

直接引出负离子的永磁 PIG 离子源

于金祥 宋执中 任晓堂

(北京大学重离子物理研究所 北京 100871)

摘 要 介绍了两种引出负离子的永磁 PIG 离子源,它们可用于直接引出电子亲合势较大元素的负离子,如 H、C、O、F 等负离子.当两者均采用 LaB₆ 阴极,在饱和引出电压下,永磁边引出 PIG 源可获得 O⁻离子 130μA、F⁻离子 75μA,功率消耗分别为 110W 和 280W.永磁端引出 PIG 源可引出 H⁻离子 50μA,O⁻和 F⁻离子 1~2mA,而功耗仅分别约为 40、50 和 100W.

关键词 永磁 负离子 PIG 源 边引出 端引出

1 引 言

负离子源已被广泛用在串列静电加速器上,目前应用较多的是铯溅射负离子源,但是这类源通常结构复杂、功率消耗较大、电控量多,不易操作.因此,研制简易高效的负离子源,一直是人们孜孜以求的.近年来的工作表明:由北京大学研制的永磁 PIG 离子源^[1~4],不仅用于引出正离子,而且还可引出数量可观的负离子,尤其适于引出电子亲合势较大的氧、氟等原子的负离子.它具有结构简单、电控量单一、功耗小等优点,可作为低流强 RFQ 离子注入机和串列静电加速器的专用离子源.由于其引出区附近存在一与引出束流垂直的磁场,无需另加磁过滤器,就可有效的清除通常负离子源中引出束流中的电子成分.因此,引出高压电源负载很低,这对实际应用是很有益的.

2 源的结构

实验用永磁 PIG 源,通常用于引出气体正离子的边引出 PIG 源(见图 1)和由气体与固体产生正离子的端引出 PIG 源(见图 2).源的磁场由尺寸为 $\Phi 30 \times (25 \sim 30)$ mm 的 SmCo 磁钢产生.为提高负离子产额,阴极材料采用 LaB₆.源的基本结构尺寸与电磁参数如表 1 所示.

表 1 永磁 PIG 源参数(单位 mm)

| 源型 | 阴极 间距 | 阳极 | 离子溢 出孔 | 平均 磁场 | 外形尺寸 |
|------------|-------------------|----|---------------------|-------------------|--------------------------|
| 边引出 PIG | $\Phi 6 \times 4$ | 30 | $\Phi 10 \times 34$ | $\Phi 3$ | 0.2T 200×100×110 |
| 端引出 PIG | $\Phi 6 \times 4$ | 6 | 盘片 $\Phi 7$ 孔 | $\Phi 3 \times 4$ | 0.1T $\Phi 80 \times 70$ |

