

## 一种电子束产生装置及电子显微镜

### 相关申请的交叉引用

本申请基于申请号为 202111030691.6、申请日为 2021 年 09 月 03 日的中国专利申请提出，并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的全部内容在此引入本申请作为参考。

### 技术领域

本发明属于显微镜技术领域，具体地说，涉及一种电子束产生装置及电子显微镜。

### 背景技术

相关技术中，电子显微镜是一种常用的显微分析仪器，通常电子束通过电子显微镜的物镜汇聚到待测样品上，产生一个微小束斑，在该微区内电子束作用于待测样品上产生二次电子、背散射电子等信号电子，进而可通过探测器探测信号电子，对待测样品表面的形貌进行观察以及对材料成分进行分析。

场发射电子源作为新型电子源，具有电子束的电流密度大、能量大、稳定性好的特点。但是场发射电子源对真空度有比较严格的要求，需要超高真空度，真空度不好会导致电子源寿命和电子源性能的大幅降低。如何提高场发射电子源工作的真空腔室的真空度是亟待解决的技术问题。

有鉴于此特提出本发明。

### 发明内容

本发明实施例要解决的技术问题在于克服相关技术的不足，提供一种

电子束产生装置及电子显微镜，减少了电子撞击真空腔室内壁产生气体，提高了电子束产生装置工作的真空腔室的真空度。而且，电子束产生装置的寿命和性能得到了保障。

为解决上述技术问题，本发明实施例采用技术方案的基本构思是：

5 一种电子束产生装置，包括：

阴极，配置为发射电子；

引出电极，设置有引出孔，多个所述电子穿过所述引出孔形成电子束；

第一光阑筒，所述第一光阑筒的上端面连接于所述引出电极的下表面，所述第一光阑筒的底部开设有与所述引出孔对应的第一光阑孔。

10 在一些可选的实施方式中，所述第一光阑孔的孔径不大于所述引出孔的孔径。

在一些可选的实施方式中，还包括：

屏蔽管，设置在所述引出电极的上表面，所述引出孔的孔心在所述屏蔽管的轴心线上。

15 在一些可选的实施方式中，还包括：

加速电极，设置于所述第一光阑筒下方，所述加速电极设置有与所述第一光阑孔对应的加速孔。

其中，所述加速孔的孔径不小于所述第一光阑孔的孔径。

在一些可选的实施方式中，还包括：

20 第二光阑筒，所述第二光阑筒的上端面连接于所述加速电极的下表面，所述第二光阑筒的底部开设有与所述加速孔对应的第二光阑孔。

其中，所述第二光阑孔的孔径不大于所述加速孔的孔径。

在一些可选的实施方式中，还包括：

25 抑制电极，设置在所述阴极和所述引出电极之间，所述抑制电极设置有与所述引出孔对应的抑制孔。

其中，所述抑制孔下端口设置在所述屏蔽管内。

除了上述电子束装置外，本发明实施例还提供一种电子显微镜，该电子显微镜具有上述任一种所述电子束产生装置。

采用上述技术方案后，本发明实施例与相关技术相比具有以下有益效果：本发明实施例提供的一种电子束产生装置，在引出电极的下表面设置第一光阑筒，电子束穿过引出孔，部分电子没有继续穿过第一光阑孔，在第一光阑筒内撞击，减少了电子撞击真空腔室内壁产生气体，提高了电子束产生装置工作的真空腔室的真空度。电子束产生装置的寿命和性能得到了保障。

下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细的描述。

#### 附图说明

附图作为本发明的一部分，用来提供对本发明的进一步的理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，但不构成对本发明的不当限定。显然，下面描述中的附图仅仅是一些实施例，对于本领域普通技术人员来说，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他附图。在附图中：

