

集团(Cluster)冲击表面研究综述

王震遐

(中国科学院上海原子核研究所 上海 201800)

摘要 本文综述了上海原子核所关于集团冲击表面的研究进展,并对集团溅射和表面形貌关联进行了讨论.

关键词 集团离子溅射, 表面形貌学, 冲击成膜.

1 引言

荷能集团(Cluster)离子对表面的冲击,是一个新的研究领域.首先是在集团溅射研究中发现了非线性效应^[1],进而在离化集团束(ICB)沉积^[2]、集团冲击成膜^[3]诸多方面都开始了有趣的探索.但是,集团与表面相互作用至今仍然存在着很多理论上不清楚的问题.例如,产生非线性效应的机制问题,一直众说纷纭.集团冲击表面现象预示着很多实际应用的可能性,如集团冲击成膜、冲击核聚变以及集团微束技术等.

本所从1985年开始着力于集团的研究工作,先后在ICB成膜,集团离子的产生和加速等方面进行了不少准备工作.近年来分别对集团离子溅射、荷能选质量集团冲击成膜、集团诱发表面形貌学、特别是表面形貌特征对集团溅射过程的影响等进行了探索,已经取得了一些结果,并且发现了一些有趣的迹象.

2 研究的进展

对本所进行的研究,简要叙述如下:

2.1 $C_n^+(n=2, \dots, 6)$ 对表面的冲击

能量按原子数归一化的碳集团对Ni表面的冲击,已在样品表面形成一层碳膜.此膜质地坚硬,表面极其光滑(用3万倍电子显微镜观察无凹凸不平形貌)且具有光泽. Th. Lill等人最近用 C_n^+ 冲击Ni(100)表面,发现Ni-C键的形成并导致 $C(2 \times 2)C-Ni(100)$ 超

结构^[4].此工作与本所的研究比较,除了相同的结果以外,可能存在着相互补充的作用.

2.2 集团冲击表面形貌学

集团冲击与离子冲击具有显著不同的特点.在这个至今尚无认真涉及的领域中,已看到一些有趣的迹象.例如,集团中原子数不同时所诱发表面形貌的巨大差别,以及随原子数的变化可能存在着形貌变化的突变,等等.众所周知,离子诱发表面形貌学不仅有理论上的兴趣,而且具有广泛的应用前景.特别是在“表面形貌学改性”研究方面,集团诱发表面形貌学,将是一个值得重视的新方面.

2.3 集团离子溅射

自从Andersen等人在集团离子溅射研究中发现非线性效应^[1]之后,引起了人们的广泛兴趣.随后开展了针对非线性碰撞过程的很多研究,形成了大致可分为两类典型的观点.一种观点认为集团引起原子碰撞的非线性发展,即Spike效应导致溅射的非线性增强.另一些研究者则认为,主要原因是靶表面原子层被破坏引起表面结合能降低而增大了溅射原子产额.为检验溅射的非线性效应,对溅射原子能谱进行了大量的研究.但是,溅射原子角分布分析却几乎无人问津.实际上,角分布和空间择优溅射,反映着包括靶表面原子级联碰撞区的发展特点,是检验上述两种观点的有用手段.因而我们率先进行了这方面的实验探讨.

