

文章编号: 1001-3806(2008)06-0596-02

## 有色方解石晶体的光谱分析

王召兵, 刘 涛, 郝殿中, 彭捍东, 张 霞, 吴闻迪  
(曲阜师范大学 激光研究所, 曲阜 273165)

**摘要:** 为了更好地利用有色方解石晶体, 采用 X 射线荧光光谱仪和 X 射线衍射仪等仪器对浅黄色和浅紫色方解石成分进行了测试分析, 用分光光度计测试了黄色方解石的透射光谱。浅黄色方解石中含有微量的镁元素和锶元素, 浅紫色方解石中含有微量的锰、锶和镁元素, 有色方解石晶体偏光器件的消光比可达  $10^{-6}$  量级。结果表明, 有色方解石晶体偏光器件能满足一般光学测试系统的使用要求。

**关键词:** 光谱学; 方解石晶体; 光谱分析; 偏振器  
**中图分类号:** O433.4 **文献标识码:** A

## Spectral analysis of colored calcite crystal

WANG Zhao-bing, LIU Tao, HAO Dian-zhong, PENG Han-dong, ZHANG Xia, WU Wen-di  
(Institute of Laser Research, Qufu Normal University, Qufu 273165, China)

**Abstract** In order to use colored calcite crystal suitably, chemical composition of lilac color calcite crystal and yellowish calcite crystal was tested with ALR 9400 X-ray fluorescence spectrometer and X-ray diffractometer respectively. Transmitted spectra of yellowish calcite crystal were measured with spectrophotometer. It is found that the yellowish calcite crystal contains trace element Mg and Sr and the lilac color calcite crystal contains trace element Mn, Sr and Mg. Extinction ratio of colored calcite crystal polarizer can reach  $10^{-6}$ . The results indicate that the polarizer can be used in optical measurement systems which don't need extreme high precision.

**Key words** spectroscopy; calcite crystal; spectral analysis; polarizer

### 引 言

方解石是一种碳酸钙 ( $\text{CaCO}_3$ ) 单轴晶体材料, 属于三方晶系, 最早发现于冰岛, 故又称为“冰洲石”。一般情况下方解石是无色透明的, 在无色透明晶体矿物中具有很高的双折射率和偏光性能, 可作为光学偏光棱镜和分束棱镜的材料<sup>[1-2]</sup>。在红外区、可见光区和紫外区都有广泛的应用<sup>[3-4]</sup>, 主要用于国防工业和制造高精度光学仪器, 亦广泛用于无线电电子学、天体物理学等高新技术领域。

方解石至今尚无人工合成晶体, 全靠自然采集。由于形成方解石的条件在不同的地域及不同的地质时代不尽相同, 所含有的微量元素种类也存在差别, 有些方解石晶体就呈现出一定的颜色, 如浅黄色、浅紫色或褐色等。通过对有色方解石晶体成分及特性进行分析, 可以更合理地利用方解石晶体材料制作光学器件, 为不同的科研、教学工作服务。

**作者简介:** 王召兵 (1972-), 男, 博士, 副教授, 主要从事现代光学测试技术及飞秒激光与物质相互作用的研究。

Email: zhaobingwang@yahoo.com.cn

收稿日期: 2007-08-21; 收到修改稿日期: 2007-10-08

### 1 实验方法

X 射线荧光 (X-ray fluorescence, XRF) 分析是一种能够提供简单、快速的元素分析的技术<sup>[5]</sup>, 其可分析的样品种类从固体到液体、粉末、颗粒以及薄膜, 分析浓度范围从  $10^{-6}$  到较高的百分比含量。XRF 分析原理是用 1 次 X 射线束照射在样品上, 产生代表样品中各种元素的 2 次 X 射线, 也称特征 X 射线; 通过检测这些 2 次 X 射线, 即可以得到定性和定量结果。

(1) 将 1 块浅黄色方解石晶体用研钵研细, 分别利用 ARL9400 型 X 射线荧光光谱仪和 X 射线粉末衍射仪进行了 XRF 谱和 X 射线衍射 (X-ray diffraction, XRD) 谱测试。