图 1 是本发明实施例提供的一种电子束产生装置的一种实施方式结构示意图；

图 2 是本发明实施例提供的一种电子束产生装置的另一种实施方式结构示意图；

图 3 是本发明实施例提供的一种电子束产生装置的又一种实施方式结构示意图。

图中：1、阴极；2、抑制电极；3、屏蔽管；4、引出电极；5、第一光阑筒；6、电子束；7、加速电极；8、第二光阑筒；9、抑制孔；10、引出孔；11、第一光阑孔；12、加速孔；13、第二光阑孔；14、第二腔室；15、

第一腔室。

需要说明的是，这些附图和文字描述并不旨在以任何方式限制本发明的构思范围，而是通过参考特定实施例为本领域技术人员说明本发明的概念。

## 5 具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，以下实施例用于说明本发明，但不用来限制本发明的范围。

在本发明的描述中，需要说明的是，术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

如图 1 至图 3 所示，本发明实施例提供一种电子束产生装置，该电子束产生装置包括：阴极 1、引出电极 4、第一光阑筒 5。

阴极 1 配置为发射电子，引出电极 4 设置有引出孔 10，多个电子穿过引出孔 10 形成电子束 6。

第一光阑筒 5 的上端面连接于引出电极 4 的下表面，第一光阑筒 5 的底部开设有与引出孔 10 对应的第一光阑孔 11。

具体的，电子束产生装置设置于真空腔室中，阴极 1 通电受热后会发

射大量电子，引出电极 4 设置在阴极 1 下方，引出电极 4 设置有引出孔 10，多个电子穿过引出孔 10 形成电子束 6，第一光阑筒 5 为筒状，底部开设有第一光阑孔 11，第一光阑孔 11 与引出孔 10 对应。第一光阑筒 5 的上端面连接于引出电极 4 的下表面，第一光阑筒 5 与引出电极 4 的下表面形成了  
5 第一腔室 15。

第一光阑筒 5 的底面、内侧壁以及引出电极 4 的部分下表面形成第一腔室 15 的内壁。电子束 6 穿过引出孔 10，部分电子没有继续穿过第一光阑孔 11，而是落在了第一光阑筒 5 的底面上，撞击第一光阑筒 5 的底面上，反弹再撞击第一光阑筒 5 的内侧壁。如此没有继续穿过第一光阑孔 11 的电  
10 子在第一腔室 15 内反复撞击第一腔室 15 的内壁，直到能量逐渐衰减。

电子在撞击金属或者合金等会诱导放气，产生气体。即电子撞击真空腔室内壁和第一腔室 15 内壁均会产生气体，产生的气体会影响真空腔室的真空度。在加工制造时均要做除气处理。由于第一腔室 15 内壁面积相对真空腔室内壁面积小，整体尺寸小，在实际加工生产中除气处理工艺效果要  
15 相对好一些。

没有继续穿过第一光阑孔 11 的电子被阻挡在第一腔室 15 内，有效的防止了没有继续穿过第一光阑孔 11 的电子在真空腔室内无序溅射，有效的减少了电子撞击真空腔室内壁，减少了电子撞击真空腔室内壁产生气体。

由于第一腔室 15 的空间较小，电子可撞击第一腔室 15 的内壁的面积  
20 较少，电子长期撞击面积较小的第一腔室 15 的内壁，第一腔室 15 的内壁产生的气体会越来越少。所以电子撞击第一腔室 15 的内壁产生的气体较少，提高了电子束产生装置工作的真空腔室的真空度。电子束产生装置的寿命和性能得到了保障。

如图 1 至图 3 所示，在一些可选的实施方式中，第一光阑孔 11 的孔径  
25 不大于引出孔 10 的孔径。

第一光阑孔 11 的孔径大小可以改变电子束 6 截面面积的大小。多个电子穿过引出孔 10 形成电子束 6, 电子束 6 的截面面积的大小与引出孔 10 的孔径相关, 电子束 6 继续穿过第一光阑孔 11, 电子束 6 由引出孔 10 向第一光阑孔 11 运动过程中, 由于各个电子之间的库仑力作用, 电子束 6 的截面面积逐渐增大。设置第一光阑孔 11 的孔径不大于引出孔 10 的孔径。第一光阑孔 11 可以对电子束 6 进行圆度修正, 还可以改变电子束 6 截面面积的大小。通过设置第一光阑孔 11 的孔径大小, 得到想要的截面尺寸的电子束 6。

