

Penning放电真空紫外光源

曹健林

摘要: 研制了一种主要用于真空紫外波段10nm到30nm之间的Penning型气体放电光源。工作电流50mA—400mA, 工作气压 10^{-4} Torr— 10^{-1} Torr。根据所用工作气体和电极材料不同, 该光源能给出许多高次离子谱线。当工作电流大于150mA时, AlIV 16.01 nm、16.17nm和AlIII 16.95nm、17.04nm、17.18nm、17.56nm线可以很清楚地观测到。

一般实验室用于软X射线——真空紫外波段的光源中^[1], Henke源能给出1nm—10nm的软X射线, 毛细管辉光放电、空心阴极灯等能给出30nm以上的真空紫外辐射, 而10nm—30nm之间的光源还是缺乏的。为了满足真空紫外光谱学研究工作的需要, 我们研制了一种主要工作在这个波段的Penning放电真空紫外光源。

Penning放电与通常的气体放电不同的地方在于, 前者沿放电通道的轴向加了一个强的均匀磁场^[2, 3]。这样, 从阴极发出的电子在奔向阳极的路程中被磁场约束, 在电、磁场的共同作用下做轮滚线运动。电子的空间轨道被大大加长, 与气体分子的碰撞电离、碰撞激发几率都相应增加。放电形成的正离子打到阴极上, 造成阴极物质的溅射, 在放电区域中心形成的等离子体中产生出工作气体和电极材料的高次离子谱线。

我们研制的Penning放电真空紫外光源放电区域中心的磁感应强度为1400Gs。阴极分为阴极座和阴极片两部分, 为得到不同的谱线, 阴极片可用各种不同的材料制成, 可以很方便地拆卸、更换。阳极、阴极和绝缘环采用O型密封圈紧压密封。光源采用流动气体工作, 放电室的工作气压从 10^{-4} Torr到 10^{-1} Torr连续可调。

我们用McPherson公司247型2.2m掠入射真空紫外单色仪对该光源进行了光谱特性测试。单色仪配600线/mm光栅, 闪耀波长为120nm, 用通道电子倍增器(CEM)接收。光源配McPherson公司500mA、2000V直流稳流电源。

测试结果表明, 从10nm以上起, 该光源能在连续辐射的背景上, 根据所用工作气体和电极材料的不同, 给出为数众多的、很强的高次离子谱线。实验中我们采用了氩气、氦气、氮气做工作气体, 电极材料用铝。根据需要, 使用者还可选择其它的气体 and 电极材料。

16nm—18nm之间AlIV, AlIII的7条谱线见图1。其工作、测试条件为

放电电流: 260mA 放电电压: 1150V

工作气体: Ar (钢瓶气体、纯度99.99%)

气压: 2.5×10^{-3} Torr CEM高压: 2900V

单色仪入缝宽: 50 μ m 单色仪出缝宽: 50 μ m

光源的谱线强度随放电电流、电压和工作气体压强变化而变化。一般说来, 放电电流越大, 谱线强度也越强, 谱线强度的增加比放电电流的增加快。在其它条件不变时, 随着放电电流的增加, 谱线会越来越多。在光源使用过程中, 电流的上限主要由电源功率决定, 因此, 有条件时应采用大功率稳流电源。另一方面, 如果只对工作气体谱线感兴趣, 则放电

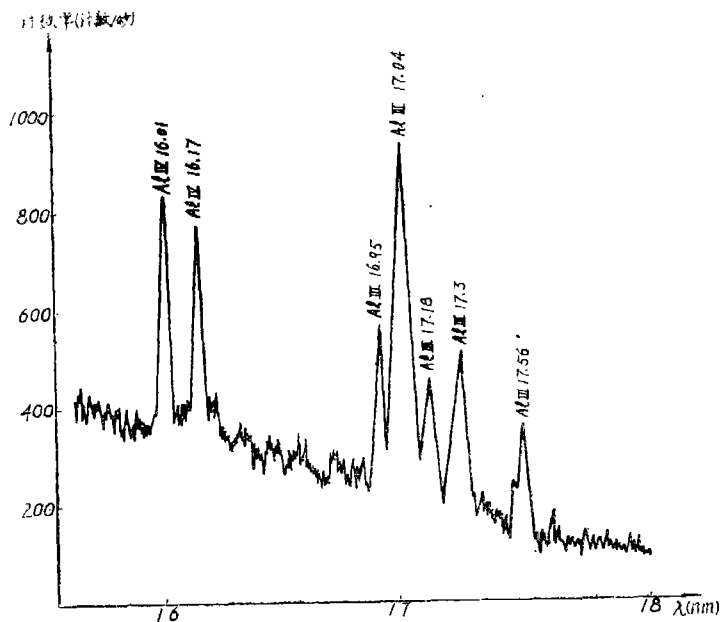


图 1

电流选为50mA就已足够。小电流条件下工作可以大大延长电极片的使用寿命。

由于放电电压对带电粒子的能量起决定作用，为得到短波段的离子谱线，放电电压应足够高。实验发现，为得到50nm以下的谱线，放电电压应大于800V。在光源工作过程中，工作电压受气压的影响。气压过高，进入放电室的气体分子大量电离，使放电等离子体阻抗减低，作为稳流源的电源将降低电压以维持放电电流的稳定。另外，气压还会影响电极材料的溅射。其它条件不变，气压越高，溅射越少，电极材料的高次离子谱线也越弱。因此，光源工作时放电电流、电压和工作气体气压三者应结合感兴趣的波段综合考虑。在实际工作中，这三者的稳定动平衡是很容易实现的。

参 考 文 献

- [1] James. A. R. Samson; Techniques of Vacuum Ultraviolet Spectroscopy, John Wiley & Sons, Inc., 1967.
- [2] E.S. Warden et al.; Penning discharge as a photoelectric EUV spectroscopy source, Appl. Opt., 1977, 16, 1902.
- [3] David S. Finley et al.; Continuous discharge Penning source with emission lines between 5nm and 30nm, Appl. Opt., 1979, 18, 649.

Penning Discharge VUV Source

Cao Jianlin

Abstract

A Penning discharge source working at the discharge current 50 mA—400mA and pressure 10^{-4} Torr— 10^{-1} Torr has been developed to mainly use in the extreme UV spectra region between 10nm and 30nm. The source can produces a number of intense lines of various gases and cathode materials. When the discharge current reaches 150mA, the high stage ion lines, such as Al IV 16.01nm, 16.17nm and Al III 16.95nm, 17.04nm, 17.18nm, 17.3nm, 17.56nm can be observed.

111