(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108419448 B
(45)授权公告日 2020.08.04

(21)申请号 201680045818.2

(22)申请日 2016.08.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108419448 A

(43)申请公布日 2018.08.17

(30)优先权数据
62/203,276 2015.08.10 US
15/231,728 2016.08.08 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.02.05

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2016/046287 2016.08.10

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2017/027558 EN 2017.02.16

(73)专利权人 科磊股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 姜辛容 C·西尔斯 H·辛哈 D·特雷斯 叶伟 D·卡兹

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责任公司 11287
代理人 张世俊

(51)Int.Cl.
H01J 37/153(2006.01)

(56)对比文件
US 2004149906 A1,2004.08.05
US 5973323 A,1999.10.26
CN 101145575 A,2008.03.19
CN 106030414 A,2016.10.12
CN 101241084 A,2008.08.13

审查员 邓辉

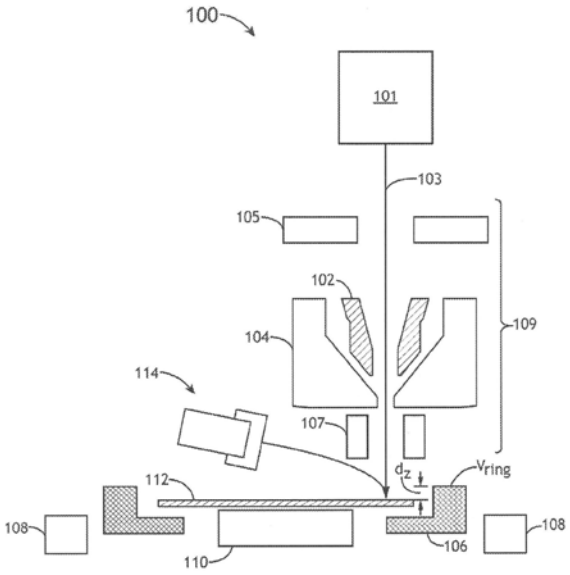
权利要求书2页 说明书12页 附图19页

(54)发明名称

用于晶片边缘检验及复检的方法及系统

(57)摘要

一种用于检验或复检样本的边缘部分的电子光学系统包含:电子束源,其经配置以产生一或多个电子束;样本载台,其经配置以固定所述样本;及电子光学柱,其包含经配置以将所述一或多个电子束的至少一部分引导到所述样本的边缘部分上的一组电子光学元件。所述系统还包含:样本位置参考装置,其围绕所述样本而安置;及保护环装置,其安置于所述样本的所述边缘与所述样本位置参考装置之间以补偿一或多个边际场。所述保护环装置的一或多个特性是可调整的。所述系统还包含检测器组合件,所述检测器组合件经配置以检测从所述样本的表面发出的电子。



CN 108419448 B

1.一种电子光学系统,其包括:

电子束源,其经配置以产生一或多个电子束;

样本载台,其经配置以固定样本;

电子光学柱,其包含经配置以将所述一或多个电子束的至少一部分引导到所述样本的边缘部分上的一组电子光学元件;

样本位置参考装置,其围绕所述样本而安置;

保护环装置,其安置于所述样本的所述边缘与所述样本位置参考装置之间以补偿一或多个边际场,其中所述保护环装置的一或多个特性是可调整的,其中所述一或多个可调整特性包括所述保护环装置的高度;及

检测器组合件,其经配置以检测从所述样本的表面发出的电子。

2.根据权利要求1所述的系统,其中所述保护环装置包括:

导电环结构。

3.根据权利要求1所述的系统,其中所述保护环装置包括:

环结构,其涂覆有导电材料。

4.根据权利要求1所述的系统,其中所述保护环装置的所述高度沿着垂直于所述样本的所述表面的方向是可调整的。

5.根据权利要求1所述的系统,其进一步包括:

致动器,其以机械方式耦合到所述保护环装置;及

控制器,其以通信方式耦合到所述致动器,其中所述控制器经配置以引导所述致动器来调整所述保护环装置的所述高度。

6.根据权利要求5所述的系统,其中对所述保护环装置的所述高度的所述调整导致所述电子光学系统中的所述一或多个边际场的重新分布或减少中的至少一者。

7.根据权利要求6所述的系统,其中对所述保护环装置的所述高度的所述调整导致所述样本处的所述一或多个电子束的失真的减少。

8.根据权利要求6所述的系统,其中对所述保护环装置的所述高度的所述调整导致所述一或多个电子束的轴向像散的减少。

9.根据权利要求6所述的系统,其中对所述保护环装置的所述高度的所述调整导致所述一或多个电子束的离轴模糊的减少。

10.根据权利要求1所述的系统,其中所述保护环装置的所述一或多个可调整特性包括:

所述保护环装置的电压。

11.根据权利要求10所述的系统,其进一步包括:

电压控制电路,其电耦合到所述保护环装置;及

控制器,其以通信方式耦合到所述电压控制电路,其中所述控制器经配置以引导所述电压控制电路来调整所述保护环装置的所述电压。

12.根据权利要求11所述的系统,其中对所述保护环装置的所述电压的所述调整导致所述电子光学系统中的所述一或多个边际场的重新分布或减少中的至少一者。

13.根据权利要求12所述的系统,其中对所述保护环装置的所述电压的所述调整导致所述一或多个电子束的离轴模糊的减少。

14.根据权利要求12所述的系统，其中对所述保护环装置的所述电压的所述调整导致所述样本处的所述一或多个电子束的失真的减少。

15.根据权利要求12所述的系统，其中对所述保护环装置的所述电压的所述调整导致所述一或多个电子束的轴向像散的减少。

16.根据权利要求10所述的系统，其中所述保护环装置的所述高度及所述保护环装置的所述电压同时被调整。

17.根据权利要求1所述的系统，其中所述样本位置参考装置包括：

一或多个镜像环板。

18.根据权利要求1所述的系统，其中所述电子束源包括：

一或多个电子枪。

19.根据权利要求1所述的系统，其中所述组电子光学元件包括：

一或多个物镜。

20.根据权利要求19所述的系统，其中所述组电子光学元件包括：

一或多个接地装置，其至少接近于所述一或多个物镜而定位。

21.根据权利要求1所述的系统，其中所述组电子光学元件包括：

一或多个聚光透镜。

22.根据权利要求1所述的系统，其中所述组电子光学元件包括：

一或多个扫描元件。

23.根据权利要求1所述的系统，其中所述样本包括：

晶片。

24.根据权利要求1所述的系统，其中所述检测器组合件包括：

一或多个次级电子检测器或者一或多个反向散射电子检测器中的至少一者。

25.根据权利要求1所述的系统，其中所述电子光学系统包括：

电子束检验系统或电子束复检系统中的至少一者。

26.一种用于边际场补偿的设备，其包括：

保护环装置，其用于补偿电子光学系统中的一或多个边际场，其中所述保护环装置安置于样本的边缘部分与样本位置参考装置之间，其中所述保护环装置的高度是可调整的；及

控制器，其中所述控制器经配置以调整至少所述保护环装置的所述高度，以致使所述保护环装置补偿所述电子光学系统中的所述一或多个边际场。

用于晶片边缘检验及复检的方法及系统

[0001] 相关申请案交叉参考

[0002] 本申请案依据35U.S.C.§119(e)主张以下申请案的权益且构成以下申请案的正规(非临时)专利申请:2015年8月10日提出申请的标题为“电子光学设备中在晶片边缘处的复检及检验(REVIEW AND INSPECTION AT EDGE OF WAFER IN AN ELECTRON OPTICAL APPARATUS)”,发明人为江欣荣(Xinrong Jiang)、克里斯托弗·西尔斯(Christopher Sears)、哈什·辛哈(Harsh Sinha)、大卫·特雷斯(David Trease)、大卫·卡兹(David Kaz)及叶伟(Wei Ye)的美国临时申请案第62/203,276号,所述美国临时申请案以其全文引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明一般来说涉及电子光学检验及复检,且特定来说涉及用于检验及复检半导体晶片的边缘部分的电子光学设备。

背景技术

[0004] 制作例如逻辑及存储器装置的半导体装置通常包含使用大量半导体制作过程来处理例如半导体晶片等衬底以形成半导体装置的各种特征及多个层级。随着半导体装置大小变得越来越小,开发增强型半导体晶片检验及复检装置以及程序变得关键。此类检验技术包含基于电子束的检验或复检系统,例如晶片边缘电子检验或缺陷复检工具。

[0005] 晶片(例如300mm的晶片)的边缘区域可表示用于装置形成的总面积的大约10%。然而,由于各种原因,边缘区域的合格率可减少约50%。对用以改进晶片边缘处的合格率的经改进晶片边缘(EOW)检验及复检技术的关注持续增长。由于边际场的存在及此类边际场的效应,因此难以检验及复检给定晶片的EOW区域。边际场的存在可导致电子束位置误差、散焦、像散及/或模糊。

[0006] 目前,由于在EOW处存在边际偶极场及边际四极场,因此缺陷位置准确性(DLA)及图像质量(IQ)在距晶片边缘大约5mm处开始降级。边际场使电子束偏转且影响射束聚焦及消像散性,对于低着陆能量(LE)射束来说尤其如此。在EOW处,射束位置、聚焦及消像散性从其经校准值偏离,使得缺陷复检图像在例如朝向晶片边缘1.9mm到5mm的距离处变得无法使用。如此,提供在晶片的边缘区域处提供经改进电子成像以便克服上文所识别的缺点的系统及方法将为有利的。

发明内容

[0007] 根据本发明的一或多个实施例揭示一种用于边际场补偿的设备。在一个说明性实施例中,所述设备包含用于补偿电子光学系统中的一或多个边际场的保护环装置。在另一说明性实施例中,所述保护环装置安置于样本的边缘部分与样本位置参考装置之间。在另一说明性实施例中,所述设备包含控制器。在另一说明性实施例中,所述控制器经配置以调整所述保护环装置的一或多个特性以致使所述保护环装置补偿所述电子光学系统中的一

或多个边际场。

[0008] 根据本发明的一或多个实施例揭示一种电子光学系统。在一个说明性实施例中，所述电子光学系统包含经配置以产生一或多个电子束的电子束源。在另一说明性实施例中，所述电子光学系统包含经配置以固定样本的样本载台。在另一说明性实施例中，所述电子光学系统包含电子光学柱，所述电子光学柱包含经配置以将所述一或多个电子束的至少一部分引导到所述样本的边缘部分上的一组电子光学元件。在另一说明性实施例中，所述电子光学系统包含围绕所述样本安置的样本位置参考装置。在另一说明性实施例中，所述电子光学系统包含安置于所述样本的所述边缘与所述样本位置参考装置之间以补偿一或多个边际场的保护环装置，其中所述保护环装置的一或多个特性是可调整的。在另一说明性实施例中，所述电子光学系统包含经配置以检测从所述样本的表面发出的电子的检测器组合件。

[0009] 根据本发明的一或多个实施例揭示一种电子光学系统。在一个说明性实施例中，所述电子光学系统包含经配置以产生一或多个电子束的电子束源。在另一说明性实施例中，所述电子光学系统包含经配置以固定样本的样本载台。在另一说明性实施例中，所述电子光学系统包含电子光学柱，所述电子光学柱包含经配置以将所述一或多个电子束的至少一部分引导到所述样本的边缘部分上的一组电子光学元件。在另一说明性实施例中，所述电子光学系统包含经配置以检测从所述样本的表面发出的电子的检测器组合件。在另一说明性实施例中，所述电子光学系统包含控制器。在另一说明性实施例中，所述控制器以通信方式耦合到所述电子束源或所述电子光学柱的所述组电子光学元件或者所述载台中的至少一者的一或多个部分。在另一说明性实施例中，所述控制器经配置以：接收表示在所述样本的边缘部分处的所述一或多个电子束的一或多个特性的一或多个参数；产生用于补偿所述电子光学系统内的一或多个边际场的查找表；且基于所述所产生查找表而调整所述电子光学系统的一或多个特性。

[0010] 应理解，前述大体描述及以下详细描述两者仅是示范性及解释性的且未必限制所请求的本发明。并入本说明书中并构成本说明书的一部分的附图图解说明本发明的实施例，且与所述大体描述一起用于解释本发明的原理。

