



(21) 申请号 202111590293.X

(22) 申请日 2021.12.23

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114242547 A

(43) 申请公布日 2022.03.25

(73) 专利权人 中国科学院国家空间科学中心

地址 100190 北京市海淀区中关村南二条1号

(72) 发明人 吴伟 刘超 张爱兵 孙越强

(74) 专利代理机构 北京方安思达知识产权代理

有限公司 11472

专利代理师 武玥 王蔚

(51) Int. Cl.

H01J 29/48 (2006.01)

H01J 29/62 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1344008 A, 2002.04.10

JP 2000277029 A, 2000.10.06

审查员 彭雨佳

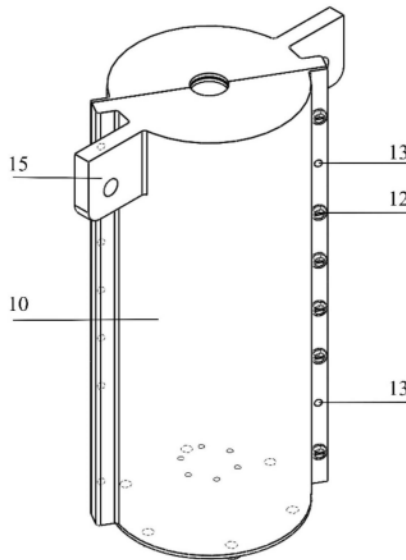
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种低能远焦电子枪

(57) 摘要

本发明涉及电子枪领域,特别是涉及一种低能远焦电子枪,包括:阴极发射体(1)、阴极紧固盖片(16)、阴极底座(2)、阳极(3)和电子枪外壳(10),其特征在于,阳极(3)的前方依次设置有第一透镜组和第二透镜组;第一透镜组和第二透镜组共同构成透镜组,用于聚焦电子束;其中,第一透镜组包括:依次排列的三个相同的且中心具有开孔的单膜孔透镜,单膜孔透镜之间间隔一定距离;第二透镜组包括:依次排列的三个等径不等高的圆筒状电极,圆筒状电极之间间隔一定距离;阴极发射体(1)、阳极(3)、第一透镜组的三个单膜孔透镜和第二透镜组的三个圆筒状电极依次同轴设置。本发明的低能远焦电子枪重量轻,且可以产生低能量、远焦距的电子束。



1. 一种低能远焦电子枪,包括:阴极发射体(1)、阴极紧固盖片(16)、阴极底座(2)、阳极(3)和电子枪外壳(10),其特征在于,所述阴极发射体(1)、阴极底座(2)和阴极紧固盖片(16)共同组成阴极组件;所述阳极(3)的前方依次设置有第一透镜组和第二透镜组,共同用于聚焦电子束;其中,

所述第一透镜组包括:依次排列的三个相同的且中心具有开孔的单膜孔透镜;所述单膜孔透镜之间间隔一定距离;

所述第二透镜组包括:依次排列的三个等径不等高的圆筒状电极;所述圆筒状电极之间间隔一定距离;

所述阴极发射体(1)、阳极(3)、第一透镜组的三个单膜孔透镜和第二透镜组的三个圆筒状电极依次同轴设置;

低能远焦电子枪的低能量为2eV-500eV,远焦距为大于200nm;

所述电子枪外壳(10)由两个旋转对称的半圆形外壳部件组成,两个所述外壳部件通过定位销(13)对齐,并通过紧固螺丝(12)固定;其中,所述外壳部件内侧刻有凹槽,凹槽内嵌套有环形氧化铝陶瓷;所述氧化铝陶瓷内侧具有V型槽,所述阴极发射体(1)、阴极底座(2)、阳极(3)、第一透镜组和第二透镜组通过所述V型槽固定;所述阴极组件、所述阳极(3)、所述第一透镜组的三个单膜孔透镜和所述第二透镜组之间通过氧化铝陶瓷实现电气隔离,并均与所述电子枪外壳(10)电气隔离;

所述阴极组件、阳极(3)、所述第一透镜组的三个单膜孔透镜、第二透镜组的三个圆筒状电极和电子枪外壳(10)均与外接电源装置连接;其中,所述阳极(3)和电子枪外壳(10)接地;所述电子枪通过调节外接电源装置的电压对所述电子枪产生的电子束的束流强度和电子束外形进行调节;或

