

利用光电阻测定矿物反射率

石 铁 铮

前 言

金属矿物的反射率如同透明矿物的折射率一样，是鑑定及研究矿物时极其重要的一个光学常数。目前，它的测定方法很多，按这些方法的性质可归纳为两类，即光度计法和光电计法。

笔者由1960年开始应用硫化镉光电阻法来测定矿物反射率，经过三年反复试验与校核，证明这一方法性能较好，灵敏度较高，元件成本低廉，安装技术简单，在一般实验室的条件下均能安装。本文主要介绍光电阻在矿物反射率测定上的应用。

一、光电阻的原理与硫化镉光电阻

有些半导体如硫化镉等，在黑暗的环境下它的电阻是很高的，一般在 10^8-10^9 欧姆。如受到光的照射，半导体原子中的电子被激发，增加了导电性能，使半导体的电阻减低，一般在 10^6-10^8 欧姆，故光照射到光电阻上时线路中的电流就增大。

硫化镉光电阻是由硫化镉单晶体制成的，

单晶体积很小，约在4毫米³左右，放置在塑料压成的基板上如图1所示。基板上有不锈钢制成的两个电极，用特种银膏使晶体与电极连接，在基板的上面用塑料压成的保护罩，保护罩的顶端有塑料制成的小窗以便使光线透入，透明塑料对光线的透明度比普通的玻璃好，为了适合需要，保护罩顶端的小窗有平面的，亦有制成透镜式的，透镜式的聚焦后的光线使照度提高2—3倍，灵敏度也将有所增加。

国产K.T.O—G.T硫化镉光电阻的光谱特性如图2所示，从图中可以看出对于可见光部分具有相当高的灵敏度，并且它的光流与电流有如图3的近似正比变化关系。

此种光电阻在光照度100勒克斯时光照电流为400—600微安/流明之间；无光照电流为2—50微安/流明

之间，此外并有较高的稳定性，经过二年多的观察有如图4的老化过程。

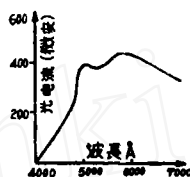


图2 K.T.O—G.T硫化



图3 K.T.O—G.T硫化

镉光电阻光谱特性曲线

化镉光电阻光照特性曲线

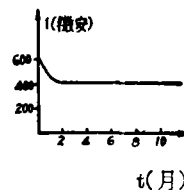


图4 K.T.O—G.T硫化

镉光电阻老化曲线

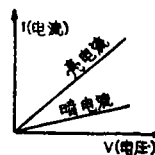


图5 K.T.O—G.T硫化

镉光电阻在暗中和在光照下的伏安特性曲线

另外，此种光电阻又与工作电流电压有如图5的直线性变化关系。

从其伏安特性曲线来看，所加电压愈高，光电流亦随之愈大，但须注意K.T.O—G.T硫化镉光电阻按其规格各有不同的允许最高电压，在外加最高电压内，其外加电压与光电流是严格的成正比关系。

综合K.T.O—G.T硫化镉光电阻的光谱特性、光照特性、老化特性及工作电压特性来看完全可用于金属矿物的反射率测定上。

二、仪器的安装

我们实验室所装配的K.T.O—G.T硫化镉光电阻显微光度计基本由以下几个主要部件组成。

自偶变压器、氧化亚铜整流器、K.T.O—G.T

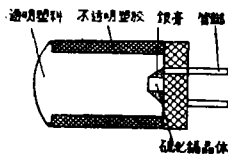


图1 硫化镉光电阻结构

硫化镉光电阻、1K2II 电子管、一级微安表及一些电阻,其中自偶变压器及整流器亦可改用 60V 干电池组。

光电阻系用(宁波市)K.T.O—G.T 硫化镉光电阻,暗电流 2—50 微安,亮电流 400—600 微安,这种光电阻有聚光作用,灵敏度高,光强与光电流有严格的正比关系,装配时可将其安在外面涂白漆的电木灯头中,一则避免外来光线照射的干扰,二则当测定时可直接稳固地扣在目镜上(如放在显微镜照像上更好)。但光电阻受反射光的照射引起的光电流,须在一套放大装置上放大,然后才能在微安表上检出,作者经过多次试验认为有如图 6 的电流放大线路装置较为合适。

