材料窗进入反应腔, 激发反应腔内的反应气体形成等离子体, 利用所述等离子体对基片进行处理,

还包括一个靠近电感线圈的磁场调整环, 所述磁场调整环包括一磁场导引环, 用于将

电感线圈形成的磁场能量集中至所述磁场导引环周围；

所述磁场调整环还包括一个位于所述磁场导引环和所述电感线圈之间的磁场反射环，用于将所述磁场导引环集中至磁场导引环周围的部分磁场能量反射回反应腔中；

其中所述磁场导引环由具有第一相对磁导率和第一电阻率的材料制成，所述磁场反射环由具有第二相对磁导率和第二电阻率的材料制成，所述第一相对磁导率大于第二相对磁导率，第一电阻率大于第二电阻率。

13. 如权利要求12所述的电感耦合等离子体处理装置，其特征在于，所述磁场调整环中的所述第一相对磁导率大于10倍的第二相对磁导率，第一电阻率大于5倍的第二电阻率。

14. 如权利要求12所述的电感耦合等离子体处理装置，其特征在于，所述第一相对磁导率大于100，第二相对磁导率小于等于1；第一电阻率大于 $15 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，第二电阻率小于 $3 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 。

15. 如权利要求12所述的电感耦合等离子体处理装置，其特征在于，所述磁场调整环中的磁场导引环与磁场反射环集成为一体。

16. 如权利要求12所述的电感耦合等离子体处理装置，其特征在于，所述磁场调整环位于反应腔侧壁外侧，围绕所述电感线圈，或者位于所述绝缘材料窗上方。

## 一种电感耦合等离子处理装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体加工技术领域,具体涉及一种具有磁场分布调节环的电感耦合等离子处理装置。

### 背景技术

[0002] 电感耦合等离子(ICP)处理装置被广泛应用于半导体晶圆加工处理流程,特别适用于对硅材料的刻蚀工艺中。如图1所示为典型的电感耦合等离子处理装置结构图。等离子处理装置包括可以抽真空的反应腔100,反应腔内底部包括基座20用于支撑待处理的晶圆21。基座20上方还包括一个静电夹盘,通过静电夹盘固定待处理晶圆21。与基座相对的反应腔顶部包括绝缘材料窗10,绝缘材料窗10由绝缘材料如石英制成。绝缘材料窗10与反应腔100的侧壁之间还可以设置一可拆卸的内衬30,用于保护反应腔100侧壁。绝缘材料窗上方还设置至少一电感线圈11,电感线圈11通过一个匹配电路连接到一射频电源。射频电源输出射频功率到电感线圈11后,电感线圈上形成如图2所示的交变磁场分布。这些交变的磁场会在磁场正交方向上感应产生交变电场,交变电场作用于反应腔内的反应气体,使之电离并形成高浓度的等离子体。由于等离子是导电的,一旦等离子体形成,在上述交变电场驱动下就会产生交变电流,这些交变电流又会感应出与线圈产生的磁场方向相反的感应磁场。所以线圈11产生的磁场和等离子体中产生的电流互相作用,最终绝大部分射频功率会沉积在靠近绝缘材料窗10下表面,靠近电感线圈外围的离子密集区110。如图1所示,离子密集区的离子会向下扩散到达下方待处理基片。但是在有限的距离内,等离子体从高浓度的外围区域向中心区域扩散无法抵消两者之间的浓度差,最终到达基片21的等离子浓度仍然会明显的出现不均匀。要改善电感耦合等离子处理装置中出现的等离子分布不均匀现象,现有技术提出了一些线圈结构改进的技术方案,比如线圈不是平板形的而是设置在穹顶状的绝缘材料窗上或者由多个电感线圈组成;外围的电感线圈和中心的电感线圈独立可调,通过调整中心线圈和外围线圈的射频功率比率来获得较均匀的等离子体分布。这些方案可以一定程度上改善反应腔中基片上表面处等离子分布的均匀性,但是仍然无法彻底解决电感耦合等离子处理器先天存在的等离子不均匀性,而且这些手段增加了控制和反应腔结构的的复杂性,大幅增加了成本。