附图说明

[0011] 所属领域的技术人员通过参考附图可更好地理解本发明的众多优点，其中：

[0012] 图1A图解说明根据本发明的一或多个实施例的与电子光学系统及样本相关联的边际场的横截面图。

[0013] 图1B图解说明根据本发明的一或多个实施例的针对距晶片边缘的若干个距离随沿着光轴的位置而变的边际偶极场。

[0014] 图1C到1D图解说明根据本发明的一或多个实施例的用于补偿样本的边缘处的边际场的电子光学系统的经简化示意图。

[0015] 图1E到1F图解说明根据本发明的一或多个实施例的保护环装置的俯视图。

[0016] 图1G图解说明根据本发明的一或多个实施例的用于使用高度可调整保护环装置来补偿样本的边缘处的边际场的电子光学系统的经简化示意图。

[0017] 图1H到1I图解说明根据本发明的一或多个实施例的针对各种使用情形的随沿着

光轴的位置而变的边际偶极场的曲线图。

[0018] 图1J图解说明根据本发明的一或多个实施例的用于使用电压可调整保护环装置来补偿样本的边缘处的边际场的电子光学系统的经简化示意图。

[0019] 图1K到1L图解说明根据本发明的一或多个实施例的针对各种使用情形的随保护环装置电压而变的射束位置偏移及像散的曲线图。

[0020] 图2A图解说明根据本发明的一或多个实施例的用于利用查找表来补偿样本的边缘处的边际场的系统的经简化示意图。

[0021] 图2B图解说明根据本发明的一或多个实施例的利用查找表来补偿样本的边缘处的边际场的方法的过程流程图。

[0022] 图2C图解说明根据本发明的一或多个实施例的在利用查找表来补偿样本的边缘处的边际场时所使用的坐标系统的概念图。

[0023] 图2D图解说明根据本发明的一或多个实施例的用于施加校正电压以校正由边际四极场导致的轴向像散的静电消像散器的经简化示意图。

[0024] 图3图解说明根据本发明的一或多个实施例的用以对样本的边缘处由边际场导致的不准确性及像散进行校正的径向偏移及角度偏移的概念图。

[0025] 图4A图解说明根据本发明的一或多个实施例的随从多个工具及多个晶片获取的径向位置而变的偏移的曲线图。

[0026] 图4B图解说明根据本发明的一或多个实施例的随从多个工具及多个晶片获取的角度位置而变的偏移的曲线图。

[0027] 图4C图解说明根据本发明的一或多个实施例的描绘校正由电子光学系统中的一或多个边际场导致的电子束的位置偏移的方法的过程流程图。

具体实施方式

[0028] 现在将详细参考在附图中图解说明的所揭示标的物。

[0029] 大体参考图1A到4C,根据本发明描述用于补偿电子光学系统中的边际场的系统及方法。本发明的实施例针对于一种能够在检验及/或复检期间补偿晶片的边缘处的边际场(例如,偶极场、四极场等)的电子光学系统。在一些实施例中,利用可调整保护环装置来减少边际场及/或将其重新分布。保护环装置的高度及/或电压可经调整以便达到边际场的充分补偿水平,从而允许晶片的边缘处的经改进电子束成像。在其它实施例中,利用查找表来减少边际场及/或将其重新分布,从而允许系统调整电子光学系统的一或多个组件以便减轻在晶片的边缘处或附近的边际场的效应。

[0030] 图1A图解说明根据本发明的一或多个实施例的与电子光学系统及样本的一部分10相关联的边际场的横截面图。如图1A中所展示,在电子光学检验及/或复检系统中,通过采用浸没减速物镜14实现高分辨率。可极其接近于物镜极片系统而放置样本22(例如,晶片),使得样本22高度地浸没于物镜14的磁场中。注意,浸没物镜14通过减少轴向球面像差及色像差而提供高分辨率。另一方面,在发射源与物镜之间行进的电子的能量通常被设定得较高(例如,处于10kV到30kV中)以便减少电子之间的库仑(Coulomb)交互作用,此可使分辨率降级。为保护样本22不因来自高能量电子的轰击受损坏,去往样本22的电子的着陆能量(LE)被设定得较低(例如,低于1kV)。因此,靠近样本22的静电场是高度减速场。

[0031] 如图1A中，在高度减速电子着陆系统中，接地电极12与极片14之间或极片14与样本22之间的电位差可为足够大的以在低能量下满足给定提取场的要求。如图1A中所展示，在样本的边缘(例如，晶片的边缘)处，由于减速及不对称特征而形成强边际场。边际场可在光学上识别为偶极场(E(z))、四极场(Q(z))、六极场(H(z))及八极场(O(z))，所述边际场随光轴(z)而变。

[0032] 图1B图解说明根据本发明的一或多个实施的例针对距晶片边缘的若干个距离随沿着光轴的位置而变的边际偶极场。如图1B中所展示，边际偶极场E(z)不仅随光轴(z)变化，而且随边缘距离a变化。曲线图30描绘在距样本112的边缘若干个距离(在X-Y平面中)处的边际偶极场强度。在此实例中，$a_1<a_2<\cdots<a_n$，从而图解说明越靠近样本的边缘，边际场增加。注意，边际四极场Q(z)具有与在图1B中的边际偶极场显示相同的分布。

[0033] 边际偶极场导致电子束偏转模糊及位置误差，其特征在于偏转彗形像差(coma)、场曲率、离轴像散、转移色像差及失真，此表示性能的离轴降级。边际四极场产生轴向像散，其中轴向像散通常远大于离轴像散。此外，六极场及八极场还产生模糊，但远不如偶极场及四极场影响大。

[0034] 在电子缺陷复检(eDR)的情形中，由样本的边缘处的偶极场/四极场导致的离轴模糊分量及同轴像散导致通过系统获得的图像质量不足以识别缺陷。另外，离轴失真导致射束定位误差，此使系统的缺陷位置准确性降级到无法检测缺陷的程度。

[0035] 图1C到1D图解说明根据本发明的一或多个实施例的用于补偿样本的边缘处的边际场的电子光学系统的经简化示意图。在一个实施例中，系统100包含用于产生一或多个电子束103的电子束源101。在另一实施例中，系统100包含用于固定样本112的样本载台110。在另一实施例中，系统100包含电子光学柱109。在另一实施例中，系统100包含用于检测从样本112发出的电子的检测器组合件114。

[0036] 在一个实施例中，电子光学柱109可包含用于将一或多个电子束的至少一部分引导到样本112的边缘部分上的一组电子光学元件。所述组电子光学元件可包含此项技术中已知的适合于聚焦、引导及/或调节初级电子束103的任何电子光学元件。出于简洁目的，图1A中描绘单个电子光学柱。本文中注意，此配置不应视为对本发明的限制。举例来说，系统100可包含多个电子光学柱。电子光学柱109的所述组电子光学元件可将初级电子束103的至少一部分引导到样本112的选定部分上。

[0037] 在一个实施例中，电子光学柱109包含一或多个电子光学透镜，例如(但不限于)一或多个磁透镜或者一或多个静电透镜。举例来说，一或多个电子光学透镜可包含(但不限于)用于收集来自电子束源101的电子的一或多个聚光透镜105。以另一实例方式，电子光学透镜可包含(但不限于)用于将初级电子束103聚焦到样本112的选定区域上的一或多个物镜104。举例来说，一或多个物镜104可包含物镜极片。

[0038] 在一个实施例中，电子光学柱109包含柱接地装置102。举例来说，柱接地装置102可包含接地电极，所述接地电极由物镜104极片至少部分地环绕。进一步注意，可在接地装置102与物镜极片之间(以及在极片与样本112之间)建立大的电位差，如本文中先前所提出。

[0039] 在另一实施例中，电子光学柱109的所述组电子光学元件包含一或多个电子束扫描元件107。举例来说，一或多个电子束扫描元件107可包含(但不限于)适合于控制射束103

相对于样本112的表面的位置的一或多个电磁扫描线圈或静电偏转器。就此来说，一或多个扫描元件107可用于使电子束103跨越样本112以选定图案进行扫描。

[0040] 电子束源101可包含此项技术中已知的任何电子源。举例来说，电子束源101可包含(但不限于)一或多个电子枪。举例来说，电子束源101可包含用于产生单个电子束103的单个电子枪。在另一实例中，电子束源101可包含用于产生多个电子束103的多个电子枪。

[0041] 样本载台110可包含此项技术中已知的适合于固定检验/复检的此项技术中已知的样本的任何类型的样本载台。样本112可包含适合于利用电子束显微术来检验/复检的任何样本，例如(但不限于)衬底。所述衬底可包含(但不限于)晶片，例如硅晶片。在另一实施例中，样本载台110是可致动载台。举例来说，样本载台110可包含(但不限于)适合于沿着一或多个线性方向(例如，x方向、y方向及/或z方向)选择性地平移样本112的一或多个平移载台。以另一实例方式，样本载台110可包含(但不限于)适合于沿着旋转方向选择性地旋转样本112的一或多个旋转载台。以另一实例方式，样本载台110可包含(但不限于)适合于沿着线性方向选择性地平移样本112及/或沿着旋转方向选择性地旋转样本112的旋转载台及平移载台。本文中注意，系统100可以此项技术中已知的任何扫描模式操作。举例来说，系统100可在使初级电子束103跨越样本112的表面进行扫描时以扫描带(swathing)模式操作。就此来说，系统100可在样本正在移动时使初级电子束103跨越样本112进行扫描，其中扫描方向标称地垂直于样本运动的方向。以另一实例方式，系统100可在使初级电子束103跨越样本112的表面进行扫描时以步进扫描(step-and-scan)模式操作。就此来说，系统100可使初级电子束103跨越样本112进行扫描，在使射束103进行扫描时所述样本为标称地静止的。

[0042] 检测器组合件114可包含任何检测器组合件或此项技术中已知的基于电子的检验及/或复检的检测器。举例来说，检测器组合件114可包含适合于检测来自样本112的次级电子及/或反向散射电子的任何柱内检测器组合件或柱外检测器组合件。在一个实施例中，如图1A中所展示，可使用柱外埃弗哈特-索恩利(Everhart-Thornley)检测器(或其它类型的基于闪烁器的检测器)来收集次级电子并使所述次级电子成像。在另一实施例中，可使用柱内微通道板检测器(未展示)来收集电子并使所述电子成像。在另一实施例中，可使用PIN或p-n结检测器(例如二极管或二极管阵列)来收集电子并使所述电子成像。在另一实施例中，可使用一或多个雪崩光电二极管(APD)来收集电子并使所述电子成像。

[0043] 在另一实施例中，系统100包含围绕样本112安置的样本位置参考装置108。举例来说，如图1C及1D中所展示，镜像板可安置于样本112的边缘部分外侧，以便提供用于测量样本112的位置的参考表面。举例来说，参考装置108可包含(但不限于)环绕样本112的边缘的镜像环板108，借此依据某一样本-参考距离d_{ref}给出样本112的边缘与镜像环板之间的距离，如图1D中所展示。

[0044] 在另一实施例中，系统100包含安置于样本112的边缘与样本位置参考装置108之间以补偿一或多个边际场的保护环装置106。在另一实施例中，保护环装置106的一或多个特性是可调整的。举例来说，如本文中进一步更详细论述，保护环装置106的高度(例如，沿着光轴的位置)及/或电压可经调整以便补偿一或多个边际场(例如，图1A中所展示的场线)的效应。就此来说，调整保护环装置106的高度及/或电压可用于将一或多个边际场重新分布且减少所述一或多个边际场。一或多个边际场的减少用于校正原本由一或多个边际场导致的一或多个效应，例如(但不限于)射束位置偏移误差、散焦及像散。

[0045] 在一个实施例中，保护环装置106是环绕样本112的边缘的导电环结构。举例来说，保护环装置106可包含(但不限于)图1D中所展示的阶状(stepped)结构。本发明的范围并不限于图1D中所描绘的结构，图1D中所描绘的结构是仅出于说明性目的而提供。本文中应认识到，任何保护装置可在系统100的上下文中实施。举例来说，保护环装置106可不包含阶部(step)或者可包含三个或三个以上阶部。此外，保护环装置106可包含单个环结构或可包含经组合以形成所要阶部结构的多个环结构。此外，保护环装置106并不限于图1D中所展示的平坦阶状结构。举例来说，保护环装置106可包含任何几何形状的边缘，例如(但不限于)圆形边缘。此圆形表面可用于使一或多个边际场的补偿优化。

[0046] 在一个实施例中，如图1E中所展示，保护环装置106包含环绕样本112的连续环结构。在另一实施例中，如图1F中所展示，保护环装置106包含共同形成环绕样本112的大体圆形结构的一组子结构117。注意，使用多个紧密间隔的子结构117可允许调整样本112的边缘与保护环装置之间的间隙距离，所述间隙距离在图1D中标注为d_{ring}。在另一实施例中，虽然未展示，但保护环装置106可经形成因此具有栅格结构或网格结构。

[0047] 注意，保护环装置106可由任何选定材料形成。在保护环装置106导电的情形中，保护环装置106可由此项技术中已知的任一或任何导电材料形成。举例来说，保护环装置106可由一或多种金属或金属合金形成。举例来说，保护环装置106可由(但不限于)金、铜、银、铝、不锈钢、黄铜等等形成。以另一实例方式，保护环装置106可由以一或多种金属或金属合金涂覆的一或多种非金属材料形成。

[0048] 图1G图解说明根据本发明的一或多个实施例的配备有用于补偿样本的边缘处的边际场的高度可调整保护环装置106的电子光学系统100的经简化示意图。如图1G中所展示，保护环装置106经由调整保护环装置106沿着系统100的光轴的高度来补偿样本112的边缘处的边际场。

[0049] 在一个实施例中，系统100包含以机械方式耦合到保护环装置106的一或多个致动器装置110。此外，系统100可包含控制器112，控制器112以通信方式耦合到致动器装置110且经配置以引导致动器装置110来控制保护环装置106的位置。举例来说，控制器112可引导致动器装置110来调整保护环装置106沿着光轴的位置。就此来说，系统100可控制保护环装置106相对于样本112的高度d_z。

