



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 205376241 U

(45) 授权公告日 2016. 07. 06

(21) 申请号 201521074136. 3

(22) 申请日 2015. 12. 21

(73) 专利权人 中国科学院上海应用物理研究所
地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路 2019 号

(72) 发明人 何永周 周巧根

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002

代理人 邓琪 余中燕

(51) Int. Cl.

H01F 7/02(2006. 01)

H01F 1/053(2006. 01)

H01F 1/11(2006. 01)

G21K 1/00(2006. 01)

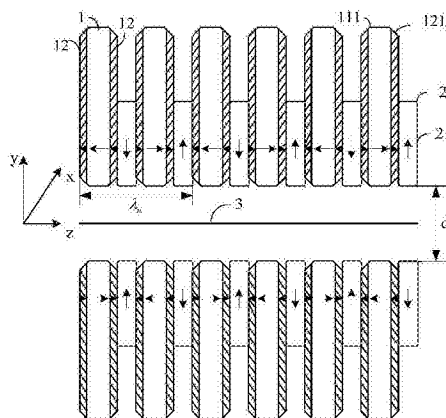
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 实用新型名称

一种混合型永磁波荡器的磁结构

(57) 摘要

本实用新型提供一种混合型永磁波荡器的磁结构,包括周期性排列在电子束传输路径两侧的两排永磁体组,两排之间形成磁间隙,每个波荡器周期长度内包括两个间隔设置的永磁体和软磁,各永磁体的两侧分别设置一永磁层而将永磁体夹于其中,其中,所述永磁体的内禀矫顽力比所述永磁层的内禀矫顽力低,而所述永磁体的剩磁比所述永磁层的剩磁高。本实用新型可以在保证混合型波荡器安全运行的同时,较大幅度提高波荡器磁场强度。



1. 一种混合型永磁波荡器的磁结构,包括周期性排列在电子束传输路径两侧的两排永磁体组,两排之间形成磁间隙,每个波荡器周期长度内包括两个间隔设置的永磁体和软磁,其特征在于,各永磁体的两侧分别设置一永磁层而将永磁体夹于其中,其中,所述永磁体的内禀矫顽力比所述永磁层的内禀矫顽力低,而所述永磁体的剩磁比所述永磁层的剩磁高。

