

321 型束流剖面监测仪在离子束技术中的应用

孙义林 关安民

(中国科学院上海冶金研究所)

关键词: 束流剖面监测仪 叶片式探针 离子源 等离子体发射面 等离子体密度 束剖面

束流剖面监测仪是监测带电粒子束在传输过程中状态变化的一种装置。该装置的叶片式探针(以下简称探针)安装在粒子加速器、同位素分离器和离子注入机等监测位置上并由它把截获的信号显示在示波器屏上便可观察到沿束横截面束流密度分布曲线(以下简称束形)。通过束形变化我们可定性地判断束流强度、束流品质和它在束管道中的相对位置等。因此,它在国外各种类型的粒子加速器上广为使用。

随着我国离子束和电子束技术在各方面的扩大应用,对于束流监测手段已经提出迫切要求。因此,我们参考有关资料使用国产元件成功地研制了 321 型束流剖面监测仪(以下简称剖面仪)并在离子源实验台上研究了它的使用。

一、实验装置和工作原理

剖面仪是由叶片式的探针、驱动机构和电源控制箱组成,如图 1 所示。探针在与水平呈 45° 角的摇臂带动下,在垂直于束轴线的平面,振幅为 $\pm 20^\circ$ 的范围内往复摆动切割束流。探针的双叶片张角为 110° ,它们分别以接近于束剖面的 X 轴和 Y 轴的轨迹摆动扫描,将其截获的束

流信号直接送入示波器显示在屏幕上的 Y 轴信号。驱动机构采用外磁式动圈机构,在磁场中的线圈由电源控制箱提供的正弦信号带动探针往复摆动,并将其感生电势差放大滤相处理后送入示波器显示在屏幕上的 X 轴信号作为探针的摆幅。

这样,就在示波器屏上显示出离子束流的 X、

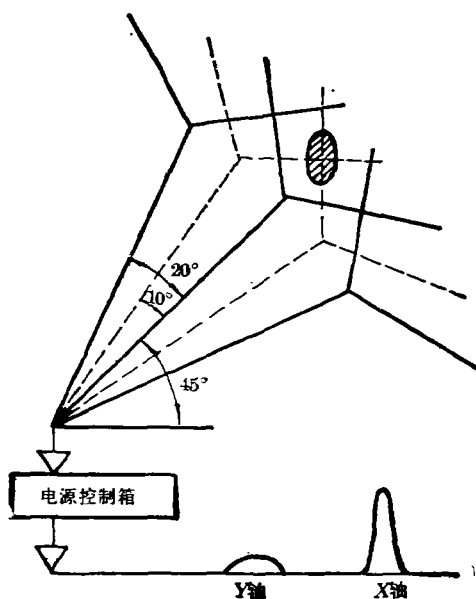


图 1 探针摆动轨迹和束流剖面分布

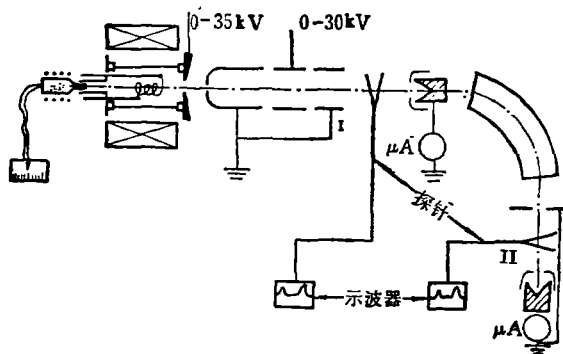


图 2 离子源实验台及其探针监测位置示意图

Y 两个横截面的离子流密度分布束形, 峰高表明离子束流密度, 峰宽是束径, 束形包围的面积就是总的束流强度。根据束形变化可判断束径大小、束流的强弱和束流的品质等。

束形的变化可能主要受到离子源等离子体发射面形状和位置变化的影响, 等离子体发射面形状和位置又受到离子源发射孔附近的等离子体浓度变化影响^[1]。故等离子体浓度变化可能引起等离子体发射面呈凸形、平形和凹形。它影响到沿束横截面上的离子束流密度分布, 从而决定了束形状, 例如均匀束、中空束和中密束等。等离子体发射面的形状和位置变化是影响离子束品质的重要因素, 但并非全部因素, 如束流传输中透镜等束流元件的影响。离子源等离子体发射面的形状难以直接检测, 为控制离子束品质, 及时地调整离子源参数对束形进行监测分析是非常有效的方法。此外, 束形直接反映了束径大小及束流密度, 通过分析束流传输中束形变化也是监视束流传输和选择透镜等输流元件参数匹配的有效手段。

