



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110797243 B

(45) 授权公告日 2020.10.09

(21) 申请号 201911072229.5

(22) 申请日 2019.11.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110797243 A

(43) 申请公布日 2020.02.14

(73) 专利权人 电子科技大学
地址 611731 四川省成都市高新区(西区)
西源大道2006号

(72) 发明人 高鸾凤 胡权 胡玉禄 朱小芳
杨中海 李斌

(74) 专利代理机构 成都虹盛汇泉专利代理有限公司 51268
代理人 王伟

(51) Int. Cl.
H01J 23/06 (2006.01)
H01J 23/24 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 102737927 A, 2012.10.17
- CN 107968031 A, 2018.04.27
- CN 104362060 A, 2015.02.18
- SU 791094 A1, 1994.07.15
- US 5932972 A, 1999.08.03
- US 6147447 A, 2000.11.14
- CN 104134598 A, 2014.11.05
- US 9819320 B1, 2017.11.14
- CN 109285742 A, 2019.01.29
- EP 0350358 A1, 1990.01.10
- CN 105938972 A, 2016.09.14
- JP H04315735 A, 1992.11.06
- CN 109559955 A, 2019.04.02
- CN 107591604 A, 2018.01.16
- CN 103516327 A, 2014.01.15
- US 4912366 A, 1990.03.27
- EP 0248689 A1, 1987.12.09

审查员 陈茂兴

权利要求书1页 说明书4页 附图4页

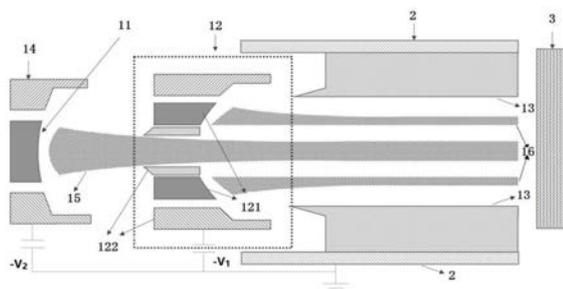
(54) 发明名称

一种嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统

(57) 摘要

本发明公开一种嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统,应用于真空电子技术领域,针对现有多注太赫兹电子枪不能产生异步电子注的问题,本发明的电子枪依次包括:圆形电子注阴极发射面、过渡结构以及阳极,所述过渡结构至少包括:环形电子注阴极发射面;圆形电子注阴极发射面发射的圆形电子注,先经发射圆形电子注的阴极与过渡结构之间的电压差进行第一次加速,然后经过渡结构与阳极之间的电压差进行第二次加速;由环形电子注的阴极表面发射的环形电子注经过渡结构与阳极之间的电压差进行加速后,与经两次加速后的圆形电子注进入高频系统与电磁波进行注波相互作用后被收集极收集,本发明实现了高质量的圆形电子注和环形

电子注的嵌套同轴发射。



CN 110797243 B

1. 一种嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统,其特征在于,包括:电子枪,磁聚焦系统以及收集极结构,所述电子枪依次包括:圆形电子注阴极发射面、过渡结构以及阳极,所述过渡结构至少包括:环形电子注阴极发射面;圆形电子注阴极发射面发射的圆形电子注,先经阴极与过渡结构之间的电压差进行第一次加速,然后经过渡结构与阳极之间的电压差进行第二次加速;由环形电子注阴极发射面发射的环形电子注经过渡结构与阳极之间的电压差进行加速后,经两次加速后的圆形电子注进入高频系统与电磁波进行注波相互作用后被收集极收集;所述的圆形和环形电子注在电子注通道的横截面上呈嵌套且同轴分布,使得两个电子注在一个电子注通道中传输;

所述阳极电势为0,过渡结构电势为 $-V_1$,圆形电子注阴极发射面电势为 $-V_2$,且 $V_2 > V_1$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统,其特征在于,还包括:第一聚焦极、第二聚焦极,所述第一聚焦极设于圆形电子注阴极发射面处,第一聚焦极电势为 $-V_2$;所述第二聚焦极为环形电子注阴极发射面位置设置的嵌套式聚焦极。

3. 根据权利要求1或2所述的一种嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统,其特征在于,所述过渡结构与圆形电子注阴极发射面之间还包括保护电极。

