

近代物理实验

主编 陈万金



JIN DAI WU LI SHI YAN

吉林大学出版社

近代物理实验

主 编 陈万金
副主编 肖利 华中

吉 林 大 学 出 版 社

内容简介

全书包括真空与等离子体技术、原子物理经典实验、原子核物理、原子光谱、光电技术、全息照相、磁共振技术、X光技术、磁学技术、低温和半导体物理以及现代测试技术等12个部分,总共20个实验题目。本书的特点是,教材与实验设备仪器配套一致,适用性和可操作性强;把过去只在科研中使用的大型现代测试仪器例如扫描隧道显微镜、扫描电子显微镜、X射线衍射仪、激光拉曼谱仪等投入到近代物理实验教学中,充分体现本课程的高科技和前瞻性。本书可作为高等院校本科物理及相近专业近代物理实验课程教材,也可供其他有关专业师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

近代物理实验/陈万金主编—长春:吉林大学出版社,2449.10

ISBN 978-7-5601-3789-6

I. 近… II. 陈… III. 物理学—实验—师范大学—教材 IV. 041-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 051552 号

书 名:近代物理实验

作 者:陈万金 主编

责任编辑、责任校对:孟亚黎

吉林大学出版社出版、发行

开本:787×1092 毫米 1/16

印张:10 字数:196 千字

ISBN 978-7-5601-3789-6

封面设计:马玮泽

四平市玮泽印刷厂 印刷

2008年6月 第1版

2008年6月 第1次印刷

定价:18.00 元

版权所有 翻印必究

社址:长春市明德路421号 邮编:130021

发行部电话:0431-88499826

网址:<http://www.jlup.com.cn>

E-mail:jlup@mail.jlu.edu.cn

近代物理实验编委会

主 编	陈万金	
副主编	肖 利	华 中
参 编	刘惠莲	王光怀
	柳福柱	严丽云
	冯 明	

前 言

近代物理实验是物理类学科(包括物理、应用物理、材料科学、光电子科学与技术等)的重要专业技术基础物理实验课之一,它介于普通物理实验和专业实验之间,起着承上启下的作用。近代物理实验是在普通物理实验和电子技术实验的基础上,为四年级学生开设的一门综合性较强的实验课程。近代物理实验中的大多数选题来自物理学发展史上起过重大作用的物理学家们的研究课题,这些题目中许多曾获得诺贝尔物理学奖。所以,有人把近代物理实验称为“里程碑”实验。与普通物理实验不同,近代物理实验所涉及的物理知识面很广,具有较强的综合性和技术性,它在丰富和活跃学生的物理思想,锻炼学生对物理现象的洞察力,引导他们了解实验在物理学发展中的作用,正确认识物理概念的产生、形成和发展的过程,培养严谨的学风、创新思维和实践能力等方面都起着不可或缺的重要作用。可以说,近代物理实验是培养学生的独立工作能力,学会如何运用实验方法去研究物理现象和规律以及学习如何将基础知识和近代高新技术相结合的极为关键的一环。所以,教师在该门课程的教学过程中,应当引导学生明确每一个实验的目的,要求学生注意实验中的物理思想、基本实验技术和实验方法等方面的训练;而学生应当在实验之前做好预习,理解实验原理,了解仪器构造,熟悉实验步骤,掌握实验要点,在实验过程认真细致操作,仔细观察现象并认真记录实验数据,实验后独立写出实验报告。

本书是吉林师范大学物理学院近代物理实验教研室全体教师多年教学和科研实践的积累与总结。随着近代物理实验课程建设的推进以及实验设备的更新和实验条件的进一步改善,在原有近代物理实验指导书的基础上,经过重新改编并增加了低温、磁学和半导体物理以及现代测试技术等新内容而成的。遵循近代物理实验课程的教学大纲所规定的教学指导思想 and 原则,根据现有教学条件和设备状况,对近代物理实验教学内容作了一定筛选,本书所选真空与等离子体技术、原子物理经典实验、光电技术、原子光谱、原子能级结构与塞曼分裂、全息照相、磁共振技术、拉曼散射和 X 光技术、原子核物理、磁学技术、低温与半导体物理以及现代测试技术等十二个专题共二十个实验题目。参加该书编写的老师有华中(编写实