$Si_n^-(n=1, 2)$ 离子对Ag靶的溅射,是所获得的一个较为典型的例子.利用能量

16keV/atom 的 Si_n^- 垂直轰击 Ag 表面, 测定溅射原子角分布, 所得结果见图 1. 可以看

扫描电子显微镜(SEM)照片(见图 2)可以看出, Si_1^- 引起的表面形貌特征与 Si_2^- 的不同. 根据两种形貌具体尺寸, 利用在离子溅射情

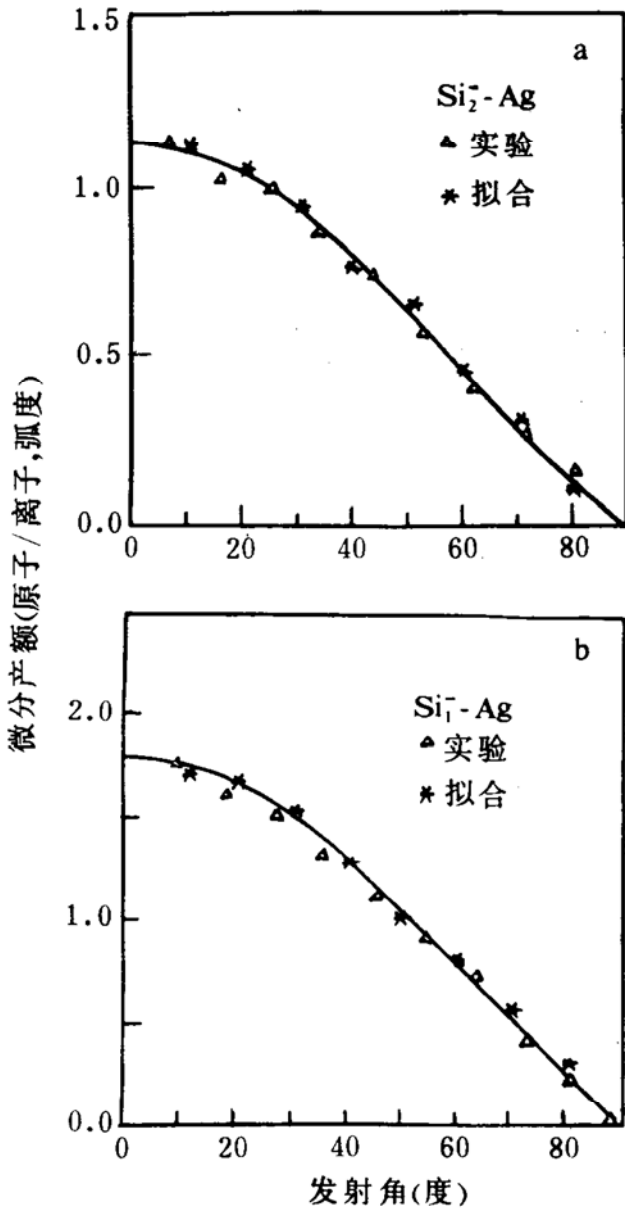


图 1 a. $Si_1^- \rightarrow Ag$ 的溅射原子角分布, b. $Si_2^- \rightarrow Ag$ 的溅射原子角分布

出, $Si_1^- \rightarrow Ag$ 的角分布反映出在小发射角区相对于大发射区比 $Si_2^- \rightarrow Ag$ 有更强的发射. 照通常看法, Si_2^- 比 Si_1^- 离子对表面应当具有更大的破坏作用, 正像最近有人指出的, 表面破坏大者, 其角分布应在小发射角区有更大的增强^[5], 从这一点而言我们的结果却恰好相反. 为解释实验结果, 可以对 Si_1^- 和 Si_2^- 溅射对应的靶点表面形貌特征进行考察. 由