[0003] 所以业内需要开发一种新的装置,既能够实现改善电感耦合(ICP)等离子处理装置的等离子分布,还能保持ICP处理装置原有高等离子浓度的优点。

### 发明内容

[0004] 本发明公开一种电感耦合等离子处理装置,所述的电感耦合等离子处理装置包括反应腔,反应腔内包括一个基座,所述基座用于固定待处理基片,反应腔顶部包括一绝缘材料窗,一连接到射频电源的电感线圈设置在所述绝缘材料窗上方,电感线圈产生的射频磁场穿过绝缘材料窗进入反应腔激发反应腔内的反应气体形成等离子体,利用所述等离子体对基片进行处理,还包括一个磁场调整环围绕所述电感线圈,所述磁场调整环包括一磁场

导引环,使得高功率的磁场能量穿过所述磁场导引环;所述磁场调整环还包括一个磁场反射环位于所述磁场导引环和所述电感线圈之间,使得经过所述磁场导引环的磁场能量被反射回反应腔中;其中所述磁场导引环由具有第一相对磁导率和第一电阻率的材料制成,所述磁场反射环由具有第二相对磁导率和第二电阻率的材料制成,所述第一相对磁导率大于10倍的第二相对磁导率,第一电阻率大于5倍的第二电阻率。

[0005] 最佳地,所述第一相对磁导率大于100,第二相对磁导率小于等于1;第一电阻率大于 $15 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ ,第二电阻率小于 $3 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ 。其中磁场导引环铁氧体材料或坡莫合金或硅钢制成,磁场反射环由金属铜或铝制成。

[0006] 本发明中的磁场反射环电接地,以减少反射环中感应产生电流。

[0007] 本发明中磁场调整环可以选择位于设置在反应腔内顶部,靠近绝缘材料窗的下表面。也可以设置在绝缘材料窗上方,所述磁场反射环覆盖所述磁场导引环的顶部、内侧壁和底部。其中磁场调整环可以进一步包括竖直部分和横向延展部分,所述横向延展部分覆盖所述电感线圈。可选的,磁场调整环的内侧和外侧均包括电感线圈,所述磁场导引环的内侧壁、外侧壁顶部和底部被磁场反射环包围。

[0008] 本发明磁场调整环中的磁场导引环与磁场反射环集成为一体,简化安装结构。

## 附图说明

[0009] 图1为现有技术电感耦合等离子处理装置示意图;

[0010] 图2为现有技术中电感耦合线圈产生的磁场分布示意图;

[0011] 图3是本发明具有磁场调整环的电感耦合等离子处理装置;

[0012] 图4a是本发明具有第二种磁场调整环的电感耦合等离子处理装置;

[0013] 图4b是本发明具有第三种磁场调整环的电感耦合等离子处理装置。

## 具体实施方式

[0014] 以下结合附图3,进一步说明本发明的具体实施例。

[0015] 本发明公开了一种具有磁场调整环的电感耦合等离子处理装置,等离子处理装置内基本的硬件结构与图1所示的现有技术相同,均包含有等离子体反应腔,在进行等离子体刻蚀时,向等离子体反应腔提供反应气体,在等离子体反应腔顶部设有绝缘材料窗10和位于绝缘材料窗10上方的电感线圈11。电感线圈11连接到射频电源用于产生射频交变的磁场,并将磁场馈送入反应腔100内,激发反应气体从而产生等离子体,使工艺过程中等离子体反应腔内部充满有等离子体(plasma)。本发明与现有技术主要区别在于本发明包括磁场调整环,磁场调整环包括一个高磁导率低电导率材料制成的磁场导引环13,以及一个高电导率低磁导率材料制成的磁场反射环15。其中磁场导引环13可以由坡莫合金或者硅钢、铁氧体等材料制成,这些材料的相对磁导率都大于10,较佳的相对磁导率大于100甚至大于1000,同时这些材料的电阻率较高,均大于 $15 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ ,更高的电阻率可以使得磁场导引环13中感应产生的涡流更小,使得功率损耗更小。磁场反射环15由铝、铜等金属材料制成,这些材料的磁导率基本接近1,但是电阻率小于 $3 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ ,铁合金材料由于磁导率较高不适合作为磁场反射环15的材料。高导电性,低导磁性能的材料能够保证磁场反射15环中不会吸收磁场能量,而是大量反射磁场能量。

[0016] 不同材料对磁场能量的吸收和反射具有不同的系数,其中对磁场能量吸收的系数与磁导率 $\mu$ 和电导率 $\sigma$ 均呈正比,也就是磁导率和电导率都较高的材料能够吸收更多的磁场能量。磁场能量的反射系数是与电导率 $\sigma$ 成正比,但是与磁导率 $\mu$ 成反比的,所以对于电导率很高但是磁导率很低的材料来说磁场能量会有很大一部分被反射,反射的磁场能量会更多的进入反应腔中。