2. 根据权利要求1所述的混合型永磁波荡器的磁结构,其特征在于,所述永磁体的内禀矫顽力为所述永磁层的内禀矫顽力的75-85%。

3. 根据权利要求1所述的混合型永磁波荡器的磁结构,其特征在于,所述永磁体的剩磁为所述永磁层的剩磁的115-125%。

4. 根据权利要求1所述的混合型永磁波荡器的磁结构,其特征在于,当磁间隙与波荡器周期长度之比大于0.3时,所述永磁体、永磁层和软磁切割有倒圆角。

5. 根据权利要求4所述的混合型永磁波荡器的磁结构,其特征在于,所述倒圆角为0.2-0.5rad。

6. 根据权利要求1所述的混合型永磁波荡器的磁结构,其特征在于,当磁间隙与波荡器周期长度之比小于0.3时,所述磁体、永磁层和软磁切割有线性倒角。

7. 根据权利要求1所述的混合型永磁波荡器的磁结构,其特征在于,所述永磁体为纯钕铁硼永磁体、纯镨铁硼永磁体、钕镨铁硼永磁体、钕钐铁硼永磁体或铁氧体永磁体。

8. 根据权利要求1所述的混合型永磁波荡器的磁结构,其特征在于,所述永磁层为纯钕铁硼永磁体、纯镨铁硼永磁体、钕镨铁硼永磁体、钕钐铁硼永磁体或铁氧体永磁体。

一种混合型永磁波荡器的磁结构

技术领域

[0001] 本实用新型涉及波荡器领域,尤其涉及一种混合型永磁波荡器的磁结构。

背景技术

[0002] 永磁波荡器是一种用以产生周期磁场以使高能电子束在其中进行周期性运动的元件,是同步辐射装置和自由电子激光装置中的核心部件,其主要分为纯永磁型(PPM)和混合型(Hyb)两大类。如图1所示,传统Hyb永磁波荡器的磁结构包括周期性排列在电子束3'传输路径两侧的若干永磁体组,各永磁体组均包括间隔设置的两个永磁体1'(磁矩方向如其中的箭头所示)和两个软磁2(磁矩方向如其中的箭头所示)',其中,永磁体1'作为磁场源;软磁2'既作为磁场源也作为聚焦磁力线的元件,其可以看作是磁矩为0的特殊永磁体。

[0003] 众所周知,永磁波荡器参数K是表征同步辐射与自由电子激光的光频谱覆盖范围的重要参数,其值越大,表示光的频谱覆盖范围越广,对用户各种科学实验越有利,而永磁波荡器参数K的表达式如式(1)所示:

$$[0004] \quad K = \frac{eB_0\lambda_u}{2\pi mc^2} = 0.934B_0\lambda_u [T.cm] \quad (1);$$

[0005] 在上式中, B_0 表示波荡器磁场强度, λ_u 表示波荡器周期长度,T表示电子束通过整个波荡器磁结构的时间,c表示光速,m表示电子质量。由式(1)可知,在波荡器周期长度 λ_u 不变的情况下,提高磁场强度 B_0 即可提高K值。

[0006] 然而,传统Hyb永磁波荡器的磁结构所包含的全部永磁体1'均属于相同的牌号(永磁体不同的牌号对应不同的性能参数),即,它们的磁性能一致,选择同一牌号的原因是因为可以减少永磁体加工、测量、筛选、安装等工作量。这样设计的缺陷在于:为保证磁结构在常温或者一定高温下不退磁,永磁体1'必须选择内禀矫顽力 H_{cj} 高的永磁体,然而永磁体的剩磁 B_r 与内禀矫顽力 H_{cj} 是一对矛盾的概念,永磁体的内禀矫顽力 H_{cj} 高就意味着必须降低其剩磁 B_r ,但降低剩磁 B_r 又意味着损失永磁波荡器磁场强度 B_0 ,因为永磁波荡器磁场强度 B_0 与永磁体剩磁 B_r 之间呈近似线性关系。因此,传统Hyb永磁波荡器磁结构的永磁波荡器磁场强度 B_0 较小。

[0007] 此外,传统Hyb永磁波荡器磁结构的永磁体1'和软磁2'的极头因尖角效应退磁场较大,为保证磁结构安全运行,永磁体1'和软磁2'的极头往往切割有适当线性倒角11'和21'(如图1),以降低尖角效应,从而减小退磁场。然而,软磁2'在其中的作用是聚焦磁力线,对软磁2'切线性倒角实际上相当于减小了软磁2'的体积,从而降低了其对磁力线的聚集能力,进而导致磁力线密度降低,而磁力线密度降低意味着永磁波荡器磁场损失。

实用新型内容

[0008] 针对上述现有技术的不足,本实用新型提供一种改进的混合型永磁波荡器的磁结构,以在保证波荡器安全运行的同时,较大幅度提高波荡器磁场强度。

[0009] 为实现上述目的,本实用新型采用如下技术方案:

[0010] 一种混合型永磁波荡器的磁结构,包括周期性排列在电子束传输路径两侧的两排永磁体组,两排之间形成磁间隙,每个波荡器周期长度内包括两个间隔设置的永磁体和软磁,各永磁体的两侧分别设置一永磁层而将永磁体夹于其中,其中,所述永磁体的内禀矫顽力比所述永磁层的内禀矫顽力低,而所述永磁体的剩磁比所述永磁层的剩磁高。