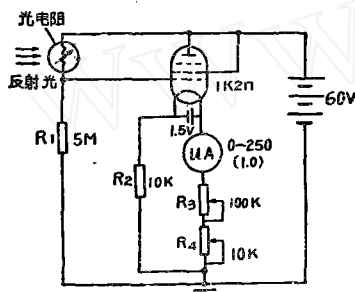


图 6 K.T.O—G.T 硫化镉光电阻显微光度计线路图

为了测值稳定,须在光源上及电源上加一个稳压器,光源的白炽灯(5—25瓦)电压稳定,其灯丝在单位时间内的电流亦一定,发射的照度方能稳定;其次,电源电压问题,当用干电池组,其电压是稳定的,如用市内供应的交变电压时随用户用电的多少,其电压随之而变,当然对电子管屏极及光电阻的工作电压也是不固定的,所以其产生的放大电流亦不正常,为此应在工作电源上加上稳压器。至于整流装置的氧化亚铜整流器可改用电子管作整流器,这样使其元件占的面积缩小并成为一个整体。

三、测定程序

(一) 准备工作

用做测定反射率的矿相显微镜最好固定在一台上,这台矿相显微镜各部件的性能应予以校正,并保持正常完好状态。同时制备一套标准矿物光片。为了工作需要建议采用下列10种矿物。

金84, 铂70, 铁64, 黄铁矿53, 方铅矿43, 辉钨矿36, 黝铜矿29, 斑铜矿21, 闪锌矿17, 萤石3。

(二) 仪器的校正

按前述的线路图,先接通 1K2II 电子管灯丝电源,然后接通其屏极及光电阻电源,这个电源用干电池组(或用交变电源另加稳压装置)供给,所以其电压信号比较稳定。由于电子管的帘栅极及控制栅极电压的影响可使屏极产生放大电流,此时线路上的光电阻的暗电流亦同时从控制栅极流向阴极,可从微安表上量出,一般不超过两个毫安)为此应在未接通 60 伏屏极电压之前调节 100K 的可变电阻至最大位置上,60 伏电源接通后再缓慢调节 100K 可变电阻,使电阻渐小随之电流增大,见微安表上指针向大的方向移动,将开始移动的电流位置定为原点,这个原点应定在整数上,再用 10K 可变电阻来细调,然后可开始测定矿物的反射率。测定时由于反射光照射在光电阻器上而使内阻变小,电流增大,可使电子管的控制栅极电压增高,因而其屏极电流成倍的增加,这个电流叫做亮电流,亮电流随反射光的强弱严格的成正比关系,这个电流数值可从微安表上直接量出,这个数值正是随矿物种类的不同,其反射率亦不同的准确反映。

将零点的刻度数值记好,然后用标准矿物光片校正,校正可从反射率最低的萤石开始,测前先在视域内选择纯净单一的矿物种类为佳,应选用中倍接物镜或适当缩小光圈(以后测其它矿物时的条件应相同),选好后即可将带电木盒的光电阻直接扣在目镜上,然后开灯。如先测萤石时微安表上起码有 2—3 个刻度变动,读值的时间应从开始起 30 秒钟内读出为佳,因光电阻有惯性的关系,其指针总是略有摇摆,然后依次测其它矿物,此时刻度数值应对应地增加,否则不能应用。

我室测定的数值如下:

矿物名称	国际通用值	光电阻测值	磨光质量
铂	70	92	较光亮
黄铁矿	53	65	麻点较多(换算应为70)
方铅矿	43	55	有少许凹陷(换算应为57)
黝铜矿	29	38	较光亮
斑铜矿	21	28	较光亮
闪锌矿	17	22	较光亮
萤石	3	4	较光亮

测定的值,除方铅矿、黄铁矿二矿物外,其它矿物都对应的准确,对其中黄铁矿来说因磨光程度较差,故测值低于换算的值,但对方铅矿来说如沿解理纹方向磨制时,即不见黑三角形剥落的凹陷,其测值