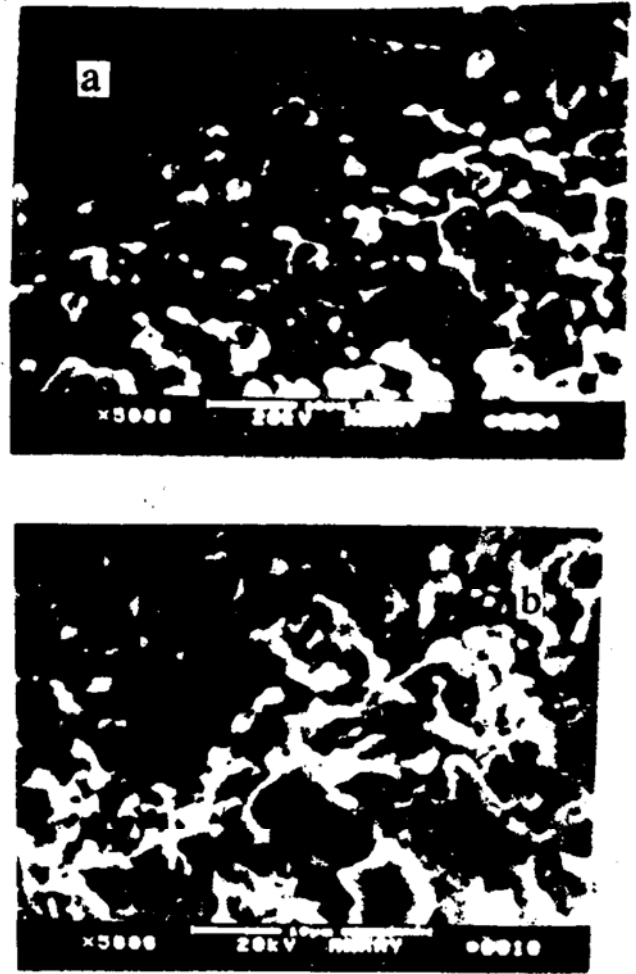


图 2 $Si_1^- \rightarrow Ag$ 和 $Si_2^- \rightarrow Ag$ 引起的表面形貌特征

况下发展起来的“溅射微区叠加原理”^[6]的有关公式, 可得溅射微分产额:

$$Y(\theta) = \sum_i A_i G_i \cos\theta, \quad 0 \leq \theta < [\pi/2 - (\theta_s)_i]$$

式中, A_i 为形貌分类后第 i 类形貌所占整个靶点表面的分数, G_i 为可调参数. θ 为溅射原子发射角, $(\theta_s)_i$ 是第 i 微区中溅射原子的屏蔽角. 计算结果在图 1 中用实线表示, 由图可以看出, 与实验的符合是令人满意的.

由此, 我们不仅把“溅射微区叠加原理”推广到集团离子溅射研究领域, 同时也提出了一种新观点: 在大剂量集团离子溅射过程中, 只考虑靶表面一个原子层被破坏是不够的, 必须注意到表面形貌的发展, 它可能是影

响溅射原子角分布的重要因素. 另外, 这方面研究还说明, 对角分布和择优溅射的研究是重要的, 这不仅能丰富非线性溅射的研究内容, 从而还可能发现新现象. 例如, 择优溅射涉及两类以上原子系统时, 适当选取两种组份原子质量与入射集团中原子质量的比例, 可能会发现同一系统中线性和非线性碰撞共存或相互干扰现象等.

参 考 文 献

- 1 Andersen H H, et al. J. Appl. Phys., 1974, 45 : 953
- 2 Takagi T, et al. Thin Solid Films, 1979, 63 : 319
- 3 Haberland H, et al. J. Vac. Sci. Tech., 1992, A10 : 3266
- 4 Th. Lill, et al. Z. Phys., 1993, B91 : 267
- 5 Shapiro M H, et al. Nucl. Instr. Meth., 1991, B62 : 35
- 6 王震遐. 物理学报, 1994, 43 : 161

Brief Summary for Investigations of Cluster Impact Surface

Wang Zhenxia

(Shanghai Institute of Nuclear Research, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract A brief summary for the developments of cluster impact surface including sputtering, surface topography and the influence of topographical feature on the sputtering process, is presented.

Key Words cluster sputtering, surface topography, impact deposition.

(上接 38 页)

Progress of 6 MV Tandem Accelerator Project

Lai Weiquan Si Houzhi Zhu Jinhua Li Minxi

(Shanghai Institute of Nuclear Research, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract Progress and the present status of the 6 MV tandem accelerator at SINR are described. The machine has been in operation since 1992 for experimental nuclear physics and applied nuclear physics studies. In particular, an AMS has been set up for ^{14}C , ^{10}Be and ^{26}Al analysis of super high sensitivities.

Key Words tandem accelerator, AMS.