[0011] 进一步地,所述永磁体的内禀矫顽力为所述永磁层的内禀矫顽力的75-85%。

[0012] 进一步地,所述永磁体的剩磁为所述永磁层的剩磁的115-125%。

[0013] 优选地,当磁间隙与波荡器周期长度之比大于0.3时,所述磁体、永磁层和软磁切割有倒圆角。

[0014] 进一步地,所述倒圆角为0.2-0.5rad。

[0015] 优选地,当磁间隙与波荡器周期长度之比小于0.3时,所述磁体、永磁层和软磁切割有线性倒角。

[0016] 优选地,所述永磁体为纯钕铁硼永磁体、纯镨铁硼永磁体、钕镨铁硼永磁体、钕钕永磁体或铁氧体永磁体。

[0017] 优选地,所述永磁层为纯钕铁硼永磁体、纯镨铁硼永磁体、钕镨铁硼永磁体、钕钕永磁体或铁氧体永磁体。

[0018] 综上所述,本实用新型在永磁体两侧分别设置内禀矫顽力 H_{cj} 较高的永磁层,在中间部分设置内禀矫顽力 H_{cj} 较低的永磁层,而内禀矫顽力 H_{cj} 降低就意味着剩磁 B_r 提高,剩磁 B_r 提高就意味着永磁波荡器磁场强度 B_0 提高。这样设计的依据是:混合型永磁波荡器磁结构中的永磁体的退磁场分布不均匀,靠近永磁体两侧的部分退磁场大,向永磁体中间方向退磁场逐步变小,在永磁体中心轴退磁场最小,因此,只需在永磁体两侧分别设置内禀矫顽力 H_{cj} 高的永磁层,即可保证磁结构在常温或者一定高温下不退磁。

附图说明

[0019] 图1为传统混合型永磁波荡器的磁结构的结构示意图;

[0020] 图2为本实用新型混合型永磁波荡器的磁结构的结构示意图。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图,给出本实用新型的较佳实施例,并予以详细描述。

[0022] 如图2所示,本实用新型,即一种混合型永磁波荡器的磁结构,包括周期性排列在电子束3传输路径两侧的两排永磁体组,两排之间形成磁间隙 d ,各永磁体组在每个波荡器周期长度 λ_u 内包括间隔设置的两个永磁体1和两个软磁2。在图上,每侧示意出了三个波荡器周期长度 λ_u 。

[0023] 再次参阅图2,在各永磁体1的两侧分别设有永磁层12形成复合永磁体,其中,永磁体1和永磁层12分别采用两种牌号不同的永磁材料制成,具体来说,永磁体1的内禀矫顽力 H_{cj} 比永磁层12的内禀矫顽力 H_{cj} 低,而永磁体1的剩磁 B_r 比永磁层12的剩磁 B_r 高。优选地,假设永磁层12的内禀矫顽力 H_{cj} 和剩磁 B_r 分别为 M 和 N ,则永磁体1的内禀矫顽力 H_{cj} 和剩磁 B_r 分别为75-85% $\cdot M$ 和115-125% $\cdot N$ 。

[0024] 这样设计的依据在于:在混合型永磁波荡器的磁结构中,永磁体1的退磁场分布是不均匀的,靠近永磁体两侧的部分退磁场大,向永磁体中心轴方向退磁场逐步减小,并在永

磁体中心轴处达到最小。基于此特性,本实用新型在永磁体1两侧分别设置内禀矫顽力 H_{cj} 高的永磁材料以承受较高退磁,而中间的永磁体1采用内禀矫顽力 H_{cj} 相对较低的永磁材料即可保证在常温或者一定高温下不退磁,与现有技术相比,永磁体1内禀矫顽力降低,意味着其剩磁 B_r 提高,剩磁 B_r 提高就意味着提高了永磁波荡器磁场强度 B_0 。