验十五)、肖利(编写实验二十)、刘蕙莲(编写实验九、十)、王光怀(编写实验四、六、七)、严丽云(编写实验十七、十八)、冯明(编写实验十一、十二)、柳福柱(编写实验十九)、陈万金(编写实验一、二、三、五、八、十三、十四、十六)。由于时间仓促,学术水平有限,在教学内容的选取和教学要求的掌握等方面还很不成熟,书中一定存在不少缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2007年9月

目 录

1. 真空与等离子体技术

实验一 气体放电等离子体特性研究 (1)

实验二 真空镀膜 (10)

2. 原子物理经典实验

实验三 富兰克-赫兹实验 (16)

实验四 电子衍射实验 (21)

3. 光电技术

实验五 光电效应及普朗克常数的测定 (39)

4. 原子光谱

实验六 氢原子光谱的研究 (42)

5. 原子能级结构与塞曼分裂

实验七 塞曼效应 (45)

6. 全息照相

实验八 透射全息图和反射全息图的拍摄 (49)

7. 磁共振技术

实验九 核磁共振 (59)

实验十 光磁共振 (65)

8. 磁学技术

实验十一 振动样品磁强计测内禀磁性 (74)

实验十二 高临界温度超导体临界温度的电阻测量法 (78)

9. 原子核物理

实验十三 盖革-弥勒计数器与核衰变的统计规律 (85)

实验十四 NaI(Tl)单晶 γ 闪烁谱仪的实验	(92)
10. 拉曼散射和 X 光技术	
实验十五 激光拉曼散射及拉曼光谱	(101)
实验十六 利用 X 射线衍射仪进行物相定性分析	(107)
11. 低温与半导体物理	
实验十七 磁电阻效应	(112)
实验十八 变温霍尔效应	(118)
12. 现代测试技术	
实验十九 扫描电子显微技术与 X 射线显微分析	(128)
实验二十 扫描隧道显微镜	(138)

1. 真空与等离子体技术

实验一 气体放电等离子体特性研究

【实验目的】

1. 观察低气压气体辉光放电现象.
2. 用探针法测量等离子体中电子等效温度等物理参数.

【实验仪器】

等离子体测量仪.

【实验原理】

等离子体是物质存在的第四种形态,与物质三态(固态、液态、气态)相提并论.等离子体由带正负电荷的粒子和中性原子组成,并在宏观上保持电中性.早在 19 世纪,随着电学的产生,人们就观察到等离子效应的现象.1830 年,法拉第(M. Faraday)在研究电流引起的化学变化时,发现了静电放电中出现的非寻常结构的辉光,展示了物质的一种新的存在形式.1879 年克鲁克斯(W. Crookes)第一次指出物质第四态的存在.1920 年朗缪尔(I. Langmuir)在实验室中发现了等离子体的集体振荡.1923 年德拜提出了德拜屏蔽概念.1929 年朗缪尔和汤克斯(L. Tonks)第一次引入等离子体这个名称.气体放电等离子体在近代科学技术中应用非常广泛.气体导电不仅应用于霓虹灯、荧光灯等各种照明技术工程,利用气体导电机制制成的各种离子器械,如电弧焊机、等离子体炬等,还应用于化学合成工艺、金属加工.等离子体在磁流体发电、激光技术、天体物理、空间技术等也有广泛应用.等离子体在实现可控热核反应的研究,仍是当代各国主攻的重点方向之一.本实验研究低压气体辉光放电等离子体特性,获得有关气体导电及等离子体状态的基本知识.用静电探针法测量等离子体有关物理参数,如电子等效温度、电子浓度、粒子的平均速度、平均动能等重要参数.验证等离子区中电子速度服从麦克斯韦速度分布律.

