

80—90%左右。盲目追求  $\frac{D}{f}$  比值达最大值(即

$$\frac{D_{\max}}{f} \approx 2.2$$

左右),除有制作上的困难外,平面分步透镜理论上的平均效率降低到50%左右。通过以上讨论,我们认为  $\frac{D}{f} = 1.0-1.1$  制作平面分步透镜较合适。

### 3. 选择适当的棱镜(或环带)宽度和加工深度

制作平面分步透镜的材料厚度,以  $h_0$  表示。用  $h_0 \leq 1$  毫米的有机材料压制的圆形平面分步透镜,外观像密纹唱片,称为薄膜透镜。用玻璃浇铸或压延法生产的平面分步透镜,  $h_0 \geq 3$  毫米。

我们用  $h$  表示小棱镜的加工深度,  $L_A$  表示任一处小棱镜的宽度。考虑到透镜作成后的机械强度,我们取两者关系为:  $h \leq \frac{2}{5} h_0$ , 即加工棱镜的深度以不超过平面透镜总厚度的五分之二为合适。在此条件下:

$$L_A \leq \frac{h}{\operatorname{tg} \theta} = \frac{2h_0}{5 \operatorname{tg} \theta}. \quad (9)$$

从式(7)可知,当  $R$  变化时,不仅  $\theta$  变化,  $L_A$  也变化;要求  $h \leq \frac{2}{5} h_0$  时,  $L_A$  随着  $R$  的增大而不断减小。

## 五、结 语

用平面分步透镜作太阳能利用的集光装置设计,与其它同类型集光装置相比较,有以下优点:

(1) 它有“大、薄、轻”的特点。“大”,平面分步透镜可以作成很大的采光面积;“薄和轻”,使集热器重量减少到其它透镜的  $1/3-1/5$ 。重量的减轻,也相应降低了支架的成本,且易实现太阳自动跟踪。

(2) 便于安装,能抗形变,所以效果稳定,使用方便。

(3) 材料来源广,易模压成型,适于大批生产,如能分块制作后,组装成面积很大的集热器,使太阳能利用装置成本大为降低。

(4) 与一般“热箱式”集热器相比,聚焦式集热器有使用温度高,集热效率高,用途广的优点。

# 火花光源所激发的高次电离光谱及其应用

韦 钦

(中南矿冶学院物理教研室)

火花光源所激发的高次电离光谱,通常都在  $6-7000 \text{ \AA}$  的光谱区域内。它们的电离次数达  $2-17$  次甚至更高,本文将讨论这些离子谱线的产生和应用。

自从1927年真空紫外光谱区域内第一台掠入射凹面光栅摄谱仪的研制成功,研究高次电离离子光谱就成为人们感兴趣的课题。然而,由于技术上的困难,它的发展是缓慢的。但是,随着科学技术的发展,近十年来,这一研究领域相当活跃。在真空紫外区域内,高次电离离子光谱应用于天体物理学要归功于 I. S. Bowen<sup>[1]</sup>,他提出而且证明了许多星云谱线起源于电离度达  $15$  次之高的原子的亚稳态能级的禁介跃迁。在受控热核反应中高温等离子体的诊断、辐射能量损失的研究中,高次电离离子光谱也是不可缺少的手段。特别是通过加速器使离子束加速并通过薄膜的束-箔光谱,也是高次电离离子光谱学研究的重要方面。高次电离光谱在定量分析中的应用也有许多优越性<sup>[2-4]</sup>。选用了高次电离谱线作分析线对,具有高速、准确、干扰小,对不同基体来用唯一的工作曲线分析杂质元素

的可能性等等优点。目前,在  $2000 \text{ \AA}$  以上的波段范围部份元素的高次电离谱线在通常谱线表中都可以找到。而在  $6-2000 \text{ \AA}$  区域内的谱线表已经作出<sup>[1]</sup>。这对高次电离离子光谱研究和扩大它的应用范围,提供了有利的条件。

## 一、火花光源和高次电离谱线的产生

高次电离谱线研究在波长  $6-2000 \text{ \AA}$  的真空紫外区做了大量的工作。在真空紫外区域内的真空火花、滑动火花、三电极真空火花及可见光谱区域内的常用的弗氏火花光源都可以获得大量的各种元素的高次电离离子光谱。近年来,采用激光火花,束箔(Beam-Foil)光源,同样可以获得电离度很高的谱线。在真空紫外火花光源中,采用低电感,如几十 nH、高电压,如几十 kV、大电容,如几十  $\mu\text{F}$  可以获得大量的高次电离谱线,甚至可以在实验室里复制研究太阳光谱的工作,得到像: Fe XVIII, YIX-XIII, Zr X-XIV, Nb XI-XV,

Mg VIII, Al IX, Si X, Sc XVI, Ti XVII, V XVIII, Sr III, Rb II, Mo VII 等等高次电离谱线。在可见光谱内用弗氏火花也可以得到部份元素的三次电离线。开展对高次电离离子光谱的产生规律和应用的研究需要对火花光源的工作状态作个基本的分析。

