



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116390324 A

(43) 申请公布日 2023. 07. 04

(21) 申请号 202310597914.X

(22) 申请日 2023.05.25

(71) 申请人 之江实验室

地址 311121 浙江省杭州市余杭区中泰街
道科创大道之江实验室

(72) 发明人 王琳 张磊 尹坤

(74) 专利代理机构 杭州华进联浙知识产权代理
有限公司 33250

专利代理师 黄文勇

(51) Int. Cl.

H05H 7/16 (2006.01)

H05H 7/00 (2006.01)

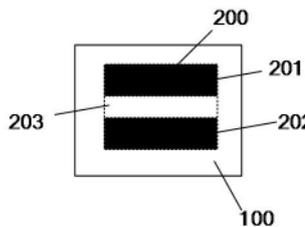
权利要求书1页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

狭缝波导加速结构和基于狭缝波导加速结构的加速器

(57) 摘要

本申请涉及一种狭缝波导加速结构和基于狭缝波导加速结构的加速器,通过直接在基底上设置包括互相间隔的第一波导和第二波导的波导单元,基于第一波导和第二波导之间形成的狭缝对待加速电子进行加速,基于这一简单结构可以设置不同狭缝宽度的波导单元,改变加速电场参数,实现电子加速度的调节。



1. 一种狭缝波导加速结构,其特征在于,所述狭缝波导加速结构包括基底以及波导单元,所述波导单元位于所述基底上,用于对待加速电子进行加速;其中,所述波导单元包括互相间隔的第一波导和第二波导,所述第一波导和所述第二波导之间形成狭缝,所述待加速电子通过所述狭缝进行加速。

2. 根据权利要求1所述的狭缝波导加速结构,其特征在于,所述第一波导和第二波导之间呈平行设置,所述第一波导的波导结构和所述第二波导的波导结构对称。

3. 根据权利要求1所述的狭缝波导加速结构,其特征在于,所述基底的材质为二氧化硅,所述波导单元的材质为氮化硅。

4. 根据权利要求1所述的狭缝波导加速结构,其特征在于,所述狭缝的狭缝宽度为0.1微米~0.3微米。

5. 根据权利要求2所述的狭缝波导加速结构,其特征在于,所述第一波导的波导宽度为0.8微米。

6. 根据权利要求1至权利要求5任意一项所述的狭缝波导加速结构,其特征在于,所述狭缝波导加速结构包括至少两个波导单元,相邻的所述波导单元之间留有间距。

7. 根据权利要求6所述的狭缝波导加速结构,其特征在于,所述至少两个波导单元的狭缝宽度不同,用于调节所述待加速电子的加速度。

8. 根据权利要求7所述的狭缝波导加速结构,其特征在于,所述至少两个波导单元的狭缝宽度在所述待加速电子的加速方向依次变大。

9. 一种狭缝波导加速结构的加速器,其特征在于,所述加速器包括如权利要求1至权利要求8任意一项所述的狭缝波导加速结构、电子枪和红外激光源,其中:

所述红外激光源,从所述狭缝波导加速结构的第一方向平行入射,激发所述狭缝波导加速结构中的电场,并维持所述电场;

所述电子枪,从所述狭缝波导加速结构的中心位置入射待加速电子,所述待加速电子在所述狭缝波导加速结构的电场中沿着所述第一方向运动;其中,所述中心位置为所述狭缝波导加速结构的第二方向和所述第一方向的交点;所述第一方向和所述第二方向垂直。

10. 根据权利要求9所述的加速器,其特征在于,所述电子枪入射所述待加速电子的发射时间与所述红外激光源的发射时间同步。

狭缝波导加速结构和基于狭缝波导加速结构的加速器

技术领域

[0001] 本申请涉及加速器技术领域,特别是涉及一种狭缝波导加速结构和基于狭缝波导加速结构的加速器。

背景技术

[0002] 加速器是伴随于粒子物理的发展,早期的粒子加速器都是基于微波来进行粒子加速的,粒子加速器是利用电场来推动带电粒子使之获得高能量。随着粒子加速器快速的发展,使更高时空分辨率结构的研究与应用成为可能,粒子加速器在科学研究、医学和工业等领域发挥巨大作用。

[0003] 传统的粒子加速器的广泛应用受到巨大的基础设施规模和大量能源消耗的限制。因此,在加速领域中,加速器小型化、低成本化都是其发展的重要方向。随着加速器小型化的进程,目前的加速器的加速场存在不可调节,不能满足不同应用场景的需求的问题。

发明内容

[0004] 基于此,有必要针对上述技术问题,提供一种结构简单、可以解决加速梯度不可调节的狭缝波导加速结构和基于狭缝波导加速结构的加速器。

[0005] 第一方面,本申请提供了一种狭缝波导加速结构。所述狭缝波导加速结构包括基底以及波导单元,所述波导单元位于所述基底上,用于对待加速电子进行加速;其中,所述波导单元包括互相间隔的第一波导和第二波导,所述第一波导和所述第二波导之间形成狭缝,所述待加速电子通过所述狭缝进行加速。

[0006] 上述狭缝波导加速结构,通过直接在基底上设置包括互相间隔的第一波导和第二波导的波导单元,基于第一波导和第二波导之间形成的狭缝对待加速电子进行加速,基于这一简单结构设置不同狭缝宽度的波导单元改变加速电场参数,调节电子加速度,解决了利用直接带隙的加速结构无法实现电子加速度的调节的问题。

[0007] 在其中一个实施例中,所述第一波导和第二波导之间呈平行设置,所述第一波导的波导结构和所述第二波导的波导结构对称。

[0008] 上述实施例中,通过将第一波导和第二波导平行设置,且保持第一波导和第二波导对称,用于确保第一波导和第二波导狭缝间的电场满足电子加速需求,确保电子能够获取运动方向的能量,确保电子束流的品质。