如图 2 和图 3 所示, 在一些可选的实施方式中, 本发明实施例提供一种电子束产生装置, 该电子束产生装置还包括屏蔽管 3, 设置在引出电极 4 的上表面, 引出孔 10 的孔心在屏蔽管 3 的轴心线上。

电子束产生装置设置于真空腔室中, 阴极 1 通电受热后会发射大量电子, 引出电极 4 设置在阴极 1 下方, 引出电极 4 设置有引出孔 10, 多个电子穿过引出孔 10 形成电子束 6, 部分阴极 1 产生的电子没有穿过引出孔 10, 落在了引出电极 4 的上表面上, 撞击在引出电极 4 的上表面上, 反弹再撞击真空腔室内壁上, 电子在真空腔室内无序溅射, 直到能量逐渐衰减。由于真空腔室的内壁面积比较大, 电子撞击真空腔室内壁产生气体, 会影响真空腔室的真空度。

本实施方案中, 在引出电极 4 的上表面设置屏蔽管 3, 引出孔 10 的孔心在屏蔽管 3 的轴心线上。部分阴极 1 产生的电子没有穿过引出孔 10, 落在了引出电极 4 的上表面上, 撞击在引出电极 4 的上表面上, 反弹再撞击屏蔽管 3 内壁上, 大部分电子在屏蔽管 3 内无序溅射, 直到能量逐渐衰减。与第一腔室 15 同样的原理, 由于屏蔽管 3 的管内空间较小, 电子可撞击屏蔽管 3 的内壁的面积较少, 所以电子撞击屏蔽管 3 的内壁产生的气体较少, 提高了电子束产生装置工作的真空腔室的真空度。电子束产生装置的寿命

和性能得到了保障。

如图 3 所示, 在一些可选的实施方式中, 本发明实施例提供一种电子束产生装置, 该电子束产生装置还包括加速电极 7, 设置于第一光阑筒 5 下方, 加速电极 7 设置有与第一光阑孔 11 对应的加速孔 12。

5 加速电极 7 形成一加速电场, 配置为增加电子束 6 的运动速度。加速电极 7 设置在第一光阑孔 11 的下方, 加速电极 7 设置有与第一光阑孔 11 对应的加速孔 12。穿过第一光阑孔 11 的电子束 6, 经过加速电场的作用, 电子束 6 运动速度增加后穿过加速孔 12。

上述方案中, 加速孔 12 的孔径不小于第一光阑孔 11 的孔径。

10 为了防止安装过程中, 加速孔 12 与第一光阑孔 11 对中有误差, 加速孔 12 的孔径不小于第一光阑孔 11 的孔径, 可以即实现对电子束 6 的加速, 又不会因为加速孔 12 与第一光阑孔 11 对中有误差, 导致部分电子束 6 被加速电极 7 阻挡, 实现了电子束 6 均通过加速孔 12。

如图 3 所示, 在一些可选的实施方式中, 本发明实施例提供一种电子束产生装置, 该电子束产生装置还包括第二光阑筒 8, 第二光阑筒 8 的上端面连接于加速电极 7 的下表面, 第二光阑筒 8 的底部开设有与加速孔 12 对应的第二光阑孔 13。