一. 气体辉光放电现象分析

当放电管内的气压降低到 1×10^3 Pa 以下,两极加以适当的电压时,管内气体开始辉光放电(Glowdischarge),辉光由细到宽,布满整个管子.当压力再降低时,辉光便分为明暗相间的八个区域,而大多数的区域集中在阴极附近.如图 1 所示,Ⅰ 阿斯顿暗区,Ⅱ 阴极光层,Ⅲ 阴极暗区,Ⅳ 负辉区,Ⅴ 法拉第暗区,Ⅵ 正辉区(等离子区),Ⅶ 阳极暗区,Ⅷ 阳极辉光.这些区域的形成机制大致叙述如下.

I 阿斯顿暗区(Aston dark space)是紧靠阴极的一个极薄的区域.电子刚从阴极发出,能量很小,不能使气体分子电离和激发,因而就不能发光,所以是暗区.长度约有1 mm.

II 阴极光层(Cathode layer)是在阿斯顿暗区之后,很微薄的发光层.因为电子经过区域 I 被加速,具有了较大的能量,当这些电子遇到气体分子时,发生碰撞,电子的一部分能量使气体分子的价电子激发,当它们跳回到基态时,便辐射发光.

III 阴极暗区(Cathode dark space)是紧靠阴极光层,两者不易区分.由于电子经过区域 II 时,绝大部分没有和气体分子碰撞,因此它所具有的能量是比较大的,但电子激发气体分子的能量又必须是在一定的范围内,能量超过这一范围则激发的几率是很小的.因此形成了一个暗区.在这一区域中,电子和气体分子碰撞时,打掉它的价电子,产生很强的电离,使得这里具有很高的正离子浓度,形成了极强的正空间电荷,于是破坏了放电管内的电场分布,而引起了严重的畸变,结果绝大部分的管压都集中在这一区域和阴极之间.在这样的强电场作用下,正离子以很大的速度打向阴极,于是从阴极又脱出电子,而这些电子又从阴极向阳极方向运动,再产生如上所述的激发和电离的过程.实验已经确定,阴极暗区的长度 d 与气体压强 p 的乘积是一个常数.即:

$$pd = \text{常数}$$

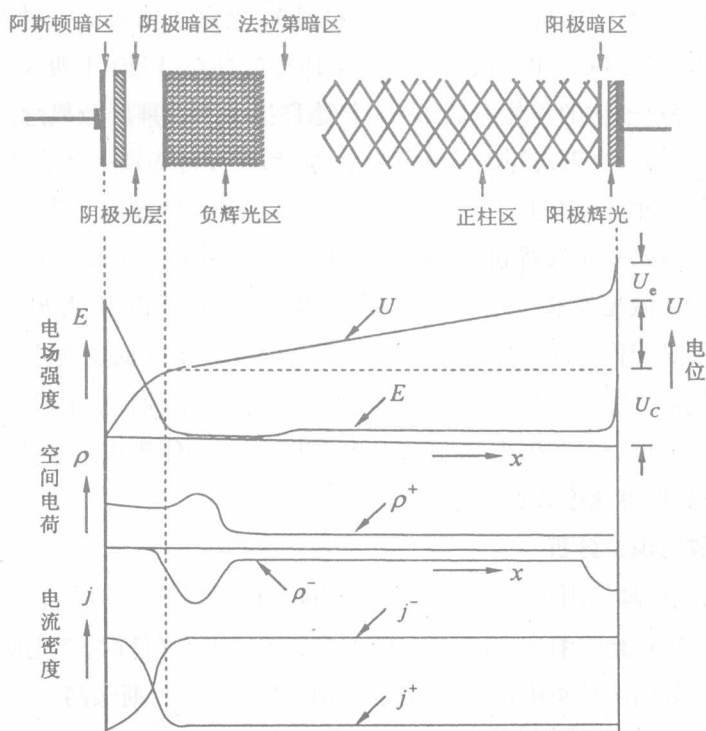


图 1-1 辉光放电分区与参量分布

因此当气体压强降低时,阴极暗区的长度增加。

IV 负辉区(Negative glow)是阴极暗区后面一个最明亮的区域,并且与阴极暗区有明显的分界.因为经过区域 III 以后,电子能量是比较小的,又加上从阴极暗区新产生的电子,不断进入区域 IV 里,速度较慢,因而形成了较强的负空间电荷,也就形成了负电场.由于这些电子速度小,很容易附着在气体分子上,形成负离子,并与从阴极暗区扩散出来的正离子复合而发光.当然在这一区域也还有少量的激发和电离.负辉区中离开阴极越远,则电子受到阳极方向的加速越大,电子吸附在气体分子上的机会越小,因此复合发光的几率也随之减少,光的强度也越来越弱,最后消失.

V 法拉第暗区(Faraday dark space)是由负辉区过渡而来,比上述各区厚,处在负辉区和下述正辉区之间.它的形成是由于电子在负辉区中已损失了大部分能量,进入这一区域内已经没有足够的动能来使气体分子激发,所以形成暗区.法拉第暗区与负辉区界限不明显,与阳极区之间有明显的界限.

以上 I 至 IV 区是阴极位降区, I 至 V 区称为阴极部分.

VI 正辉区(Positive column)是在法拉第暗区之后出现的一均匀光柱,亦称正柱区.因为电子在电场的作用下,通过法拉第暗区时,能量渐渐增加,但又不断发生弹性碰撞,使电子运动方向改变,进入正辉区后,其速度将逐渐地服从麦克斯韦分布律.

正辉区又叫等离子区,最主要的特点:① 气体的高度电离,在极限的情况下,气体的所有中性粒子完全被电离.② 在等离子区内,带正电和带负电的粒子的浓度几乎相等,因而形成的空间电荷,实际上等于零,这时泊松方程式变成拉普拉斯方程式:

$$\nabla^2 V = 4\pi(\rho^+ - \rho^-) = 0$$

这好像在没有空间电荷的媒质里一样.等离子区任意点的轴向电位梯度是恒定的,因此,往往是均匀连续的光柱.但也不是在任何情况下都是均匀的,在适当的气压和电流情况下,它是明暗相间的条纹(如图 1-2).这些条纹又叫做层状气柱.条纹之间距离取决于气体压强、电流密度、放电管的粗细和气体性质等.

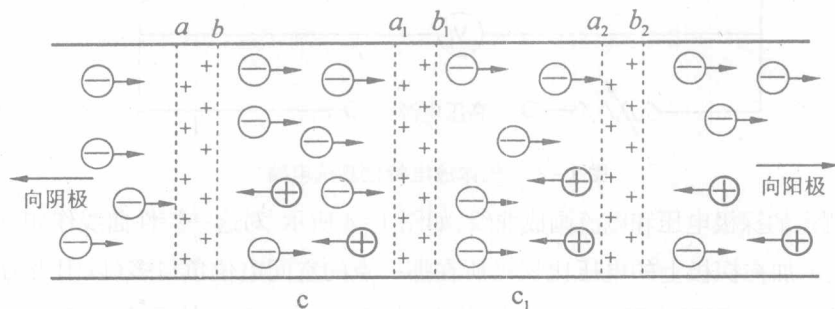


图 1-2 等离子区层状气柱正负空间电荷层中电子反阳离子轴向运动

等离子区发光过程是这样的:通过法第暗区,电子能量逐渐增加,到这个区域时,激发的本领又开始恢复,所以又产生了比较强烈的光亮.有时是均匀连续的,有时是层状的.形成层状气柱是因为电子从法拉第暗区边缘被电场加速到气体原子的激发电位,在 ab 层内发生着气体分子的强烈电离与激发,便辐射出光来.由于电子的迁移率比正离子大得很多,所以它很快地跑掉,于是在 ab 层内产生了正离子的过剩,这些正离子对电子产生了向后的拉力,使其能量降低到电离电位和激发电位以下时,不再产生电离,也不发光,便形成了暗层(图中 c 层);电子在电场的继续作用下,能量又逐渐增加,再达到激发电位时又重新发光,形成了 a_1b_1 层,再重复前面的过程,形成 c_1 层, a_2b_2 层……一直达到正辉区的边缘.