[0050] 注意，将保护环装置106定位于高度减速且不对称系统100的样本112与样本参考108之间的区域内可显著减少在样本112的边缘处或附近的一或多个边际场及/或将所述一或多个边际场重新分布。一或多个边际场的减少及/或重新分布用于校正原本由一或多个边际场导致的一或多个效应，例如(但不限于)射束位置偏移误差、散焦及像散。

[0051] 注意，可补偿由边际场导致的电子束103的偏转距离(D)且可校正离轴模糊分量及失真。注意，各种模糊分量及失真不同程度上取决于偏转距离。举例来说，离轴彗形像差模糊及转移色模糊与D线性地相关，场曲率及像散与D^2相关且失真与D^3相关。

[0052] 图1H到1I图解说明根据本发明的一或多个实施例的针对各种使用情形的随沿着光轴(即，z轴)的位置而变的边际偶极场的曲线图。举例来说，曲线图120描绘其中系统100中不存在保护环的控制情形。在此情形中，偶极场强度处于其最大值。相对于不存在保护环的情形，在高度d_z处引入具有高度d_1的保护环装置106表示保护环装置106的经改进(但非最优)定位。此外，可实现最优高度d_{opt}。最优高度被解释为致使在系统内的选定位置处(例如，

沿着z轴的选定位置处)的一或多个边际场(例如,边际偶极场)的最小化的高度。在边际场补偿期间,可将一或多个边际场重新分布且变化(负性到正性地),使得消除(或至少减少)样本112处的偏转。以图1I中与最优高度d_{opt}相关联的曲线来展示其中偶极边际场从负性变化到正性的情境。另外,由于边际四极场所致的轴向像散可被极大地最小化(达到可忽略程度),这是因为四极场Q(z)的振幅大大减小。

[0053] 注意,可调整保护环装置106的高度d_z直到实现最优高度d_{opt}为止。就此来说,控制器112可调整保护环装置106的高度直到使一或多个边际场最小化或减小到选定容差水平以下为止。替代地,可在系统100的操作之前计算或测量保护环装置106的优选高度且可在系统100的操作之前将保护环装置106放置于此位置处。

[0054] 图1J图解说明根据本发明的一或多个实施例的配备有用于补偿样本的边缘处的边际场的电压可调整保护环装置106的电子光学系统100的经简化示意图。如图1J中所展示,保护环装置106经由调整保护环装置106的电压来补偿样本的边缘处的边际场。

[0055] 在一个实施例中,系统100包含电耦合到保护环装置106的电压控制电路140。此外,控制器112可以通信方式耦合到电压控制电路140且经配置以引导电压控制电路140将选定电压V_{ring}施加到保护环装置106。注意,将V_{ring}施加到保护环装置106可用于将边际场沿着z轴重新分布。

[0056] 考虑到由样本的表面上的射束能量、射束着陆能量及提取场表征的操作情境,注意,保护环电压V_{ring}可经调整以便将边际场重新分布及/或将边际场减少到所要水平。进一步注意,可实现最优电压$V_{ring-opt}$,借此使边际场的影响最小化且边际场以类似于本文中先前所描述的保护环装置高度调整的方式从负性变化到正性。

[0057] 注意,可调整保护环装置106上的电压V_{ring}直到实现最优电压$V_{ring-opt}$为止。就此来说,控制器112可调整保护环装置106上的电压直到使一或多个边际场最小化或将其减小到选定容差水平以下为止。替代地,可在系统100的操作之前计算或测量保护环装置106的优选电压且可在系统100的操作之前将保护环装置106供能到此电压。

[0058] 图1K到1L图解说明根据本发明的一或多个实施例的针对各种使用情形的随保护环装置电压而变的射束位置偏移140及轴向像散150的曲线图。图1K图解说明由曲线142、144、146及148表示的四种使用情形,其中依据保护环电压V_{ring}而测量射束位置偏移。在射束位置偏移测量的情形中,针对各使用情形的最优V_{ring}值分别对应于电压V1、V2、V3及V4。就此来说,在最优保护环电压下,可使射束离轴模糊、射束轴向像散及射束位置偏移全部最小化。注意,用于校正射束位置偏移的最优电压V1、V2、V3及V4与在四种使用情形中用于校正轴向像散/使轴向像散最小化所需的最优电压(其对应于曲线152、154、156及158,如图1L中所展示)相同。

[0059] 注意,尽管图1G到1L已出于清晰目的单独表示保护环装置高度及电压的调整,但此并非对本发明的范围的限制。而是本文中应认识到,系统100可用于通过调整保护环装置106的高度及保护环装置106上的电压两者来将边际场重新分布(从负性到正性)且补偿边际场。就此来说,系统100可通过首先设定保护环装置106的高度且接着找出针对所述给定高度的最优高度来补偿边际场。替代地,系统100可通过首先设定保护环装置106的电压且接着找出针对所述给定电压的最优电压来补偿边际场。就此来说,可校正(或至少减少)一或多个边际场的效应,例如(但不限于)射束位置偏移、散焦及像散。此外,高度及电压的同

时调整有助于减少保护环装置106的不恰当电压及/或不恰当高度的风险，从而允许跨系统100的各种使用情形的更大灵活性，此可包含参数(例如但不限于射束能量、着陆能量及提取场)的大变化。举例来说，为减小用以实现最优电压$V_{ring-opt}$所需要的电压且避免电弧风险，可将保护环装置调整到选定高度，在所述选定高度下施加保护环装置电压，其中在相邻电极之间具有经缩减电位差。

[0060] 图2A图解说明根据本发明的一或多个实施例的用于利用查找表来补偿样本的边缘处的边际场的系统100的经简化示意图。在一个实施例中，系统100包含用于产生查找表的控制器202，所述查找表用于补偿电子光学系统100内的一或多个边际场。在此实施例中，控制器202可引导电子光学系统100的一或多个部分使用由控制器202产生的查找表来校正由一或多个边际场引起的光学效应。

[0061] 举例来说，查找表可经实施以校正电子束103的定位误差、电子束的散焦、电子束的像散及/或跨越整个晶片的边际场效应(极角从θ＝0度变化到θ＝360度)。在一个实施例中，控制器202以通信方式耦合到电子束源101、电子光学柱109的一或多个部分、载台110及/或电压控制电路206。举例来说，控制器202可以通信方式耦合到一或多个聚焦元件(例如，透镜)且经配置以控制所述一或多个聚焦元件来校正电子束103的散焦。以另一实例方式，控制器202可以通信方式耦合到与样本进行电通信的电压控制电路206且经配置以控制所述电压控制电路。举例来说，控制器202可控制电压控制电路来调整样本112上的偏置以补偿电子束103的散焦。以另一实例方式，控制器202可以通信方式耦合到电子光学柱109的消像散器204且经配置以控制所述消像散器来补偿电子束103的轴向像散。以另一实例方式，控制器202以通信方式耦合到样本载台110且可实施坐标或移动校正来补偿由一或多个边际场导致的位置偏移。以另一实例方式，控制器202以通信方式耦合到电子源且经配置以控制所述电子源来补偿由一或多个边际场导致的位置偏移。

[0062] 图2B图解说明根据本发明的一或多个实施例的利用查找表来补偿样本的边缘处的边际场的方法210。在步骤212中，接收表示在样本的边缘部分处的一或多个电子束的一或多个特性的一或多个参数。在步骤214中，产生用于补偿电子光学系统内的一或多个边际场的查找表。在步骤216中，基于所产生查找表而调整电子光学系统的一或多个特性。

[0063] 举例来说，用户或另一系统可输入与选定使用情形相关的信息，所述选定使用情形与特定检验及/或复检测量过程相关联。基于此信息(例如，样本及电子光学系统的几何形状、射束参数等等)，控制器202可产生用于补偿电子光学系统100内的一或多个边际场的查找表。控制器202又可基于所产生查找表而调整电子光学系统100的一或多个特性。本文中进一步描述与查找表的产生及电子光学系统的一或多个部分的调整相关的细节。

[0064] 本文中应认识到，一或多个边际场(例如偶极场及/或四极场)以指数方式表现且与这些场相关联的光学效应(例如，由偶极场偏转所致的电子束位置偏移、由场曲率所致的散焦及由四极场所致的像散)也以指数方式表现。

[0065] 以实例方式，边际偶极场E(z,a)(参见图1B)遵循关于样本的边缘距离a的指数律，如下

[0066] $$\int E(z,a)\,dz = P*\exp(T*a) \quad (1)$$

[0067] 其中P及T是常数。跨z轴对E(z,a)求积分表示边缘距离a处的总偏转强度。类似地，边际四极场Q(z,a)还遵循指数关系：

[0068] $\int Q(z,a)dz = P*\exp(T*a)$ (2)

[0069] 其中跨z轴对Q(z,a)求积分表示边缘距离a处的总像散强度。

[0070] 边际偶极场E(z,a)产生一或多个离轴模糊分量(例如,彗形像差、场曲率、像散、转移色像差)及失真(例如,射束定位偏移误差)。此外,边际四极场Q(z,a)产生轴向像散。已观察到,所有这些边际效应还显示出如下指数行为:

[0071] [离轴模糊、失真、轴向像散]=P*exp(T*a) (3)

[0072] 已观察到,在出现于样本112的边缘处的边际场效应当中,由偶极边际场导致的失真及场曲率以及由边际四极场所致的轴向像散是最重要的。在电子束缺陷复检的情形中,失真导致射束定位误差且使缺陷位置准确性降级,而场曲率及轴向像散使图像质量降级。

[0073] 图2C图解说明根据本发明的一或多个实施例的在利用查找表来补偿样本的边缘处的边际场时所使用的坐标系统的概念图220。

[0074] X-Y坐标系统表示理想化参考框架,其中电子光学系统100的性能不受边际场影响。x-y坐标系统表示真实参考框架,其中所有电子光学系统均受一或多个边际场影响。举例来说,在要将电子束103移动到理想位置P(X,Y)的情况下,电子束103由于由边际偶极场所致的偏转而实际上被移动到真实位置Q(x,y)。因此,存在由于偏转失真所致的电子束位置偏移(dx,dy)、由于场曲率效应所致的电子束散焦距离dz及由于边际四极场所致的像散模糊d_{stig}。再次注意,所有这些边际场效应均遵循指数律:

[0075] $$\left[(dx,dy),dz,d_{stig}\right]=P*\exp(-T*a)=P*\exp\left[-T*(W-R)\right] \quad (4)$$

[0076] 系数(P、T)随电子光学系统的使用条件而变,所述使用条件包含(但不限于)样本的表面上的射束能量(BE)、电子束着陆能量(LE)及提取场(EF)。此关系表达为如下:

[0077] (P,T)=f(BE,LE,xF) (5)

[0078] 在一个实施例中,控制器202产生(例如,经由计算机模拟产生)(P、T)值的查找表,且接着控制器202通过引导电子光学系统100的一或多个部分的调整来校正边际场效应[(dx,dy)、dz、d_{stig}],如本文中先前所描述。举例来说,控制器202可包含经配置以执行存储于存储器中的程序指令集的一或多个处理器。所述程序指令集可经编程以执行选定模拟来产生(P、T)值的查找表。接着,所述程序指令集使得一或多个处理器确定适合于校正边际场效应[(dx,dy)、dz、d_{stig}]的电子光学系统的一或多个部分的调整。接着,这些调整可由控制器202自动实施或在由用户经由用户接口确认之后由控制器202实施。

[0079] 在射束位置偏移校正的情形中,在不存在图2C中的边际场影响的情况下,理想电子束位置P(X,Y)坐标由以下方程式给出:

[0080] $X=(W-a)\cos(\theta)$ (6-1)

[0081] $Y=(W-a)\sin(\theta)$ (6-2)

[0082] 在此实施例中,在存在图2C中的边际场影响的情况下,真实电子束位置Q(x,y)坐标由以下方程式给出:

[0083] $x=X+dx$ (7-1)

[0084] $v=Y+dy$ (7-2)

[0085] 其中dx及dy由以下表示:

[0086] $dx=dx_0\cos(\theta)-dy_0\sin(\theta)$ (8-1)

[0087] $dy=dx_0\sin(\theta)+dy_0\cos(\theta)$ (8-2)

[0088] 注意，(dx_0,dy_0)表示在选定恒定极角θ处(例如，在θ＝0度处)的真实射束位置。另外，dx_0、dy_0是边缘距离a的指数函数：

[0089] $(dx_0,dy_0)=P*\exp(-T*a)$ (9)

[0090] 进一步注意，根据上文的方程式(5)在查找表中提供系数P、T。方程式(8)中的电子束位置偏移(dx,dy)可以若干种方式校正。举例来说，电子束偏移可经由载运样本112的载台110的运动映射/校正来校正。

[0091] 在射束散焦校正的情形中，注意，由于场曲率(其由边际偶极场所致)所致的电子束散焦dz(θ,a)独立于极角θ，即，在任何给定极角处dz(θ,a)＝dz(a)。

[0092] 此外，散焦dz(a)遵循方程式(4)中的指数关系。注意，dz(a)可以若干种方式校正。举例来说，dz(a)可通过调整电子光学系统100的电子光学柱109中的一或多个聚焦元件而校正。以另一实例方式，dz(a)可通过经由电压控制电路206来调整样本偏置电压而校正，其中：

