

重离子物理研究所团簇研究进展*

韦伦存 韩建伟 钟运成 于金祥 赵子强 王浩

(北京大学重离子物理研究所 北京 100871)

摘要 对北京大学重离子物理研究所进行的团簇产生设备的研制、团簇的产生及其性质的研究进行了描述. 利用自行研制的一台气体载带溅射原子经液氮冷凝的团簇产生设备, 成功地制备了多种金属及其化合物团簇, 发现了支撑 Cu 团簇的“收缩效应”, 最大收缩率为 4.7%. 研究了加速电压对 ICBT 薄膜的影响, 发现加速电压越高, 形成的 Cu 薄膜越光滑. 当加速电压达到 18kV 时, 得到表面非常平滑的薄膜.

关键词 团簇 ICBT

1 团簇产生设备的研制

这台团簇产生设备的基本原理是由德国 Freiburg 大学 H. Haberland 等人^[1]提出的. 通过直流磁控溅射, 将所要形成的材料溅射出来, 在工作气体的载带下, 被溅射的原子或小的团簇进入液氮冷凝区, 通过与工作气体及与自身的多次碰撞形成团簇, 大量的工作气体通过第一级真空系统被抽走, 大部分团簇继续前进进而沉积到样品衬底上, 形成支撑团簇. 图 1 是团簇产生设备的示意图.

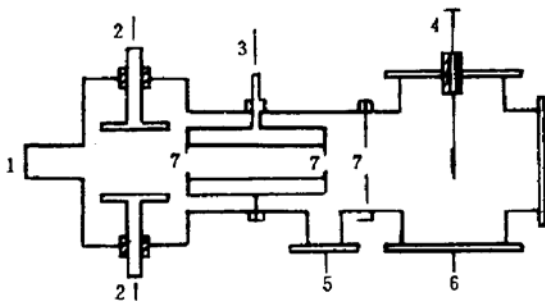


图 1 磁控溅射与液氮冷凝相结合的团簇产生示意图
1. 气体入口 2. 水冷 3. 液氮入口 4. $\pm 30\text{kV}$ 高压 5. 增压泵 6. 分子泵 7. 光阑

通常采用 Ar 和 N_2 为工作气体, 溅射气压约 40Pa, 冷凝区气压约 5Pa, 沉积室气压为 10^{-2}Pa , 而溅射电流一般为 1~2A 之间^[2].

据知, 这台设备是国内仅有的一台基于磁控溅射的大团簇产生和沉积设备. 它具有以下特点: (1) 可用于几乎所有导体材料的团

簇产生, 尤其适于高熔点材料(如 Mo、W)团簇的产生; (2) 可用来形成复合团簇. 通过使用不同的溅射靶的组成, 或不同气体的组成, 可形成各种组合的复合物团簇; (3) 可比较容易地形成尺寸范围广的团簇. 通过控制溅射条件、工作气压和差分抽气的条件, 团簇尺寸可控制在 2~100nm 间; (4) 团簇产生速率快. 例如, Cu 团簇的产生, 沉积速率大约为几 $\mu\text{m}/\text{h}$, 样品斑点约 20~50mm.

2 团簇产生的研究

利用这台团簇产生设备, 开展了不同材料的团簇产生研究, 到 1994 年 4 月止, 已成功地引出了 Cu、Fe、Mo、Ni、Al、AlN、Ti、TiN、ZnO 及 TaN 等团簇. 团簇的大小可通过调节溅射气压控制, 一般在几个 nm 到几百个 nm 之间, 如图 2 所示. 当 Cu 团簇的尺寸为 1.8nm 时, 其结构是非晶的.

3 支撑团簇的微观结构研究

通过对沉积于 Formvar 薄膜团簇的 TEM/ED 观测, 研究了不同尺寸大小的 Cu 团簇晶格常数的变化规律. 其晶格常数随团簇尺寸的减小表现出“收缩效应”, 团簇越小, 其晶格常数越小, 直径 8.5nm 的团簇收缩量最大, 为 4.7%^[3], 如图 3 所示.

* 国家自然科学基金和国家教委优秀教师基金资助课题.



