

右才显著增大,在30分钟附近出现一峰值,以后开始减小,减小的速度与水磁化时流过磁化器的速度有关,随流速的增大,减小的速度也加大。

显然,上述规律性有助于选择磁化器的最佳工作状态。这些规律与文献[3]中的有关结论是一致的。

上面结果说明,可以利用受激布里渊散射的方法研究磁化水的特性和机理。这一方法装置较简单,可作为研究磁化水的有效手段之一。本文介绍的实验方法和实验结果,对于研究磁

化水的应用和机理都是相当有用的。

### 参 考 文 献

- [1] 李国栋,中华物理医学杂志,1(1979),103.
- [2] Н. И. Лычагин, В сб. вопр. теор. и практ. магнит. обработ. воды и вод. систем, (1971), 41.
- [3] П. И. Тоськов и др., Изв. высш. учеб. завед. сер. физ., 12 (1971), 48.
- [4] Л. А. Бантыш, II Всесоюзное совещание по электрической обработке материалов, Кишинев, Октябрь, (1969).
- [5] N. Bloembergen and Y. R. Shen, Phys. Rev. A, 137(1965), 1787.
- [6] С. 坎恩达勒,近代干涉仪,上海科学技术出版社,(1959).

## 关于用离子束刻蚀作剖面分析时深度值的定标问题

余 觉 觉      王 维 明

(中国科学院半导体研究所)

### 一、引 言

俄歇电子能谱和光电子能谱结合离子束刻蚀逐层检测,可以获得剖面分布曲线。一般说来,这样做的结果只能得到信号-时间( $t$ )的关系。实际应用中需要把这种关系转换为信号与厚度 $Z$ 的关系。本文以 $\text{SiO}_2/\text{Si}$ 为例,讨论如何进行转化。

### 二、分 析

在溅射时间 $t_1$ 后刻蚀的层厚 $Z$ 为<sup>[1]</sup>

$$Z = \int_0^{t_1} \dot{Z} dt, \quad (1)$$

其中 $\dot{Z}$ (溅射速率)为

$$\dot{Z} = \frac{M}{\rho N_A e} S_M j_p, \quad (2)$$

式中 $M$ 为(平均)原子量, $\rho$ 为(平均)密度, $N_A$ 为阿伏伽德罗常数, $e$ 为基本电荷, $S_M$ 为(平均)溅射产额(原子/离子), $j_p$ 为一次束流密度。若溅射速率为常数,(1)式可简化为

$$Z(t) = \dot{Z}t. \quad (3)$$

对于均匀样品, $M$ 和 $\rho$ 为常数。又若测试条件一定使 $S_M$ 和 $j_p$ 固定不变(注意:可以不

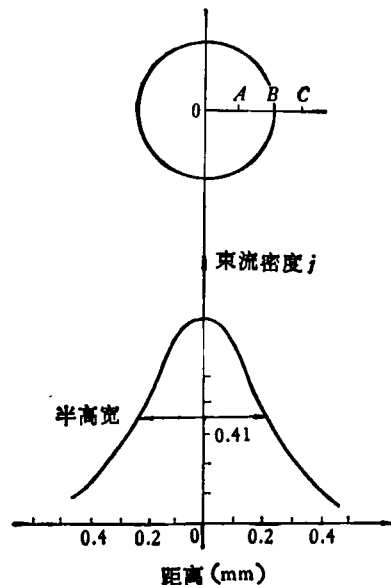


图1 离子束斑内的束流密度分布  
(0点为离子束斑中心点)

$i_A/i_0 = 86\%$ ;     $i_B/i_0 = 51\%$ ;  
 $i_B/i_A = 59\%$ ;     $i_C/i_0 = 23\%$