[0093] $dz(a)\rightarrow dWB(a)=P*\exp(-T*a)$ (10)

[0094] 再次，系数(P、T)可存储于由控制器202产生的查找表中(且存储于存储器中)。

[0095] 在轴向像散校正的情形中，注意，由样本的边缘处的边际四极场导致的轴向像散可经由消像散器来校正。图2D图解说明根据本发明的一或多个实施例的用于施加校正电压以校正由边际四极场导致的轴向像散的静电消像散器230的经简化示意图。

[0096] 消像散器230可利用静电场及/或磁场或者通过使用多极板(线圈)进行构造而呈现若干种形式。在一个实施例中，如图2D中所展示，消像散器230包含八个板，在所述八个板上施加像散校正电压$stigV_a$及$stigV_b$。注意，校正电压$stigV_a$及$stigV_b$可为极角θ及样本的边缘距离a的函数，如下：

[0097] $$stigVd(a,\theta)=Va(a)*\cos\left(2\theta+\frac{\pi}{4}\right) \quad (11-1)$$

[0098] $$stigVb(a,\theta)=Vb(a)*\sin\left(2\theta+\frac{\pi}{4}\right) \quad (11-2)$$

[0099] 其中电压$V_a(a)$及$V_b(a)$独立于极角，因此可将所述电压定义于优选极角处，举例来说，定义于图2C中的θ＝0度处。进一步注意，还已发现电压$V_a(a)$及$V_b(a)$以指数方式表现：

[0100] $[Va(a),Vb(a)]=P*\exp(-T*a)$ (12)

[0101] 其中在上文所描述的所产生查找表中提供系数(P、T)。

[0102] 再次参考图2A，根据本发明的一或多个额外实施例，系统100可实施预测校准技术以针对样本的边缘坐标准确性及消像散进行校正。在一个实施例中，控制器202可获取实验数据且使样本位置信息(例如，径向位置及角度位置)与坐标误差相关。控制器202又可使用此相关来产生用于坐标校正的查找表。

[0103] 图3图解说明根据本发明的一或多个实施例的用以对样本的边缘处由边际场导致的位置不准确性及像散进行校正的在径向位置及角度位置与对应径向偏移及角度偏移之间的关联的概念图300。再次注意，电子光学系统100中的边际场可导致电子束103的偏离/弯曲，从而导致不良坐标准确性及/或图像消像散，在样本112的边缘处尤其如此。这些效应

再次导致晶片的边缘处的不良坐标准确性及图像质量且影响相关联电子光学工具的敏感性。

[0104] 图4A图解说明根据本发明的一或多个实施例的随从多个工具及多个晶片获取的径向位置而变的径向偏移的曲线图400。图4B图解说明根据本发明的一或多个实施例的随从多个工具及多个晶片获取的角度位置而变的角度偏移的曲线图410。在一个实施例中，控制器202可使用这些及类似相关来产生查找表，所述查找表将向电子光学系统100的坐标系统提供校正因子。

[0105] 图4C图解说明根据本发明的一或多个实施例的描绘用于校正在电子光学系统中由在样本的边缘处或附近的一或多个边际场导致的位置偏移误差的方法420的过程流程图。

[0106] 在步骤422中，测量一组测量坐标位置。举例来说，测量跨越径向位置值的范围的电子束103的一组径向位置。以另一实例方式，测量跨越角度位置值的范围的电子束103的一组角度位置。

[0107] 在步骤424中，测量一组位置偏移值。举例来说，测量电子束103的一组径向位置偏移值。举例来说，针对在步骤422中测量的电子束103的每一径向位置而测量径向位置偏移值。以另一实例方式，测量电子束103的一组角度位置偏移值。举例来说，针对在步骤422中测量的电子束103的每一角度位置而测量角度位置偏移值。

[0108] 在步骤426中，使坐标位置与偏移值相关。举例来说，如在图4A中所展示，可确定径向坐标位置与对应组径向位置偏移值之间的关系。以另一实例方式，如图4B中所展示，可确定角度坐标位置与对应组角度位置偏移值之间的关系。

[0109] 在步骤428中，可产生查找表以向电子束103位置提供校正因子。举例来说，基于步骤426中所确定的关系，可建立查找表或关系以提供校正因子，所述校正因子用于补偿存在于射束的位置中的射束偏移，如上文所论述，所述射束偏移随射束的位置而变。

[0110] 尽管上文的描述集中于在位置偏移校正的上下文中实施此实施例，但应认识到此方法可经扩展以针对图像消像散进行校正。

[0111] 控制器112及/或控制器202可包含一或多个处理器(未展示)，所述一或多个处理器经配置以执行适合于使得一或多个处理器执行本发明中所描述的一或多个步骤的程序指令。在一个实施例中，控制器112及/或控制器202的一或多个处理器可与含有程序指令的存储器媒体(例如，非暂时性存储媒体)进行通信，所述程序指令经配置以使得控制器112及/或控制器202的一或多个处理器实施通过本发明描述的各种步骤。应认识到，本发明通篇所描述的各种处理步骤可通过单计算系统或(替代地)多计算系统来实施。控制器112及/或控制器202可包含(但不限于)个人计算机系统、主机计算机系统、工作站、图像计算机、并行处理器或此项技术中已知的任何其它装置。一般来说，术语“计算机系统”可广泛地定义为囊括具有执行来自存储器媒体的指令的一或多个处理器或处理元件的任何装置。此外，系统100的不同子系统可包含适合于实施上文所描述的步骤的至少一部分的计算机系统或逻辑元件。因此，上文的描述不应被解释为对本发明的限制而仅是图解说明。

[0112] 本文中所描述的所有方法可包含将方法实施例的一或多个步骤的结果存储于存储媒体中。所述结果可包含本文中所描述的结果中的任一者且可以此项技术中已知的任何方式存储。存储媒体可包含本文中所描述的任何存储媒体或此项技术中已知的任何其它适

合存储媒体。在已存储结果之后，所述结果可在所述存储媒体中存取且由本文中所描述的方法或系统实施例中的任一者使用、经格式化以用于向用户显示、由另一软件模块、方法或系统使用等。此外，可“永久性地”、“半永久性地”、暂时性地或在某时间段内存储结果。举例来说，存储媒体可为随机存取存储器(RAM)，且结果可不必无限期地存留于所述存储媒体中。

[0113] 所属领域的技术人员将认识到，当前技术水平已进展到系统的方面的硬件实施方案与软件实施方案之间几乎不存在区别的程度；硬件或软件的使用通常是表示成本对效率的折衷的设计选择(但非始终如此，这是因为在特定上下文中，硬件与软件之间的选择可变得重要)。所属领域的技术人员将了解，存在本文中所描述的过程及/或系统及/或其它技术可受其影响的各种载具(例如，硬件、软件及/或固件)，且优选载具将随其中部署过程及/或系统及/或其它技术的上下文而变。举例来说，如果实施者确定速度及准确性是最重要的，那么实施者可选择主要硬件及/或固件载具；替代地，如果灵活性是最重要的，那么实施者可选择主要软件实施方案；或者，再次替代地，实施者可选择硬件、软件及/或固件的某一组合。因此，存在本文中所描述的过程及/或装置及/或其它技术可受其影响的数种可能载具，其中没有一者固有地优于另一者，这是因为待利用的任何载具是取决于其中将部署所述载具的上下文及实施者的特定关注问题(例如，速度、灵活性或可预测性)(其中的任一者可变化)的选择。所属领域的技术人员将认识到，实施方案的光学方面将通常采用经光学定向硬件、软件及/或固件。

[0114] 所属领域的技术人员将认识到，以本文中所陈述的方式描述装置及/或过程，且此后使用工程实践来将此类所描述装置及/或过程集成到数据处理系统中在此项技术内是常见的。也就是说，本文中所描述的装置及/或过程中的至少一部分可经由合理量的实验集成到数据处理系统中。所属领域的技术人员将认识到，典型数据处理系统通常包含以下各项中的一或多者：系统单元外壳、视讯显示装置、存储器(例如易失性存储器及非易失性存储器)、处理器(例如微处理器及数字信号处理器)、计算实体(例如操作系统、驱动器、图形用户接口及应用程序)、一或多个互动装置(例如触摸垫或屏幕)，及/或控制系统，包含反馈环路及控制电机(例如，用于感测位置及/或速度的反馈；用于移动及/或调整组件及/或数量的控制电机)。可利用任何适合可购得组件(例如，通常存在于数据计算/通信及/或网络计算/通信系统中的组件)来实施典型数据处理系统。

[0115] 据信，通过前述描述将理解本发明及其许多随附优点，且将明了可在不背离所揭示标的物或不牺牲其所有材料优点的情况下在组件的形式、构造及布置方面作出各种改变。所描述的形式仅是解释性的，且所附权利要求书的意图是囊括且包含此类改变。