第二光阑筒 8 的上端面连接于加速电极 7 的下表面, 第二光阑筒 8 与加速电极 7 的下表面形成了第二腔室 14, 第二光阑筒 8 的底面、内侧壁以及加速电极 7 的部分下表面形成第二腔室 14 的内壁。电子束 6 穿过加速孔 12, 部分电子没有继续穿过第二光阑孔 13, 而是落在了第二光阑筒 8 的底面上, 撞击第二光阑筒 8 的底面上, 反弹再撞击第二光阑筒 8 的内侧壁。如此没有继续穿过第二光阑孔 13 的电子在第二腔室 14 内反复撞击第二腔室 14 的内壁, 直到能量逐渐衰减。

25 与第一腔室 15 同样的原理, 没有继续穿过第二光阑孔 13 的电子被阻

挡在第二腔室 14 内，有效的防止了没有继续穿过第二光阑孔 13 的电子在真空腔室内无序溅射，有效的减少了电子撞击真空腔室内壁，减少了电子撞击真空腔室内壁产生气体。

由于第二腔室 14 的空间较小，电子可撞击第二腔室 14 的内壁的面积较少，所以电子撞击第二腔室 14 的内壁产生的气体较少，提高了电子束产生装置工作的真空腔室的真空度。电子束产生装置的寿命和性能得到了保障。

如图 3 所示，在一些可选的实施方式中，第二光阑孔 13 的孔径不大于加速孔 12 的孔径。

第二光阑孔 13 的孔径大小可以改变电子束 6 截面面积的大小。电子束 6 由加速孔 12 向第二光阑孔 13 运动过程中，由于各个电子之间的库仑力作用，电子束 6 的截面面积逐渐增大。设置第二光阑孔 13 的孔径不大于加速孔 12 的孔径。第二光阑孔 13 可以对电子束 6 进行圆度修正，还可以改变电子束 6 截面面积的大小。通过设置第二光阑孔 13 的孔径大小，得到想要的截面尺寸的电子束 6。

如图 2 和图 3 所示，在一些可选的实施方式中，本发明实施例提供一种电子束产生装置，该电子束产生装置还包括抑制电极 2，设置在阴极 1 和引出电极 4 之间，抑制电极 2 设置有与引出孔 10 对应的抑制孔 9。

抑制电极 2 配置为限制阴极 1 发射电子的方向，抑制孔 9 与引出孔 10 对应，抑制电极 2 可以抑制阴极 1 向抑制孔 9 方向上发射大量电子。

上述方案中，抑制孔 9 下端口设置在屏蔽管 3 内。

抑制孔 9 下端口设置在屏蔽管 3 内。电子依次穿过抑制孔 9，再穿过引出孔 10 形成电子束 6，穿过抑制孔 9，但是没有穿过引出孔 10 的电子大多在屏蔽管 3 内。电子在屏蔽管 3 内无序溅射，直到能量逐渐衰减。与第一腔室 15 同样的原理，由于屏蔽管 3 的管内空间较小，电子可撞击屏蔽管 3

的内壁的面积较少，所以电子撞击屏蔽管 3 的内壁产生的气体较少，提高了电子束产生装置工作的真空腔室的真空度。电子束产生装置的寿命和性能得到了保障。

本发明实施例除了上述的电子束产生装置外，还提供了一种电子显微镜，该电子显微镜包括上述任意一个实施例所提供的电子束产生装置。电子束产生装置产生的电子束 6 通过电子显微镜的物镜汇聚到待测样品上，产生一个微小束斑，在该微区内电子束 6 作用于待测样品上产生二次电子、背散射电子等信号电子，进而可通过探测器探测信号电子，对待测样品表面的形貌进行观察以及对材料成分进行分析。

如图 1 至图 3 所示，下面以一个具体实施例进行解释说明，电子束产生装置设置于真空腔室中，对阴极 1 施加电压值  $V_0$ ，本实施例以  $V_0$  电压值为  $-30\text{kV}$  为例进行说明，阴极 1 通电受热后会发射大量电子，引出电极 4 设置在阴极 1 下方，对引出电极 4 施加电压值  $V_1$ ，本实施例以  $V_1$  电压值为  $-25\text{kV}$  为例进行说明，引出电极 4 设置有引出孔 10，引出孔 10 的孔径以  $0.4\text{mm}$  为例进行说明。多个电子穿过引出孔 10 形成电子束 6。