[0009] 在其中一个实施例中,所述基底的材质为二氧化硅,所述波导单元的材质为氮化硅。

[0010] 上述实施例中,以二氧化硅为狭缝波导加速结构的基底,以氮化硅为狭缝波导加速结构的波导单元,可以降低加速器的成本。

[0011] 在其中一个实施例中,所述狭缝的狭缝宽度为0.1微米~0.3微米。

[0012] 上述实施例中,通过将第一波导单元和第二波导单元间的狭缝宽度设置在0.1微米~0.3微米这一个区间,可以确保狭缝间的加速电场能够满足实际需求,确保待加速电子

的能量需求。

[0013] 在其中一个实施例中,所述狭缝的狭缝宽度为0.2微米。

[0014] 上述实施例中,通过将狭缝的狭缝宽度设置为0.2微米,可以减小狭缝间的加速电场的横向分量对待加速电子在加速方向上的影响,进而确保束流品质。

[0015] 在其中一个实施例中,所述第一波导的波导宽度为0.8微米。

[0016] 在其中一个实施例中,所述狭缝波导加速结构包括至少两个波导单元,相邻的所述波导单元之间留有间距。

[0017] 上述实施例中,在狭缝波导加速结构中设置至少两个互相间隔的波导单元,通过在波导单元之间留有间隔可以满足电子加速进度调节的需求,以实现电子的同步加速。

[0018] 在其中一个实施例中,所述至少两个波导单元的狭缝宽度在所述待加速电子的加速方向上不同,用于调节所述待加速电子的加速度。

[0019] 在其中一个实施例中,所述至少两个波导单元的狭缝宽度在所述待加速电子的加速方向依次变大。

[0020] 上述实施例中,通过利用波导单元的狭缝宽度渐变,达到对待加速电子进行变相速的加速的效果,解决加速过程中由于速度变快导致被加速电子和狭缝中电场的相位失配问题,进而提高电子束的束流品质。

[0021] 第二方面,本申请还提供了一种基于狭缝波导加速结构的加速器。所述加速器包括如上述任意一项所述的狭缝波导加速结构、电子枪和红外激光源,其中:

所述红外激光源,从所述狭缝波导加速结构的第一方向平行入射,激发所述狭缝波导加速结构中的电场,并维持所述电场;

所述电子枪,从所述狭缝波导加速结构的中心位置入射待加速电子,所述待加速电子在所述狭缝波导加速结构的电场中沿着所述第一方向运动;其中,所述中心位置为所述狭缝波导加速结构的第二方向和所述第一方向的交点;所述第一方向和所述第二方向垂直。

[0022] 上述基于狭缝波导加速结构的加速器,通过直接在基底上设置包括互相间隔的第一波导和第二波导的波导单元,基于第一波导和第二波导之间形成的狭缝对待加速电子进行加速,设置不同狭缝宽度的波导单元改变加速电场参数,调节电子加速度,解决了利用直接带隙的加速结构无法实现电子加速度的调节的问题。

[0023] 在其中一个实施例中,所述电子枪入射待加速电子的发射时间与所述红外激光源的发射时间同步。

[0024] 上述实施例中,通过将所述电子枪入射待加速电子的发射时间与红外激光源的发射时间同步,可以解决待加速电子与电场的相位不同步性的问题,提高待加速电子与电场的相位的同步性。

附图说明

[0025] 图1为一个实施例中狭缝波导加速结构的示意图;

图2为一个实施例中狭缝波导加速结构的狭缝尺寸与电场强度关系图;

图3为另一个实施例中狭缝波导加速结构的狭缝尺寸与电场强度关系图;

图4为一个实施例中狭缝波导加速结构的纵向剖面电场分布向量图;

图5为一个实施例中狭缝波导加速结构的横向剖面电场分布向量图；
图6为另一个实施例中狭缝波导加速结构的示意图；
图7为另一个实施例中狭缝波导加速结构的示意图；
图8为一个实施例中狭缝波导加速结构的电场各个分量强度图；
图9为另一个实施例中狭缝波导加速结构的示意图；
图10为一个实施例中基于狭缝波导的加速器的整体结构示意图；
图11为另一个实施例中基于狭缝波导的加速器的整体结构示意图。

具体实施方式

[0026] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请的保护范围。

[0027] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同；本文中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本申请；本申请的说明书和权利要求书及上述附图说明中的术语“包括”和“具有”以及它们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。

[0028] 在本申请实施例的描述中，技术术语“第一”“第二”等仅用于区别不同对象，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量、特定顺序或主次关系。在本申请实施例的描述中，“多个”的含义是两个以上，除非另有明确具体的限定。

[0029] 在本文中提及“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是，本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

[0030] 在本申请实施例的描述中，技术术语“中心”“纵向”“横向”“长度”“宽度”“厚度”“上”“下”“前”“后”“左”“右”“竖直”“水平”“顶”“底”“内”“外”“顺时针”“逆时针”“轴向”“径向”“周向”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申请实施例和简化描述，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申请实施例的限制。

[0031] 在本申请实施例的描述中，除非另有明确的规定和限定，技术术语“安装”“相连”“连接”“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；也可以是机械连接，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，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。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申请实施例中的具体含义。

[0032] 在一个实施例中，如图1所示，提供了一种狭缝波导加速结构，其特征在于，狭缝波导加速结构包括基底100以及波导单元200，波导单元200位于基底100上，用于对待加速电子进行加速；其中，波导单元200包括互相间隔的第一波导201和第二波导202，第一波导201和第二波导202之间形成狭缝203，待加速电子通过狭缝203进行加速。