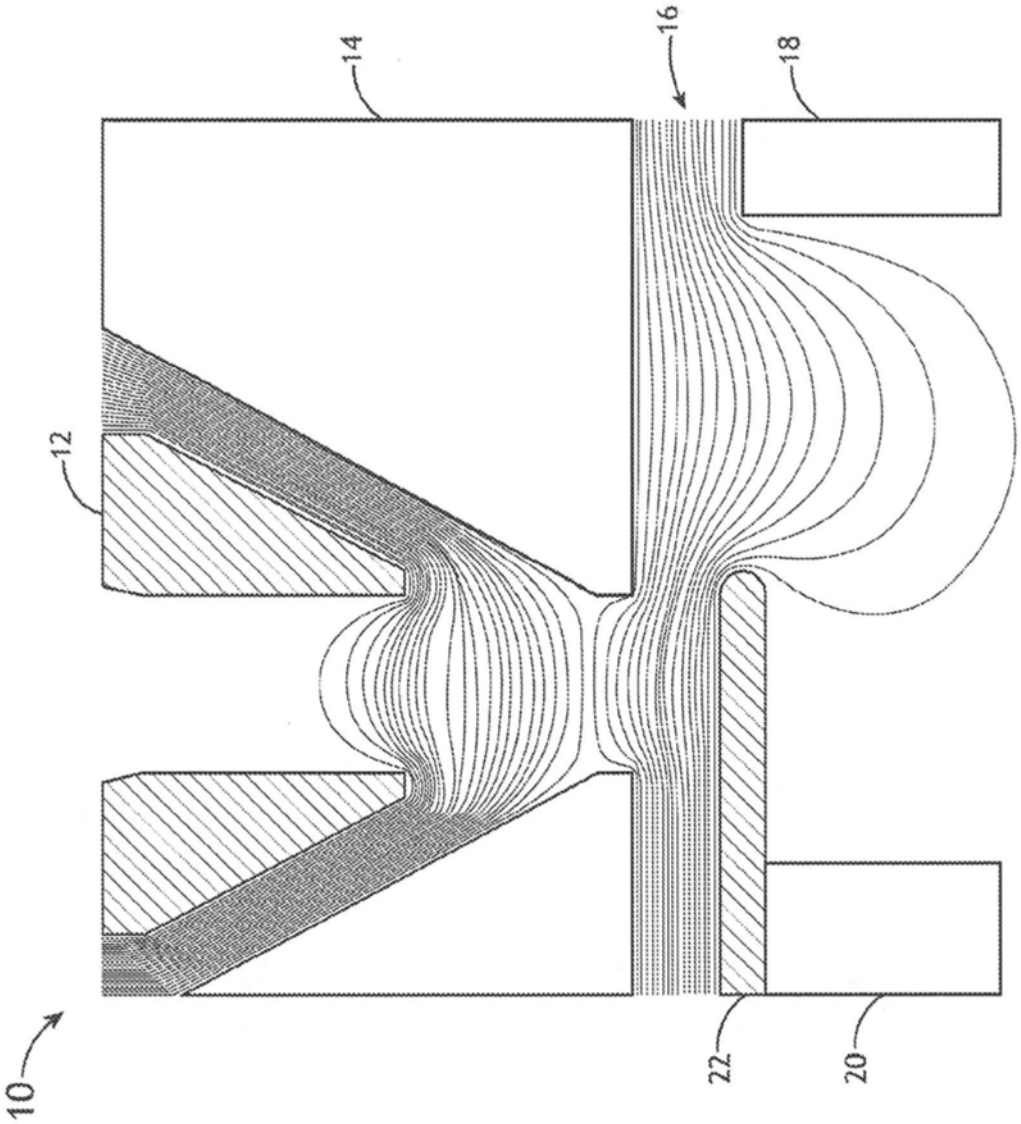


图1A

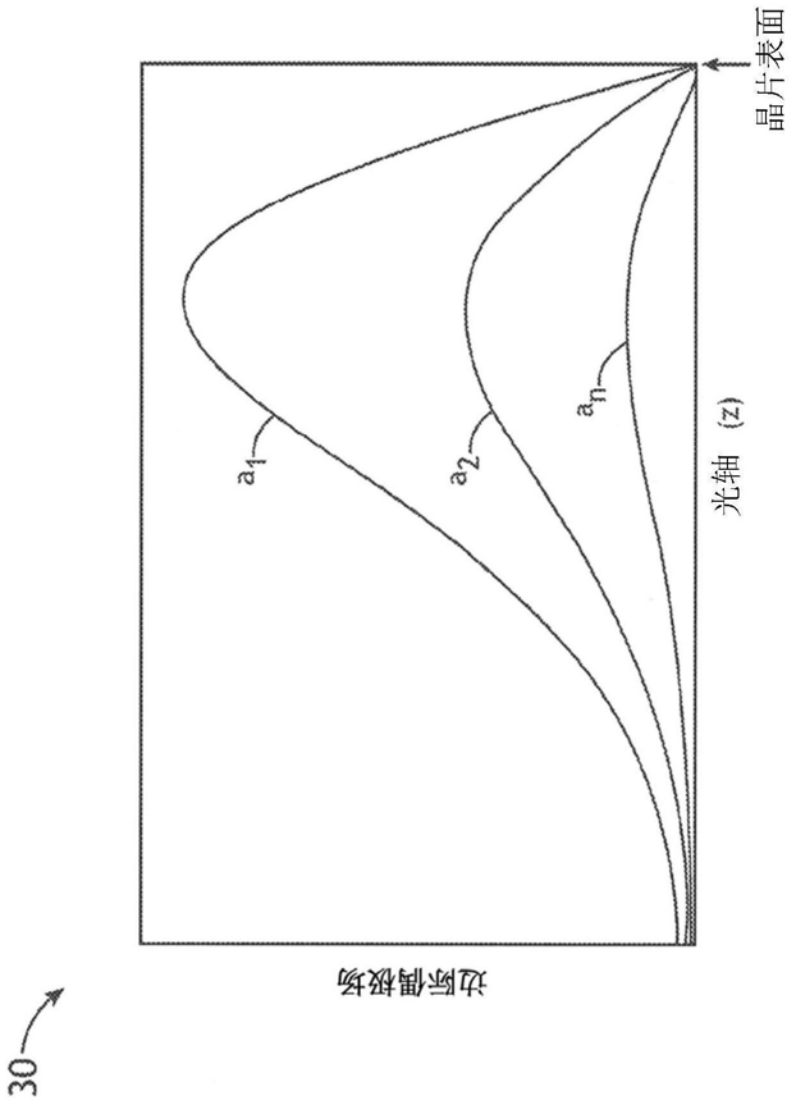


图1B

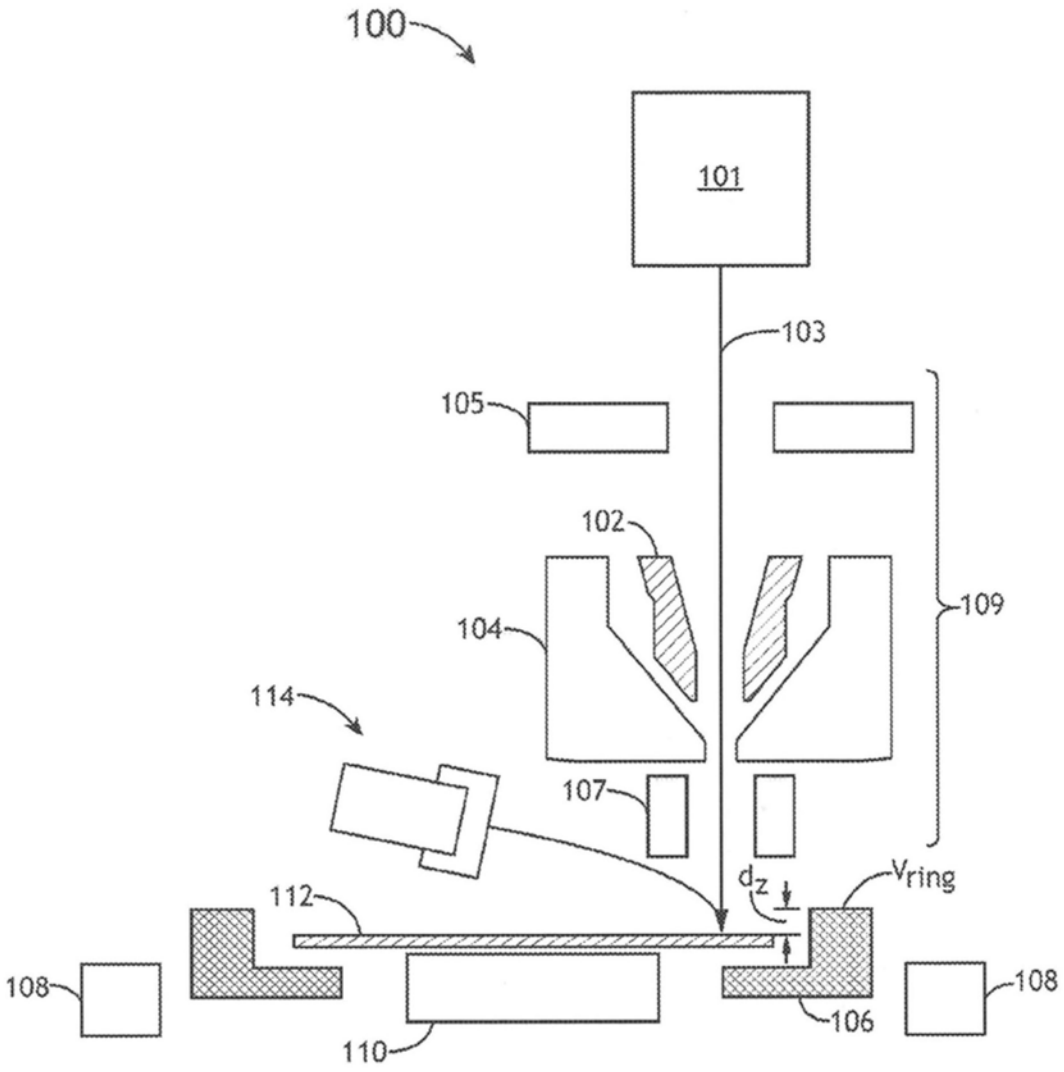


图1C

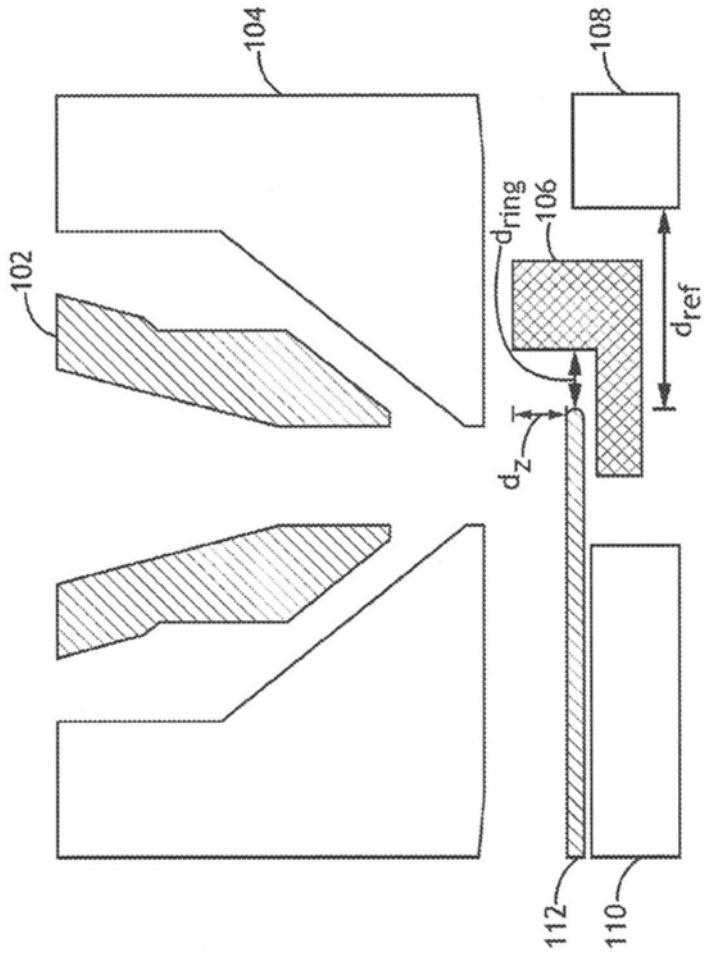


图1D

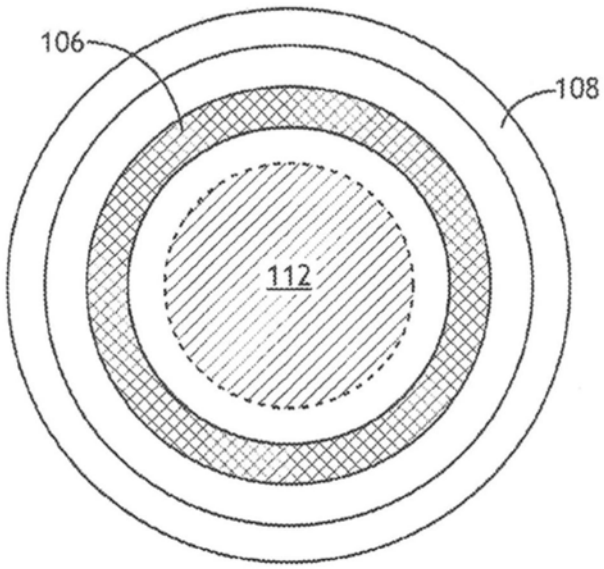


图1E

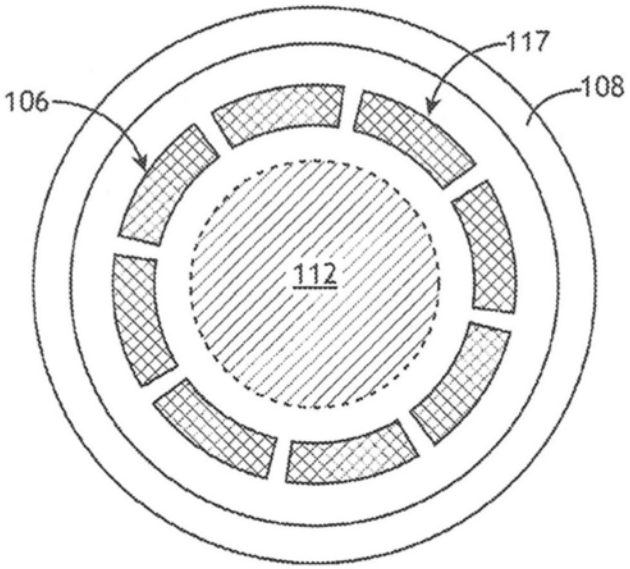


图1F