知道  $S_M$  和  $j_D$  的确切值), 则信号与  $t$  的关系就可转化为信号与  $Z$  的关系。

所用仪器为 PHI550/590, 电子束(其直径对 550 约为  $20\mu\text{m}$ , 对 590 约为  $2\mu\text{m}$ )沿水平方向射向样品, 筒镜分析器(CMA)和电子枪共轴, 样品架与水平方向成  $30^\circ$  或  $60^\circ$  角(简称为  $30^\circ$  或  $60^\circ$  样品架)。采用 04-303 差分氩离子枪, 离子束斑直径约  $500\mu\text{m}$ 。

尽管离子束斑比电子束斑大得多, 但离子束斑内的束流密度分布是不均匀的。实测表明, 在离子束聚焦良好时, 若电子束取样点与离子束斑中心相差  $0.1\text{mm}$  时, 束流密度就会有明显的差别(见图 1)。加上离子束本身的漂移, 使得即便对同一样品做两次试验也会得到不同的时间标度。

### 三、条件设定

为了得到可重复的实验结果, 作者从以下几方面加以考虑:

1. 离子束位置的粗调: 用  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  检验, 使之与电子束对准。

2. 离子枪参数的选择:

(1) 固定灯丝发射。实测离子束流  $I_p$  与灯丝发射电流的关系呈马鞍形, 在  $20\text{mA}$  时  $I_p$  已近乎最大, 故选此值。

(2)  $I_p$  与离化室内气体的压强有关, 实测曲线峰值在  $25 \cdot 10^{-3}\text{pA}$  处, 故选此值。

(3) 实测不同离子束压下的最佳聚焦电压  $V_{\text{conj}}$  和  $V_{\text{obj}}$  后, 决定取固定值  $V_{\text{conj}} = 80\%$ ,  $V_{\text{obj}} = 90\%$  (均与离子束压相比), 因为它们接近于最佳聚焦条件且容易记忆。

(4) 采用扫描方式, 使离子束流密度均匀。记下不同扫描范围时离子枪偏转板上的电压。我们对仪器的这一部分重新进行了定标, 使  $1\text{kV}$ ,  $2 \times 2\text{mm}^2$  扫描时偏转电压定为  $20\text{V}$ 。为了使剖面分析结果相同, 这一部分需定时检测。

3. 为了求得工作状态下的束流密度, 作者与西德 W. Ranke 博士讨论后, 提出以下测量方案(见图 2):

(1) 直接测量打在样品上的离子束流。

(2) 只要离子束扫描面积恒定, 则监视束流大小就可间接地监视束流密度的大小。

测量束流时, 应注意两个因素, 其一是测得束流与偏压的关系(见图 3)。在低偏压部分束流值的偏高与二次电子有关, 一般测量均应在

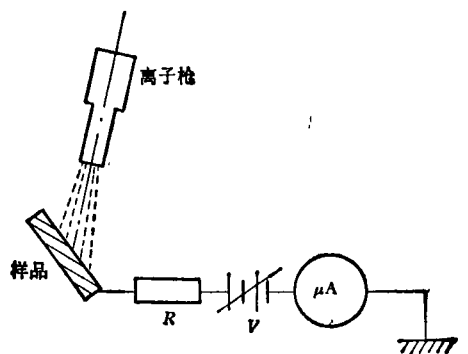


图 2 测离子束流的示意图

$R$  为保护电阻;  $V$  为可变直流偏压  $0-30\text{V}$ ;  $\mu\text{A}$  为  $0-10\mu\text{A}$  电流表

$+30\text{V}$  偏压下进行。其二是有时测得的束流值与样品有关, 故一律用金样品为准。

在使用一段时间后, 或换用新灯丝后, 一定要重新测量离子流。

4. 作了离子束流的稳定性试验, 除开机后 10 分钟内变化较快外, 两小时内稳定度可在  $5\%$  之内。

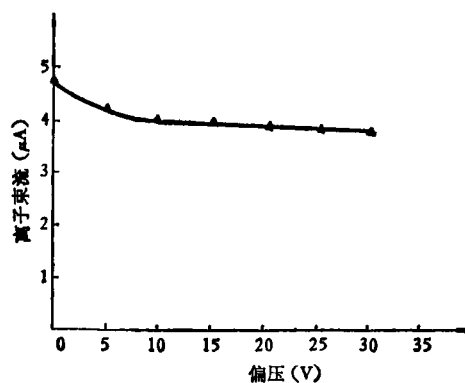


图 3 测得束流与偏压之关系

5. 由于离子束扫描坑内束流密度也不会共同, 故只当电子束打在扫描面积的中心部分区域内(如  $2 \times 2$  扫描时, 中心部分为  $1 \times 1$ , 其