[0017] 本发明中磁场导引环13由于具有很高的磁导率所以磁场分布相对图2所示的现有技术的磁场分布会发生明显的调整,更多的磁力线会穿过磁场导引环13。所以采用磁场导引环13就能明显的改变磁场分布,也就能改变由磁场感应出的电场分布以及等离子体的浓度分布。但是只设置磁场导引环13也会带来很大的负面效果,由于磁场导引环13的材料特性决定了重新分配后的磁场在磁场导引环13中很多能量会被吸收,变成热量消耗掉了,所以来自电感线圈11的能量会有一部分被吸收掉没有被输送到反应腔内形成等离子体,最终反应腔内等离子浓度会减小。所以只采用磁场导引环13虽然能够改善磁场的能量分布,但是由于改变的磁场能量有大部分被以热能的形式消耗掉了,所以对反应腔内等离子浓度分布的影响不如预期的大,但是射频能量的浪费却很大,所以只用一个磁场导引环对改善等离子浓度分布只是略有效果,但是负作用很大。

[0018] 如果只在电感线圈外侧设置一个磁场反射环15,则磁场分布情况基本与图2所示的现有技术分布无异,所以只有很少的磁力线会经过磁场反射环15,所以磁场反射环15的反射系数再高也基本对反应腔中磁场分布没有显著改善。

[0019] 本发明的磁场调整环包括了磁场导引环13和磁场反射环15的组合,其中磁场反射环15设置在电感线圈11和磁场导引环13之间。这样的组合可以发挥综合效果,磁场导引环13使得更多磁力线被导引到磁场导引环13处,但是要经过磁场导引环13就必须先经过磁场反射环15,而磁场反射环对磁场能量具有很高的反射系数,所以这些被引导过来的磁力线重新被反射进入了反应腔100。所以本发明最终是将来自感应线圈11的原始磁场能量分布进行调整后再反射回反应腔内,所以能够调整反应腔内的磁场能量分布,而且只损耗了少量射频能量。

[0020] 下述表格分别列出了在施加同样射频功率到电感线圈中去时,反应腔上方设置由不同材料制成的调整环时的效果对比数据表。其中只设置由铝制成的磁场反射环15时,由于对原始磁场分布没有影响所以对原有刻蚀速率也没有影响维持1382A/分的刻蚀速率,刻蚀速率的均匀性也最差,只有2.3%。数据对比表第二行显示了,补偿环采用由导磁材料制成的磁场导引环(磁环)13时,对刻蚀均匀性有了明显的改善,达到了1%,但是对刻蚀速率也有明显不利影响,降低到了1341A/分。数据对比表第三行显示了,采用本发明提出的磁场导引环13和磁场反射环15的组合时,整体均匀性得到极大改善,达到了0.7%,同时其刻蚀速率降低略微降低到1369A/分。下列数据表还包括反应腔内一侧到另一侧之间的刻蚀速率差异(side to side)数据,其中采用本发明的磁场调整环后side to side差异也从原有的2.3%明显改善为0.3%。这些数据均说明本发明结构的磁场调整环能显著改善刻蚀速率分布的均匀性,而且整体刻蚀速率数值没有大幅下降。

	平均刻蚀速率 (A/分)	整体均匀性 (%)	side to side 差异 (%)
[0021] 铝环	1382	2.3	2.3
磁环	1341	1	0.9
铝环+磁环	1369	0.7	0.3

[0022] 本发明中的磁场反射环15最佳的可以电接地,以减少高频磁场在磁场反射环中产生的感应电流损耗。

[0023] 本发明中的磁场调整环还可以是其它多种形状的,如图4a所示磁场导引环13除了包括垂直的圆桶部分13a还包括水平延展部分13b,其中水平延展部分13b和垂直圆通部分13a在靠近感应线圈11的表面都覆盖有相应的磁场反射环15',磁场反射环15'具有多个水平圆环和圆桶部分与磁场导引环内侧的形状相匹配。这样的结构能够更大程度的调整原始磁场分布,使得更多的磁场能量被调整到反应腔中等离子密度偏低的区域。其中水平延展部分除了是平板形的也可以是穹顶形的,只要使磁场导引环13的横向延展部分覆盖在电感线圈上方的磁场导引环就能实现本发明目的。其中横向延展部分中间也可以没有中间开口,横向延展部将整个下方的电感线圈11覆盖。