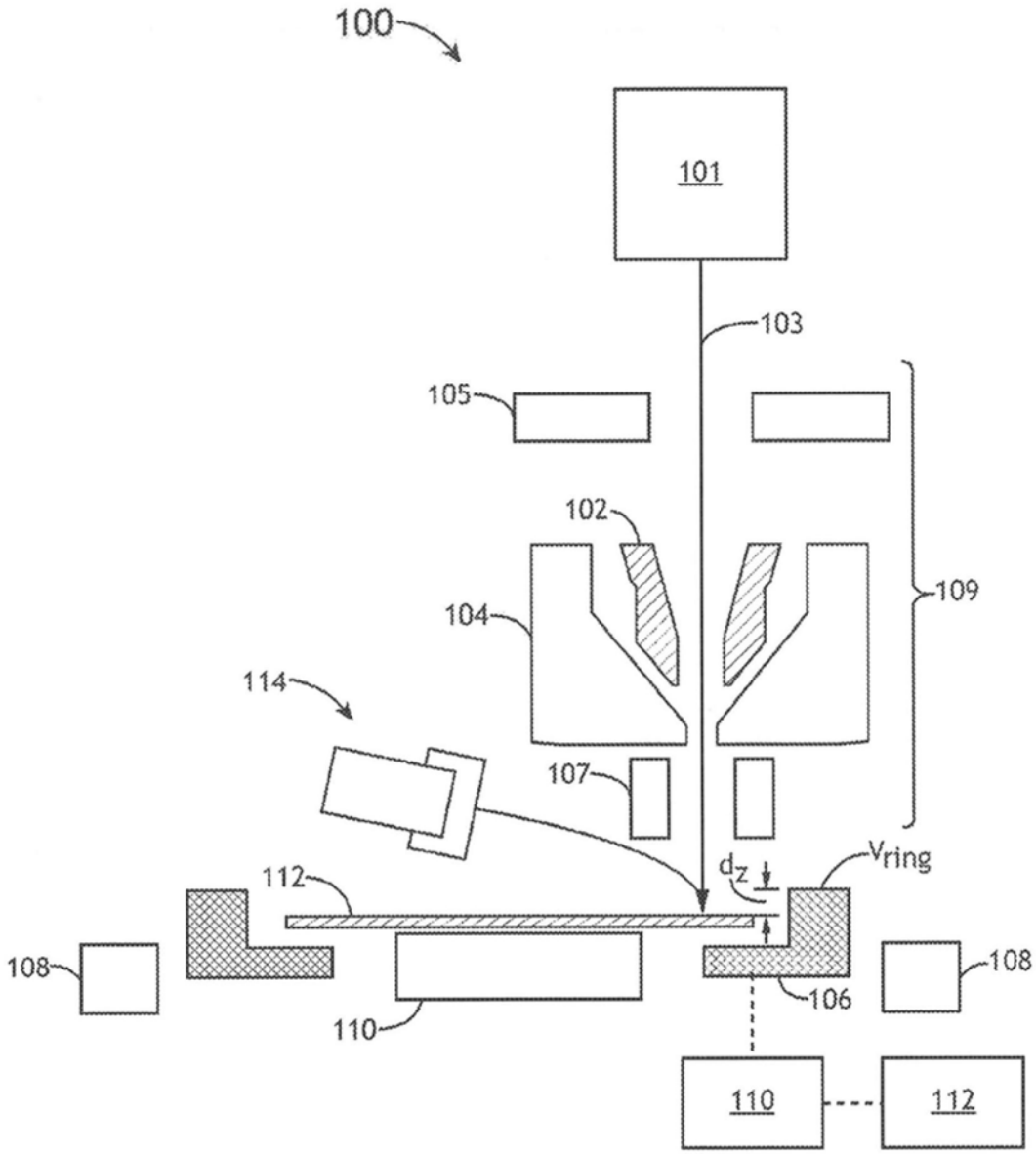

100
101
103
105
102
104
109
114
107
112
d_z
V_{ring}
108
106
108
110
110
112

图1G

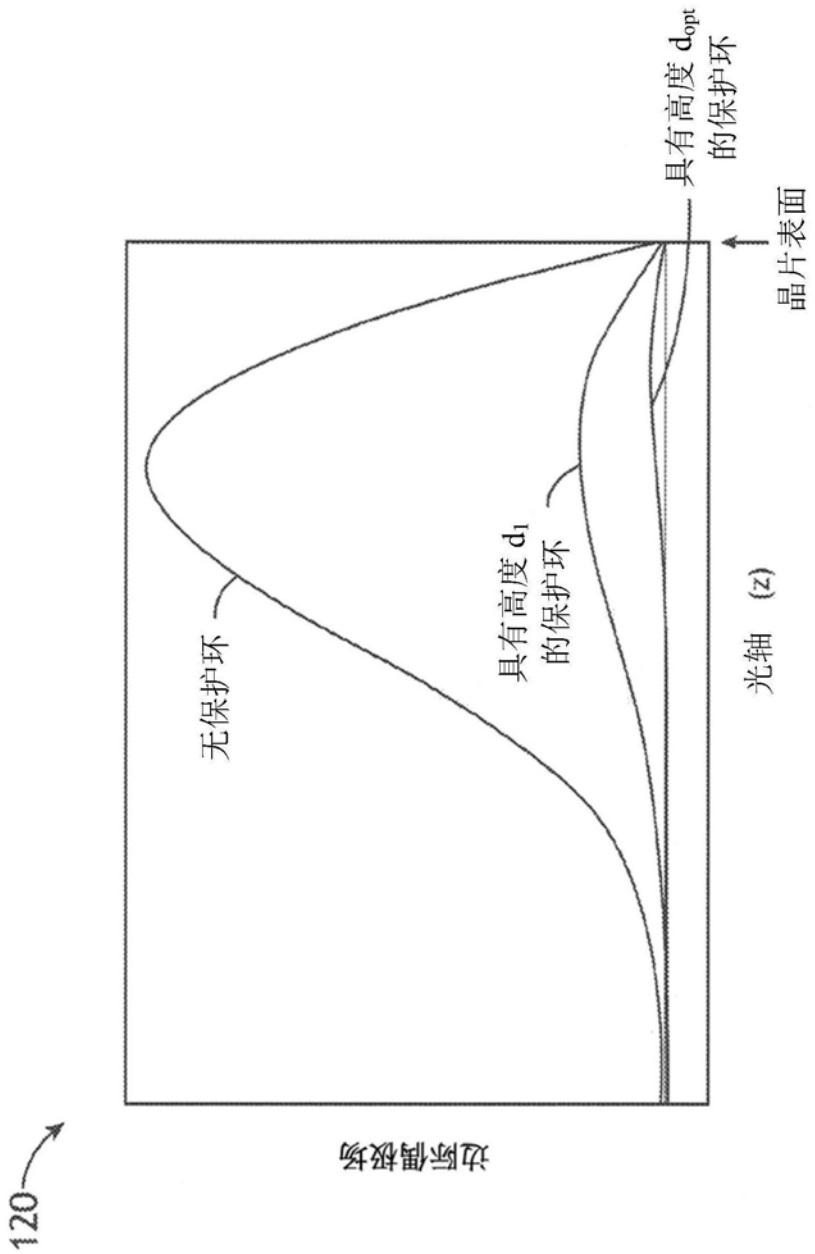


图1H

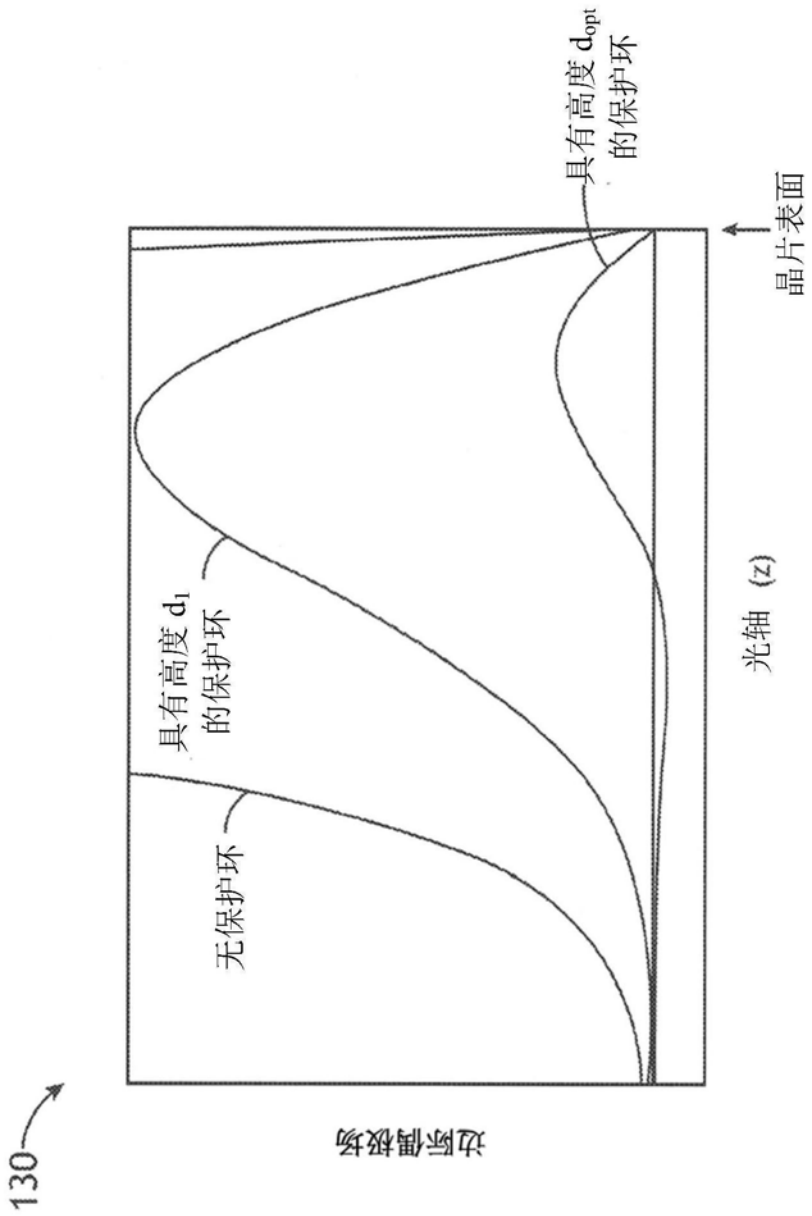


图1I

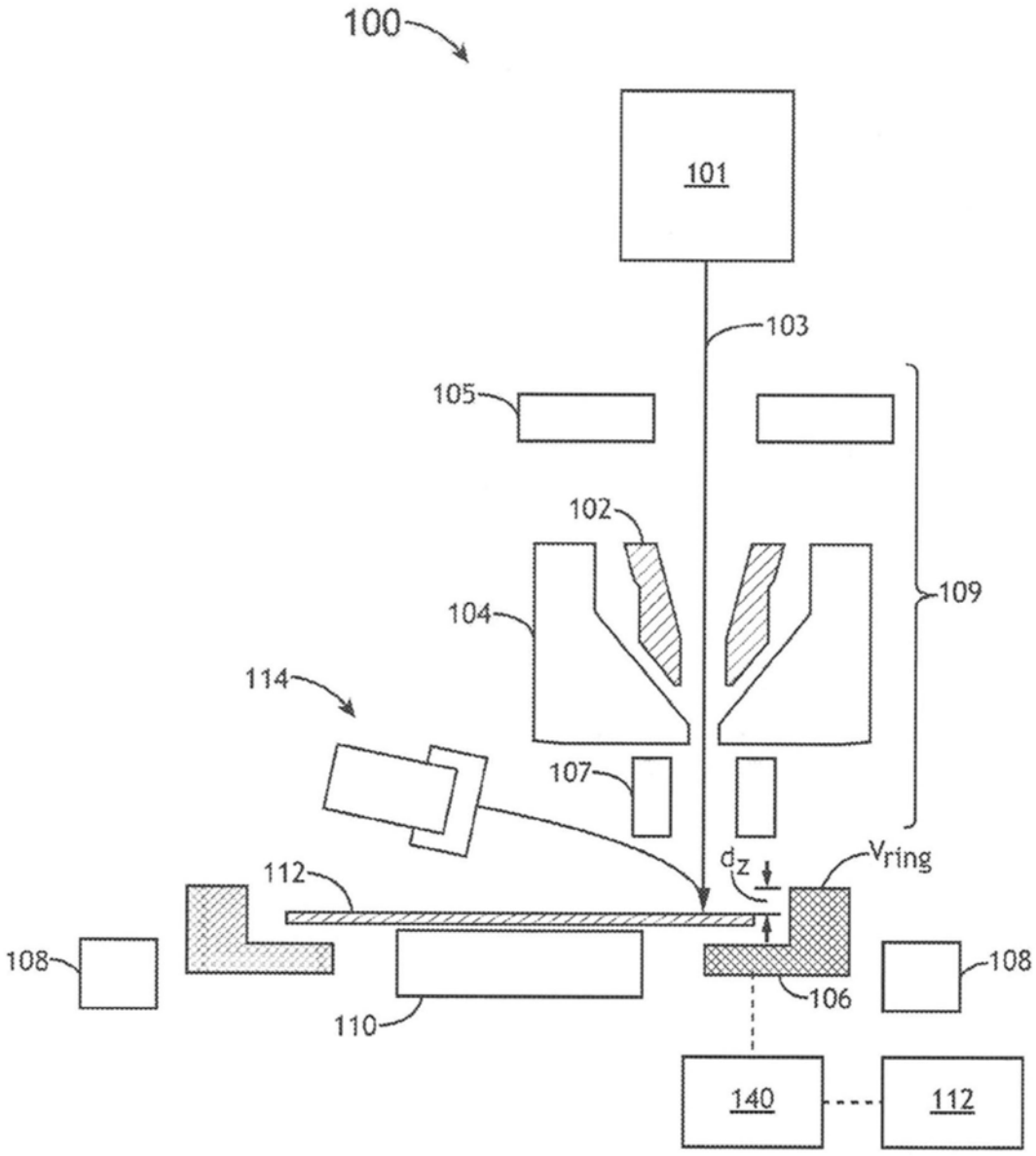

100
101
103
105
102
104
109
114
107
112
d_z
V_{ring}
108
106