Ⅶ 阳极暗区(Anodedarkspace).

Ⅷ 阳极辉光(Anodeglow).

正辉区 Ⅵ 与阳极之间是阳极区(Anode region).有时在其中可以看见阳极暗区 Ⅶ(Anodedark space),在阳极暗区之后是紧贴在阳极上阳极辉光 Ⅷ(Anodeglow).阳极暗区与阳极辉光两区其存在与否取决于外线路电流的大小、阳极面积和形状等.

二. 用试探电极法研究等离子区

所谓试探电极就是在放电管里引入一个不太大的金属导体,导体的形状有圆柱的、平面的、球形的等等.试探电极是研究等离子区的有力工具,利用探极的伏特-安培曲线,可以决定等离子区各种参量.测量线路如图 1-3 所示,在测量时保持管子的温度和管内气体压强不变,实验装置与电气控制见后.

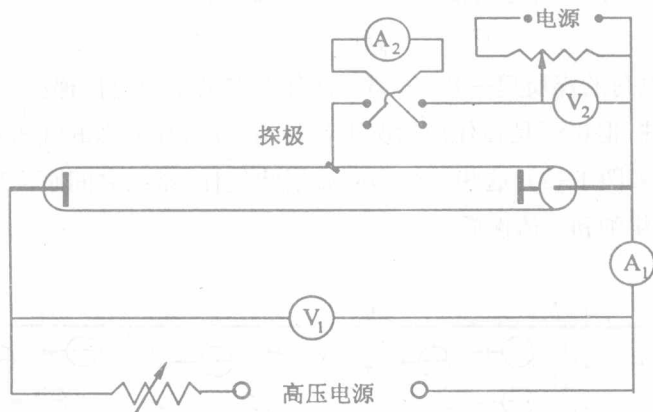


图 1-3 气体放电特性测试电路

实验所测得的探极电压和电流画成曲线,如图 1-4 所示.对这一特性曲线作如下的解释:

AB 段表示加在探极上的电压比探极所在那一点的空间电位负得多(以阳极为参考点的探极电位),在探极周围形成了正的空间电荷套层(图 1-5).套层的厚度一般小于等离子区中电子的自由路程.这时探极因受正离子的包围,它的电场线都作用在正离子上,而不跑出

层外,因此它的电场仅限于层内.根据气体分子动理论,在单位时间内有 $\frac{1}{4}\bar{V}_i n_i S$ 个正离子靠热运动达到探极上,形成负电流:

$$I_i = \frac{1}{4} \bar{V}_i n_i e S$$

式中 $\bar{V}_i$ 是正离子的平均速度, n_i 为正离子浓度, S 为探极面积, e 为电子电荷.

从式中看出, I_i 不随探极电压而变化,因此 AB 段为近似平行于横轴的直线.随着探极上负电压的减少,正离子套层变薄,当负电压减至 B 点时,热运动速度大的电子将有足够的能量穿过正离子套层而到达探极上,因而电流增加较快.当电压减至 V_f (C 点)时,则电子电流和离子电流相等,即电流等于零.探极电压再减低时,则慢的电子也能穿过正离子套层而到达探极上,故电流向相反方向增加很快(CDE 段).当 $V = V_s$ 时,即探极电压与探极所在那一点的空间电位相等时,正离子套层消失,全部电子都可以达到探极.由此可知,电流为零时测量的 V_f ,不是探极对应的管内那一点的空间电位,而 V_s 才是那一点的真实电位.