(2) 将 1 块浅紫色方解石晶体研细, 用 ARL9400 型 X 射线荧光光谱仪进行了 XRF 测试。

(3) 将浅紫色和浅黄色方解石晶体制成立方体样品, 用日本岛津 UV3010 分光光度计测试了晶体的偏振透射谱<sup>[6]</sup>。

(4) 用智能化高精度消光比测试系统对浅黄色方解石制成的格兰付科偏光棱镜的消光比进行了测试<sup>[7]</sup>。

## 2 实验结果与分析

浅黄色和浅紫色方解石的 X 射线荧光光谱分析数据如表 1 中所示。从表 1 可以看出, 浅黄色和浅紫

Table 1 XRF analysis of calcite

yellowish calcite		lilac color calcite	
elements	mass fraction	elements	mass fraction
Ca	0.40	Ca	0.40
Sr	0.0005	Mn	0.0010
Mg	0.0004	Sr	0.0004
Mn	0.00008	Mg	0.0002
Zn	0.00008	Zn	0.00014
Ti	0.00003	Ti	0.00002
Cl	0.00003	Cl	0.00003
S	0.00002	—	—

色方解石所含有的微量元素的种类及含量各不同, 浅黄色方解石中主要含有微量的锶和镁, 浅紫色方解石中主要含有微量的锰、锶和镁, 正是由于含有不同的微量元素才使方解石晶体呈现出不同的色彩。

为了获得各种元素在晶体中的存在形态, 对浅黄色方解石晶体的粉末样品进行了 XRD 分析, 结果如图 1a 所示, 方解石的 X 射线 JCPDF 标准图谱如图 1b 所

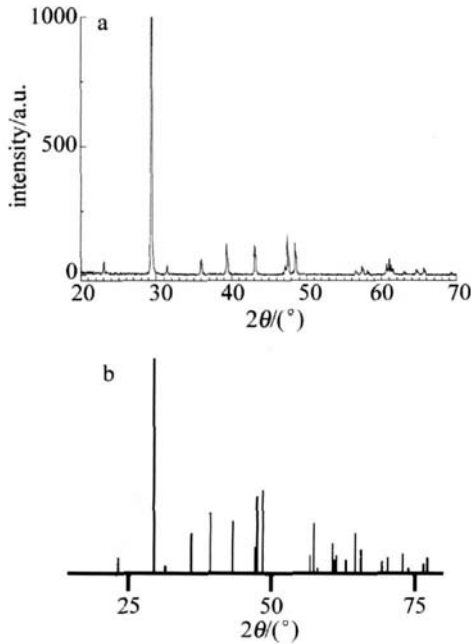


Fig 1 XRD spectrum of calcite

示。经过认真对比发现, 由于晶体样品中所含有的微量元素含量太低, 样品 XRD 谱中只有  $\text{CaCO}_3$  的衍射峰, 而未得到其它任何衍射峰, 即用 XRD 法无法确定微量元素的化合形态。

浅黄色和浅紫色方解石偏振透射谱分别如图 2a 和图 2b 所示, 图中曲线 B、C 和 D 分别代表自然光、o

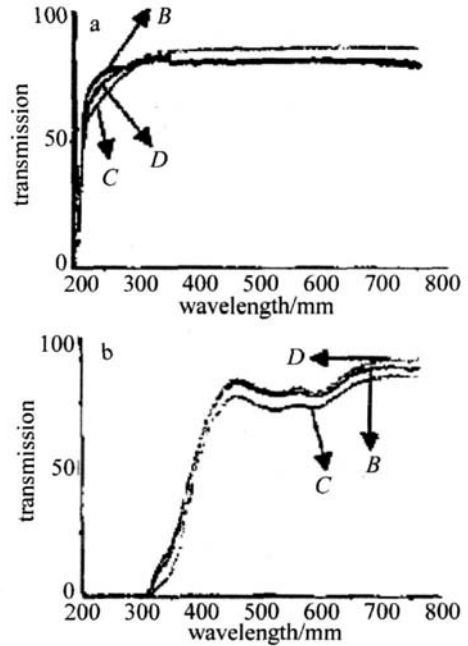


Fig 2 Transmitted spectrum of calcite crystal

光和 e 光入射时的透射光谱。由图 2 可知, 浅黄色方解石的截止波长为 210nm, 适用于紫外偏光镜材料, 而浅紫色方解石的截止波长为 300nm, 且透过率随着波长的变化有一定的起伏, 不宜用作紫外偏光镜的材料<sup>[6]</sup>。