[0033] 可以理解的是，第一波导201和第二波导202的宽度和高度可以根据实际需求进行调节。例如，在医疗领域中，为了满足快速成像需求，确保束流打靶产生的x射线的品质，可

以对波导宽度和波导高度进行调整。

[0034] 其中,第一波导201和第二波导202之间形成狭缝203,狭缝203可以用于提供待加速电子加速的行波纵向电场,不同的狭缝宽度可以对应不同的行波相速。待加速电子是电子源出射的电子束团。

[0035] 上述狭缝波导加速结构,通过直接在基底上设置包括互相间隔的第一波导和第二波导的波导单元,基于第一波导和第二波导之间形成的狭缝对待加速电子进行加速,基于这一简单结构可以设置不同狭缝宽度的波导单元改变加速电场参数,调节电子加速度,解决了利用直接带隙的加速结构无法实现电子加速度的调节的问题。

[0036] 为了确保加速后的电子的束流品质以及电子获取的能量满足实际的需求。在其中一个实施例中,第一波导201和第二波导202之间呈平行设置,第一波导201的波导结构和第二波导202的波导结构对称。

[0037] 其中,第一波导201和第二波导202的波导结构可以是长方体。

[0038] 上述实施例中,通过将第一波导和第二波导平行设置,且保持第一波导和第二波导对称,用于确保第一波导和第二波导狭缝间的电场满足电子加速需求,确保电子能够获取运动方向的能量,确保电子束流的品质。

[0039] 在其中一个实施例中,基底100的材质为二氧化硅,波导单元200的材质为氮化硅。通过以二氧化硅为狭缝波导加速结构的基底,以氮化硅为狭缝波导加速结构的波导单元,可以降低加速器的成本。

[0040] 在其中一个实施例中,所述狭缝203的狭缝宽度为0.1微米~0.3微米。通过将第一波导201和第二波导202之间的狭缝宽度设置在0.1微米~0.3微米这一个区间,可以确保狭缝间的加速电场能够满足实际需求,确保待加速电子的能量需求。

[0041] 可以理解的是,在确定狭缝高度、第一波导和第二波导的宽度的情况下,狭缝203的狭缝宽度设置在0.1微米~0.3微米这一区间的情况下,第一波导201和第二波导202的狭缝宽度越小,其电场强度越大,而狭缝宽度降低至一定程度时,电场强度变化较小。换言之,在一定的狭缝宽度范围内,狭缝宽度越窄,加速度越大;而狭缝宽度降低至一定程度时,加速度变化较小。例如,狭缝波导加速结构的狭缝宽度在0.1微米~0.3微米这一区间的情况下,第一波导201和第二波导202的宽度为0.8微米,狭缝高度为0.4微米,入射光中心波长为1550nm,在狭缝中的模式为TM基模。其中,第一波导201和第二波导202的宽度可以是与电子加速方向垂直方向上的宽度。通过狭缝对待加速电子进行加速。第一波导201和第二波导202的狭缝宽度越小,其电场强度越大,而狭缝宽度降低至一定程度时,电场强度变化较小,电场强度随着狭缝高度的变化如图2所示。

[0042] 进一步地,在确定狭缝宽度、第一波导和第二波导的宽度的情况下,狭缝203的狭缝高度越高,其电场强度近似线性降低。例如,在一个实施例中,狭缝波导加速结构的狭缝宽度为0.2微米,第一波导201和第二波导202的宽度为0.8微米,入射光中心波长为1550nm,在狭缝中的模式为TM基模。通过狭缝对待加速电子进行加速,狭缝203的狭缝高度越高,其电场强度近似线性降低,可以理解为线性降低,如图3所示,根据电场强度随着狭缝高度的变化可知,狭缝高度在0.3微米-0.5微米这一区间,狭缝高度越高,电场强度随着狭缝高度线性降低。

[0043] 在其中一个实施例中,狭缝203的狭缝宽度为0.2微米。通过将狭缝的狭缝宽度设

置为0.2微米,可以减小狭缝间的加速电场的横向分量对待加速电子在加速方向上的影响,进而确保束流品质。例如,在一个实施例中,狭缝波导加速结构的狭缝宽度为0.2微米,第一波导201和第二波导202的宽度为0.8微米,狭缝高度为0.4微米,入射光中心波长为1550nm,在狭缝中的模式为TM基模。通过狭缝对待加速电子进行加速。如图4所示,在加速电场中,横截面上狭缝中心的电场横向分量很小,待加速电子加速时受到的横向偏转力较小,可以保持其束流品质。如图5所示,根据观察点处x方向电场强度随时间的变化和在观察点处y和z方向电场强度随时间的变化,在此情况下,在脉冲激光的注入下,横向电场分量 E_y 和 E_z 均为纵向电场 E_x 分量的百分之一左右。

[0044] 在其中一个实施例中,第一波导201的波导宽度为0.8微米。

[0045] 在其中一个实施例中,狭缝波导加速结构包括至少两个波导单元,相邻的波导单元之间留有间距。

[0046] 可以理解的是,波导单元的数量可以根据电子的起始能量和目标能量来确定。波导单元的数量可以是2个,也可以是3个或者4个等。例如,波导单元的数量可以根据目标能量和起始能量的差值除以单腔增益得到的单元数来确定,表达式可以表示为:(目标能量-起始能量)/单腔增益=单元数。波导单元之间的间距可以根据电子与相位与漂移时间来确定的;其中具体的确定方式可以通过现有的方式来实现,在此不做赘述。例如,根据电子与相位与漂移时间来确定的相邻两个波导单元之间的间隔可以是相同的也可以是不同的。如图6所示,为一个实例中狭缝波导加速结构示意图,狭缝波导加速结构中包括3个波导单元。相邻两个波导单元之间的间隔是相同的,3个波导单元的中心在同一水平面上。3个波导单元均位于基底100上,且3个波导单元的结构相同。