高压火花的产生，通常是采用高压电容器通过一个间隙放电所获得，它的放电周期可以用触发装置控制。如果采用低电感回路，火花回路的峰值电流可达 180 kA。光源温度可达  $(1-10) \times 10^4 \text{K}$  数量级，相应的电离电位可达 1000eV 以上。从这些数值可以看出，高次电离谱线的出现和光源的温度的空间和时间的分布存在着直接的关系。

在火花工作时，火花的辉点是由两部份组成，即就是：其一是放电通道，它位于火花中心。另一部份是电极表面高速飞跃的电极蒸气喷射流。这两者之中，放电通道是光源的根本现象。它决定了火花的特性，也是高次电离谱线被激发的地方。电极在放电瞬间，放电通道内形成了气流速度高于  $1-3 \text{ km/sec}$  的冲击波，在高温高速气流中，气体在波阵面中强烈电离，形成了一个“封闭”的等离子体气流，电极物质的大量高次电离光谱随即产生。这就是在放电瞬间内，放电通道的基本描述。

S. Mandelstan<sup>[6]</sup> 对火花放电进行了研究，测量并计算了火花光源放电的温度径向分布；离放电中心越近，温度越高。这样，不同离化程度的谱线，在放电瞬间按温度的不同，也有一个沿径向分布的规律，即高次电离线在中心，低次电离和中性原子线依次在外部排列。这个研究工作指出：在放电瞬间的结构形态可以这样描述：放电电极中心包括放电通道称为放电冲程，在放电冲程之外，被冲程的封包所封闭，在冲程封包之外，受到超音速的冲击波所包围。于是，使我们可以把火花放电状态看成是一个“封闭”的体系，只有在放电终了的时候，这个“封闭体系”才会瓦解。同时这个实验还指出：在激发周期中，由于能量有损耗，各种电离谱线也是从高到低（如图 1 所示）。按先后顺序出现的。通过这些分析，使我们对火花光源中激发的电离谱线的时间和空间分布有一个基本的了解。

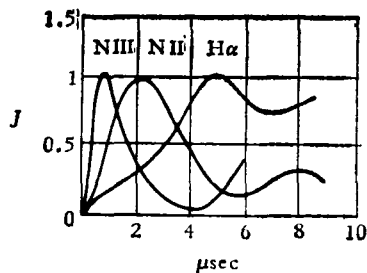


图 1 谱线强度随时间

C—0.25 μt; L—10 μt; μ—14kV

物理

高电离谱线的激发和温度有直接的关系。在火花光源中，由于温度的径向梯度的存在，物质的扩散，热传导、氧化还原的作用，使温度的径向分布变得甚为复杂。然而，激发温度总有一个径向分布，也就是说，越在放电中心，温度越高。在这种高温，高速的“封闭体系”中，更有利于高次电离谱线的激发。只要控制了适当的激发温度，就有可能排除其他谱线的干扰，按电离电位的不同，使谱线在电极附近的空间和时间上按一定规律出现，这样，在定量光谱分析中，为研究消除干扰，提高分析灵敏度，提供了有效的途径。

在定量光谱学上，消除气氛对光源放电过程的影响是十分重要的。从能量观点出发，为了提高离子的激发几率，获得离化程度更高的谱线，应该把光源置于真空之中。从真空紫外光谱区域中许多实验证明：光源的真空气度越高，越有利于高次电离谱线的激发。因此，为了研究和应用高次电离离子光谱，采用真空光源是比较合理的。

## 二、高次电离离子光谱的应用

高次电离离子光谱的应用，已经深入到许多学科领域之中，本文仅从下列几方面作个简要的讨论。

### 1. 天体物理学

高次电离离子光谱在天体物理学上的应用，R. Tousey<sup>[7]</sup> 进行了详尽的评述，第一个把真空紫外用于天体物理学的是 I. S. Bowen，他研究银河系的星云谱线作出了贡献。W. Grotrian 第一个解释了日冕线，指出  $6374 \text{ \AA}$  和  $7892 \text{ \AA}$  线分别和 B. Edlén 从真空紫外发射线测量的 Fe X 和 Fe XI 高次电离谱线基态项值分离相符合。接着，B. Edlén 还精密地测量了许多高电离离子基态能级之间的间隙，证明了那些相近能级间的跃迁而产生的线和日冕的波长相一致。从谱线轮廓理论分析表明：太阳辐射最强烈的  $L_{\alpha}$  线，来自太阳色球的区域，那里的温度接近  $70000-90000 \text{K}$ ，这是高次电离离子光谱学在天体物理学上一个重要的成就。从 1946 年开始，美国利用真空紫外光栅光谱仪，在运载工具帮助下，进行了大气外天文光谱的研究。同时，在实验室里进行了一系列的模拟研究，系统地观察了太阳的短波紫外辐射的变化，证明太阳辐射对产生磁暴和极光现象具有特别重要的意义。