[0024] 如图4b示出了本发明另一个实施例,反应腔结构与其它实施例相同,主要的区别在于磁场调整环位于电感线圈中间,也就是磁场调整环内侧包围有电感线圈11的一部分,磁场调整环的外侧也包括电感线圈11的一部分。相应的,由于磁场导引环两侧都会有磁力线进入,所以磁场导引环13外部需要被磁场反射环15"完全包围,这样才能将两侧的磁力线反射回反应腔中。这种配置的磁场调整线圈能够使得磁场能量更多的向反应腔中间区域集中,也能够实现本发明改变磁场分布,改善等离子分布均匀性的目的。其中磁场调整环内侧包围的电感线圈和外侧的电感线圈可以是同一个线圈的内外两段,也可以是两个独立控制的电感线圈。

[0025] 除了上述图4a、4b所示的实施例,本发明的磁场调整环也可以设置在反应腔100内部,靠近绝缘材料窗10下表面的位置,这种位置由于离产生射频磁场的电感线圈11很近,电感线圈11产生的大量磁场会穿过下方的磁场导引环,所以也能够大幅度的改变原始的磁场分布,实现本发明的目的。

[0026] 本发明通过在电感耦合等离子处理装置的电感线圈周围设置一个由磁场导引环和磁场反射环组成的磁场调整环,使得电感线圈产生的磁场重新分布,大量磁力线经过磁场导引环构成磁回路,同时磁场反射环将经过磁场导引环的大部分磁场能量反射回到反应腔,减少磁场能量的损耗,强化了磁场分布调整能力,大幅改善等离子处理腔中等离子处理速度的均匀性。

[0027] 本发明中的各种位置和形状的磁场导引环13由于需要形成足够的低磁场通路,使得更多磁力线回路经过磁场导引环,所以需要保证磁场导引环13具有足够的尺寸。其中磁场导引环的高度要高于电感线圈的高度,厚度需要至少大于1mm,最佳的需要大于3mm,这样的尺寸才能保证本发明中的磁场导引环13能够实现引导磁力线定向重新分布的功效。

[0028] 本发明中的电感线圈11除了如图3、4所示的设置于绝缘窗10上方,也可以设置在

反应腔外侧壁,电感线圈产生的磁场仍然能够穿过顶部的绝缘窗进入反应腔激发等离子体,只是磁场分布情况与上述图2显示的不同。所以本发明提出的磁场调整环可以选择设置在反应腔侧壁外侧,靠近电感线圈处,在这个位置也能有效调整反应腔内的磁场分布,当然磁场调整环设置在绝缘窗上方只要靠近电感线圈也能实现本发明目的。

[0029] 尽管本发明的内容已经通过上述优选实施例作了详细介绍,但应当认识到上述的描述不应被认为是对本发明的限制。在本领域技术人员阅读了上述内容后,对于本发明的多种修改和替代都将是显而易见的。因此,本发明的保护范围应由所附的权利要求来限定。