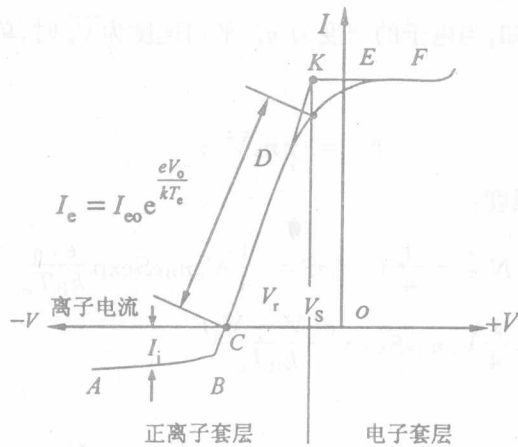


图 1-4 气体放电伏安特性曲线



图 1-5 正离子套层

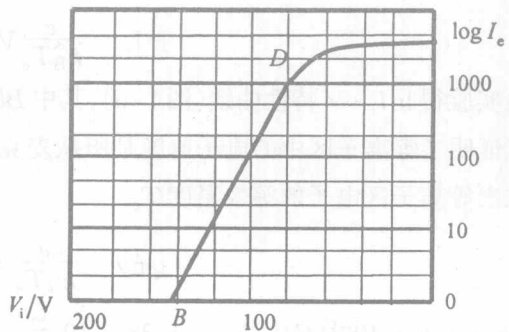


图 1-6 探极 $I_e - V$ 半对数特性曲线

EF 段是由于探极电压高于那一点的空间电位,在探极周围形成了套层,于是就给电子以加速度.探极电压的增加,吸引的电子增多,电流与电压的二分之一次方成比例.因此 EF 段也是比较平坦的.当探极电压比空间电位高得多的时候,周围的气体分子被电离,故电流迅速增加,而且因为电子能量很大,会把探极轰击熔化.

我们对 BE 段最感兴趣,因此下面将详细地加以讨论.

正离子和电子是靠热运动而到达探极上的.在曲线 BD 段内,探极电压比空间电位低,因此它的电场是阻止电子运动的,靠近探极的电位是连续变化的,电子处在有势场中,根据波耳兹曼理论,电子的速度服从麦克斯韦速度分布律.因此靠近探极表面的电子浓度:

$$n_e = n_0 \exp \frac{eV_0}{k_B T_e} \quad (1-1)$$

式中: n_0 为等离子区中未经干扰的电子浓度, V_0 是探极电压与该点空间电位的差,即

$$V_0 = V - V_s$$

T_e 是等离子区中电子的等效温度, k_B 是波耳兹曼常数.

由气体分子运动论可知,当电子的浓度为 n_e ,平均速度为 $\bar{V}_e$ 时,单位时间内落到探极上的电子数:

$$N_e = \frac{1}{4} n_e \bar{V}_e S \quad (1-2)$$

S 为探极面积.所以电流强度:

$$\begin{aligned} I_e = N_e e &= \frac{1}{4} V_e n_e e S = \frac{1}{4} \bar{V}_e n_0 e S \exp \frac{eV_0}{k_B T_e} \\ &= \frac{1}{4} \bar{V}_e n_0 e S \exp \frac{e(V - V_s)}{k_B T_e} \end{aligned} \quad (1-3)$$

(1-3) 式两边取对数

$$\ln I_e = \ln \left(\frac{1}{4} V_e n_0 e S \right) - \frac{eV_s}{k_B T_e} + \frac{eV}{k_B T_e}$$

设等式右边第一项和第二项为常数,由此式变成:

$$\ln I_e = \frac{e}{k_B T_e} V + \text{常数} \quad (1-4)$$

由实验得 $\ln I_e - V$ 特性曲线(图 1-6),其中 BD 表示电流的对数与电压的关系是直线的,因此就证明了等离子区中的电子速度是服从麦克斯韦速度分布律的.由这直线的斜率 $\tan \theta$ 即可求出等离子区电子的等效温度 T_e .

$$\tan \theta = \frac{e}{k_B T_e} = \frac{\Delta \ln I_e}{\Delta V}$$

式中: $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ (J/K)}$.