剖面仪的工作是在离子源实验台(图 2)上进行的。探针分别装在单透镜后约 500mm 处及磁铁出口约 1000mm 处, 用以监测离子源的运行状态和束流品质等。

二、实验结果与讨论

1. 监测离子源的工作状态 在离子源运行时, 依靠一般通用的仪表监视离子源往往不能直观而迅速地反映其各项放电参数匹配的结果。而使用剖面仪则可直接观察其获得的束形变化, 就能迅速准确地判断离子源的工作状态。在离子源引出参数基本相同而放电参数不同的情况下, 通过图 1 所示的探针 I 监测而获得的几种典型束形如图 3 所示。图 3 表明:

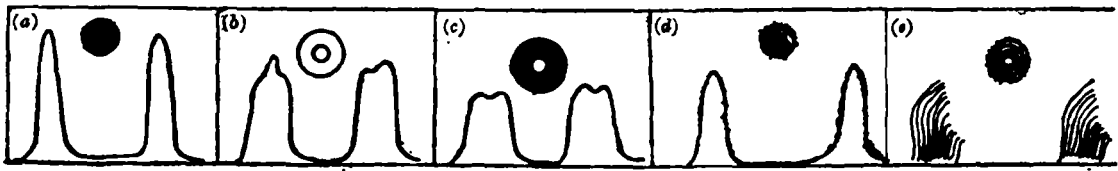


图 3 不同放电参数下得到的典型束形
 V_A : 弧压 I_A : 弧流 I_H : 离子源磁场电流

形成上列束形的放电参数			
项目	$V_A(V)$	$I_A(A)$	$I_H(A)$
a	28.0	0.75	0.80
b	28.0	1.20	0.25
c	35.0	1.70	0.22
d	80.0	1.50	1.35
e	—	—	—

1) 离子源工作处于参数匹配最佳状态得到的束形呈高斯分布, 即均匀束形, 如图 3a 所示。它是用 Mg 蒸气放电引出的, 它表明离子源运行稳定, 放电和引出参数匹配得当, 等离子体发射面呈平面。

2) 离子源工作参数匹配不当而得到的束形呈顶部凸出和顶部凹入的两种图形, 即中密束形和中空束形, 如图 3(b、c) 所示, 它们是用 Mg 蒸气放电引出的, 前者表明束流断面中心密度过高, 后者表明中心密度过低。然而, 指示离子源运行参数的其他通用仪表此时却无所反映。

3)离子源工作参数超出匹配的临界值时引起等离子体发射面轻微“nash”振荡,出现边缘呈毛疵状的束形,如图3(d)所示,它是用Ar气放电引出的。然而,指示离子源工作的其他通用仪表此时却无异常反映。如果不及时调节有关放电参数,消除振荡束形,其离子源放电状态就继续恶化,出现紊乱束形,如图3(e)所示,直至放电被迫停止。

综上所述,使用剖面仪监视离子源工作状态具有迅速、准确和直观的优点。

2. 监测离子源最佳束流的形成 一般说来,我们希望在直管中获得流强大、品质好的离子束流,这对于束流在传输中减少损失,使之顺利地到达靶上,提高机器工作效率是很重要的。

本实验用Ar放电,在引出电压 V_{EX} 和聚焦电压 V_F 都不变的情况下,总束流 I_T 与离子源轴向磁场电流 I_H 的关系和对应于各点 I_T 的束形变化均示于图4。

图4表明,在引出参数 V_{EX} 和 V_F 一定的情况下, I_T 随 I_H 上升而增加。在弱磁场的情况下,等离子体浓度低,其发射面可能呈凹形,获得的离子束流密度低,发散角大,故束形低而宽。随着磁场强度的增加,等离子体浓度也增加,束形近似地呈高斯分布即均匀束,如图4中的1、2、3、4和5的束形变化。