图 2 沉积在 Formvar 膜上的 Cu 团簇(左, $d=1.8\text{nm}$, 右, $d=22\text{nm}$)

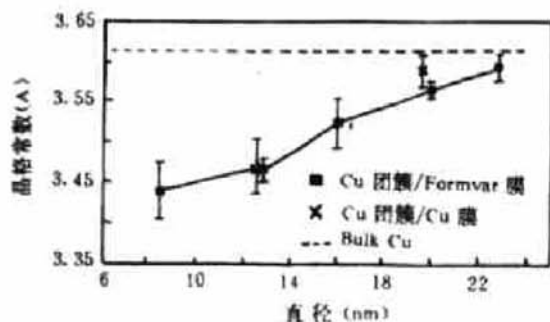


图 3 Cu 团簇的晶格常数随团簇尺寸的变化

4 离子团簇束沉积薄膜的结构和表面形貌研究

由于此团簇产生设备所产生的团簇有一部分是荷电的,因此,通过适当改变样品衬底所处的电位,便可改变沉积到衬底上团簇能量,从而沉积出高质量的薄膜.这一薄膜沉积方法被称之为 ICBD (Ionized Cluster Beam Deposition). 利用这台设备,开展了 ICBD 形成 Cu、Mo 薄膜的结构和形貌研究. 利用扫描电子显微镜,观测了所形成的薄膜表面形貌,从扫描电子显微镜上可以看出:(1)薄膜的表面附着力随着加速电压的增加而增加. 当加速电压为 0 时,所形成的薄膜附着力是很差

的,在抽真空时就可能脱落(Mo 的情况),或者所形成的薄膜表面具有很多空洞;(2)表面平滑性随加速电压的增加而增加. 随着加速电压的提高,表面所形成的微小颗粒越来越少,而就颗粒的大小来说,并未见明显的变化. 对于 Cu 团簇,当加速电压达到 18kV 时,在扫描电子显微镜下,已经很难看到其表面的不平滑性;(3)当加速电压足够高时,所形成的薄膜结晶情况良好;(4)薄膜中元素的原子结合力随加速电压的增加而增加. 通过 XPS 测量的 Cu 团簇所形成的薄膜结合能随沉积加速电压的关系可以看出,当加速电压达到 5kV 时,所形成薄膜中原子的结合能已与块状材料基本相同.

参 考 文 献

- 1 韦伦存等, '94 秋季全国材料研讨会论文集,北京,11月,1994,436
- 2 韦伦存等, '95 全国表面与纳米科学技术讨论会论文集摘要集,承德,4月,1994,24
- 4 韦伦存等, '95 全国表面与纳米科学技术讨论会论文集摘要集,承德,4月,1994,22

Study of Cluster in Institute of Heavy Ion Physics

Wei Luncun Han Jianwei Zhong Yuncheng Yu Jinxiang Zhao Ziqiang Wang Hao
(Institute of Heavy Ion Physics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract By using liquid nitrogen cooling of sputtered atoms in flowing gas, a cluster machine has been designed. With the machine, kinds of metal and metal (下转第 44 页)

束信号与切割信号间也有个相位差. 因此, 6MHz 和 6.75 MHz 两路信号源中各设置一个 $0\sim 360^\circ$ 的移相器.

6 高功率馈送与聚束实验

束流脉冲化系统目前正在作载束实验调整, 在 300 keV 能量下, H^+ 束的脉宽度已达到 1.1 ns. 目前正在作仔细测量与调整, 并准备进行切割系统的实验. 整个系统工作正常后, 还要进行强流载束实验.

此项工作得到陈佳洱院士的指导, 李坤教授对自动调谐系统的制作提供了许多帮

助, 全胜文、张胜群等同志曾作过许多有益的工作, 在此表示衷心的感谢.

参 考 文 献

- 1 Lu Jianqin, Xie Dalin, Zhang Shengqun, et al. Proc. 3rd European Particle Accelerator Conference, 1992, 2: 1244
- 2 吕建钦. 原子能科学技术, 1992, 26(6): 36
- 3 吕建钦. 核技术, 1994, 17(9): 564
- 4 Lu Jianqin. Nucl. Instr. and Methods., 1995, A355: 253
- 5 Lu Jianqin, Quan Shengwen. Nucl. Instr. and Methods, 1994, A346: 31

Pre-chopper and Tail Buncher Intense ns Beam Pulsing System

Lu Jianqin Xie Dalin

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

Abstract The paper briefly describes the design of the beam pulsing system for the 600 kV DC accelerator, the beam dynamics calculations, the property measurements for the buncher cavity, the relevant rf electronics system and the initial beam loading experiments for the buncher.

Key Words buncher chopper particle longitudinal motion

(上接第 46 页)

nitride clusters have been successfully generated. Cu cluster's micro structure has been studied. Micrography and electron diffraction of different size Cu clusters show; Cu clusters smaller than 8nm in diameter are amorphous, Cu clusters larger than 8nm in diameter are in crystal form. Lattice constant of Cu cluster is a function of size, the observed largest lattice shrinking is 4.7% while cluster diameter is 8nm. The importance of acceleration voltage in ICBD has been studied. SEM observation showed that, as the acceleration voltage increased, the surface of the deposited thin film became more smooth. For Cu film, when the acceleration voltage is greater than 18kV, it is very difficult for any crudeness by SEM.

Key Words cluster ICBD