[0047] 上述实施例中,在狭缝波导加速结构中设置至少两个互相间隔的波导单元,通过在波导单元之间留有间隔可以满足电子加速进度调节的需求,以实现电子的同步加速。

[0048] 在其中一个实施例中,至少两个波导单元的狭缝宽度不同,用于调节待加速电子的加速度。

[0049] 可以理解的是,至少两个波导单元的狭缝宽度在待加速电子的加速方向上不同,可以是在加速方向上呈线性变化,例如,可以是逐渐变大,也可以是逐渐变小。如图7所示,狭缝波导加速结构中包括2个波导单元,2个波导单元的狭缝宽度在待加速电子的加速方向上是逐渐变大的。

[0050] 可以理解的是,在连续光场的注入下,加速轴上的电场并非处处为加速,而是部分位置为减速场,因此电子束团与导波光应具有严格的相位匹配。例如,

在一个实施例中,狭缝波导加速结构的狭缝宽度为0.2微米,第一波导201和第二波导202的宽度为0.8微米,狭缝高度为0.4微米,入射光中心波长为1550nm,在狭缝中的模式为TM基模,通过狭缝对待加速电子进行加速,在连续光场的注入下,加速轴上的电场并非处处为加速,而是部分位置为减速场。如图8所示,在加速轴上,电场箭头沿着沿x轴正方向为减速场,沿着x轴负方向为加速场。

[0051] 因此,为了达到对待加速电子进行变梯度的加速,解决加速过程中由于速度变快导致的相位失配问题,进而提高电子束的束流品质。在其中一个实施例中,狭缝波导加速结构中包括至少两个波导单元,至少两个波导单元的狭缝宽度在待加速电子的加速方向依次变大。

[0052] 例如,如图9所示,狭缝波导加速结构中包括3个波导单元,3个波导单元之间互留有间隔,且间隔相等,每个波导单元的结构相同,波导单元的材质为氮化硅,基底的材质为二氧化硅,波导单元中的第一波导和第二波导平行设置且对称。3个波导单元的狭缝宽度在待加速电子的加速方向上依次变大。通过利用波导单元的狭缝宽度渐变,达到对待加速电子进行变相速度的加速的效果,使得待加速电子的速度同步,解决加速过程中由于速度变快导致的相位失配问题,进而提高电子束的束流品质。

[0053] 上述狭缝波导加速结构,基于第一波导和第二波导之间形成的狭缝对待加速电子进行加速,基于这一简单结构可以通过调节第一波导和第二波导之间的间隔宽度来调节狭缝宽度,进而改变加速电场参数实现电子加速度的调节;同时在基底上级联至少两个波导单元,且设置至少两个波导单元的狭缝宽度在待加速电子的加速方向依次变大,实现对待加速电子进行变相速的加速,进而解决了待加速电子在加速过程中由于速度变快导致的相位失配问题。

[0054] 在一个实施例中,如图10所示,提供了一种狭缝波导加速结构的加速器。所述加速器包括狭缝波导加速结构1002、红外激光源1004和电子枪1006,其中:

狭缝波导加速结构1002中包括基底100以及波导单元200,波导单元200位于基底100上,用于对待加速电子进行加速;其中,波导单元200包括互相间隔的第一波导201和第二波导202,第一波导201和第二波导202之间形成狭缝203,待加速电子通过狭缝203进行加速。可以理解的,狭缝波导加速结构中的波导单元200可以是一个,也可以是两个。狭缝波导加速结构1002可以是上述的一种狭缝波导加速结构,在此不做赘述。

[0055] 红外激光源1004,从狭缝波导加速结构的第一方向平行入射,激发狭缝波导加速结构中的电场,并维持电场。其中,电场包括纵向电场 E_x 、纵向电场 E_y 和纵向电场 E_z 。红外激光源可以是1550nm入射激光。

[0056] 电子枪1006,从狭缝波导加速结构的中心位置入射待加速电子,待加速电子在狭缝波导加速结构的电场中沿着第一方向运动;其中,中心位置为狭缝波导加速结构的第二方向和第一方向的交点;第一方向和第二方向垂直。

[0057] 其中,第一方向可以理解为是狭缝电场的行波纵向电场方向,即纵向电场 E_x 方向。第二方向可以理解为狭缝电场的横向电场方向,即横向电场 E_y 方向。

[0058] 具体地,电子枪作为电子束团的源,被放置于狭缝波导加速结构左侧,电子枪的发射粒子中心对准狭缝波导中心,从电子源出射的待加速电子。红外激光源为近红外入射激光,用于激发和维持氮化硅狭缝波导加速结构内部的电场,从狭缝波导加速结构的+x方向平行入射,电子枪将电子束团沿着狭缝波导加速结构的中心 $y=0$ 处入射,并沿着+x方向进行运动,在狭缝波导加速结构中加速电场进行相互作用,从而获得能量。

[0059] 上述基于狭缝波导加速结构的加速器,通过红外激光源产生入射光,可以控制被加速电子与电场的相位同步性;以及直接在基底上设置包括互相间隔的第一波导和第二波导的波导单元,基于第一波导和第二波导之间形成的狭缝对待加速电子进行加速,基于这一简单结构可以通过调节第一波导和第二波导之间的间隔宽度来调节狭缝宽度,进而改变加速电场参数实现电子加速度的调节,解决了无法实现电子加速度的调节的问题。