在天体物理学中，许多引人注目的课题可能需要高次电离离子光谱的帮助。如太阳辐射时的物质交换，蒸发和吸收两种作用的规律。太阳高温辐射的机理假设等等。

近年来，由于简便的低电感三电极真空火花光源<sup>[4, 8]</sup>的建立，使高次电离离子光谱的研究扩展到了  $6 \text{ \AA}$  波段，可以比较容易地获得 Sc XIV, Ti XV, V XVI<sup>[8]</sup>;

Rb II, Sr III, Y IV, Zr V, Nb VI, Mo VII<sup>[9]</sup>; Sc XVI, Ti XVII, V XVIII<sup>[10]</sup>; Mg VIII, Al IX, Si X<sup>[11]</sup>; Y IX-Y XIII, Zr X-XIV, Nb XI-XV, Mo XII-XVI<sup>[12]</sup> 等一系列高次电离谱线。这对于开展高次电离离子光谱的研究和应用它们开展天体物理学方面的探索创造了有利的条件。

## 2. 高温等离子体诊断

高温等离子体的许多基本参数,如温度、密度都能够依靠高次电离离子光谱得到比较正确的诊断。光谱诊断一直是等离子体诊断的重要方法之一。然而,由于天体物理学的发展,对太阳辐射层的等离子态的研究。从高次电离离子光谱学入手研究等离子体中粒子辐射,碰撞过程以及状态,在光谱学上都是需要解决的课题。

## 3. 高次电离离子光谱的定量分析

高次电离离子光谱的定量分析工作,一直是一个极其活跃的部份,这方面研究任务,在于获得高速度、高灵敏度,高精度的光谱定量分析方法。在真空紫外光谱区域内,采用高次电离谱线去进行定量分析工作有过评述<sup>[12,13]</sup>,由于选用高电离谱线作为分析线对,表现出快速、准确、干扰小的特点。在金属中能够同时进行对金属、非金属、气体杂质元素的测定。同时,还能

在金属合金的不同基体中采用唯一工作曲线去测定同一杂质元素。

由于天体物理学、等离子体物理学、定量光谱学等学科和高次电离离子光谱都有十分密切的关系,因此,从实验上和理论上深入探讨高次电离离子光谱学中一些问题。进一步扩大它的应用范围是非常有价值的。

## 参 考 文 献

- [1] I. S. Bowen, *Astroph. J.*, **67**(1928), 1.
- [2] 韦钦、许芝华、彭建怀,《分析化学》, **6-3**(1978), 232.
- [3] F. Malamand, *Analisis*, **1-6**(1972), 420—426.
- [4] 韦钦、许芝华、彭建怀,《物理》, **6-5**(1977), 275.
- [5] B. C. Fawcett, *Advances in Atomic and Molecular Physics*, **10**(1974), 224.
- [6] S. Mandelstan, *Spectrochimica Acta*, **3-4**(1959), 225—271.
- [7] R. Tousey, *Applied Optics*, **1-6**(1962), 679.
- [8] S. Goldsmith and U. Feldman, L. Coher, *J.O.S.A.*, **61-5**(1971), 615.
- [9] Joseph. Reader and Gabriel. L. Epstein, Jan Olof Ekberg, *J.O.S.A.*, **62-2**(1972), 273.
- [10] S. Goldsmith and U. Feldman, A. Crooker and L. Cohen, *J.O.S.A.*, **62-2**(1972), 260.
- [11] S. Hoory and S. Goldsmith and U. Feldman, W. Behring and L. Cohen, *J.O.S.A.*, **61-4**(1971), 504.
- [12] E. Alexander, M. E. Ven-Zohar, B. S. Fraenkel and S. Goldsmith, *J.O.S.A.*, **61-4**(1971), 508.

# 磁 流 体 发 电

## ——它的物理原理及研究进展

### 磁流体发电研究室

(南京工学院)

磁流体发电是一种新型的发电方式,它具有高效率、低污染等优点。由于它是将热能直接转换为电能,再加上充分利用热能的措施,因而可以大大提高效率,从而大量地节省煤、石油等初级能源的消耗,并且废热少,热污染少,甚至可以完全消除化学污染。同时,由于它能快速启动,故在国防上有重要意义。

磁流体发电是一项涉及许多近代学科和技术(如等离子体物理、磁流体力学、高温热物理、高温材料和技术、超导技术等)的大型综合性课题。它的基本原理,同普通发电机一样,是法拉第电磁感应定律。对其物理原理的阐述,主要围绕磁流体发电机主体并从电、磁、导体及其运动三方面展开。同时,还必须论及导电

气体的一个重要特性——电导率,以及在强磁场作用下一个重要效应——霍尔效应。最后讲一讲循环系统和应用。

## 一、磁流体发电机及其理论

试以目前广为研究和采用的开环系统法拉第直线型磁流体发电机为例说明之。磁流体发电机由三个主要部分组成: 1. 燃烧室——它产生高温导电气体; 2. 发电通道——一系框型组合部件,两对相互平行壁面中,一对是导电的,即为电极,另一对是绝缘的; 3. 磁体——它的两极靴设置在发电通道绝缘壁外侧,见图 1。