第一光阑筒 5 的上端面连接于引出电极 4 的下表面，第一光阑筒 5 电压值  $V_2$  与电压值  $V_1$  相同，第一光阑筒 5 为筒状，第一光阑筒 5 与引出电极 4 的下表面形成了第一腔室 15，底部开设有第一光阑孔 11，第一光阑孔 11 与引出孔 10 对应。第一光阑孔 11 的孔径以  $0.12\text{mm}$  为例进行说明。

第一光阑孔 11 的孔径小于引出孔 10 的孔径。第一光阑孔 11 可以对电子束 6 进行圆度修正，还可以改变电子束 6 截面面积的大小。通过设置第一光阑孔 11 的孔径大小，得到想要的截面尺寸的电子束 6。

由于电子束 6 由引出孔 10 向第一光阑孔 11 运动过程中，由于各个电子之间的库仑力作用，电子束 6 的截面面积逐渐增大，并且第一光阑孔 11 的孔径小于引出孔 10 的孔径。电子束 6 穿过引出孔 10，部分电子没有继续

穿过第一光阑孔 11，这部分电子被阻挡在第一腔室 15 内无序溅射，直到能量逐渐衰减。相对于真空腔室，第一腔室 15 的空间较小，电子可撞击第一腔室 15 的内壁的面积较少，所以电子撞击第一腔室 15 的内壁产生的气体较少，提高了电子束产生装置工作的真空腔室的真空度。电子束产生装置  
5 的寿命和性能得到了保障。

可选的，在阴极 1 的下方设置有抑制电极 2，对抑制电极 2 施加电压值 V3，本实施例以 V3 电压值为 -30.5kV 为例进行说明，抑制电极 2 可以抑制阴极 1 向抑制孔 9 方向上发射大量电子。抑制孔 9 的孔径以 0.4mm 为例进行说明。

10 可选的，引出电极 4 的上表面设置屏蔽管 3，引出孔 10 的孔心在屏蔽管 3 的轴心线上。部分阴极 1 产生的电子没有穿过引出孔 10，这部分电子在屏蔽管 3 内无序溅射，直到能量逐渐衰减。由于屏蔽管 3 的管内空间较小，电子可撞击屏蔽管 3 的内壁的面积较少，所以电子撞击屏蔽管 3 的内壁产生的气体较少，提高了电子束产生装置工作的真空腔室的真空度。电  
15 子束产生装置的寿命和性能得到了保障。

可选的，在第一光阑筒 5 下方设置有加速电极 7，对加速电极 7 施加电压值 V4，本实施例以 V4 电压值为 0V 为例进行说明，加速电极 7 设置有与第一光阑孔 11 对应的加速孔 12。加速孔 12 的孔径以 4mm 为例进行说明。加速电极 7 形成一加速电场，配置为增加电子束 6 的运动速度。穿过第一  
20 光阑孔 11 的电子束 6，经过加速电场的作用，电子束 6 运动速度增加后穿过加速孔 12。

可选的，第二光阑筒 8 的上端面连接于加速电极 7 的下表面，第二光阑筒 8 电压值 V5 与电压值 V4 相同，第二光阑筒 8 为筒状，第二光阑筒 8 与加速电极 7 的下表面形成了第二腔室 14，底部开设有第二光阑孔 13，第  
25 二光阑孔 13 与加速孔 12 对应。第二光阑孔 13 的孔径以 0.5mm 为例进行说

明。

第二光阑孔 13 的孔径小于加速孔 12 的孔径。第二光阑孔 13 可以对电子束 6 进行圆度修正，还可以改变电子束 6 截面面积的大小。通过设置第二光阑孔 13 的孔径大小，得到想要的截面尺寸的电子束 6。