用自行研制的智能化高精度消光比测试系统对偏光棱镜的消光比进行了测试<sup>[7]</sup>, 偏光棱镜是用浅黄色方解石制成的格兰-付科棱镜, 透射光强测试曲线如图 3 所示。图 3a 和图 3b 分别表示光路中加衰减片和不同

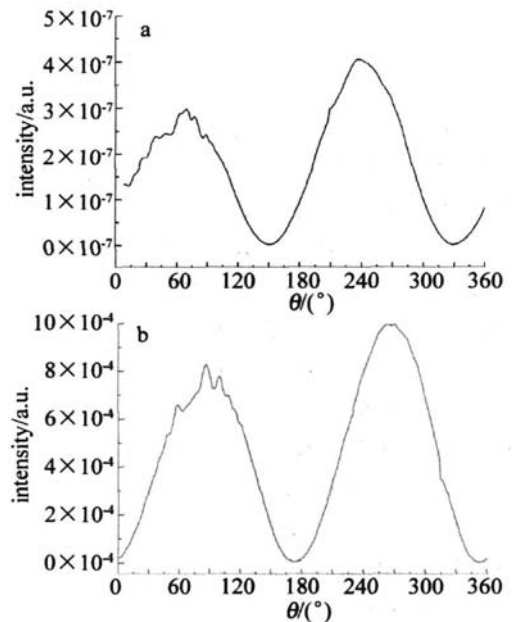


Fig 3 The extinction ratio curve of Glan-Foucault polarizing prism

加衰减片时棱镜的透射光强。通过计算机数据自动处理得到棱镜的消光比为  $7.1 \times 10^{-7}$ , 完全可以满足一般科研工作对器件消光比的要求。

(下转第 604 页)

差;所有能减少焊缝热影响区晶粒粗化程度和降低粗化区宽度的焊接工艺均可提高焊接接头的机械强度性能,这也是 YAG-MIG 复合焊接接头最终拉伸强度达到母材的 80%、远远高于一般 MIG 焊 60% 的原因。

由于该试验 ZL-114A 合金采用 T6 热处理工艺,本身即为靠牺牲塑性得到最高强度,故其塑性变形能力很差。其宏观断口形貌见图 6 由图可以看出,断口比较整齐,呈脆性断裂,进一步的微观形貌(见图 7)观

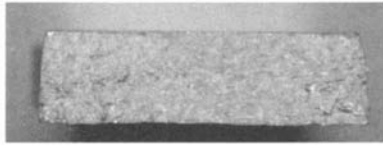


Fig. 6 Macrograph of the fracture

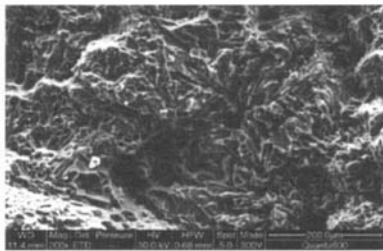


Fig. 7 Micrograph of the fracture

察证实,断口基本没有明显的塑性变形区,属典型的脆性断裂,呈现出铸态断口特征。

### 3 结 论

(1)通过激光-电弧复合焊接 ZL-114A 铝合金,由于激光与电弧的互补作用,采用适当的焊接工艺参数,可以在较高的速率下得到较 MIG 焊等传统焊接方法更高质量的焊接接头,其接头强度达母材的 80% 左右。

(上接第 597 页)

