



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107993911 A

(43)申请公布日 2018.05.04

(21)申请号 201711189662.8

(22)申请日 2017.11.24

(71)申请人 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 胡玉禄 高鸾凤 胡权 朱小芳  
杨中海 李斌

(74)专利代理机构 成都宏顺专利代理事务所  
(普通合伙) 51227

代理人 周永宏

(51) Int. Cl.

H01J 23/24(2006.01)

H01J 25/34(2006.01)

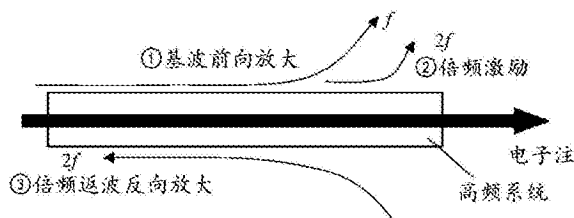
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

## (54)发明名称

一种太赫兹折返式倍频放大器

## (57)摘要

本发明公开一种太赫兹折返式倍频放大器,应用于真空电子技术领域,针对目前太赫兹真空器件所面临的加工难,功率小,相互作用长度短,具有一定功率的高频率太赫兹输入源缺乏等问题;本发明的放大器采用两段式电路,第一段慢波结构中行波相互作用放大,尽可能激励二次谐波作为返波输入源,返波能量沿电子注反向反馈快速放大,最终产生有效群聚的倍频高频电流;第二段慢波结构中群聚的倍频高频电流再次激励放大,淹没基波信号,提高倍频信号输出功率。



1. 一种太赫兹折返式倍频放大器,其特征在於,包括:级联的第一段慢波结构与第二段慢波结构,所述第一段慢波结构与第二段慢波结构共用一个电子注;

在第一段慢波结构中电磁波与电子注互作用,电磁波沿电子注正向放大,得到放大后的基波的频点 $f$ 信号与倍频返波的频点 $2f$ 信号,基波行波的相速与倍频信号相速一致;倍频返波的频点 $2f$ 信号的能量沿电子注反向放大,得到群聚的倍频电流信号;

在第二段慢波结构中,复用群聚的倍频高频电流的电子注与反向电磁波互作用,输出倍频返波能量。

2. 根据权利要求1所述的一种太赫兹折返式倍频放大器,其特征在於,所述第二段慢波结构的工作频点与电子注同步。

## 一种太赫兹折返式倍频放大器

### 技术领域

[0001] 本发明属于真空电子技术领域,特别涉及一种倍频器技术。

### 背景技术

[0002] 广义上将0.1-10THz内的电磁波定义为太赫兹波,属于电子学和光学的过渡频段,具有高频率、穿透性、低能性等特点,太赫兹波在电磁波频谱的交叉位置以及其独特的性质推动了太赫兹频谱在安全检查、生物检测技术、材料科学和国防安全等方面的应用,然而大功率、低造价和便携式的太赫兹源的缺乏仍是限制太赫兹在高分辨率太赫兹雷达系统、超高速超宽带通信系统等军事领域应用推广的主要原因。

[0003] 基于真空电子的太赫兹源由于其带宽宽、输出功率大、稳定性好等固态器件和光子器件无法比肩的优势,取得国内外专家学者的重视和广泛研究。基于真空电子的太赫兹源其核心工作机理是电子注与电磁波的相互作用,在向太赫兹频段拓展时,微波真空器件也面临频率与结构尺寸、输出功率的原理性制约,根据共渡效应,频率增加,结构尺寸急剧缩小。因此到太赫兹频段,传统微波真空器件因其复杂精细的结构,难以实现高精度加工和装配,同时尺寸缩小,也带来电子通道的减小,从而极大地遏制了电流的通过。即便有限度地提高电流密度,也难以有效改变功率下降的局面。由于通道尺寸的缩小,要求电子注更为纤细,也导致磁系统的聚束更加困难,注波相互作用难以长距离维持。

[0004] 一直以来,倍频放大是半导体固态器件产生太赫兹源的主要方式之一,近年来,在真空电子领域有学者提出利用行波管中存在的谐波信号,通过电磁波对电子注调制的调制实现多段慢波结构级联倍频放大,但是这种方法同样面临慢波结构尺寸过小带来的共渡效应,同时级联的方式同样面临注波相互作用电路过长的问题。由此可见,目前太赫兹真空器件所面临的加工难,功率小,相互作用长度短,具有一定功率的高频率太赫兹输入源缺乏等难点,是制约电真空太赫兹功率器件发展的主要因素,因此需要不断探索、寻求新的工作机理。