再将 e 和 k_B 代入上式,得:

$$T_e = \frac{5.04 \times 10^3}{\frac{\Delta \log I_e}{\Delta V}} \text{ (K)} \quad (1-5)$$

普通物理学中讲过,服从麦克斯韦分布律的电子的平均速度是:

$$\bar{v}_e = \sqrt{\frac{8k_B T_e}{\pi m_e}} \quad (1-6)$$

式中 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 是电子的质量.

电子平均动能为:

$$W_e = \frac{1}{2} m v_e^2 = \frac{4k_B T_e}{\pi} \quad (1-7)$$

由图 1-6 直线段 BD 在电流轴上的截距,可得出 I_{∞} :

$$I_{\infty} = \frac{1}{4} n_e \bar{v}_e e S \quad (1-8)$$

从而求出电子浓度为:

$$n_e = \frac{4I_{\infty}}{e S \sqrt{\frac{8k_B T_e}{\pi m_e}}} \quad (1-9)$$

下面求正离子平均速度 $\bar{v}_i$. 因为等离子区中电子的浓度和正离子的浓度相等. 所以由图 1-4 的 AB 段可以得到:

$$\begin{aligned} I_{i0} &= \frac{1}{4} n_{i0} \bar{v}_i e S \\ \bar{v}_i &= \frac{4I_{i0}}{e S n_{i0}} \end{aligned} \quad (1-10)$$

也可求出探针所在那一点的空间的电位和等离子区轴向电场强度.

如果延长 BD 和 FE , 则交点 K 所对应的 V_s 便是探针那一点的空间电位. 测出探针在不同点的空间电位 $V_{s1}, V_{s2}, \dots$, 并除以两点间的距离, 就得出等离子区的轴向电场强度:

$$E = \frac{V_{s1} - V_{s2}}{d_1 - d_2} \quad (1-11)$$

三. 离子溅射镀膜原理

溅射镀膜的原理与蒸发法不同, 它把原料(金属)做成平板状, 称为“靶”, 再把靶和基板之间设法形成等离子体, 使正离子轰击靶(阴极)表面, 溅射出来的靶原子飞到基板表面成为薄膜. 它的过程十分复杂, 在某种程度上与冷钛泵阴极过程有类似的地方. 溅射出来的原子要比蒸发出来的原子的能量高得多, 因此它们与基板的附着性能很好. 用溅射法可得到非常牢固的薄膜. 合金也可以溅射, 但由于各组分的溅射额不一样(称为选择溅射), 各组分的分子在基板上的黏着几率也不一样, 因此镀好的膜与合金靶原来的成分有显著的不同, 为此要采取一些补充措施. 但即使如此, 合金溅射还是比蒸发法为佳.

溅射镀膜的设备比较简单. 它的基本结构是在真空钟罩内设置一个能产生离子且使离

子加速的系统,这些离子可以由等离子体产生,也可用电离法产生.二极式溅射(或称直流溅射)最为常用,钟罩内待镀膜的基板放在下面,而靶放在上面,中间有一块可活动的挡板.溅射用的惰性气体杂质含量应不高于0.1%,溅射时气体压强最好处于动态平衡,以除去钟罩和其他材料表面放出的不纯物,这样要比充气后关闭抽气阀而使钟罩内处于静态压强要好.靶的形态常为圆片,但也可用其他形状.由于不同角度上靶的离子的溅射产额不同,为了得到厚度均匀的膜,上靶电场线要均匀,要有免除边缘效应的装置.在离子轰击靶时,靶除了提供发射原子外,还会发热,有时这将成为溅射工作中最大的问题,因此在要求溅射速率很高时,靶后要通水冷却以免熔化.

溅射镀膜还可采用其他方式.

(1) 偏压溅射 在溅射时基板和膜不断地受到电子的碰撞.由于基板可能为绝缘体,因此表面处于电浮动状态,在电子落上后它带负电,于是正离子也会轰击它而使镀上的膜发生“再溅射”现象.为了避免这个缺点,可在溅射时将基板接100 V左右的偏压以避免负电荷积聚.