所述阴极发射体(1)、阴极底座(2)、阳极(3)、第一透镜组、第二透镜组和电子枪外壳(10)均设置有电极引出线预留接口;所述电极引出线预留接口与外接导线焊接,用于与外接电源装置连接;所有电极,即除氧化铝陶瓷外所有部件,均与外接电源装置连接,通过调节所述外接电源的电压对所述电子枪产生的电子束质量进行调节。

2. 根据权利要求1所述的低能远焦电子枪,其特征在于,所述单膜孔透镜的中心开孔的半径为15mm,所述单膜孔透镜之间间隔8mm-12mm。

3. 根据权利要求1所述的低能远焦电子枪,其特征在于,所述第二透镜组的三个等径不等高的圆筒状电极之间间隔1mm-5mm,所述圆筒状电极的半径为20mm;所述的圆筒状电极依次为:第四电极(7)、第五电极(8)和第六电极(9);其中,所述第四电极(7)和第六电极(9)的高度为27mm-31mm,所述第五电极(8)的高度为10mm-14mm,其中,所述第四电极(7)靠近所述第一透镜组。

4. 根据权利要求1所述的低能远焦电子枪,其特征在于,所述阳极(3)与所述阴极发射体(1)的之间的间隔为0.75mm-1.25mm;所述第一透镜组和阳极之间的间隔为5mm,所述第二透镜组和第一透镜组之间的间隔为5mm。

5. 根据权利要求1所述的低能远焦电子枪,其特征在于,所述阴极发射体(1)固定在阴极底座(2)上;所述阴极紧固盖片(16)通过螺丝钉固定在所述阴极底座(2)。

6. 根据权利要求1所述的低能远焦电子枪,其特征在于,所述电子枪外壳(10)还设置有一个预留接口(15),用于与可移动非接触式月表电位探测器连接。

7. 根据权利要求1所述的低能远焦电子枪, 其特征在于, 所述阴极紧固盖片(16)和阳极(3)采用金属钼; 所述第一透镜组、第二透镜组和电子枪外壳(10)均采用不会磁化的金属; 所述阴极发射体(1)采用六硼化镧阴极或者氧化物阴极。

8. 根据权利要求1所述的低能远焦电子枪, 其特征在于, 所述阴极底座(2)上均匀设置减重开孔。

一种低能远焦电子枪

技术领域

[0001] 本发明涉及电子枪领域,特别是涉及一种低能远焦电子枪。

背景技术

[0002] 在空间科学领域,常常采用电子枪产生的电子来测量一些物理量,比如空间电场和空间磁场等。通过观察电子在物理场中的运动,就可以知道场的强度和方向,从而反演出其他的物理量。

[0003] 月球表面直接暴露在太阳风和地球磁场中,月尘、月壤以及月岩等月球表层的物质在太阳风等离子体和太阳光谱的直接作用下,会带上电荷,产生一个电位。为了测量月球表面电位,需要一种主动式、非接触并且可移动的测量方案,通过观察电子在月表电场中的运动,来获取月球表面的充电参数。经过反复论证,一把能够产生低能量(2eV-500eV)、远焦距(大于200mm)电子束的轻型电子枪为我们攻关的关键技术之一。

[0004] 现有的电子枪中,如在工业领域,注重束流的强度或者电流的大小,对电子束的能量、电子枪的尺寸和重量等不做严格要求;在表面科学领域,往往注重束流的聚焦效果以及束流的平行度等,对于焦距长度的要求不高,一般小于50mm;而在电子显微领域,中低能电子枪为了减小像差,经常采用磁聚焦技术,由于磁场的屏蔽非常困难。在空间科学领域,2002年,李春旭等人在论文《空间电子束电聚焦系统的设计》中论述一种电子枪,该电子枪产生的电子束可满足空间焊接和切割的需要,在空间站等航天器的维修中得到应用,类似的电子书切割在苏联和美国已经得到广泛的运用。在国外,1982年,Peter W.Erdman等人在论文“Low-voltage,high-current electron gun”描述了一种在实验室和探空火箭中都成功运用的电子枪。这些电子枪大多数是聚焦性能良好且具有大电流的电子枪,可在很宽的能量范围内调节,既稳定又易于操作,并且具有较轻的重量。

