

碳剥离膜结构的研究

张宏斌 卢子伟 徐珊珊 肖国青 李占奎

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

摘要 碳剥离膜可用交流电弧法或直流电弧法来制备,也可用交直流电弧来做多层膜。不同制备方法的碳剥离膜有不同的寿命,表明不同制备方法的碳膜有着不同的微观结构。本文对不同制备方法的碳剥离膜的微观结构做了 SEM/TEM 照片测试,分析了碳剥离膜结构对碳剥离膜寿命的影响。

关键词 碳剥离膜, SEM/TEM, 交流/直流电弧法

中图分类号 O571.1, TB43

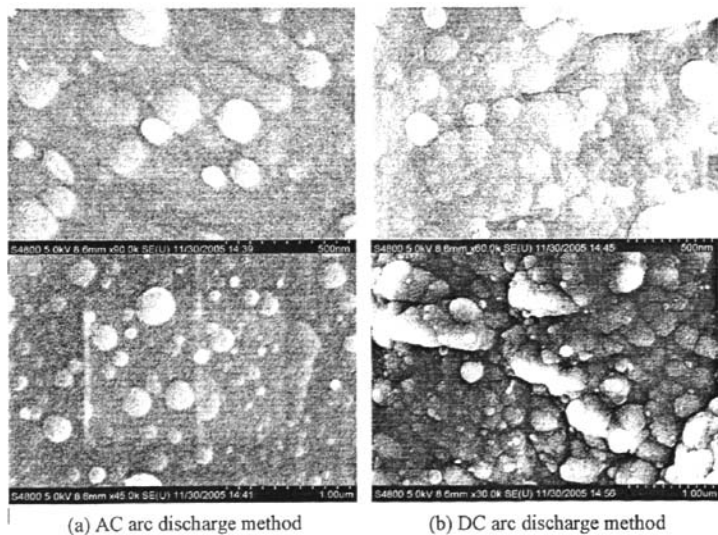
在加速器中,碳膜通常作为剥离体来改变离子的电荷态^[1],其使用寿命直接影响加速器运行状态。碳剥离膜可用交流电弧法或者直流电弧法制备^[2],也可做成多层膜。影响碳膜寿命的因素很多,但最终都归结为碳膜的微观结构差异。在相同的离子束流条件下,不同制备方法的碳膜的寿命不同^[3-5],可以推测不同制备方法的碳膜的微观结构不同。

兰州重离子加速器冷却储存环主环(HIRFL-CSR_m)用碳剥离膜成功地完成了离子的剥离注入,使主环中储存的离子数超过设计指标。为进一步提高加速器的稳定性,我们研究了剥离膜的微观结构,以提高膜的性能。本文介绍 HIRFL-CSR_m的剥离膜微观结构的测量。

C 膜用直流电弧放电法和交流电弧放电法制备,放电电极都为 $\phi 6$ 的石墨棒,交流电弧放电法的电流为 170 A,直流电弧放电法的电流为 80 A。蒸发源到沉积底片的距离为 28 cm,蒸发室的真空度为 2×10^{-3} Pa。

SEM 测试样品底衬的导电性好坏会影响测试质量,所有样品的底衬为大小 10 mm×10 mm×0.5 mm 铜片。铜片表面尽量处理光亮,用超声波清洗干净。交直流电弧放电法制备碳膜的厚度均为 100 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$,用石英测厚仪监测。TEM 样品厚度为 18 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$,石英测厚仪监测,样品粘在 $\phi 12$ mm 靶框上进行 TEM 测试。

图 1 是两种方法所制碳膜的 SEM 照片。



(a) AC arc discharge method

(b) DC arc discharge method

图 1 不同方法制备碳膜的 SEM 图

Fig.1 SEM images of carbon foils prepared by different methods

2005 年中国科学院近代物理研究所所长基金资助

第一作者: 张宏斌, 男, 2003 年毕业于兰州大学, 研究实习生, 从事原子核物理实验工作

收稿日期: 2007-08-10, 修回日期: 2007-12-16

从图 1 可见两种碳膜的表面形貌差别很大,交流电弧法碳膜的表面平整性较好,表面附着一些分散的颗粒,大小在 100 nm 左右。直流电弧法膜表面平整性不是太好,表面呈颗粒状团簇,且有明显的阶层出现,团簇上有一些分散的小颗粒。这表明直流电弧放电蒸发出的碳粒子大于交流电弧放

电,且团簇间的结合程度紧密。

TEM 能很好反映出膜厚的均匀性,利用电子衍射谱能测出膜的结构,可测出是晶体还是非晶体,以对膜的微观结构有进一步的认识。图 2 是交流电弧法碳膜的 TEM 图象和电子衍射谱。