继续增加磁场强度时,等离子体浓度也继续增加,束流呈发散状态,如图4中的6、7、8和9的束形变化。

上述结果表明,当 $I_H=0.3A$ 左右, $I_T=300\mu A$ 时,束形5为最佳束流的形成值,束形5有利于束流传输。然而束形6、7、8和9虽然对应它们各点的 I_T 均大于束形5,但是它们均呈发散状态,这不仅不利于束流传输而且增加了系统中有关离子光学元件的负载,降低了它们的使用寿命。

3. 束流传输中最佳参数的匹配 束流输运参数匹配是否得当是直接关系到靶流的大小

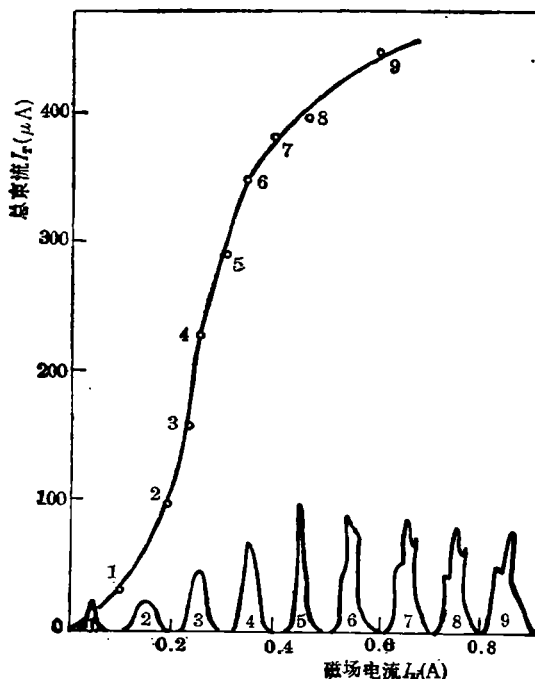


图4 离子源轴向磁场电流 I_H 对引出总束流 I_T 的影响以及对应 I_H 各点的束形变化

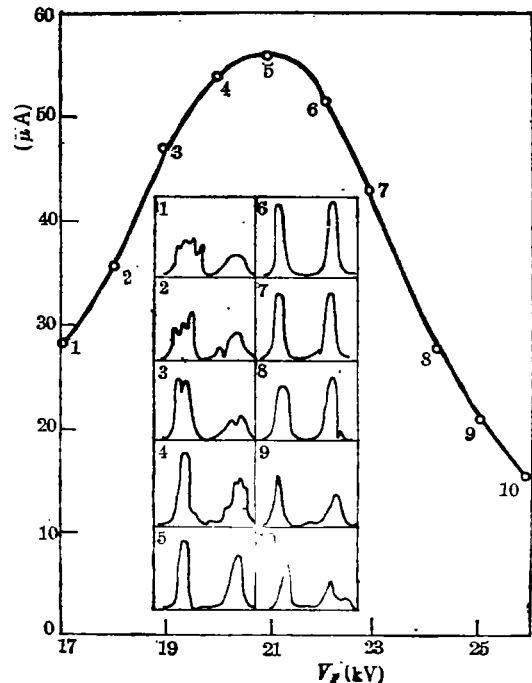


图5 单透镜聚焦电压(V_F)对于靶上流强及束形的影响

与品质。离子源实验台是较为简单的束流输运系统,仅包括初聚单透镜及其磁分析器,也存在着输运参数的匹配。

图5给出了单透镜聚焦电压 V_F 变化对靶上束流大小及其相应的束形的影响。实验是用 Ar^+ 束在30keV能量引出的情况下进行的。当聚焦电压较低时聚焦能力不足,束流发散,大量束流被磁分析器真空盒堵截,故通过磁分析器到达靶上的束流较小,又因与磁分析器的物点不匹配产生较大的象差,故束形峰低矮而畸变。随着聚焦电压 V_F 的升高,束流逐渐会聚,并使单透镜产生的束腰与磁铁的物点相接近,使靶流上升并达到最大值,束形峰也显著上升逐渐呈高斯分布。在聚焦电压 $V_F=21\text{kV}$ 时有束流的最大值,也呈现出接近高斯分布的束流。在该系统上是传输匹配最佳状态。随着聚焦电压的升高,由于使束流产生过会聚的发散,严重偏离了磁分析器的物距,扩大了象差,增加了束流在真空盒中的损耗,造成靶流的降低,其束形产生畸变。由于探针II和法拉弟筒不在同一位置上,相距120mm,故法拉弟筒接受最大束流与探针II测得最佳束形稍有差别。