### 发明内容

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提出一种太赫兹折返式倍频放大器,采用精细加工的多注集成梳齿型慢波结构,将抑制倍频返波激励变成加速返波放大。

[0006] 本发明采用的技术方案为:一种太赫兹折返式倍频放大器,包括:级联的第一段慢波结构与第二段慢波结构,所述第一段慢波结构与第二段慢波结构共用一个电子注;

[0007] 在第一段慢波结构中电磁波与电子注相互作用,电磁波沿电子注正向放大,得到放大后的基波的频点 $f$ 信号与倍频返波的频点 $2f$ 信号,基波行波的相速与倍频信号相速一致;倍频返波的频点 $2f$ 信号的能量沿电子注反向放大,得到群聚的倍频电流信号;

[0008] 在第二段慢波结构中,复用群聚的倍频高频电流的电子注与反向电磁波相互作用,输出倍频返波能量。

[0009] 进一步地,所述第二段慢波结构的工作频点与电子注同步。

[0010] 本发明的有益效果:本发明的一种太赫兹折返式倍频放大器,采用两段式电路,第一段慢波结构中行波相互作用放大,尽可能激励 $2f$ 作为返波输入源,返波能量沿电子注反向反馈快速放大,最终产生有效群聚的倍频高频电流;第二段慢波结构中群聚的倍频高频电流再次激励放大,淹没基波信号,提高倍频信号输出功率;本发明具有以下优点:

[0011] 1、首次提出电子注复用的思路,在两段慢波结构中使用同一个电子注,达到放大谐波的同时提高电子效率;

[0012] 2、首次提出了利用行波管中的返波振荡频率( $2f$ );

[0013] 3、采用行波(前向波)激励倍频信号( $2f$ ),将倍频信号( $2f$ )能量经过注波相互作用转移到电子注上,使电子注继续作用到第二段电路实现倍频信号的振荡增大。

## 附图说明

[0014] 图1是太赫兹折返式倍频放大器原理示意图;

[0015] 图2是太赫兹折返式倍频放大器两段电路色散关系;

[0016] 图3是太赫兹折返式倍频放大器中行波、返波放大示意图。

## 具体实施方式

[0017] 为便于本领域技术人员理解本发明的技术内容,下面结合附图对本发明内容进一步阐释。

[0018] 如图1所示为太赫兹折返式倍频放大器原理示意图;本发明的技术方案为:一种太赫兹折返式倍频放大器,包括:级联的第一段慢波结构与第二段慢波结构,第一段慢波结构与第二段慢波结构共用一个电子注;在第一段慢波结构中基波行波相互作用放大,激励二次谐波作为返波输入源,返波在第一段慢波结构中沿电子注反向放大,产生群聚的倍频高频电流;在第二段慢波结构中,群聚的倍频高频电流再次放大。

[0019] 本发明的第一段慢波结构与第二段慢波结构共用一个电子注进行注波相互作用;第一段慢波结构采取折返结构,如图2所示,色散要求基波行波( $f$ )的相速与返波( $2f$ )的相速一致,放大的行波示意图如图3所示;从而行波放大激励的二次谐波( $2f$ ),能够作为返波反向传输的输入源,放大的返波示意图如图3所示,实现二次谐波即倍频返波的同步放大,从而实现倍频放大。

[0020] 第二段慢波结构采用倍频功率辐射电路,如图2所示,色散要求电子注与倍频返波信号频点( $2f$ )同步,使得实现基波信号抑制的同时级联放大返波电磁波,如图3所示为是太赫兹折返式倍频放大器中行波、返波放大示意图,即为一个工作频率为 $2f$ 的返波管。

[0021] 在实际应用中可采用电磁仿真软件计算第一、第二慢波结构的基波和谐波的色散曲线,通过改变结构尺寸,设计出满足的两种慢波结构;本发明实施例的两段慢波结构可采用多注集成梳齿型慢波结构,该慢波结构由周期排列的金属柱构成一个天然的电子注通道,该慢波结构为全金属结构,热耗散能力强,功率容量大;同时整体性好,加工精度高,成本低。

[0022] 本发明的太赫兹折返式倍频放大器,由抑制倍频返波变为放大倍频返波,在不需要提供外接 $2f$ 的返波输入信号时,实现输出频率为 $2f$ 的太赫兹信号,通过倍频放大的方法大大的减轻了目前真空电子器件对太赫兹源频率的要求;采用多注集成梳齿型慢波结构