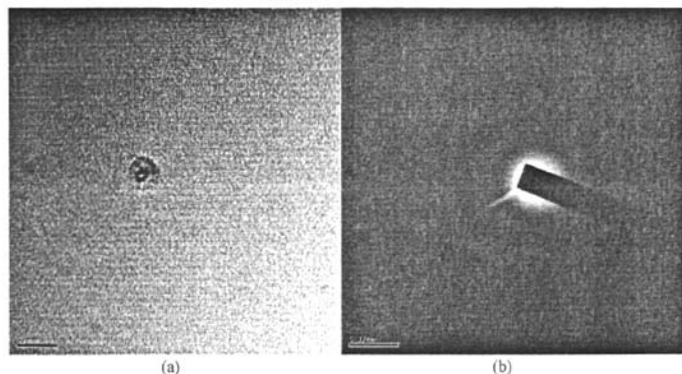


图 2 交流电弧法碳膜的 TEM 图(a)和电子衍射图(b)

Fig.2 TEM image (a) and electron diffraction patterns (b) of the carbon foil prepared by AC arc discharge

TEM 测试表明(图 2a),膜厚均匀性较好,图中的小点可能是在制备过程中出现的表面伤痕。图 2b 是碳剥离膜的电子衍射谱,图中仅见电子散射环,无衍射环,表明膜中的碳粒子是以非晶形式存在。

两种方法制备碳膜的使用寿命测试使用制备参数完全相同的 C 膜做了两个实验,测量值为平均值。

蒸发电流的种类和大小对膜寿命有很大影响(图 3),在同一种类电流下,放电电流越大制得 C 膜的寿命越长:直流电流为 85 A 和 60 A 时,制得 C 膜的寿命相差 1.3 倍。而直流电弧所制 C 膜的寿命远大于交流电弧所制的,最大相差 1.5 倍^[6]。

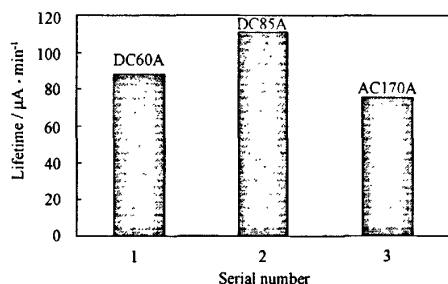


图 3 不同制备方法碳膜的寿命

Fig.3 Lifetime of carbon foils prepared by different methods

综上所述,交流电弧所做的膜具有较好的表面平整性,但直流电弧放电产生的碳粒子较交流电弧大,粒子间的结合程度比交流电弧放电产生的紧密。

由于不同制备方法碳膜微观结构的差别,导致

不同制备方法碳膜的寿命有很大的差异,在碳膜中粒子的大小和结合程度影响着膜的寿命长短。粒子体积越大,膜寿命越长。

用电弧放电法做出的碳剥离膜均匀性较好,并且膜中的碳以非晶体形式存在。

参考文献

- 1 K.贝特格. 重离子物理实验方法. 北京: 原子能科学出版社, 1982. 276
K Bettger. Heavy ion physics experiment methods. Beijing: Atomic Energy Science Press, 1982. 276
- 2 许国基, 楼美玲, 张共祥. 原子能科学技术, 1999, 33(4): 368-371
XU Guoji, LOU Meiling, ZHANG Gongxiang. Atomic Energy Science and Technology, 1999, 33(4): 368-371
- 3 Isao Sugai, Takeo Fujino, Kuniaki Yamazaki, *et al.* Nucl Instru Methods, 1985, A236: 576-589
- 4 Isao Sugai, Toshiyuki Hattori, Hideshi Muto, *et al.* Nucl Instru Methods, 1989, A282: 164-168
- 5 Isao Sugai, Toshiyuki Hattori, Hiromitsu Suzuki, *et al.* Nucl Instru Methods, 1988, A265: 376-382
- 6 张宏斌, 卢子伟, 赵永涛, 等. 核技术, 2007, 30(1): 50-52
ZHANG Hongbin, LU Ziwei, ZHAO Yongtao, *et al.* Nucl Tech, 2007, 30(1): 50-52

Study on the structure of carbon stripping foil

ZHANG Hongbin LU Ziwei XU Hushan XIAO Guoqing LI Zhankui

(*Institute of Modern Physics, the Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000, China*)

Abstract Carbon stripping foils were prepared by AC or DC arc discharge method. Sandwich carbon foils were prepared by alternative AC-DC discharge. The carbon stripping foils prepared by different methods have different lifetime. It has been shown that different prepared methods of carbon stripping foils have different structure. The measurement and analysis of SEM/TEM images of carbon stripping foils prepared with different methods and the relationship between microstructure and lifetime of carbon foils were described in this paper.

Key words Carbon stripping foil, SEM/TEM, AC/DC arc discharge method

CLC O571.1, TB43