[0025] 另外,在上述由永磁体1和永磁层12构成的复合永磁体1与软磁2形成的磁结构中,当磁间隙 d 与波荡器周期长度 λ_u (即一个永磁体组沿 z 方向的厚度之和)之比大于0.3时,由于磁间隙变大,磁力线将变稀疏,这意味着极头尖角效应明显减弱,退磁场明显减小,因而永磁体1、永磁层12和软磁2的极头可不再切割线性倒角,而只需切割0.2-0.5rad的倒圆角 21 即可;当磁间隙与波荡器周期长度之比小于0.3时,由于磁力线密集,尖角效应明显,永磁体1、永磁层12和软磁2需切割适当线性倒角以降低退磁场,切割线性倒角后,该复合永磁体1极头表面最大退磁场 H 应小于该永磁体1 H_{cj} 的80%,因为永磁体 H_{cj} 的80%即为拐点 H_k 值,物理设计时 H 要小于永磁体 H_k 值时磁结构才是安全的。

[0026] 在本实用新型中,永磁体1和永磁层12均可采用纯钕铁硼、纯镨铁硼、或各种钕镨比例的钕镨铁硼永磁体材料制成,也可采用钕钴、铁氧体等永磁体材料制成。

[0027] 下面提供一组对比实例对本实用新型的效果进行验证,其中涉及到的牌号均为国际标准分类牌号:

[0028] 在传统混合型永磁波荡器磁结构实例中,永磁体1'采用牌号为N38SH的NdFeB(钕铁硼)材料,其沿 x 、 y 、 z 方向的尺寸分别为50mm、30mm和10.5mm;软磁2'采用牌号为DTC4的纯铁材料,其沿 x 、 y 、 z 方向的尺寸分别为30mm、20mm和4.5mm;波荡器周期长度为30mm,磁间隙为9mm,最大退磁场为1.32T。该实例中得到的永磁波荡器磁场强度 B_0 为0.9481。

[0029] 在改进的混合型永磁波荡器磁结构实例中,永磁体1采用牌号为N48H的NdFeB材料,其沿 x 、 y 、 z 方向的尺寸分别为50mm、30mm和8.5mm;永磁层12采用牌号为N38SH的NdFeB材料,其沿 x 、 y 、 z 方向的尺寸分别为50mm、30mm和1.0mm,即,永磁层12与永磁体1的厚度(即 z 方向的尺寸)之比为 $1.0/8.5=0.118$;软磁2采用牌号为DTC4的纯铁材料,其沿 x 、 y 、 z 方向的尺寸分别为30mm、20mm和4.5mm;波荡器周期长度为30mm,磁间隙为9mm,最大退磁场为1.32T。该实施例中得到的永磁波荡器磁场峰值强度 B_0 为1.0448,相比于传统混合型永磁波荡器提高了10.19%,从而证明了本实用新型较大幅度提高了混合型永磁波荡器磁结构的磁场强度 B_0 。

[0030] 以上所述的,仅为本实用新型的较佳实施例,并非用以限定本实用新型的范围,本实用新型的上述实施例还可以做出各种变化。即凡是依据本实用新型申请的权利要求书及说明书内容所作的简单、等效变化与修饰,皆落入本实用新型专利的权利要求保护范围。本实用新型未详尽描述的均为常规技术内容。