一种嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统

技术领域

[0001] 本发明属于真空电子技术领域,特别涉及一种嵌套式同轴发射的异步电子注电子光学系统。

背景技术

[0002] 随着太赫兹技术在超高速通信、超高分辨率雷达、安全检查等民用和军事领域的应用,对W级功率的太赫兹源的需求越来越大。目前太赫兹源的产生方式主要是基于固态器件、光学器件以及真空电子器件。其中,真空电子器件的太赫兹源因其高功率、高效率、稳定性强等优点是目前最具潜力的太赫兹源。然而,在太赫兹波段,相互作用电路也面临着这尺寸减小的问题,对当前的加工工艺也具有较大的挑战,尤其是随着频段的升高,小几何尺寸的相互作用电路造成电子注传输的困难,对大电流密度的产生和聚焦有一定的挑战。

[0003] 为了降低加工难度并产生大功率太赫兹源,能够产生大电流、并在小尺寸的太赫兹器件中传输的大电流密度的阴极,新型太赫兹慢波结构,以及基于皮尔斯注波互作用的理论创新是当前真空太赫兹源的研究重点。其中专利“一种双电子注太赫兹折叠式行-返波放大器”就是对注波互作用的理论创新,提供了一种新型的注波相互作用理论,双电子注太赫兹折叠式行-返波放大理论中两个异步的电子注分别与前向波和反向波进行注波相互作用。构建反馈式注波相互作用回路,与传统的注波相互作用相比提高了输出功率、增益、电子效率,从而获得大功率太赫兹源。同时,通过反馈回路的建立,能够缩短相互作用长度,大大的降低相互作用长度带来的电子注通道一致性的问题,降低了对当前加工工艺的挑战。因此产生异步电子注的电子光学系统迫在眉睫。传统的多注太赫兹电子枪由于不能产生异步电子注,同时由于工艺以及材料的限制,电子注之间的距离过大,对太赫兹源的小型化以及多电子注通道的加工装配具有一定的挑战,因此不再满足发展的需求。

发明内容

[0004] 为解决上述技术问题,本发明提出一种嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统,在产生异步电子注的同时,能够实现电子注的同轴发射,缩短电子注轴心之间的距离有利于器件的小型化、集成化等特点。

[0005] 本发明采用的技术方案为:一种嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统,包括:电子枪,磁聚焦系统以及收集极结构,所述电子枪依次包括:圆形电子注阴极发射面、过渡结构以及阳极,所述过渡结构至少包括:环形电子注阴极发射面。

[0006] 进一步地,所述阳极电势为0,过渡结构电势为 $-V_1$,圆形电子注阴极发射面电势为 $-V_2$,且 $V_2 > V_1$ 。

[0007] 进一步地,还包括:第一聚焦极,所述第一聚焦极设于圆形电子注阴极发射面处,第一聚焦极电势为 $-V_2$ 。

[0008] 更进一步地,还包括第二聚焦极,所述第二聚焦极为环形电子注阴极发射面位置设置的嵌套式聚焦极。

- [0009] 进一步地,所述圆形电子注与环形电子注在电子注通道的横截面上呈嵌套且同轴分布。
- [0010] 进一步地,所述过渡结构与圆形电子注阴极发射面之间还包括保护电极。
- [0011] 本发明的有益效果:本发明的嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统,实现了高质量的圆形电子注和环形电子注的嵌套同轴发射,具备以下优点:
- [0012] 1、相较于多电子注电子枪中多个阴极发射面的并行排列或者其他非嵌套排列方式,本发明采用阴极发射面嵌套的方法,缩短电子注轴心之间的距离,减少阴极发射面的横向尺寸,有利于电子枪的小型化、集成化;
- [0013] 2、本发明实现了两个异步电子注的发射;
- [0014] 3、本发明采用嵌套式的阴极发射面的布置,能够降低热丝的安装难度,降低电子枪的加工、装配的难度;
- [0015] 4、本发明嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统,能够嵌套发射两个同轴的电子注,两个电子注可以在一个电子注通道中传输,降低慢波结构中电子注通道的加工难度;
- [0016] 5、本发明能够产生两个不同工作电压的电子注(即异步电子注);
- [0017] 6、本发明通过过渡结构使得圆形电子注的二次加速。