[0060] 进一步地,在一个实施例中,电子枪1004入射待加速电子的发射时间与红外激光源1002的发射时间同步。通过将所述电子枪入射待加速电子的发射时间与红外激光源的发

射时间同步,可以解决待加速电子与电场的相位不同步性的问题,提高待加速电子与电场的相位的同步性。

[0061] 在一个实施例中,如图11所示,提供了一种狭缝波导加速结构的加速器。加速器包括狭缝波导加速结构1002、红外激光源1004和电子枪1006,其中,狭缝波导加速结构1002中包括三个相同的波导单元200,每个波导单元中的第一波导201和第二波导202的为平行设置且结构对称。狭缝波导加速结构中基底100的材质为二氧化硅,波导单元200的材质为氮化硅。依次设置的三个波导单元的狭缝宽度沿着电子加速度方向变宽。红外激光源1002的发射时间和电子枪1004入射待加速电子的发射时间同步。

[0062] 具体地,狭缝波导加速结构1002为待加速电子提供加速的纵向电场,红外激光源用于激发和维持氮化硅狭缝波导加速结构内部的电场,从氮化硅狭缝波导加速结构的-y方向平行于基底表面进行平行光形态的入射。待加速电子作为被加速的对象,从所述氮化硅狭缝波导加速结构的中心 $y=0$ 处入射,沿着+x方向进行运动,在氮化硅狭缝波导加速结构中加速电场进行相互作用,从而获得能量,即电子枪作为电子束团的源,其发射粒子中心对准狭缝波导中心,且粒子发射时间与红外激光源同步,使得电子束团在基于狭缝波导加速结构中持续地获得加速电场能量。也就是说,光波进入狭缝波导可产生对应的加速方向上电场分量较强的行波加速电场,当行波加速电场的相位与电子束匹配时,电子束可获得运动方向的能量。

[0063] 可以理解的是,如果待加速度电子的入射位置偏离加速结构的中心 $y=0$,狭缝波导内的电场会有横向的方向,使得电子发生横向偏转从而束流丢失。

[0064] 上述实施例中,基于第一波导和第二波导之间形成的狭缝对待加速电子进行加速,基于这一简单结构可以通过调节第一波导和第二波导之间的间隔宽度来调节狭缝宽度,进而改变加速电场参数实现电子加速度的调节;同时在基底上级联至少两个波导单元,且设置至少两个波导单元的狭缝宽度在待加速电子的加速方向依次变大,实现对待加速电子进行变相速的加速,进而解决了待加速电子在加速过程中由于速度变快导致的相位失配问题;以及通过红外激光源产生入射光,可以控制被加速电子与电场的相位同步性。

[0065] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0066] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本申请专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本申请的保护范围。因此,本申请的保护范围应以所附权利要求为准。