108
110
140
112

图1J

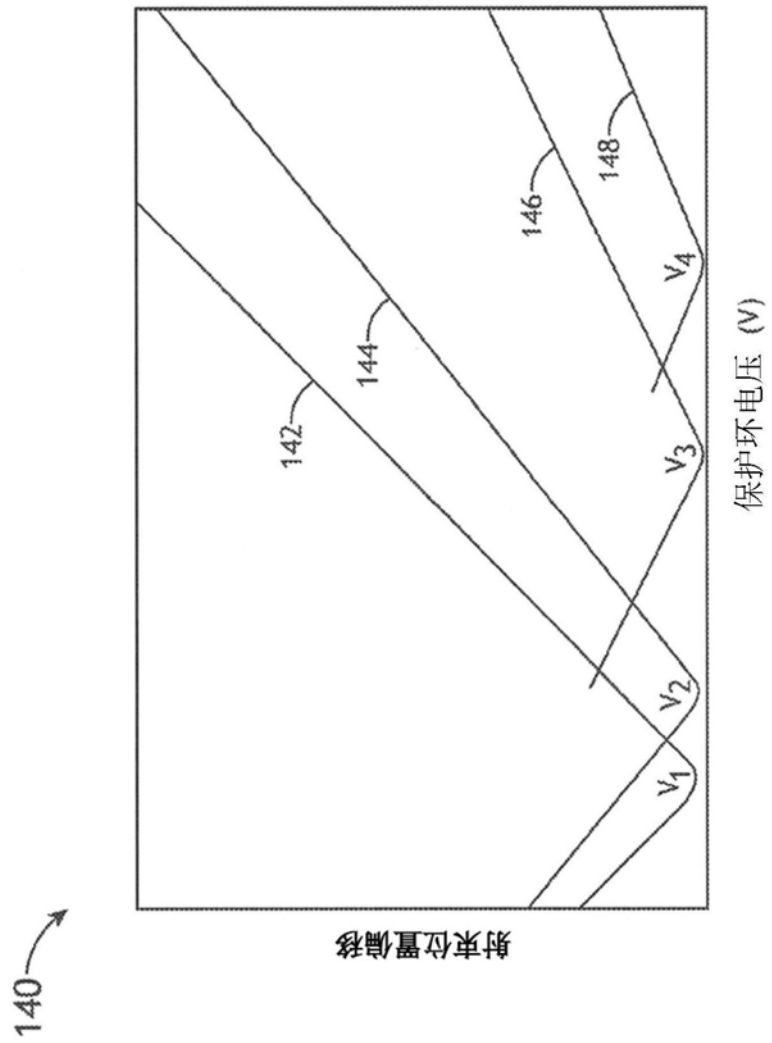


图1K

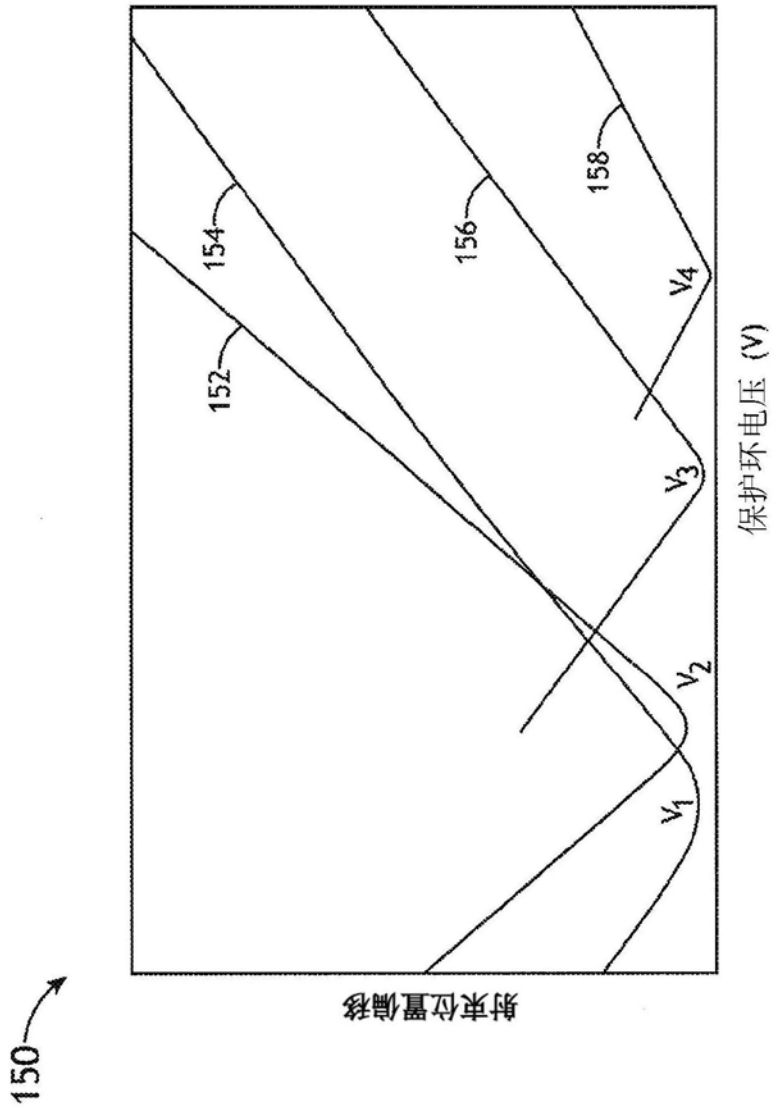


图1L

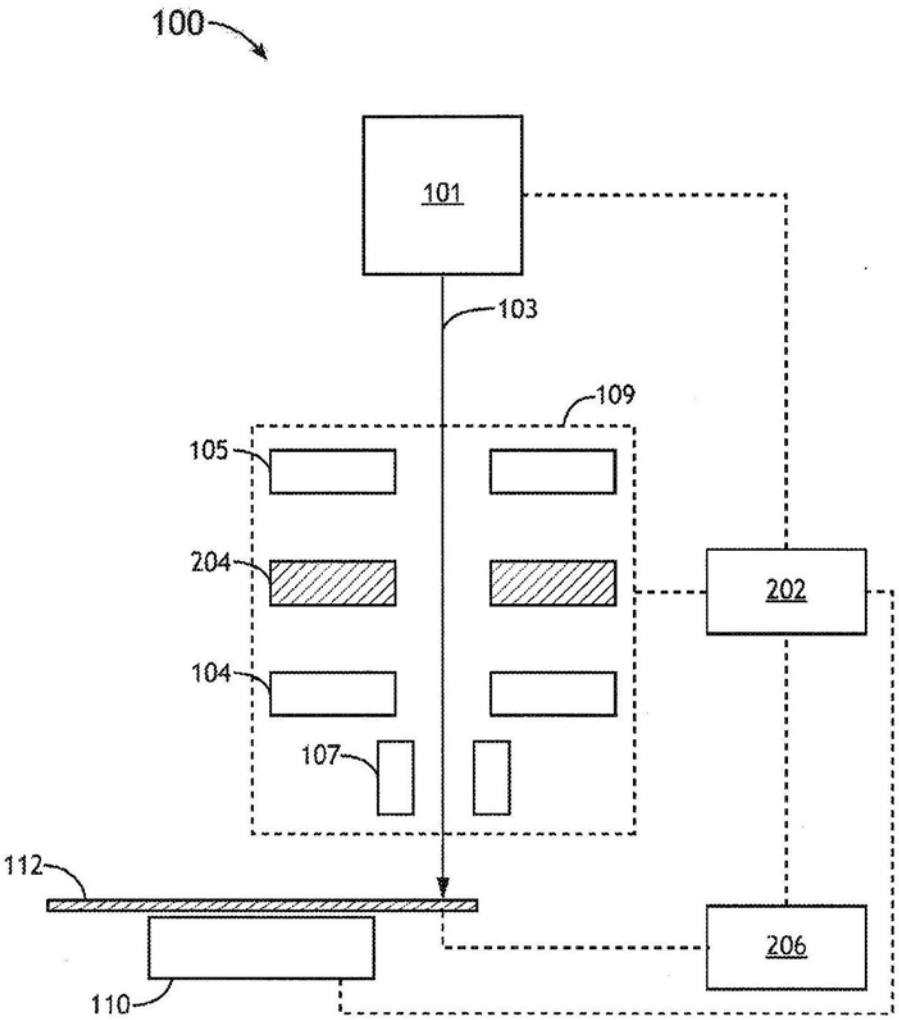


图2A

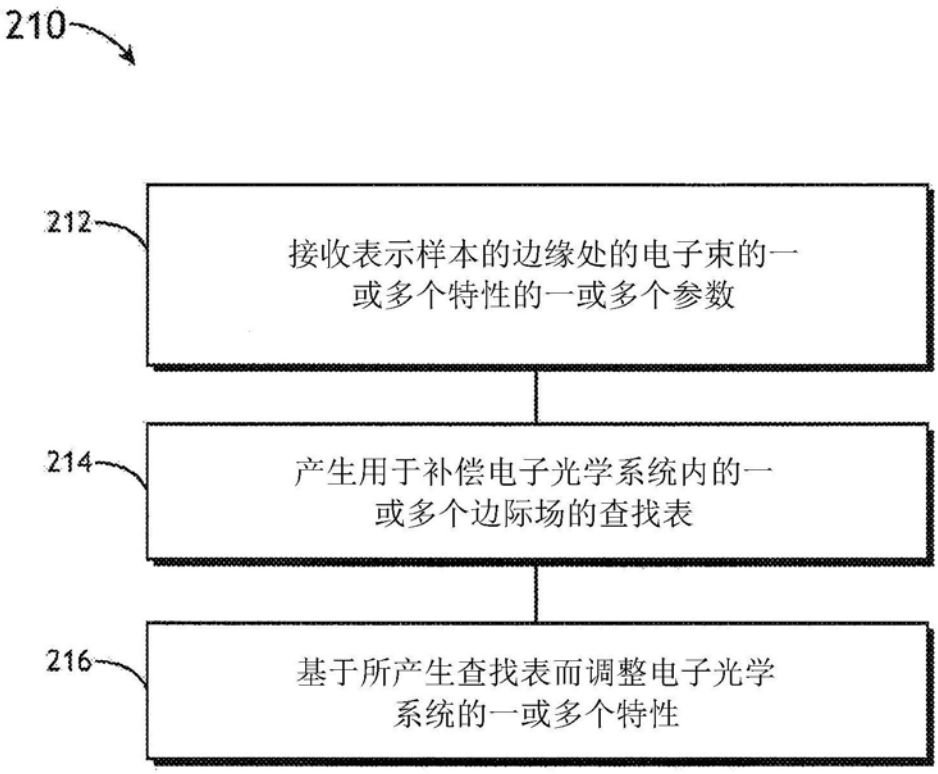

210
212
接收表示样本的边缘处的电子束的一或多个特性的一或多个参数
214
产生用于补偿电子光学系统内的一或多个边际场的查找表
216
基于所产生查找表而调整电子光学系统的一或多个特性