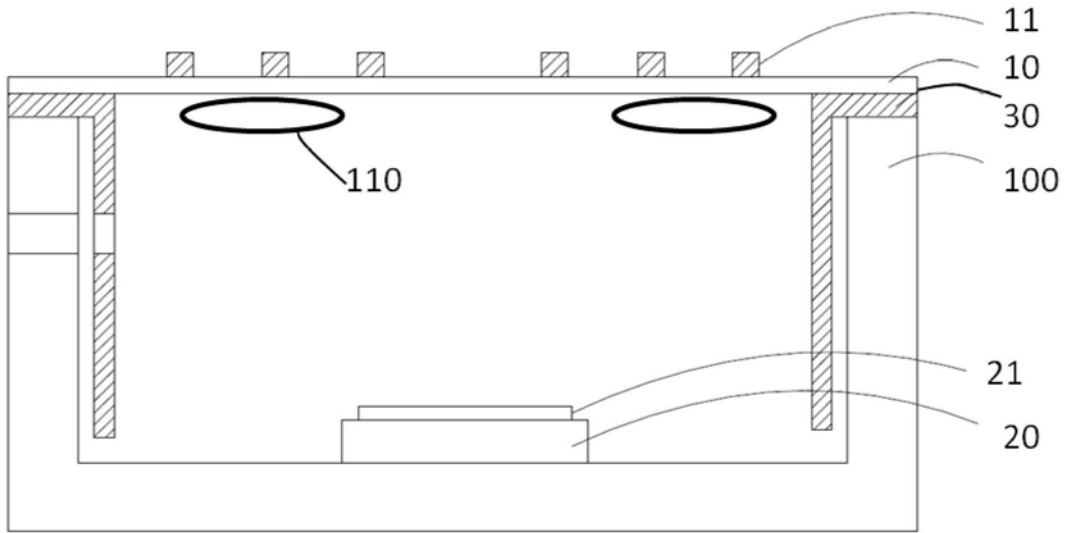


图1

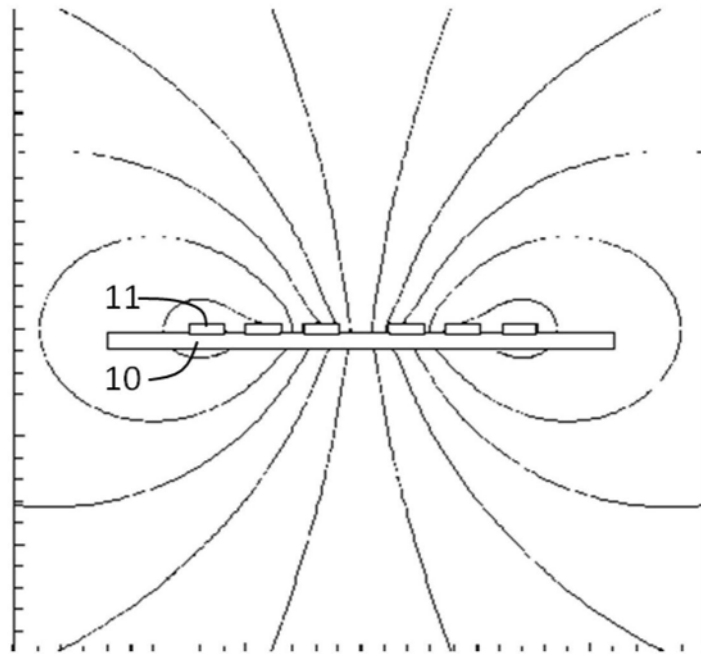


图2

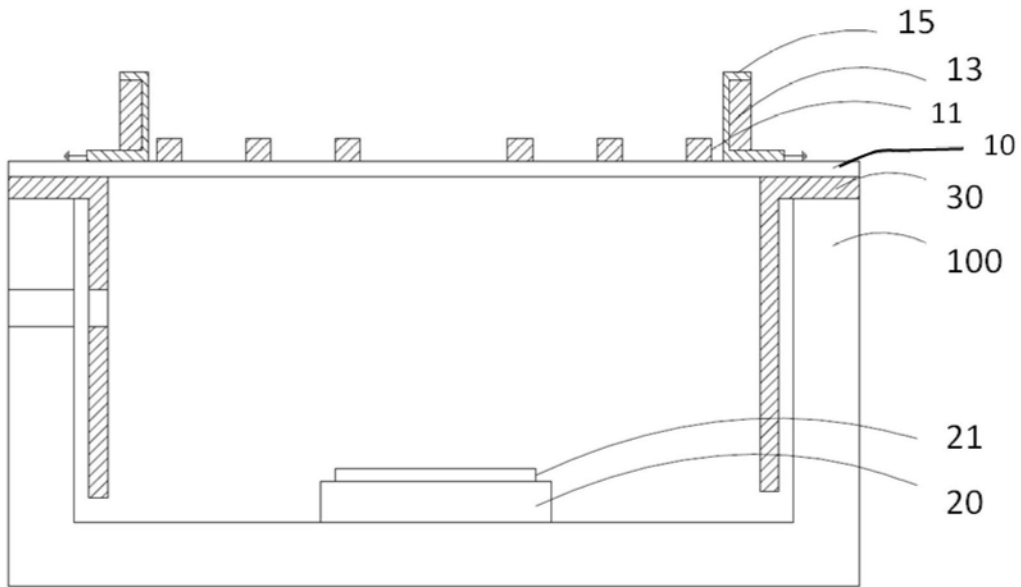