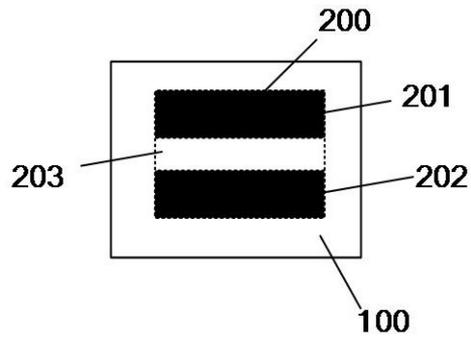


图 1

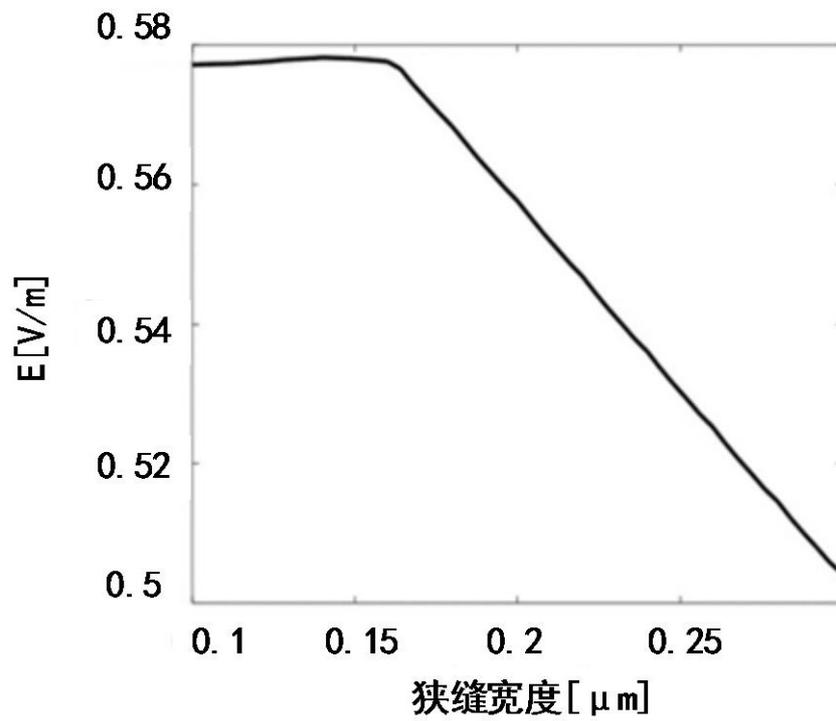


图 2

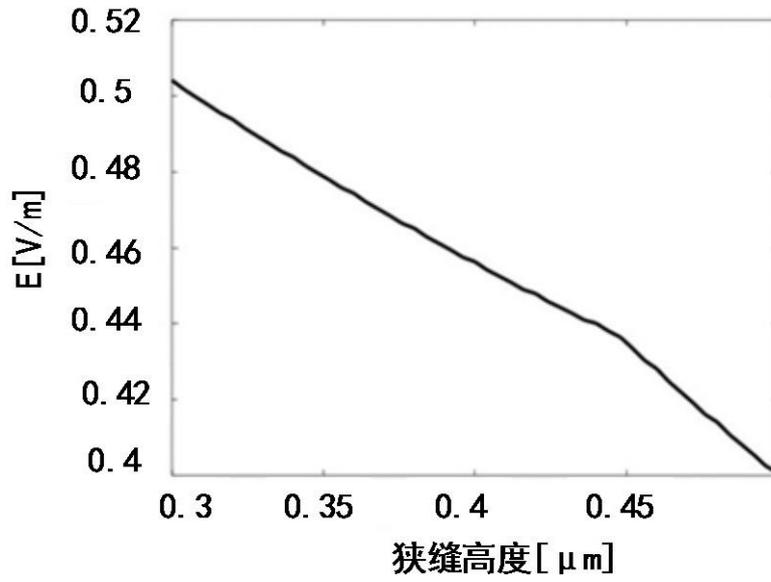


图 3

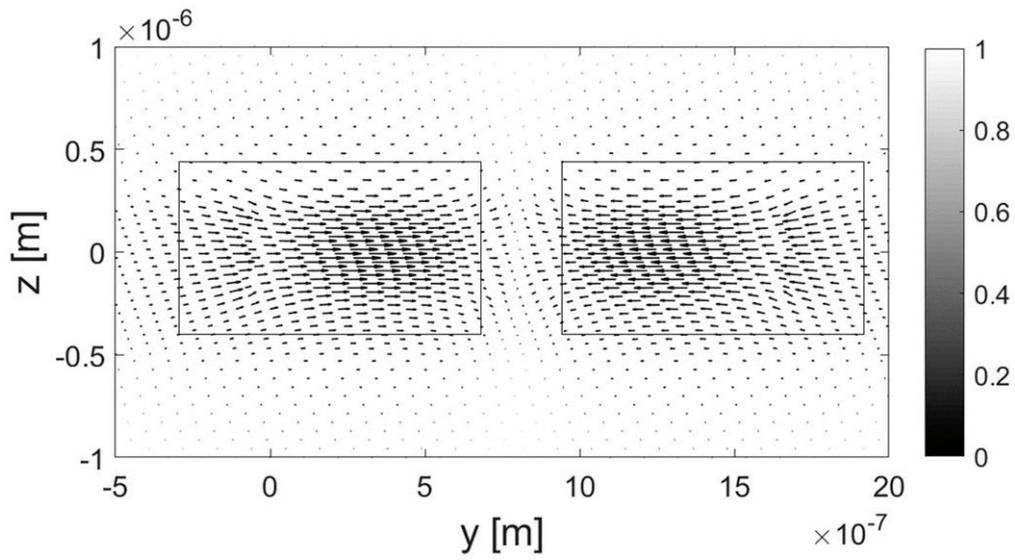