从 55 升到 57 升。所以测定反射率时光面磨制的方向和质量是首要条件。

(三) 未知矿物的测定

1. 光片的制备

如未知矿物是一个较大的单体, 那么一定要沿其解理磨光, 另外垂直此解理方向再磨两个光面, 制成三个相互垂直的光片, 这样即可基本与光学主轴一致; 如未知矿物不是单晶体而是集合体, 这时尽量利用敲打的裸面找出其解理方向或是利用不少于三个不同方向的破裂面制备光片。

2. 测定反射率

将上述不同方向的光片在正交偏光镜下检查均质性或非均质性, 各个面都应依次检验。

如为均质性矿物除去上偏光镜, 按其任何方向测之都可, 测的值经换算查反射率矿物鉴定表即可圈定其所处的范围。再结合其它物理特征便可定其矿物名称了。

如为非均质性矿物分别测其两个或三个方向的数值, 并求其中最大、最小或最大、中等、最小的值, 即分别是 $R_g \cdot R_p$ 或 $R_g \cdot R_m \cdot R_p$ 等。

$R_g \cdot R_p$ = 双反射率

如只有 R_g 与 R_p 时即为一轴晶

如有 $R_g \cdot R_m \cdot R_p$ 时即为二轴晶

一轴晶中 R_g 若为常光振动方向的反射率时
= 负光性

一轴晶中 R_g 若为非常光振动方向的反射率时
= 正光性

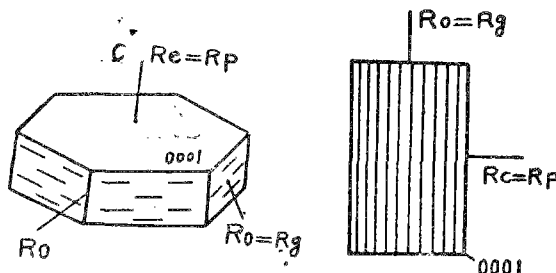


图 7 垂直(0001)解理面测辉钼矿的 $R_e = R_p$

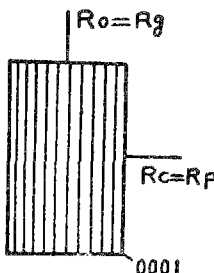


图 8 平行(0001)解理面测辉钼矿的 $R_0 = R_g, R_e = R_p$

例如测辉钼矿, 垂直 (0001) 解理面方向转动载物台, 测其值不变, 均为 19; 如平行 (0001) 解理纹时, 其值从 19 到 45 的变化, 故其光性方位 $C \parallel R_p, \perp C \parallel R_g$, 所以说它是一轴晶, 负光性, 如 (图 7) 及 (图 8)。

其延性亦可根据延长方向 R_p , 矿物为负延性。

对二轴晶矿物的一些光学常数, 同样亦可测其延性、双反射率, 如能知其结晶要素亦不难测出其光性方位及光性正负。

3. 折射率和吸收系数的测定

反射率即能测出进而用油浸物镜去测矿物的反射率并按弗莱涅尔的公式求其折射率 n 及吸收系数 K 。

$$R_1 = \frac{(n - n_1)^2 + n^2 K^2}{(n + n_1)^2 + n^2 K^2}$$

$$R_2 = \frac{(n - n_2)^2 + n^2 K^2}{(n + n_2)^2 + n^2 K^2}$$

n —未知矿物的折射率

K —未知矿物的吸收系数

n_1 —第一浸油介质的折射率

n_2 —第二浸油介质的折射率

R_1 —用第一浸油介质测之反射率

R_2 —用第二浸油介质测之反射率

例: 用一般矿相显微镜之光源测方铅矿的情况:

$n_1 = 1.5$ 的浸油 R_1 之测值为 32.8

$n_2 = 1.6$ 的浸油 R_2 之测值为 30.5

代入上述公式即求得 $n = 4.3, K = 0.51$ 。

结束语

K.T.O—G.T 硫化镉光电阻, 仅在一般矿相用之光源的光波波段测了四十种矿物, 其反射率与一般国际通用伏黄下测之反射率值, 除了极少部分因光片质量欠佳外, 绝大部分是一致的, 如用其它单色光做光源时, 其反射率如何尚待进一步试验证实, 故此种反射率仪可供教学及一般科研之用。