[0005] 但是,空间科学领域的电子枪不具有焦距长和工作距离长的特点,其工作距离往往只有几厘米,焦距也非常短。尤其是当电子束能量低于30eV时,电子束难以聚焦,且容易受到来自空间电场和磁场的干扰,甚至不能引出束流。工业领域、电子显微领域和空间领域应用的电子枪,都是为专门用途设计的,在我们的调研范围内,无法满足宽能量范围、低能、远焦距和长工作距离等参数的要求,以及重量、体积和功耗的严格要求。因此,亟需一把能够产生低能量(2eV-500eV)远焦距(大于200mm)电子束的轻型电子枪。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于,克服现有电子枪无法满足宽能量范围、低能、远焦距和长工作距离参数的要求,以及重量、体积和功耗的严格要求,从而提供一种低能远焦电子枪,以实现低能远焦电子束的控制调节。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案所提供的一种低能远焦电子枪,包括:阴极发射体1、阴极紧固盖片16、阴极底座2、阳极3和电子枪外壳10,其特征在于,所述阳极3的前方依次设置有第一透镜组和第二透镜组;所述第一透镜组和第二透镜组共同构成透镜

组,用于聚焦电子束;其中,

[0008] 所述第一透镜组包括:依次排列的三个相同的且中心具有开孔的单膜孔透镜;所述单膜孔透镜之间间隔一定距离;

[0009] 所述第二透镜组包括:依次排列的三个等径不等高的圆筒状电极;所述圆筒状电极之间间隔一定距离;

[0010] 所述阴极发射体1、所述阳极3、所述第一透镜组的三个单膜孔透镜和所述第二透镜组的三个圆筒状电极依次同轴设置。

[0011] 作为上述装置的一种改进,所述单膜孔透镜的中心开孔的半径为15mm,所述单膜孔透镜之间间隔8mm-12mm。

[0012] 作为上述装置的一种改进,所述圆筒状电极之间间隔1mm-5mm,所述圆筒状电极的半径为20mm;所述三个等径不等高的圆筒状电极依次为:第四电极7、第五电极8和第六电极9;其中,;所述第四电极7和第六电极9的高度为27mm-31mm,所述第五电极8的高度为10mm-14mm其中,所述第四电极7靠近所述第一透镜组。

[0013] 作为上述装置的一种改进,所述阳极3与所述阴极发射体1之间的间隔为0.75mm到1.25mm;所述第一透镜组距离阳极5mm,所述第二透镜组距离第一透镜组5mm;

[0014] 作为上述装置的一种改进,所述阴极发射体1、阴极底座2和阴极紧固盖片16共同组成阴极组件;其中,

[0015] 所述阴极发射体1固定在阴极底座2上;所述阴极紧固盖片16通过螺丝钉固定在所述阴极底座2。

[0016] 作为上述装置的一种改进,所述阴极组件、阳极3、第一透镜组、第二透镜组和电子枪外壳10均与外接电源装置连接;其中,所述阳极3和电子枪外壳10接地;所述电子枪通过调节外接电源装置的电压对所述电子枪产生的电子束的束流强度和电子束外形进行调节。

[0017] 作为上述装置的一种改进,所述电子枪外壳10由两个旋转对称的半圆形外壳部件组成,所述两个外壳部件通过定位销13对齐,并通过紧固螺丝12固定;其中,所述外壳部件内侧刻有凹槽,凹槽内嵌套有环形氧化铝陶瓷;所述氧化铝陶瓷内侧具有V型槽,所述阴极发射体1、阴极底座2、阳极3、第一透镜组和第二透镜组固定在所述V型槽内;所述阴极组件、所述阳极3、所述第一透镜组和所述第二透镜组之间通过氧化铝陶瓷实现电气隔离,并均与所述外壳电气隔离。。

[0018] 作为上述装置的一种改进,所述阴极发射体1、阴极底座2、阳极3、所述第一透镜组的三个单膜孔透镜、第二透镜组的三个圆筒状电极和电子枪外壳10均设置有电极引出线预留接口;所述电极引出线预留接口与外接导线焊接,用于与外接电源装置连接;所有电极,即除氧化铝陶瓷外所有部件,均与外接电源装置连接,通过调节所述外接电源的电压对所述电子枪产生的电子束质量进行调节。