附图说明

- [0018] 图1是本发明嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统示意图;
- [0019] 图2是本发明实施例圆形和环形电子注中在电子注通道的横截面上的分布示意图;
- [0020] 图3是本发明实施例电子枪、磁聚焦系统结构示意图;
- [0021] 图4为图3中过渡结构的放大示意图;
- [0022] 图5是本发明实施例中磁场沿着电子注传输方向上的分布;
- [0023] 图6是本发明实施例中电子注轨迹图以及电势分布图;
- [0024] 图7是本发明实施例中电子注在慢波结构中的横向分布图;
- [0025] 图8是本发明实施例中电子注电流;
- [0026] 附图标记:1为电子枪,2为磁聚焦系统,3为收集极,11为圆形电子注阴极发射面,12为过渡结构,13为阳极,14为第一聚焦极,15为圆形电子注,16为环形电子注,17为电子注通道,18保护电极,121为环形电子注阴极发射面,122为第二聚焦极(本发明实施例中也称嵌套式聚焦极),170为电子注通道壁。

具体实施方式

- [0027] 为便于本领域技术人员理解本发明的技术内容,下面结合附图1-6对本发明内容进一步阐释。
- [0028] 如图1所示嵌套式发射异步电子注的电子光学系统包括:电子枪1,磁聚焦系统2以及收集极结构3;电子枪1依次包括:圆形电子注阴极发射面11、过渡结构12以及阳极13,所述过渡结构12至少包括:环形电子注阴极发射面121;圆形电子注阴极发射面11发射的圆形电子注15,先经阴极11与过渡结构2之间的电压差进行第一次加速,然后经过渡结构2与阳

极13之间的电压差进行第二次加速;由环形电子注阴极发射面121发射的环形电子注16经过渡结构2与阳极13之间的电压差进行加速后,与经两次加速后的圆形电子注15进入高频系统与电磁波进行注波相互作用后被收集极3收集。

[0029] 如图1所示还包括两个聚焦极结构,其中第一聚焦极14仅对圆形电子注15进行聚焦;所述过渡结构2中除了有环形电子注阴极发射面121还包括嵌套式聚焦极122,嵌套式聚焦极122对圆形电子注15和环形电子注16进行聚焦,并实现高质量的电子注发射。

[0030] 如图2所示,所述的圆形和环形电子注中在电子注通道的横截面上呈嵌套且同轴分布,电子注通道17的电子注通道壁记为170。

[0031] 所述的圆形电子注15和环形电子注16经由同一个电子注通道进入高频系统。

[0032] 本实施例中发射圆形电子注的阴极电势为 $-V_2$,过渡结构电势为 $-V_1$,阳极电势为0;

[0033] 过渡结构作为本发明异速电子注电子枪的部件之一,是构成嵌套发射同轴电子注的重要构成部分,具备阳极的高电势功能,通过与发射圆形电子注的阴极的压差(V_2-V_1),对圆形电子注进行第一次加速;同时具备阴极的发射电子注的功能,实现环形电子注的发射,同时又兼具聚焦极的功能,通过嵌套式聚焦极的设计,实现圆形和环形电子注的传输。在结构设计和几何尺寸的优化下实现高质量的圆形电子注和环形电子注的嵌套同轴发射。

[0034] 本发明中磁聚焦系统对电子注的嵌套式同轴稳定传输,具有重要作用。为了防止磁场过大过小对电子注造成影响,在注波相互作用电子注的选取中要注意通过调整电子注电压、电流以及半径,使环形电子注和圆形电子注的布里渊磁场近似相等。从而选取合适的磁场进行电子注的聚束,实现电子注的稳定传输,并与电磁波进行注波相互作用,到达能量转移的目的。

[0035] 本领域技术人员应注意,在实际应用时阴极、过渡结构、阳极之间的距离、电势、发射面的大小、形状,聚焦极的形状等,可根据具体的电子注的形状以及大小来进行调整;如图3所示,本实施例给出一种结构尺寸的嵌套式同轴发射异步电子注的电子光学系统为例进行说明,具体参数如下:

[0036] 本实施例中圆形电子注的电压为16380V,电流为0.013A,电子注半径0.05mm;环形电子注的电压为5500V,电流为0.013A,电子注的内半径为0.09mm,外半径为0.12mm。

[0037] 如图3所示,为本实施例中给出的电子枪结构:

[0038] 为了避免圆形电子注阴极与过渡结构之间压差过大,造成电子注对过渡结构的轰击,本发明还在过渡结构与圆形电子注阴极之间加一个保护电极18电势为 $-12680V$ 。如图4所示为图3中过渡结构12的放大示意图,如图4所示在使用软件仿真时第二聚焦极与发射环形电子注的阴极为一个整体,不再像图1的示意图聚焦极和阴极中有间隙。其中圆形电子注阴极电势 $V_2=16380$,过渡结构的电势 $V_1=5500V$,阳极结构电势为零。