他类推),数据才算有效。

#### 四、实验结果和讨论

为了检验上述实验条件是否可靠,用热氧

表1 SiO<sub>2</sub> 溅射速率实测值

束压	样品架	层厚(Å)	溅射速率(Å/min)	平均值(Å/min)
3kV	60°	278	131	131
		452	136	
		654	133	
		970	124	
	30°	452	106	106
2kV	60°	278	96	92
		452	93	
		654	93	
		970	87	
	30°	452	73	73
1kV	60°	278	21	23
		454	24	
500V	60°	278	4	4

化 SiO<sub>2</sub>/Si 样品进行试验。SiO<sub>2</sub> 层的厚度可以用激光椭圆仪精确地测定,所选样品厚度自 200 Å 至 1000 Å 不等。在俄歇深度剖面测量中,取氧值下降至 1/2 为分界标准。结果见表 1,实验均在 2 × 2mm<sup>2</sup> 扫描下进行。

以上均为 590 系统的试验结果。为了检验此方法的普遍性,用 550 系统做了类似试验,结果重复性很好,限于篇幅,不再赘述。

试验表明,PHI 550/590 系统在所选实验条件下, $\phi$  与 Z 有相当好的对应关系,重复性佳于 10%。表 1 中 30° 样品架的溅射速率比 60° 的为低,是因为它更近于垂直入射(图 2),溅射产额减小的缘故。

本方法原则上可应用于其它均匀材料,实际上还应考虑材料的致密性、晶向效应和择优溅射等因素。

#### 参 考 文 献

- [1] S. Hofmann, *Surface and Interface Analysis*, 2 (1980), 148.

(上接第124页)

非晶态半导体这一新领域是固体物理(及材料科学)的前沿。它不但吸引着广大理论与实验物理学家的兴趣,而且也吸引着电子工业部门的兴趣。非晶硅太阳能电池以其成本低、工艺简单成为能源研究的热门课题,两年前人们曾预言只要电池转换效率达到 2—3%,就有投产价值;谁能料到今天大面积非晶硅太阳能电池转换效率平均已可达 7%! 实力雄厚的电子工业企业在这个太吸引人的指标面前十分慎重地进行着成品率、稳定性、可靠性的研究实验。如今已十分发达的单晶硅器件是并非容易竞争的对手,更何况非晶硅材料本身还有着许多未知数,如光照后光敏性的降低。尽管如此,用非晶硅太阳能电池作电源的手表、计算器已经投入市场,至于大面积的太阳能转换器件估计仍需作艰苦努力。非晶硅复印鼓是非晶硅应用的又

一广阔天地,已经研制成的复印鼓其分辨率及寿命都大大高于常规硒鼓。在场效应器件及光敏感器件方面,非晶半导体薄膜也表现出了优良的特性。在这次国际会议交流中,可清楚地看出,美国和欧洲的物理学家提出了很多出色的研究论文,而日本的电子工业部门展示出了性能优异的产品。在参观中,日本的科技工作者在基础研究与应用研究结合方面所取得的惊人成果给代表们留下了深刻的印象。当然,十分重要的一点是日本的电子工业已发达达到可以拿出大笔资金用于基础研究及开发研究。

下届会议将在罗马举行。会议主席团建议不久后的下一次在中国举行。

(大星)

(上接第85页)

(以上内容,个别可能会有变动)

1984 年第 4 期《物理》将发表冯端写的“凝聚态物理的回顾与展望”一文(需要者速到当地邮局订阅或于

3 月 15 日以前与北京大学物理系示教室张可法联系零售邮购)。