图2B

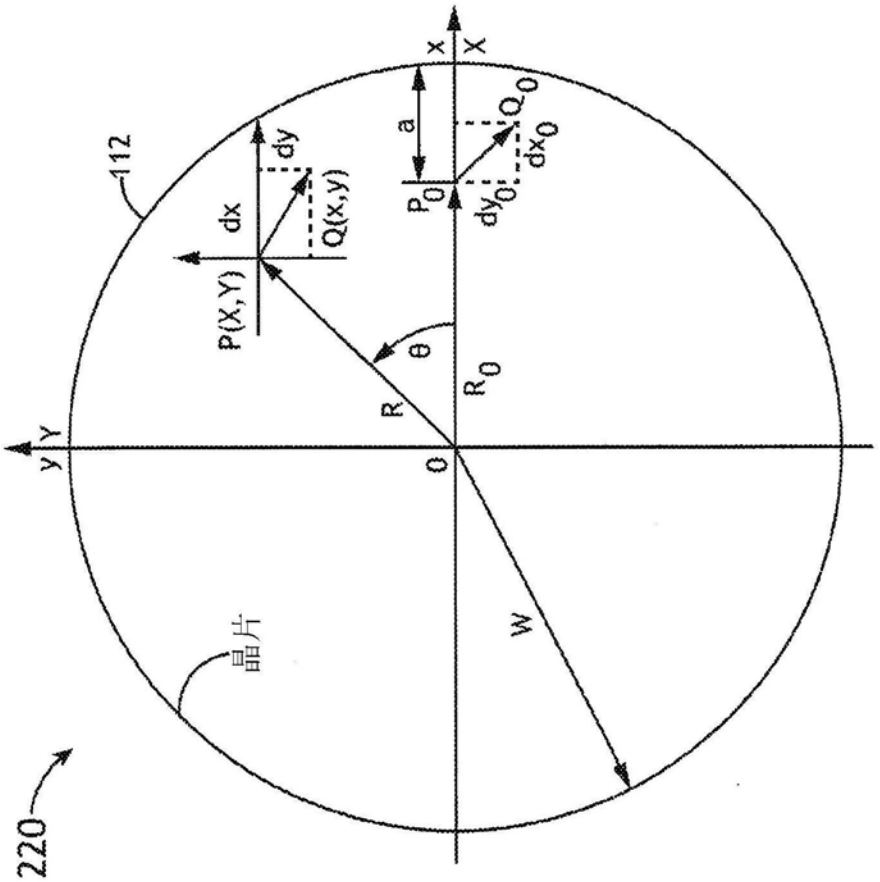


图2C

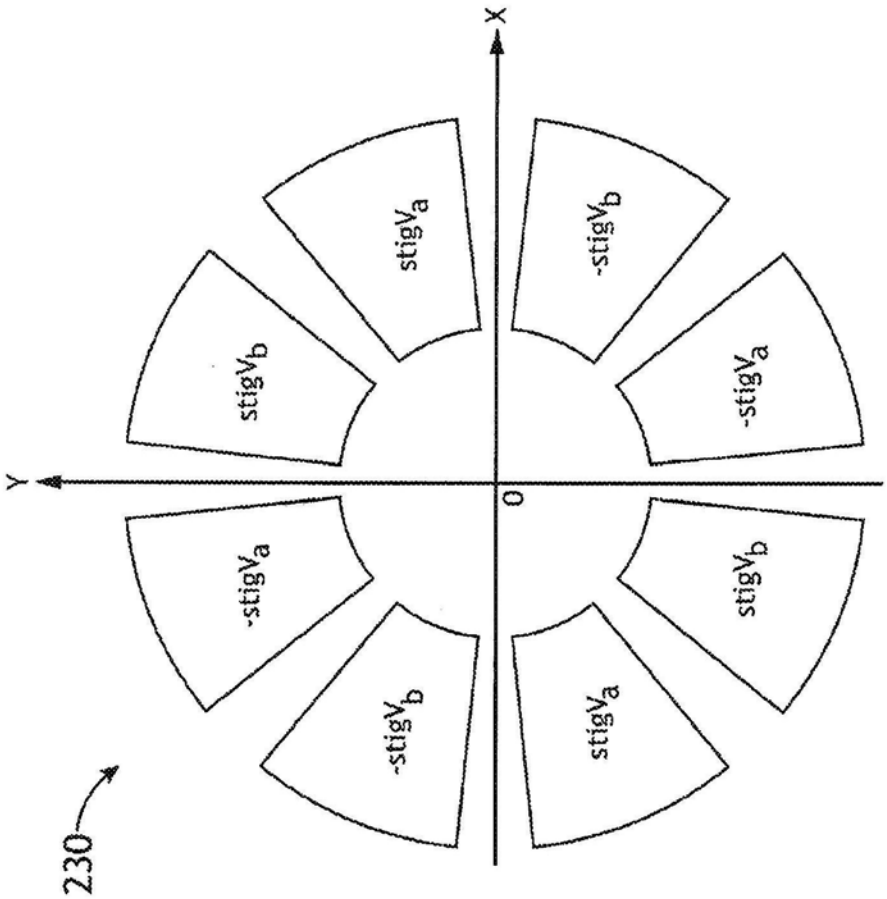

X
Y
0
stigVa
-stigVb
stigVb
-stigVa
-stigVa
stigVb
-stigVb
stigVa
230

图2D

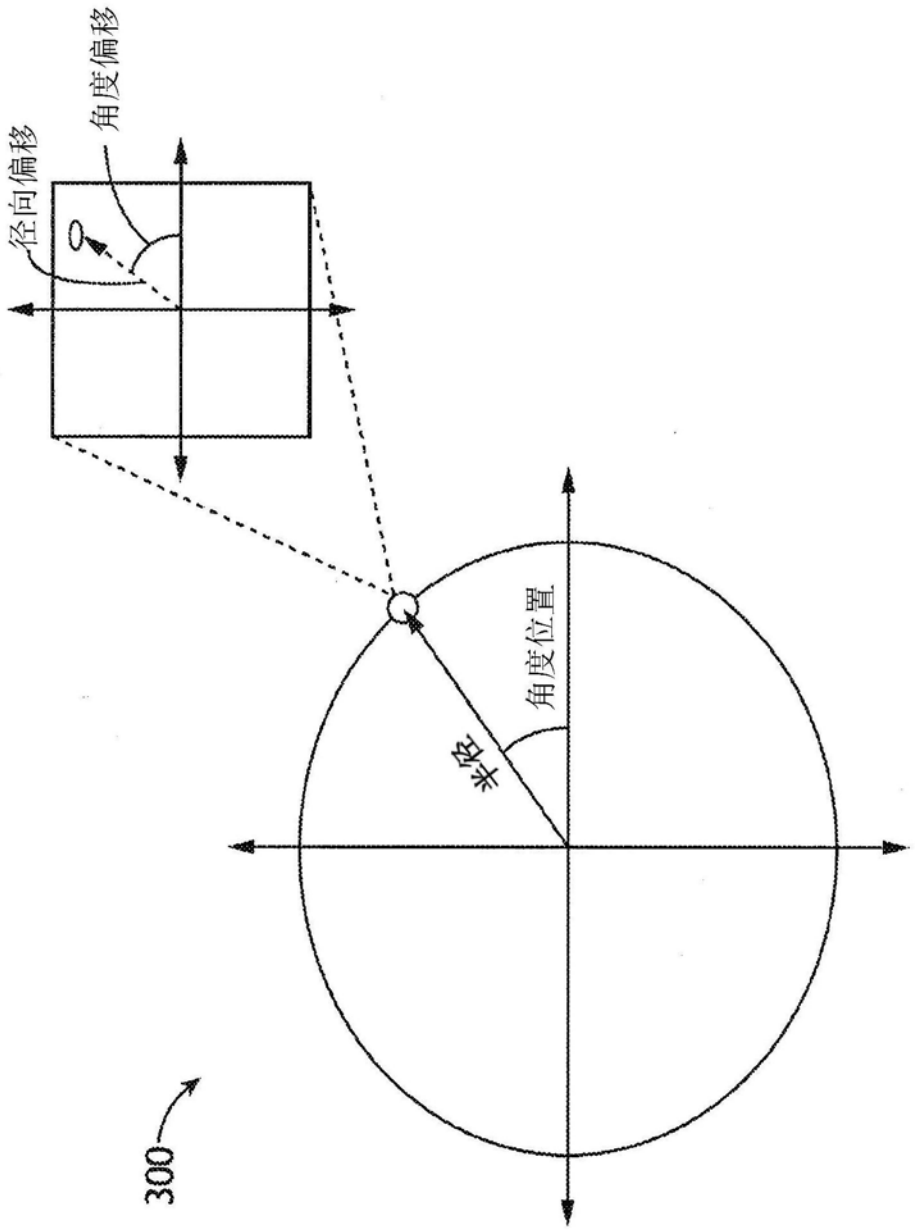


图3

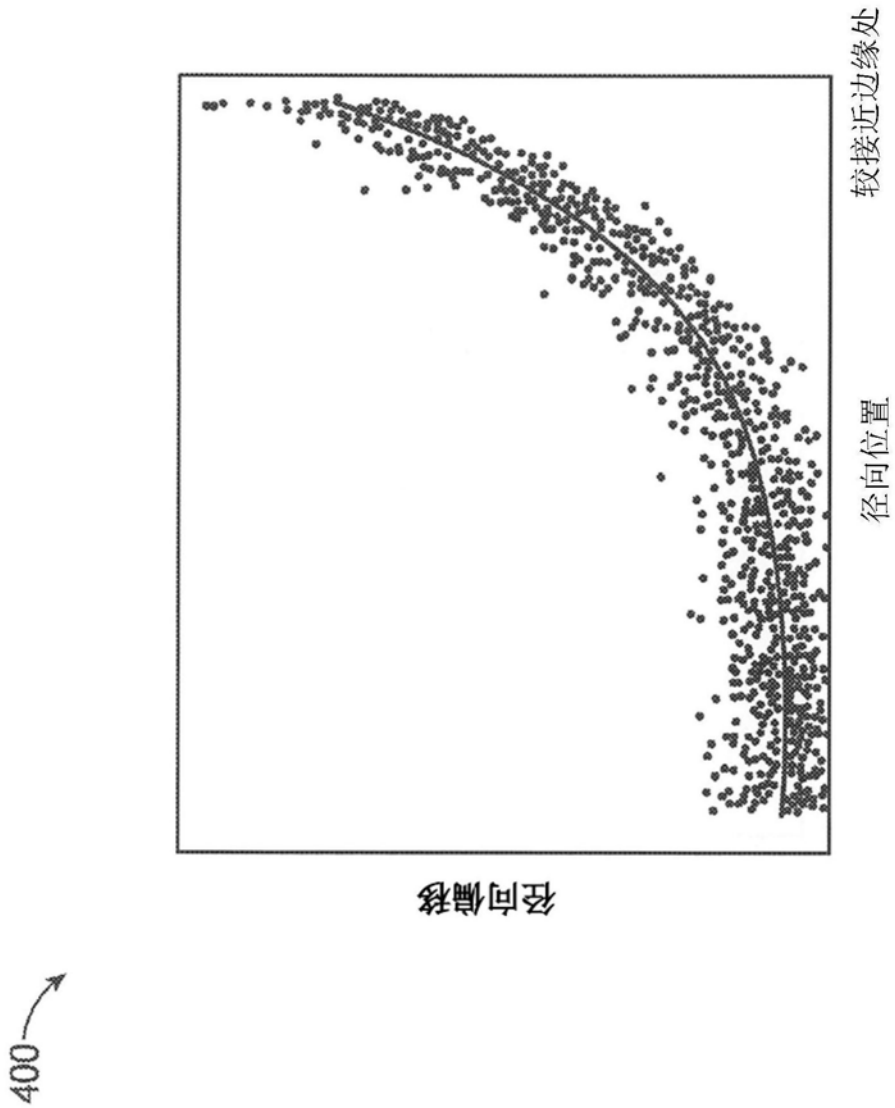


图4A

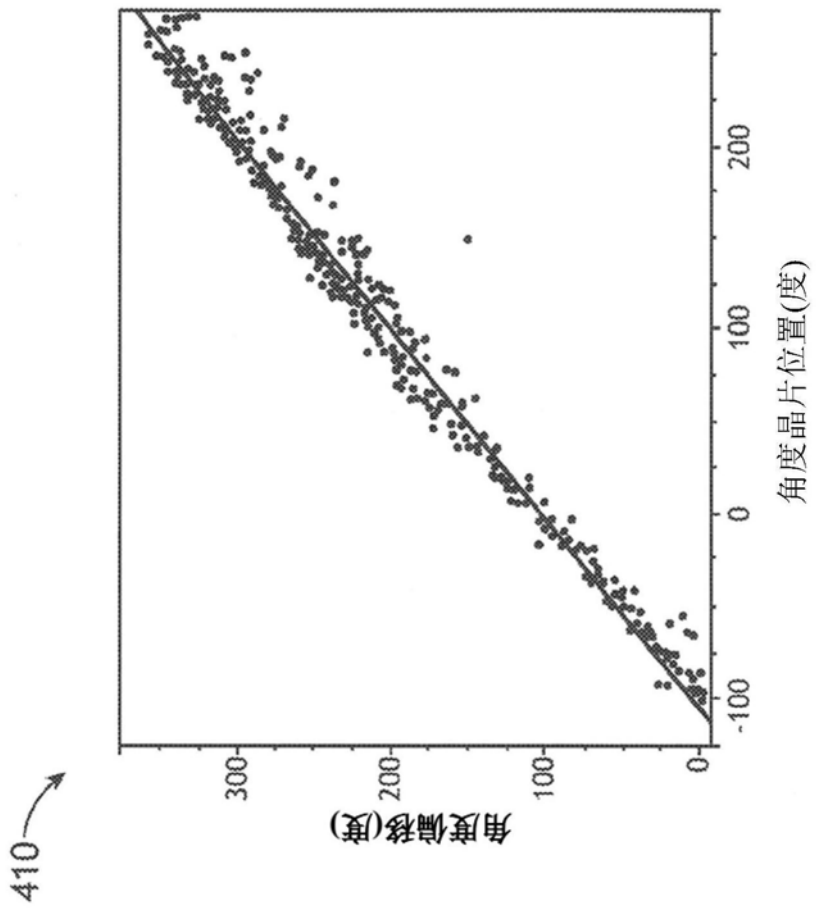


图4B

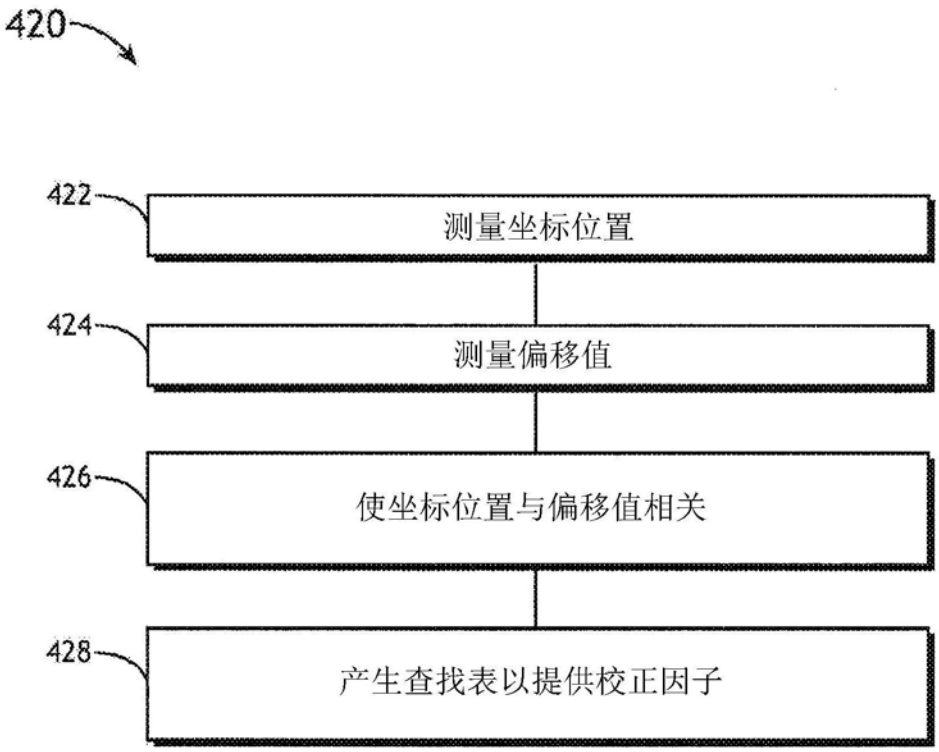


图4C