[0019] 所述电子枪外壳10还设置有一个预留接口15,用于与月表电位探测器的其他部件连接。

[0020] 作为上述装置的一种改进,所述阴极紧固盖片16和阳极3采用金属钼;所述第一透镜组、第二透镜组和电子枪外壳10均采用不会磁化的金属;所述阴极发射器1采用六硼化镧阴极或者氧化物阴极,并且所述阴极和所述阴极底座相互绝缘;比如,所述阴极和所述阳极选用钼金属材料,所述第一透镜组和第二透镜组采用铝,所述外壳采用钛合金材料。

[0021] 作为上述装置的一种改进,所述阴极底座2上均匀设置减重开孔。

[0022] 本发明的优点在于:

[0023] 本发明的低能远焦电子枪可以产生低能量(2eV-500eV)远焦距(大于200mm)的电子束,重量轻,其重量仅为500g左右,所有电极均与外接电源装置连接,通过调节所述外接电源的电压对所述电子枪产生的电子束质量进行调节,适合深空探测任务,并且所有电极都通电,可以精确控制所通电压的值;本发明提供的电子枪,第一透镜组和第二透镜组的结构使得电子束在电子枪内部能量较高,可以顺利引出束流,并在电子枪出口处降低能量,即当电子束引出后,能量才降低,抗干扰能力较强。

附图说明

[0024] 图1为本发明低能远焦电子枪的轴测图示意图;

[0025] 图2为本发明低能远焦电子枪阴极组件的结构示意图;

[0026] 图3为本发明低能远焦电子枪枪体的结构剖面示意图;

[0027] 图4为薄透镜组的焦距计算示意图;

[0028] 图5为电气隔离的氧化铝陶瓷;

[0029] 图6为基于SIMION的电子枪仿真电子束外形图@2eV;

[0030] 图7为基于SIMION的电子枪仿真电子束外形图@50eV;

[0031] 图8为基于SIMION的电子枪仿真电子束外形图@500eV。

[0032] 附图标识

[0033]	1、阴极发射体	2、阴极底座	3、阳极
[0034]	4、第一电极	5、第二电极	6、第三电极
[0035]	7、第四电极	8、第五电极	9、第六电极
[0036]	10、电子枪外壳	11、电极引出线预留接口	12、紧固螺丝
[0037]	13、定位销	14、电气隔离氧化铝陶瓷	15、预留接口
[0038]	16、阴极紧固盖片		

具体实施方式

[0039] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0040] 图1为本发明低能远焦电子枪的轴测图示意图。图2为本发明低能远焦电子枪阴极组件的结构示意图。图3为本发明低能远焦电子枪枪体的结构剖面示意图。结合图1、图2和图3所示,本发明提供的低能远焦电子枪包括:阴极发射体1、阴极紧固盖片16、阴极底座2、阳极3和电子枪外壳10,所述阳极3的前方依次设置有第一透镜组和第二透镜组;其中,

[0041] 在本实施例中,所述第一透镜组包括:依次排列的三个相同的且中心具有开孔的单膜孔透镜,分别称为第一电极4、第二电极5、第三电极6;所述第二透镜组包括:依次排列的三个等径不等高的圆筒状电极,分别称为第四电极7、第五电极8、第六电极9;

[0042] 所述阴极发射体1、所述阳极3、所述第一透镜组的三个单膜孔透镜和所述第二透镜组的三个圆筒状电极依次同轴设置。

[0043] 阴极组件、阳极3、第一透镜组和第二透镜组,共同构成电子枪的主体框架结构。

[0044] 如图1所示,电子枪外壳由两个旋转对称的半外筒组成,所述两个外壳部件通过定位销13对齐,并通过紧固螺丝12固定;每个半外筒上有一个预留接口15,用于与测量月表电位仪器的其他部分连接,半外筒竖直方向的两个边各留一个“耳朵”状的条状物,一边厚一边薄,薄的一边等距钻出8个直径2mm的小孔,厚的一边钻出6个螺纹孔,并预留两个定位销13,螺纹孔和定位销的分布如图所示。两个半圆筒状电极合在一起后如图1所示,由紧固螺丝钉12固定。