(2) 三极溅射 等离子体由热阴极发射来维持,这里靶和基板都不是构成等离子体的电极,将负电压接上基板可使表面保持清洁,接上靶则可溅射.这种结构比二极式放电稳定.

(3) 高频溅射 绝缘体、有机固体和带绝缘层(例如氧化层)的金属不能作为直流溅射的靶以制备薄膜,因为这些材料的表面将积聚正电荷而阻止正离子的进一步轰击.如果这些正电荷能被中和,则溅射才有可能.用高频电可做到这一点.因为电子比离子迁移率大,它们可很快到达绝缘体使它变负而吸引正离子束轰击,产生溅射.也可以把直流加在射频上以增加溅射产额.

(4) 反应溅射 溅射时在惰性气体中充入一部分活性气体,结果可得到靶原子与活性气体原子构成的化合物薄膜.用此法可制备氧化物、氮化物、碳化物和硫化物.

溅射法沉积速率慢,但可得到大面积均匀的膜,附着力良好,还易于过程自动化.缺点是薄膜内含有大量的气体.

【实验内容】

一. 气体放电实验操作

实验装置:带探极的玻璃放电管,放电管高压电源及调节装置,探极电源及调节装置,放电管真空系统(抽气机,漏气阀,真空测量装置)等.

1. 检查实验系统,高低压电源调节于初始位置,关闭漏气阀.
2. 对放电管抽气并通过调节漏气阀维持10 Pa上下真空度.
3. 慢慢调节高压,直至放电管放电.
4. 观察和记录气体放电现象,了解放电分区与外界条件的关系.

5. 在等离子区用探极法测定伏安特性.放电管工作状态: $V < 1000 \text{ V}$, $I < 10 \text{ mA}$.探极测试电压从-300 V到+100 V,记录探极测试电压和电流.注意在100 V以下,电流增加快,

测量点不要多,以免烧坏电极。

6. 在半对数坐标纸上作伏安特性曲线,初步检验测量结果,测量误差大的要重测。
7. 关闭电源,在等离子区移动探针,重新测量一组数据,了解等离子区纵向电场分布。
8. 计算电子等效温度及电子浓度,已知探针直径 0.8 mm,长度 10 mm。
9. 实验记录

真空度:帕(Pa);

探针直径:毫米(mm);探针长度:毫米(mm);

放电管电压:伏特(V);放电电流:毫安(mA);

伏安特性测量数据表:电压(V),电流(μ A)

电压												
电流												
$\log I$												
$\ln I$												

二. 真空溅射镀膜实验操作

1. 接好线路,将靶清污后,装入钟罩内,待镀物体清污后放在支架上。
2. 打开电源开关,然后开机械泵开关对钟罩抽真空。打开热偶真空计,调节加热电流,然后进行真空测量。当真空度达到 30 Pa 以上时可开始进行实验(镀银靶时,真空度可更高一些)。
3. 打开高压开关,电压测量置于 2000 V 挡,转动调压器,使镀膜电流到达 10 mA 左右,注意观察钟罩内辉光情况,视靶材确定镀膜时间,不透明膜为 30 min(银)到 2 h(铜),并可根据观察被镀物情况适当增减镀膜时间。
4. 关闭高压、机械泵、电源开关,打开渗气闸,待气压平衡后可打开钟罩,取出被镀物品。

【思考题】

1. 什么叫等离子体?
2. 辉光放电分成几个区域,等离子区有哪些特点?
3. 在阴极暗区,阴极暗区的长度 d 与气体压强 p 有什么样的关系?

【参考文献】

- [1] [美] 等离子体和流体专门小组. 等离子体和流体[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [2] 胡志强,甄汉生,施迎难等编. 气体电子学[M]. 北京:电子工业出版社,1985.
- [3] 孙杏凡编. 等离子体及其应用[M]. 北京:高等教育出版社,1984.
- [4] 朱士尧编著. 等离子体物理基础[M]. 北京:科学出版社,1983.