具有天然的电子注通道,结构集成性强从而降低了加工难度;使用折返倍频的方式缩短慢波结构长度的同时也缩短了电子注聚焦的长度。

[0023] 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。

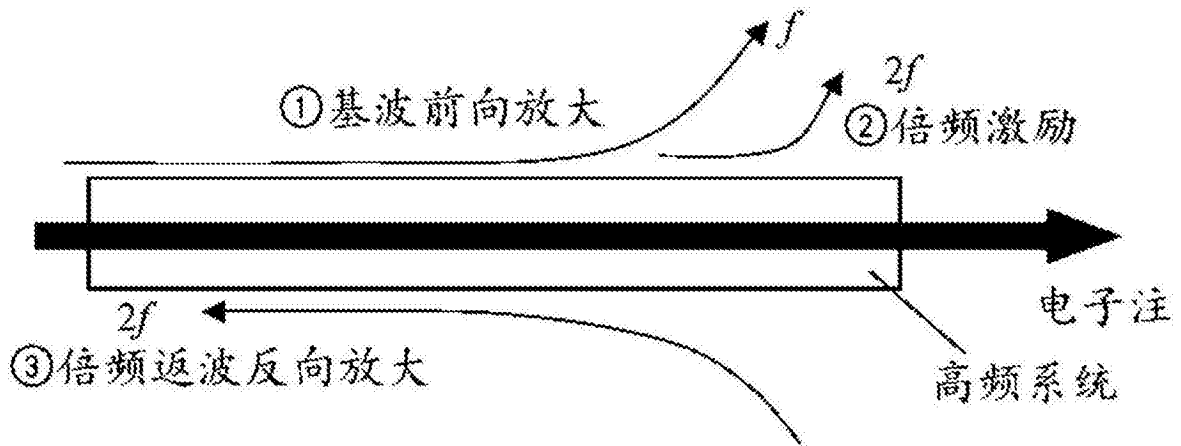


图1

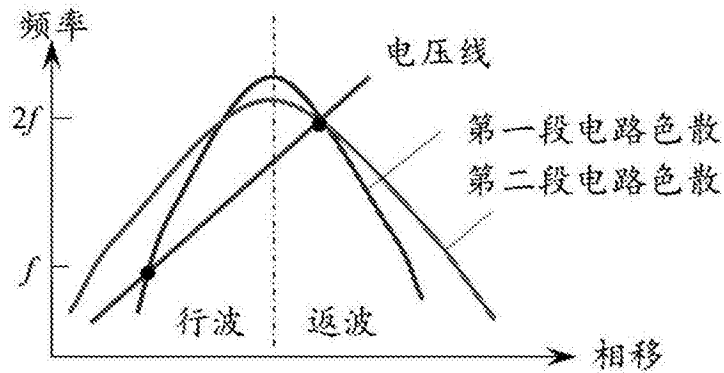


图2

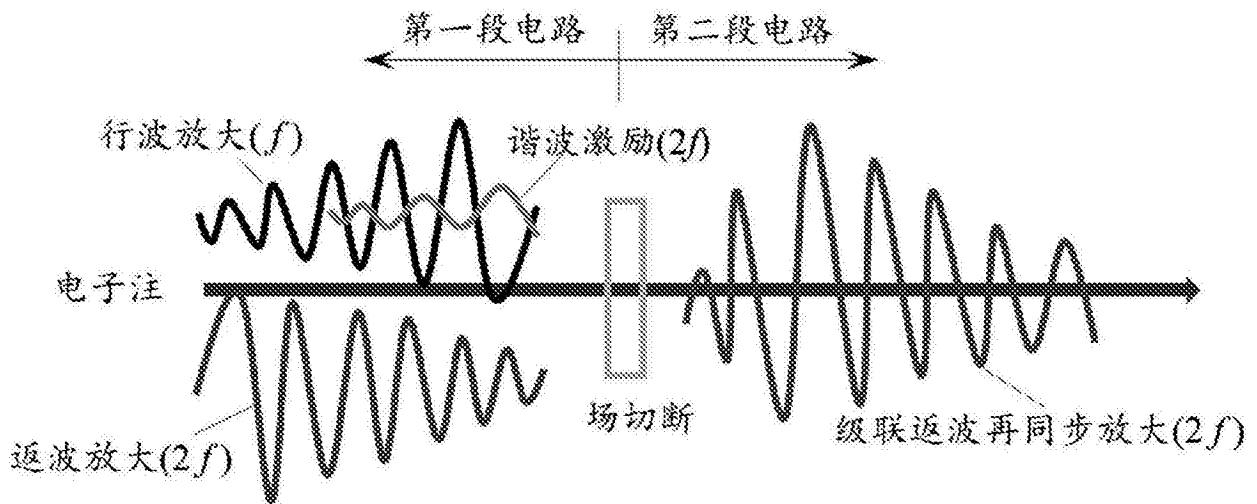


图3