[0045] 如图2所示,阴极组件由阴极发射体1、阴极底座2和阴极紧固盖片16组成。所述阴极发射体1固定在阴极底座2上;所述阴极紧固盖片16通过螺丝钉固定在所述阴极底座2。本实施例中,阴极发射体采用Kimball Physics的阴极产品做测试。为了保证安装精度,阴极盖片和阴极底座不是通过焊接固定,而是通过6颗螺丝钉把阴极紧固盖片固定在阴极底座上。

[0046] 为了减轻电子枪结构重量,所述阴极底座2上均匀设置减重开孔。本实施例中,在阴极底座2上钻有8个孔。

[0047] 图3所示阴极1和阳极3构成最基本的二极管电子枪结构,阳极3为圆盘状,且中心具有直径为2a的圆形开孔,阴极和阳极相距d,二极管电子枪具有初步的聚焦作用。焦距f为:

$$[0048] \quad f = -3d$$

[0049] 二极管电子枪的束流强度由下面公式决定

$$[0050] \quad P_{\max} = 2.3\pi a^2/d^2 (\mu\text{perv})$$

[0051] 其中, $P_{\max}$ 为导流系数,单位为 μperv ;a为阳极圆形开孔的半径;d为阴极发射体1和阳极3之间的距离。

[0052] 如图3所示,第一透镜组由三片中间开孔的单膜孔透镜组成,孔半径为15mm,所述单膜孔透镜之间间隔8mm-12mm,第一透镜组和阳极间隔5mm。

[0053] 如图3所示,第二透镜组由三个等径圆筒状电极组成,每个圆筒状电极的高度不同,中间间隔相同的距离,筒半径为20mm,第二透镜组和第一透镜组间隔5mm。所述圆筒状电极之间间隔1mm-5mm,所述圆筒状电极的半径为20mm;所述三个等径不等高的圆筒状电极依次为:第四电极7、第五电极8和第六电极9;其中,所述第四电极7和第六电极9的高度为27mm-31mm,所述第五电极8的高度为10mm-14mm其中,所述第四电极7靠近所述第一透镜组。第一透镜组和第二透镜组构成本电子枪的透镜组,用于聚焦电子束。

[0054] 图4为透镜组的焦距计算示意图,其中 α_n 为第n个透镜对平行电子聚焦半角, h_n 为电子在进入第n个透镜时距离光轴,即z轴,的距离, f_n 为第n个透镜的焦距。透镜组的焦距计算公式为:

$$[0055] \quad \begin{bmatrix} a_n \\ h_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{d_{n-1}}{f_n} & \frac{1}{f_n} \\ -d_{n-1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - \frac{d_{n-2}}{f_{n-1}} & \frac{1}{f_{n-1}} \\ -d_{n-2} & 1 \end{bmatrix} \cdots \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{f_1} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ h_0 \end{bmatrix}$$

[0056] a_{n-1} :为电子进入第n个透镜前与z轴方向的夹角;

[0057] a_n :为电子离开第n个透镜前与z轴方向的夹角;

[0058] d_{n-1} :为第n-1透镜与第n透镜的间距;

[0059] h_{n-1} 与 h_n :分别表示在第n-1透镜与第n透镜中电子离z轴的距离。

[0060] 在本实施例中,为了保证电子枪的力学性能,减小电子枪结构重量,本实例而不采

用压接方式。如图5所示,本实施例中,电气隔离的陶瓷开了一个“V”形槽,各电极通过此“V”槽固定在外壳。具体的,所述外壳部件内侧刻有凹槽,凹槽内嵌套有环形氧化铝陶瓷;所述氧化铝陶瓷内侧具有V型槽,所述阴极发射体1、阴极底座2、阳极3、第一透镜组和第二透镜组通过所述V型槽固定;所述阴极组件、所述阳极3、所述第一透镜组、所述第二透镜组和所述外壳之间通过氧化铝陶瓷实现电气隔离。