5       由于电子束 6 由加速孔 12 向第二光阑孔 13 运动过程中，由于各个电子之间的库仑力作用，电子束 6 的截面面积逐渐增大，并且第二光阑孔 13 的孔径小于加速孔 12 的孔径。电子束 6 穿过加速孔 12，部分电子没有继续穿过第二光阑孔 13，这部分电子被阻挡在第二腔室 14 内无序溅射，直到能量逐渐衰减。相对于真空腔室，第二腔室 14 的空间较小，电子可撞击第二  
10 腔室 14 的内壁的面积较少，所以电子撞击第二腔室 14 的内壁产生的气体较少，提高了电子束产生装置工作的真空腔室的真空度。电子束产生装置的寿命和性能得到了保障。

需要说明的是，阴极 1 施电压值  $V_0$ 、引出电极 4 电压值  $V_1$ ，第一光阑筒 5 电压值  $V_2$ 、抑制电极 2 电压值  $V_3$ 、加速电极 7 电压值  $V_4$ 、第二光  
15 阑筒 8 电压值  $V_5$  等电压值不局限于上述实施例的具体数值，本领域技术人员可以根据实际情况需要自行设定具体的电压值。

引出孔 10 的孔径、第一光阑孔 11 的孔径，抑制孔 9 的孔径、加速孔 12 的孔径、第二光阑孔 13 的孔径不局限于上述实施例的具体数值，本领域技术人员可以根据实际情况需要自行设定具体的电压值。

20       以上所述仅是本发明的较佳实施例而已，并非对本发明作任何形式上的限制，虽然本发明已以较佳实施例揭露如上，然而并非用以限定本发明，任何熟悉本专利的技术人员在不脱离本发明技术方案范围内，当可利用上述提示的技术内容作出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例，但凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所作  
25 的任何简单修改、等同变化与修饰，均仍属于本发明方案的范围内。

## 权利要求书

- 1、一种电子束产生装置，包括：  
阴极，配置为发射电子；  
引出电极，设置有引出孔，多个所述电子穿过所述引出孔形成电子束；  
5 第一光阑筒，所述第一光阑筒的上端面连接于所述引出电极的下表面，  
所述第一光阑筒的底部开设有与所述引出孔对应的第一光阑孔。
- 2、根据权利要求1所述的电子束产生装置，其中：所述第一光阑孔的  
孔径不大于所述引出孔的孔径。
- 3、根据权利要求1所述的电子束产生装置，其中：该装置还包括：  
10 屏蔽管，设置在所述引出电极的上表面，所述引出孔的孔心在所述屏  
蔽管的轴心线上。
- 4、根据权利要求1所述的电子束产生装置，其中：该装置还包括：  
加速电极，设置于所述第一光阑筒下方，所述加速电极设置有与所述  
第一光阑孔对应的加速孔。
- 15 5、根据权利要求4所述的电子束产生装置，其中：所述加速孔的孔径  
不小于所述第一光阑孔的孔径。
- 6、根据权利要求4所述的电子束产生装置，其中：该装置还包括：  
第二光阑筒，所述第二光阑筒的上端面连接于所述加速电极的下表面，  
所述第二光阑筒的底部开设有与所述加速孔对应的第二光阑孔。
- 20 7、根据权利要求6所述的电子束产生装置，其中：所述第二光阑孔的  
孔径不大于所述加速孔的孔径。
- 8、根据权利要求3所述的电子束产生装置，其中：该装置还包括：  
抑制电极，设置在所述阴极和所述引出电极之间，所述抑制电极设置  
有与所述引出孔对应的抑制孔。
- 25 9、根据权利要求8所述的电子束产生装置，其中：所述抑制孔的下端

口设置在所述屏蔽管内。

10、一种电子显微镜，具有如权利要求 1-9 任一项所述的电子束产生装置。