

HIRFL 装置的 ECR 离子源

刘占稳 张 汶 魏宝文

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

摘 要 本文报导了 ECR 源对接于 SFC 束运线前后的一些实验改进工作, 给出在该源上使用冷阴极电子枪的初步实验结果。

关键词 离子源, 电子回旋共振, 磁镜, 电子枪。

ECR(电子回旋共振)离子源是目前最适于重离子加速器的高电荷态离子源, 它能提供从固体元素到气体元素的各种高电荷态离子。1988 年, 我所从法国引进了一台 10GHz 的 ECR 源, 1989 年配齐了该源所需的外围设备, 并在试验台上开始正常工作。1990 年, 提供北京物理所做原子物理实验。1992 年初, 开始给 SFC 供束。实践结果表明, ECR 源的使用无论对 HIRFL 的调试还是运行都起到了良好作用。

1 CAPRICE 型 ECR 源简介

CAPRICE 是一个两级共振源。第一共振游离级位于石英管内, 产生初始游离等离子体并扩散于腔体中, 可产生一个具有封闭 ECR 共振面的游离级, 并把离子剥离至高电荷态, 然后被吸极引出。源内等离子体游离所需能量是由经过微波窗馈入的微波电场提供, 所以这是一种无电极放电, 保证了该源的长期稳定运行性能。

作为高电荷态离子源, 它有如下几个结构特点:

(1) 由于等离子体中电子是通过回旋共振由微波电场加速, 所以具有很高的动能。

(2) 完善的等离子体约束使离子有充分时间被游离。磁约束是由两对线包提供的轴向磁镜场和六极永久磁体提供的径向约束场实现。

(3) 在腔中仅有最低的中性气体气压, 减少了离子的复合损失。

2 源体注入锥的改进

该实验是在试验台上进行的。为改善第二级等离子体约束条件以及第一级往第二级的等离子体注入条件, 我们把注入锥作了改进, 改进后磁场峰变得更陡、更高。

改进前后源体引出束流的微安数列于表 1。从 Ar^{8+} 离子源优化后的引出束谱可以看出, 这时低电荷态束流成分大为降低。

表 1 注入锥改进的引出束流微安数

工作气体 电荷态	O	Ne	Ar	Xe
3	315/390			
4		124/300		
5	220/220			
6	206/205	100/155		
7		25.4/35	108/183	
8			110/220	
9			56/105	
11			8.2/15	
15				22/25

* 左边数据对应原来锥

3 对 ECR 源的进一步改进

当把 ECR 源配接于 SFC 后, 发现源体线包的高压强冷却水显得供应不足, 唯一的办法是既设法降低线包供电电流而又保证源体所必需的磁镜场约束能力, 为此我们把注入锥部分地改用钴钢材料, 而吸极由原来的不锈钢部

分的改成软铁材料,此外适当加厚了引出处源体线包外法兰的厚度.改进后磁镜场具有更好约束力.

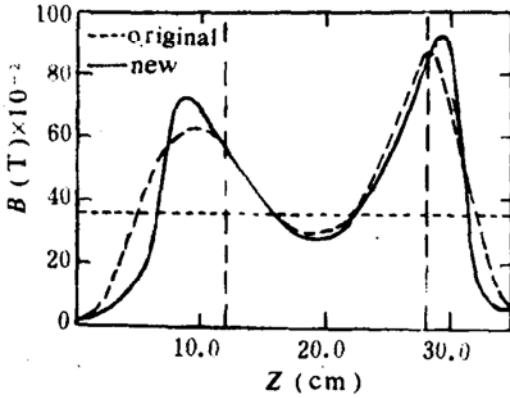


图 1 改进后磁场沿源轴分布.改进前,磁镜场线包电流 $I_1=1120A, I_2=1110A,$ 改进后, $I_1=1062A, I_2=974A$

图 1 示出采用所有的改进措施后,源体磁镜场沿轴向的分布.这时,离子源线包电功率对注入端降低 10%,引出端降低 20%,而 Ar^{8+} 束流可增加 20%.

4 冷阴极电子枪在 ECR 源中的初步试验

近年来,采用热阴极电子枪置于 ECR 源第一级附近以代替原来的第一游离级,已证实

为是一种非常成功的办法.由于我们的 ECR 源结构限制,只能使用结构简单的冷阴极电子枪.其结构示于图 2.枪的阴极由钽片作成,当把钽片置于腔体内等离子体外某处并被偏置到负 50V 左右的电位时,离子源所引出的 Ar^{8+} 离子流增加约 70%,且所需微波功率可从通常的 500W 降至 360W.

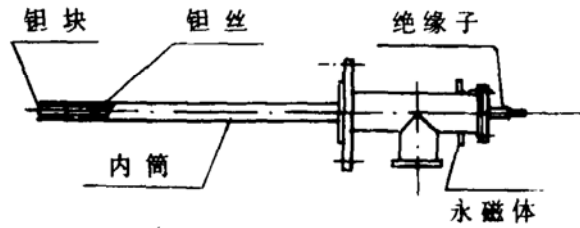


图 2 CAPRICE 源用冷阴极

该实验仅是初步的,且电子枪和其附属部件仍有待完善和正规化,所以目前并未正式用于 ECR 源运行.然而通过试验证实了使用电子枪的有效性.此外,当把电子枪阴极材料改用不同金属时,可期望通过等离子体中离子对阴极的溅射而获得足够的金属蒸气,蒸气量可以由阴极偏压调节.这种方法可能成为 ECR 提供金属离子时的一种简单和有效的金属蒸气供给方法.

ECR Ion Source for HIRFL

Liu Zhanwen Zhang Wen Wei Baowen

(Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou 730000)

Abstract Some source modifications and tests before and after installing the source to SFC beam line are reported. A preliminary study on an electron gun with cold cathode used in CAPRICE type ECR source is presented.

Key Words ion source, ECR, magnetic mirror, electron gun.