[0061] 所述阴极组件、阳极3、所述第一透镜组的三个单膜孔透镜、所述第二透镜组的三个圆筒状电极和电子枪外壳10均设置有电极引出线预留接口;所述电极引出线预留接口与外接导线焊接,用于与外接电源装置连接;所述电子枪通过调节外接电源装置的电压对所述电子枪产生的电子束的束流强度和电子束外形进行调节。

[0062] 如图6所示,在电子枪能量为2eV时,电子枪引出的电子束似乎是平行电子束,然而,如仿真的电子束的相图显示,此时电子束大多数电子是被聚焦的,但是也有一部分的电子的运动状态不符合设计要求,这些电子或者平行飞出,或者偏转角度过大,因此,低能电子束难以聚焦。

[0063] 除此之外,我们还能看到,当电子枪的能量设置为2eV时,有很大一部分电子会轰击阳极和第六电极,这意味着阴极发出的电流很大一部分被这两个电极分流,这部分电流是不可用的。因此,给这两个电极选择电源时,应该重点关注对应电源的电流值,阳极和第六电极的电源的电流值应该比被其分流的电流值大一至两倍。

[0064] 如图7所示,当电子枪的能量设置为50eV时,电子枪的聚焦性能良好,基本满足设计要求。除此之外,阴极发出的电子只有小部分轰击阳极,而不会轰击到第六电极,说明阴极发出的电流只有小部分被阳极分流,绝大部分电流可以用来进行探测工作。

[0065] 如图8所示,当电子枪能量设置为500eV时,电子束很细,电子枪的聚焦性能好,由于此时电子束的能量相对较高,抗干扰能力也更强。而且,我们可以看到,阴极发出的电流只有很小部分被阳极分流,可用于探测的电流更大,这也意味着,相同引出电流要求下,高能的时候阴极的工作温度更低,仪器的功耗也更小。

[0066] 从上述对本发明的具体描述可以看出,本发明提供的低能远焦电子枪可以产生低能量(2eV-500eV)远焦距(大于200mm)的电子束,重量轻,其重量仅为500g左右,所有电极均与外接电源装置连接,通过调节所述外接电源的电压对所述电子枪产生的电子束质量进行调节,适合深空探测任务,并且所有电极都通电,可以精确控制所通电压的值;本发明提供的电子枪,第一透镜组和第二透镜组的结构使得电子束在电子枪内部能量较高,可以顺利引出束流,并在电子枪出口处降低能量,即当电子束引出后,能量才降低,抗干扰能力较强。

[0067] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

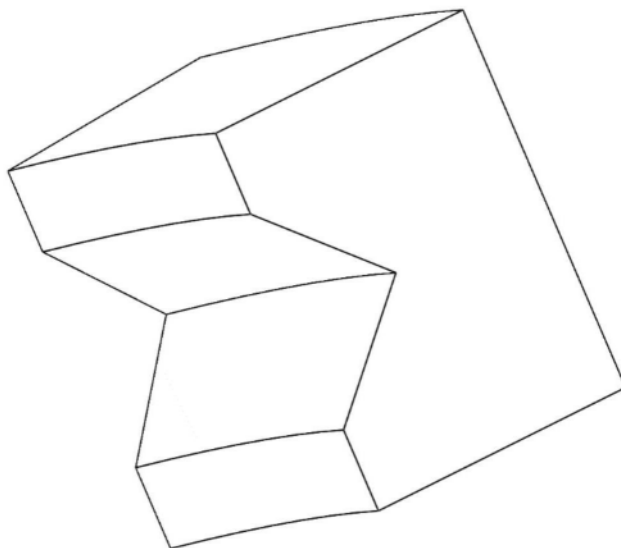


图5

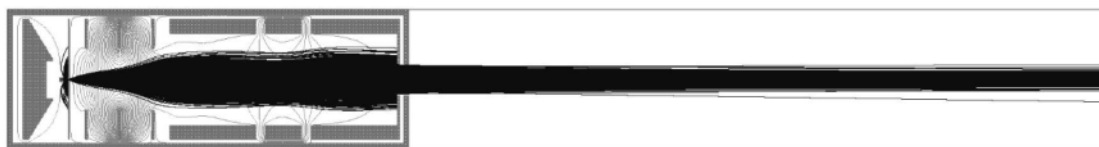


图6



图7



图8