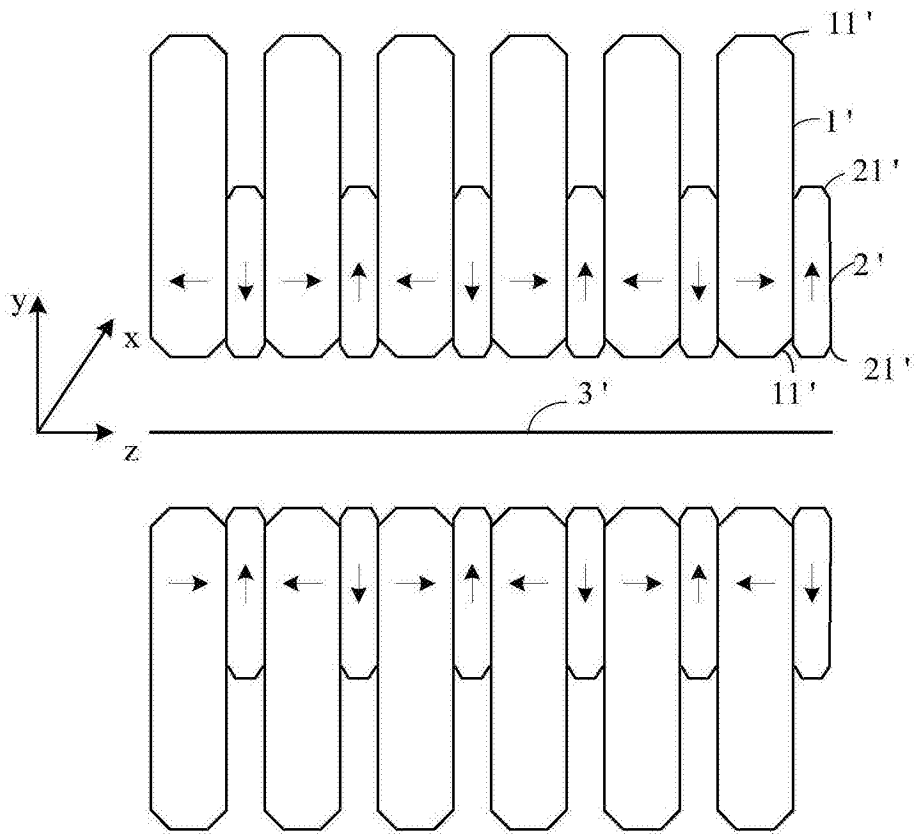


图1

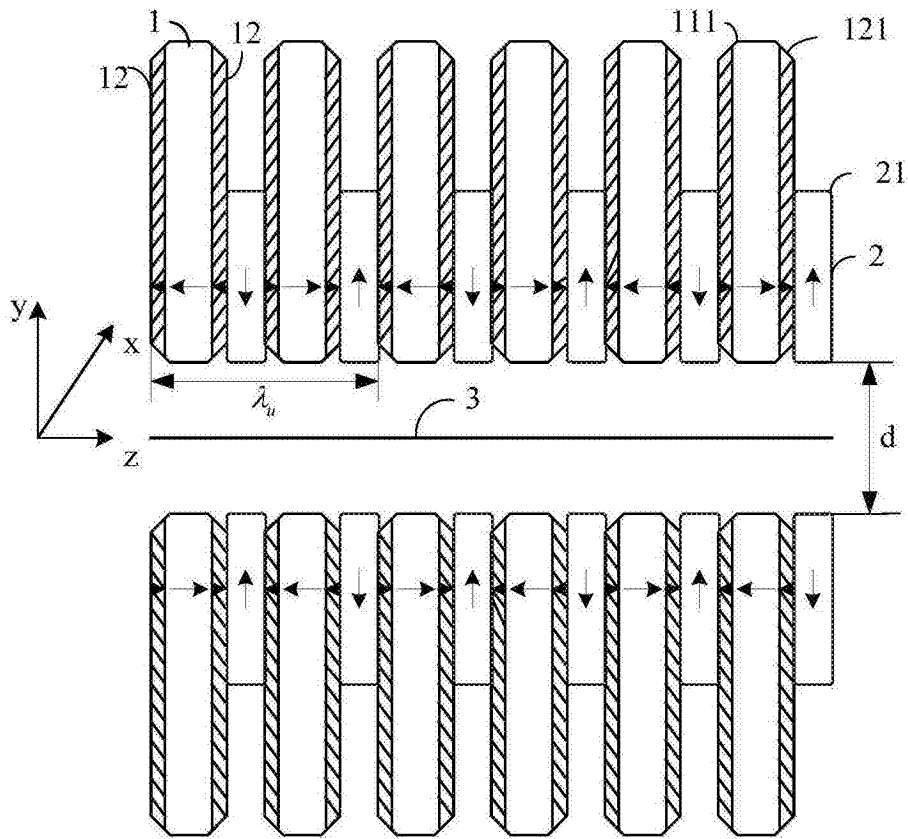


图2