[0039] 磁聚焦系统中磁场采用均匀磁场,并通过线圈绕制从过渡结构的位置开始绕制,经过尺寸优化,在70mm的范围内,实现0.2T的均匀磁场如图5所示;

[0040] 最终发射出稳定传输70mm的高质量同轴异步电子注,其电势分布以及电子轨迹如图6所示,电子注在电子注通道上的分布如图7所示为在 $z=72.43mm$ 处的电子注形态,且电子注电流为0.013A如图8所示,因此该电子光学系统能够实现两个同轴异步的电子注(圆形电压为16380V,电流为0.013A,电子注半径0.05mm;环形电压为5500V,电流为0.013A,电子

注的内半径为0.09mm,外半径为0.12mm)满足设计要求。 z 表示电子注通道位置。

[0041] 本领域的普通技术人员将会意识到,这里所述的实施例是为了帮助读者理解本发明的原理,应被理解为本发明的保护范围并不局限于这样的特别陈述和实施例。对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的权利要求范围之内。

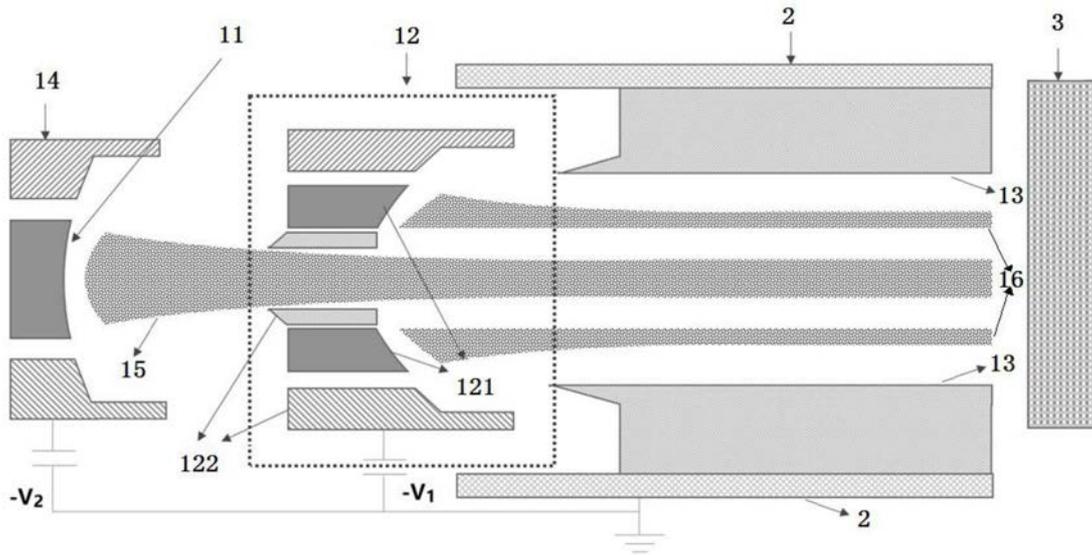


图1

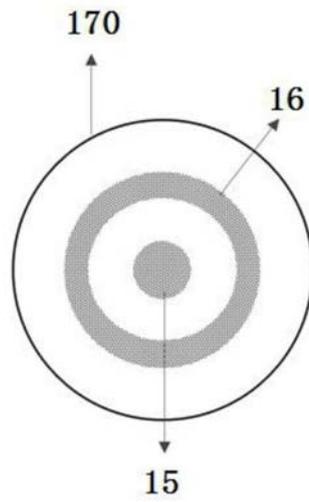


图2