图 4

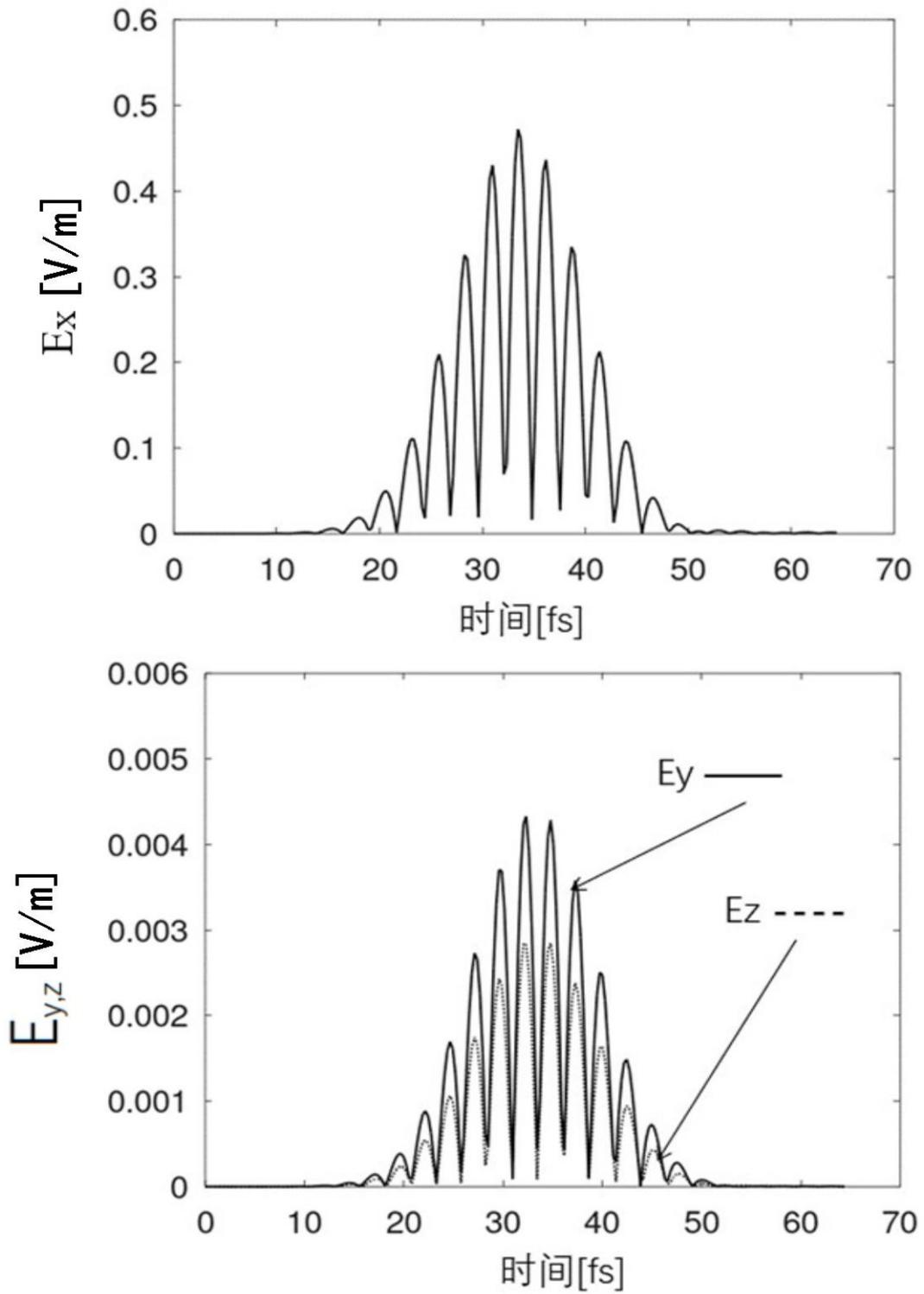


图 5

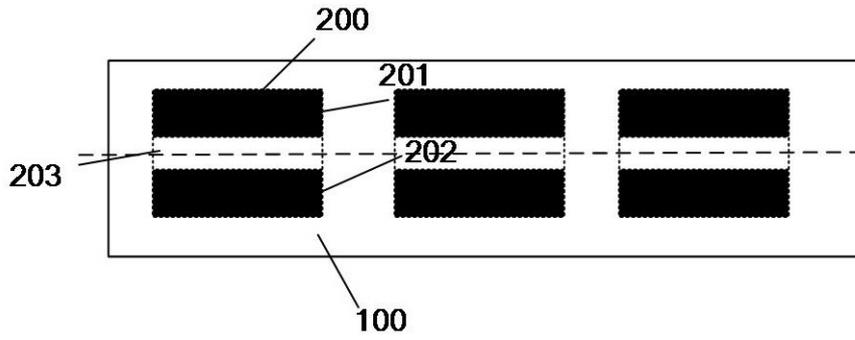


图 6

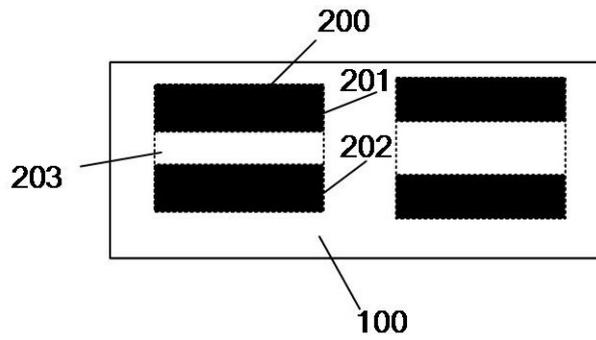


图 7