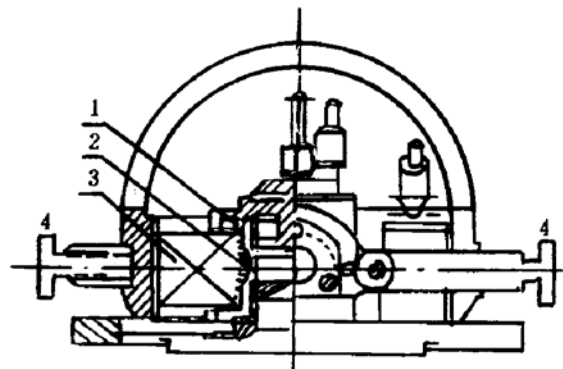


图 1 永磁边引出 PIG 离子源. 1. SmCo 磁钢 2. 阴极 3. 阳极

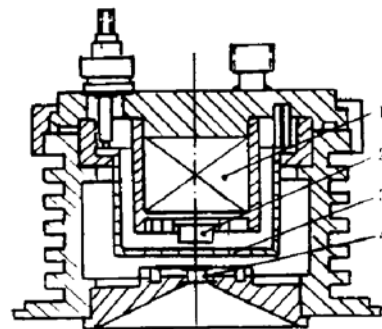


图 2 永磁端引出 PIG 离子源. 1. SmCo 磁钢 2. 对阴极 3. 阳极 4. 阴极

3 负离子引出

目前,由这两种源已引出了 H、C、O、F 等负离子. 因为元素的电子亲合势小于其第一电离电位, 因此为获得较高的负离子产额, 应尽量降低放电电压. 在一定的放电条件下, 选用电子发射系数高的阴极材料将有助于降低放电电压. 所以采用电子发射系数高的 LaB₆ 做阴极. 工作气体分别为 H₂、CO₂、O₂ 及 BF₃ 等. 当放电电流在 50~250mA 间变化时, 源的放电平稳. 采用 BF₃ 气体放电, 放电电压约高一倍, 这是由于在 BF₃ 气体作用下, LaB₆ 阴极活性降低所致. 由这两种源所引出的负离子流强和功率消耗如表 2 所示.

表 2

| 源型 | 负离子种类 | 流强 (μA) | 引出电压 (kV) | 工作气体 | 功率 (W) |
|-------|----------------|---------|-----------|-----------------------------------------------|--------|
| 边引出 | O ⁻ | 130.5 | 15 | O ₂ | 112.5 |
| PIG 源 | F ⁻ | 75 | 15 | BF ₃ | 280 |
| 端引出 | H ⁻ | 54 | 20 | H ₂ +O ₂ | 40 |
| | O ⁻ | 1397 | 25 | O ₂ +C ₂ H ₂ | 50 |
| PIG 源 | F ⁻ | 1800 | 20 | BF ₃ | 75 |

永磁 PIG 源在引出负离子时, 引出的负

离子流强可用 $I=kV^\alpha$ 描述, 式中 k 、 α 值与所用源型和工作气体有关. 对于边引出 PIG 源氧气放电时, α 值一般在 0.1~0.2 之间. 而对于端引出 PIG 源放电气体为氢、氧、三氟化硼时, α 值分别为 0.39、0.80 和 0.90~1.0.

4 结束语

永磁 PIG 源引出负离子的工作还刚刚开始, 更进一步的工作, 如不同阴极材料对负离子的产额和引出总流强大小的影响, 如何提高电子亲合势较小元素的负离子的产额, 以及源的结构优化等尚待研究. 尽管如此, 已开展的实验表明永磁边引出 PIG 源可用于串列静电加速器产生 C⁻、O⁻、F⁻ 等负离子, 永磁端引出 PIG 源可用于离子注入机.

参 考 文 献

- 1 Song Zhizhong, Yu Jinxiang, Li Renxing, et al. IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-32, 1985, 5
- 2 Song Zhizhong, Yu Jinxiang, Li Renxing, et al. Vacuum, 1986, 36(11~12): 897
- 3 Yu Jinxiang, Song Zhizhong, Ren Xiaotang, et al. Rev. Sci. Instrum., 1994, 65(4): 1337
- 4 于金祥. 核技术, 1986, 7: 11

Direct Extracting Negative Ions From PIG Ion Sources with Permanent Magnet

Yu Jinxiang Song Zhizhong Ren Xiaotang

(Institute of Heavy Ion Physics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract Two kinds of permanent magnet PIG ion sources are introduced, which can be used for direct extracting negative ions of the elements with larger electron affinity, such as H, C, O, F etc. By using LaB₆ cathodes and at saturation extraction voltage, 130 μA of O⁻ and 75 μA of F⁻ ions were extracted from the side extraction PIG ion source, its power consumption is 110 and 280W, respectively, and for end extraction PIG ion source, 50 μA of H⁻, 1~2 mA of O⁻ and F⁻ ion beam have been delivered and the power consumption is only 40, 50 and 100W, respectively.

Key Words permanent magnet negative ion PIG ion source side extraction end extraction