### 3 结 论

通过对方解石的 XRF 光谱分析得知,浅黄色方解石中含有微量的锶和镁元素,浅紫色方解石中含有微量的锰、锶和镁元素,但微量元素含量较低,由 XRD 光谱无法确定其具体存在化合形态;晶体的偏振透射谱曲线表明,浅黄色方解石比浅紫色方解石的截止波长更短,大约在 210nm,更适合于制作紫外偏光器件;偏光棱镜消光比的测试结果表明,由于微量元素含量较低,偏光棱镜的消光比性能并没有明显得降低,一般可达  $10^{-6}$  量级,完全可在测试精度要求不很高的光学系统中使用。

#### 参 考 文 献

[1] GAO H G, PEI Q K. The design of Glan-Taylor polarizing prism [J]. Laser Technology, 1994, 18(3): 185-189( in Chinese).

(2)由于焊接固有的快速冷却特性及细化晶粒元素(Ti)的存在,焊缝金属组织较铸造组织细小很多,而且采用的焊接线能量越小,焊缝组织越细小。

(3)由于焊接热循环导致的晶粒粗化及固溶相的溶化和析出,YAG-MIG 复合焊接 ZL-114A 铝合金接头一样存在一个软化区;但热影响区晶粒粗化程度及软化区宽度均较一般 MIG 小,接头强度远高于一般 MIG 焊(母材的 60% 左右)。

#### 参 考 文 献

- [1] LIL J. Modern laser material processing and equipment [M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 1993: 213-214 ( in Chinese).
- [2] WANG J Ch. Development and expectation of laser welding technology [J]. Laser Technology, 2001, 25(1): 48-54( in Chinese).
- [3] LIU J H, ZHANG Q L, HU L J. New technology of on-line laser joining for hot rolled high silicon steel sheets [J]. Laser Technology, 2004, 28(1): 16-19( in Chinese).
- [4] YANG Sh F, LOU S N, XUE X H. Welding technology of aluminum alloy [J]. Marine Technology, 2003(5): 25-28( in Chinese).
- [5] STEEN W M, EBBO M. Arc augmented laser welding [J]. Metal Construction, 1979, 11(7): 332-333.
- [6] BAGGER C, OLSEN F O. Review of laser hybrid welding [J]. Journal of Laser Applications, 2005, 17(1): 2-14.
- [7] GAO M, ZENG X Y, HU Q W. CO<sub>2</sub> laser pulsed MAG hybrid welding of mild steel [J]. Laser Technology, 2006, 30(5): 498-500( in Chinese).
- [8] WANG Ch M, HU L J, HU X Y, et al. Laser/high frequency induction hybrid welding [J]. Laser Technology, 2004, 28(5): 452-454( in Chinese).
- [9] LIU J Ch, LIL J, ZHU X D, et al. Discussion on laser welding combined with other heat resource [J]. Laser Technology, 2003, 27(5): 486-489( in Chinese).
- [10] PHILLIPS R H. Laser beam welding of HY80 and HY100 steels using hot welding wire addition [J]. Welding Journal, 1992, 71(7): 201-208.

- [2] REN Sh F, WU F Q. Ternary parallel beam splitter combined of iceland and glass [J]. Laser Technology, 2006, 30(3): 311-316( in Chinese).
- [3] LI G H, LI J Zh. Designing and measuring of calcite infrared polarization prisms [J]. Journal of Qufu Normal University, 1989, 15(3): 59-64( in Chinese).
- [4] WU F Q, LI G H. Research and manufacture about the iceland spar polarizing prism [J]. Journal of Qufu Normal University, 1994, 20(4): 54-57( in Chinese).
- [5] ZHAO Ch. Discussion on principle and application of X-ray fluorescence spectrometer [J]. Electronics Quality, 2007(2): 4-7( in Chinese).
- [6] KONG W J, WU F Q. The ultraviolet band spectrochemical analysis of iceland crystal material [J]. Laser Technology, 2003, 27(3): 214-219( in Chinese).
- [7] MU T K, LI G H, PENG H D. Study of the attenuator for the high extinction ratio testing system [J]. Laser Technology, 2007, 31(1): 71-73( in Chinese).