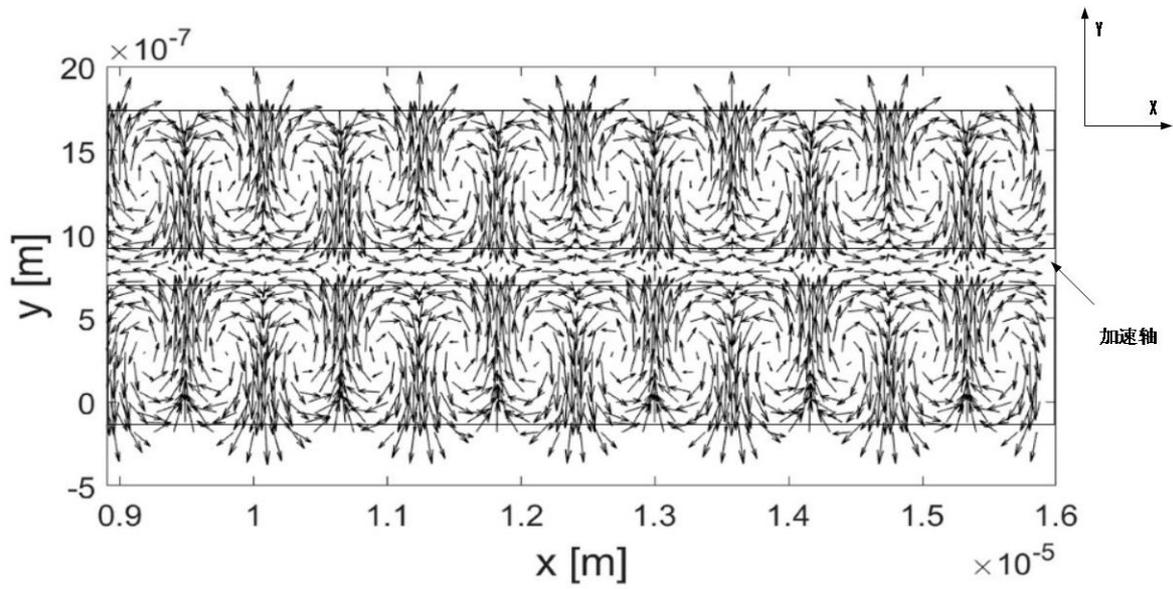


图 8

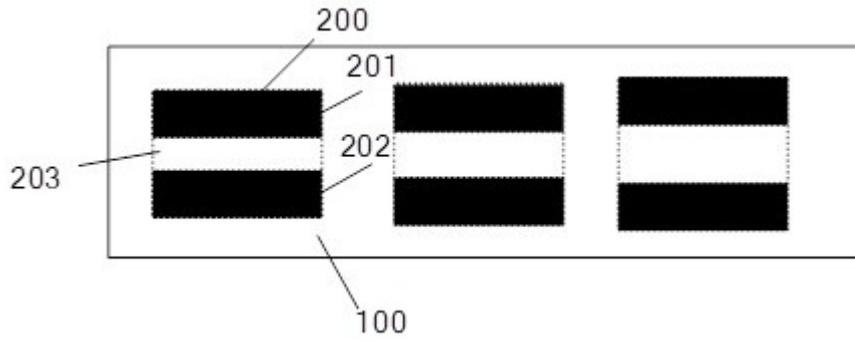


图 9

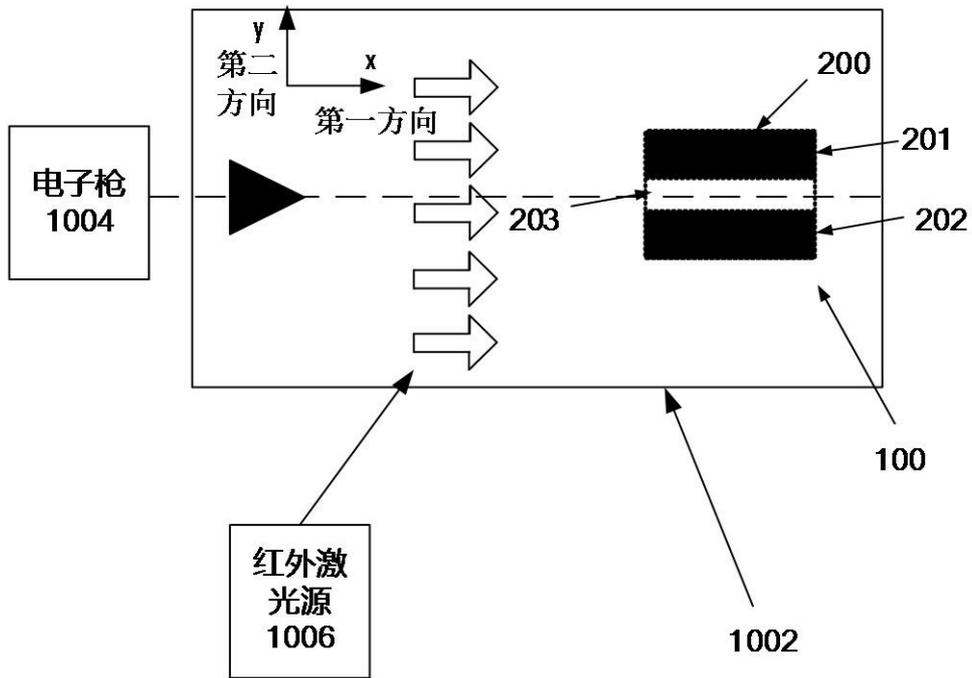


图 10

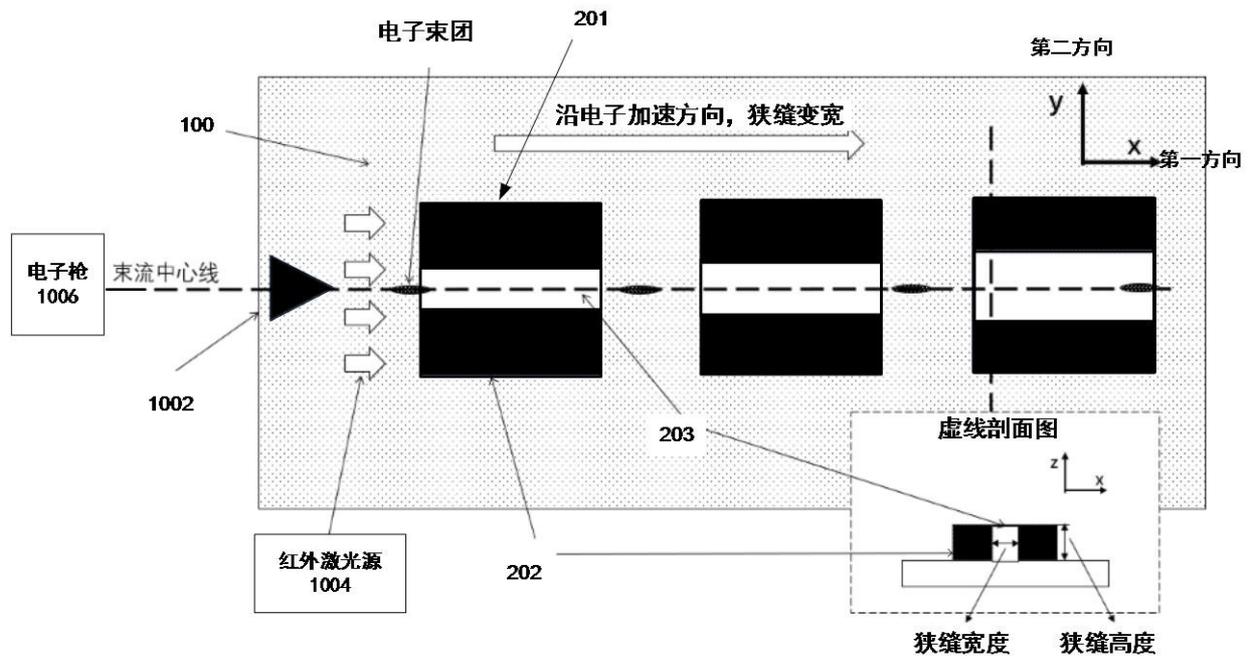


图 11