三、结 束 语

1. 由于剖面仪的探针直接监测束流,所以控制束流的任何一种参数变化都会引起束形变化,这一变化信号以直观图形立刻显示在示波器屏上,故它的监测具有比其他通用仪表更为直接、迅速和准确的优点。

2. 由于探针结构简单和外壳较小,故接入系统方便,甚至可去掉外壳,把探针和驱动机构装入系统就可实现监测目的。

鉴于上述特点该剖面仪在研究和应用离子束技术中是‘诊断’束流变化的良好装置。

参 考 文 献

[1] 李公攀等,原子能科学技术,1,46(1981)。

(1984年1月9日收到)

简 讯

液体闪烁活度计量仪通过鉴定

由上海原子核研究所研制成功的“液体闪烁活度计量仪”鉴定会于1985年9月24日至26日在上海市举行。参加鉴定的有中国计量院、上海计量局、上海医科大学、北京生物物理所、复旦大学、苏州医学院和上海原子核所等单位的五十名代表。测试小组进行了认真的测试和严格的考核。上海原子核所名誉所长张家骅先生亲自主持鉴定会。会上,蓝云霞、王章智和李铭尧同志分别作了“研制工作概况”、“仪器与实验”和“TDCR理论曲线”的报告。

与会代表一致认为,液体闪烁活度计量仪是我国国内首创的采用三管符合的高精度液体闪烁计量仪,它的研制建立在较系统的理论分析和计算基础上。本仪器具有精度高、结构紧凑、操作简便、省时和计数效率高优点。仪器采用的移动测量并位进行效率外推的方法是先进、可靠的。

测试表明:该仪器可进行基准水平的 α 、 β 活度绝对测量,总不确定度(99.7%置信水平): ^3H 为1.5%, ^{14}C 等其它核素为1%。用本仪器测量了英国国家标准局(NBS)提供的氚水(总不确定度为 $\pm 0.63\%$)及 ^{63}Ni (总不确定度为 $\pm 0.9\%$)标准源,偏差小于 $\pm 1\%$;对英国放射中心(RCC)的甲种碳-14标准源的测试结果也均在误差范围内符合。

(知 日)

Determination of the invar characteristics of Fe-B and Fe-B-Si amorphous alloys by Mössbauer spectroscopy method

Yu Enhua Liu Yueying
(Northeast Institute of Technology)

The Mössbauer spectra of Fe-B and Fe-B-Si amorphous alloys at room temperature were determined and a computer programme was created to fit the curves. The parameters of these spectra and the spinning of the iron atoms were evaluated. The spectral characteristics of the amorphous alloys as compared with the ones of their crystals were analyzed, and the physical nature of the invar amorphous alloys was discussed.

Keywords: Mössbauer spectrum amorphous alloys fitting programme

Determination of impurity in the ion beams of Van de Graaff accelerator

Jiang Songsheng Cui Yunfeng Li Qian Wang Xun
(Institute of Atomic Energy, Academia Sinica)

In this work Rutherford scattering technique was used to determine the unwanted accelerated ions which have the similar charge-mass ratio to the main required beam after the magnetic analyzer. The principle of this technique, the experimental arrangement, and determinations of H_2^+ ions in the D^+ ion beam from deuterium ion source and D^+ ions in the H_2^+ ion beam from hydrogen ion source are described.

Keywords: Van de Graaff accelerator ion beam beam impurity
Rutherford scattering technique H_2^+ ions D^+ ions

Application of 321 model beam profile monitor to ion beam technique

Sun Yilin Guan Anmin
(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica)

The application of 321 model beam profile monitor in our ion source test bench is introduced in this paper with a brief description of its structure and working principle. In our case this monitor is applied to control the working condition of ion source for optimum ion beam formation. Experimental results show that this monitor with continuous display is very useful and convenient for ion beam techniques.

Keywords: beam profile monitor vane-type probe ion source
plasma boundary plasma density profile of beam