图3

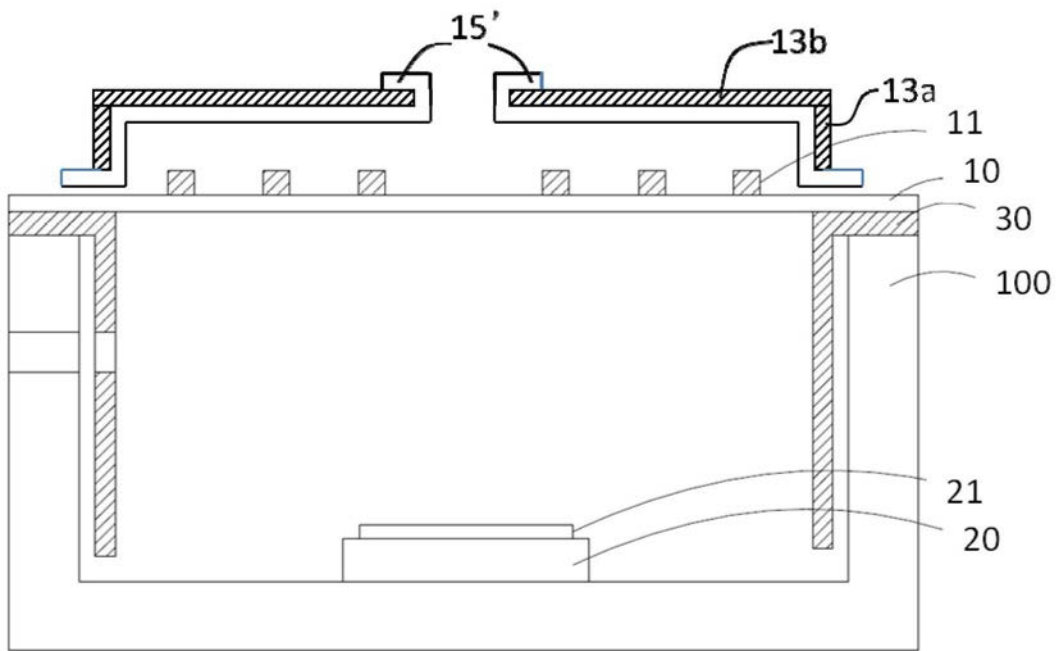


图4a

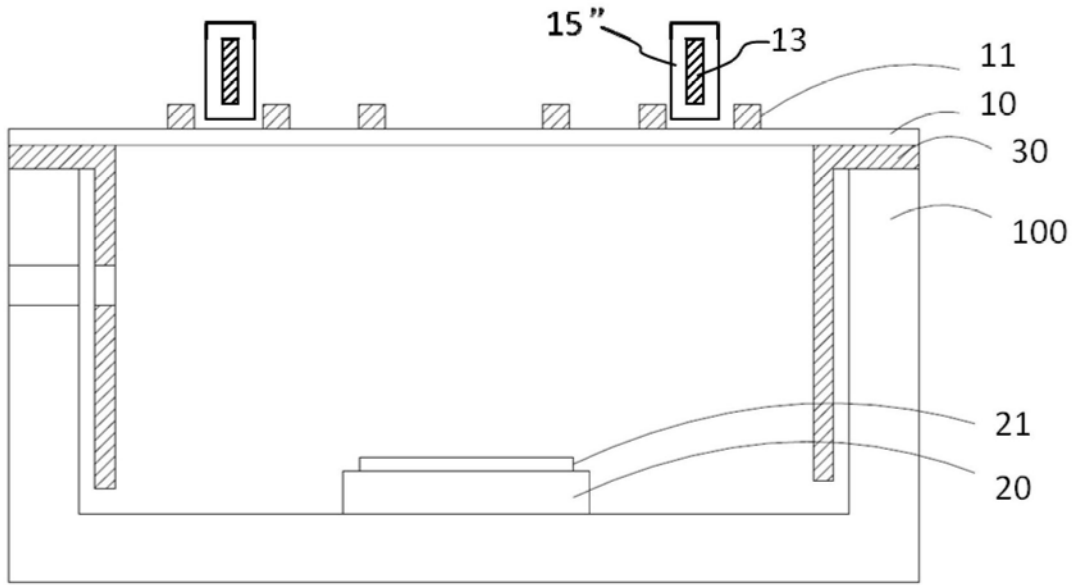


图4b