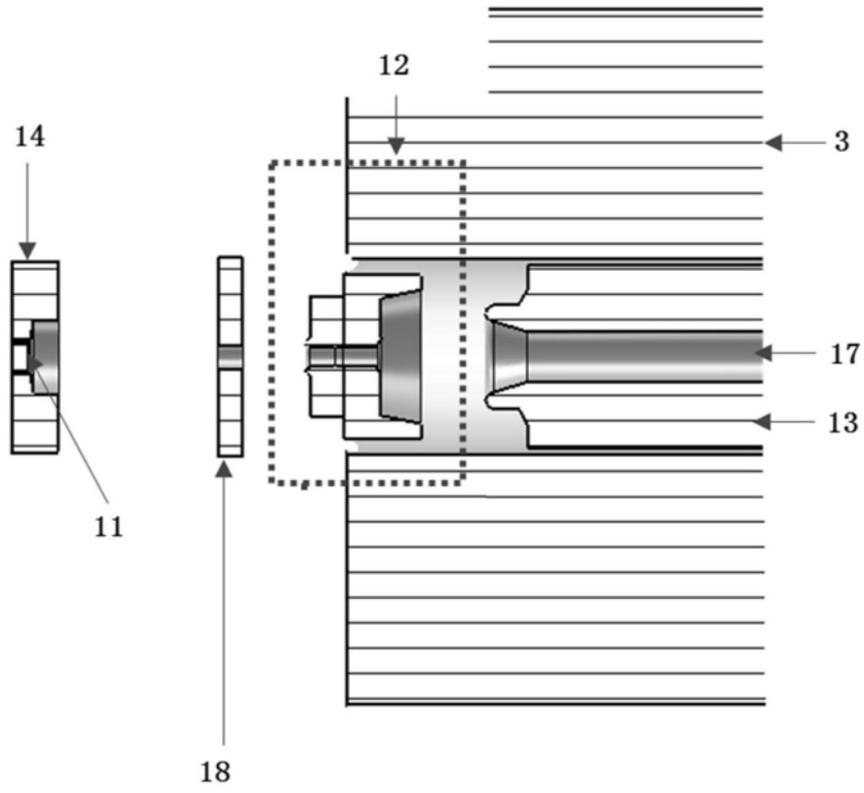


图3

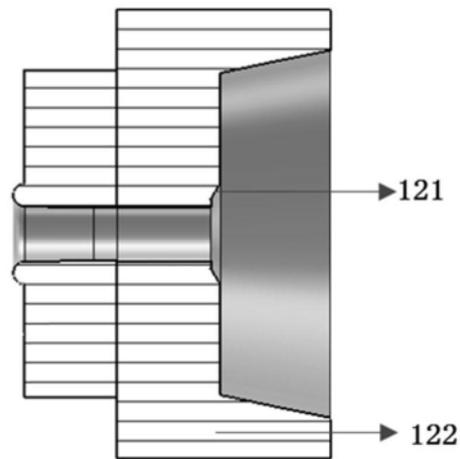


图4

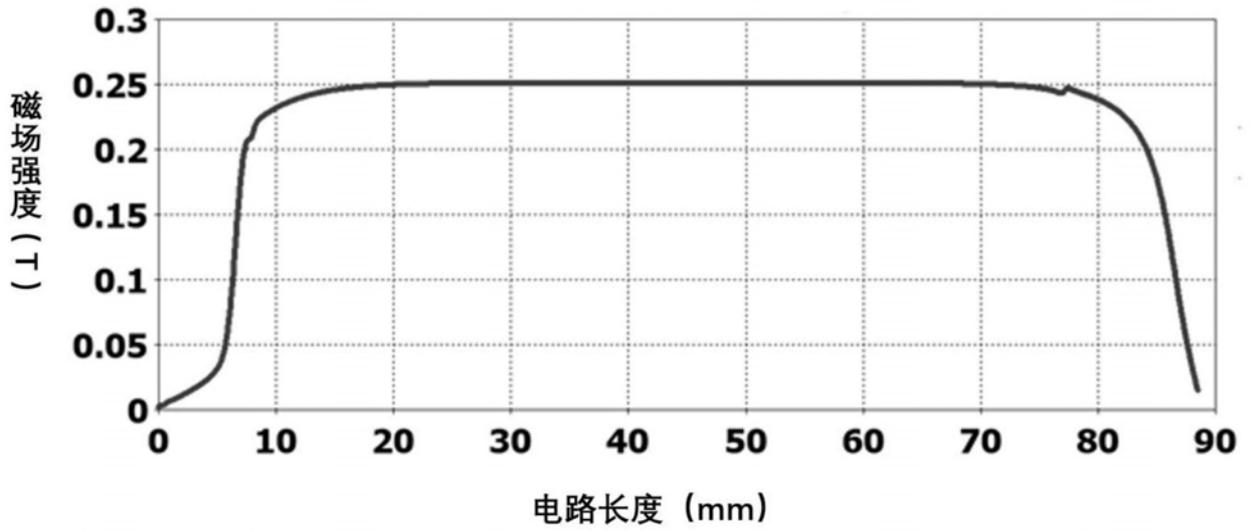


图5

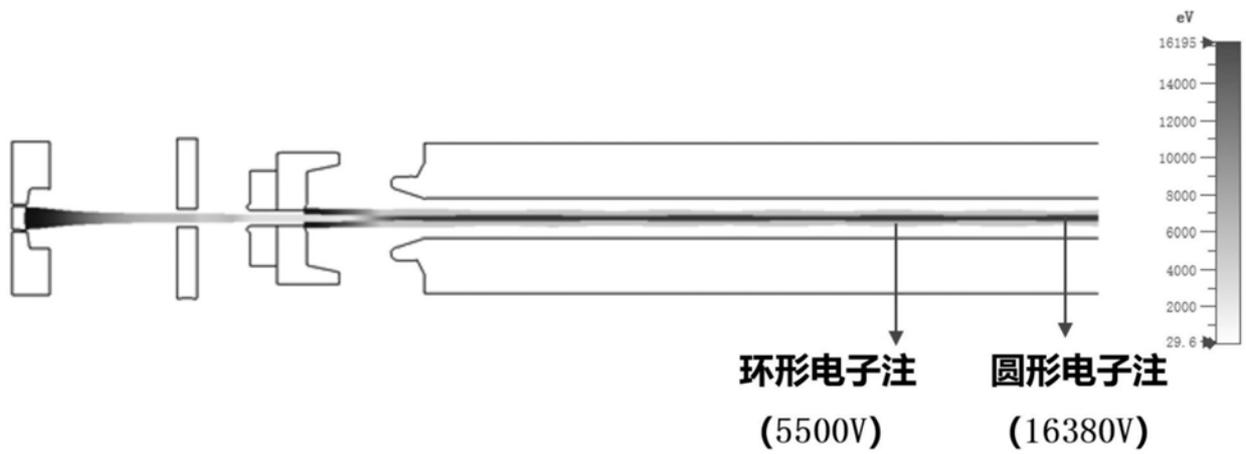


图6

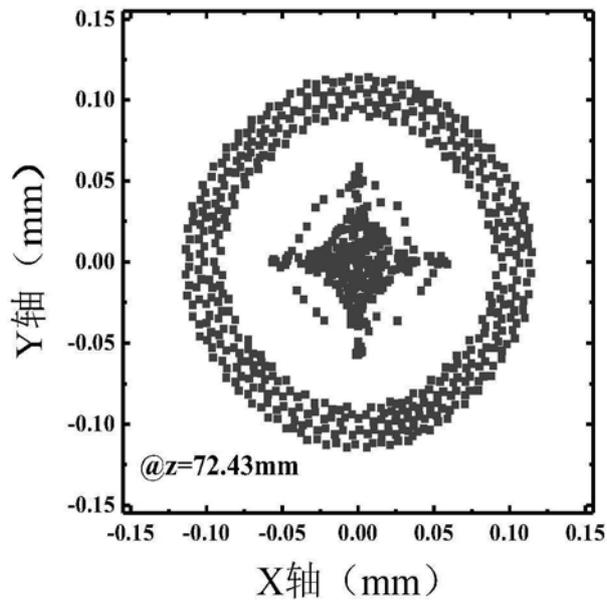


图7

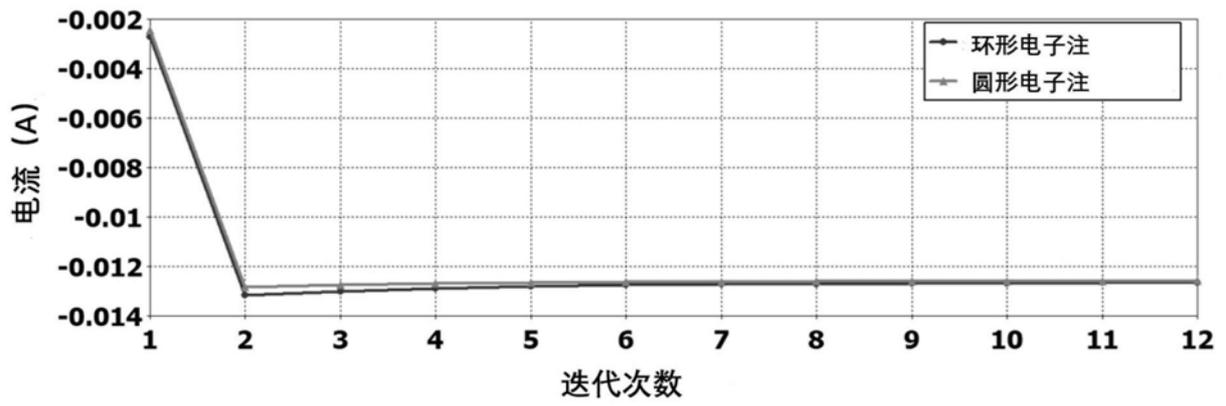


图8