

隐晶质矿物的散射退偏振特性

李 艺 苏希玉 李呈祥 宋连科

(曲阜师范大学物理系, 曲阜)

刘廷礼 艾子萍

(山东大学实验中心, 济南)

摘要, 通过对已知最佳散射退偏振介质石髓及另一种隐晶质矿物——玉石的光学性质分析, 指出一条在隐晶质矿物群内寻找散射退偏材料的途径。最终需要指出的是: 高的透射率及多晶晶粒-团状颗粒-胶体矿物的结构。

The depolarization characteristics of scattering light of invisible multi-crystal minerals

Li Yi, Su Xiyu, Li Chengxiang, Song Lianke

(Qufu Normal University)

Liu Tingli, Ai Ziping

(Experiment Centre, Shandong University)

Abstract: The analysis of optical depolarization characteristics of mineral chalcedony and another invisible multi-crystal mineral Sju Jade points out a way to find the scattering depolarization materials in the invisible multi-crystal minerals. The result shows that it is important that the minerals have the properties of high transmissivity and multi-crystal-granule-colloid structure.

一、引 言

经验告诉我们, 只有散射退偏方式才能对线偏振的入射光形成真正的退偏, 使之成为自然光。多年来, 人们在散射退偏振材料的寻找^[1,2]及散射理论的相应研究方面作了持续不断地努力。李艺等1990年报导的取用一种隐晶质的胶体矿物——石髓作为散射退偏振材料^[3], 把这个工作向前推进了一步。隐晶质矿物, 是自然形成的多晶胶体矿物, 其晶粒线度一般在1nm~10nm数量级。上面提到的石髓, 实际为以某种特殊方式结合成的SiO₂多晶。它的良好退偏振能力, 产生于它的特殊结构。本文中, 我们同时推荐另外一种同样具有实用价值的隐晶质矿物——玉石。将它们的散射退偏振能力、结构及其它光学性质进行对比分析, 由此提出一条寻找更强退偏能力或者覆盖不同光谱区的新材料的途径。

二、透 射 谱

石髓可认为是单纯的 SiO_2 多晶,因而总能找到内部比较纯净的或者是含杂质较少而不致明显影响透射谱的矿物结块。而玉石则不同,从宝石学角度讲,玉石这个概念所包含的内容很广,我们这里仅指玉石中成分比较相近的岫玉、独山玉、和田玉,取其光学性质均匀,透明性好的作样品。一般以0.1mm厚切片基本透明为标准。这些玉石的主要成分为 SiO_2 , Al_2O_3 , MgO 等。在独山玉,其 SiO_2 含量较高,在和田玉,其 Al_2O_3 含量较高。它们都显示出较高的硬度,一般为莫氏6.5~7.5。而岫玉的莫氏硬度仅为2.5~4,这是因其内含有较多的 MgO 所致。

取一岫玉样品,莫氏硬度为4,0.2mm的切片即有良好的透明度。图1即为此样品与石髓样品的透射谱。它们的主要透光区段大约同为0.3~2.8 μm ,且在3.1 μm 以后,相似地有一个延伸至5 μm 的透光窗口。此结果是在分光光度计上测量得到的,计入的透射能量仅为保持在原入射光方向上的成分,由于散射以较大角度透射的光,没能计入,故在各个波长上的实际的总透射率,高于图1给出的数值。总的说来,所举岫玉样品的透射区宽度相似于石髓样品。因其所含的 Al_2O_3 及 MgO 等晶体的透射区都宽于 SiO_2 晶体的透射区,透射谱的形状由 SiO_2 多晶决定。另外,又因岫玉的形成方式略略不同于石髓,它比石髓更容易形成较大体积的均匀结块,具有更好的均匀性。从这一点上讲,作为光学材料,它可能是一种更佳的选择。

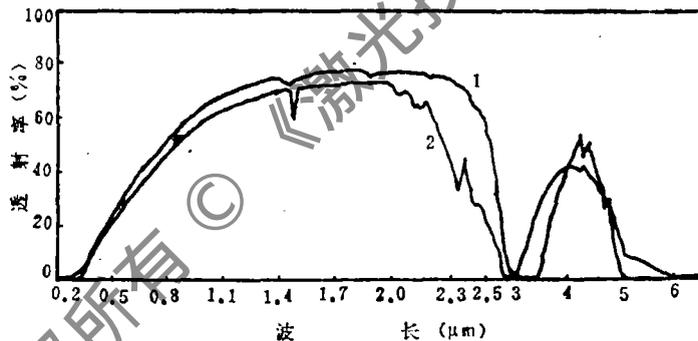


图 1 透射谱

1—石髓样品厚1mm 2—岫玉样品厚0.5mm

三、结构及散射特性

在一般的晶粒散射现象中,作为散射元的晶粒往往有比较规则的晶形^[5,6]。它们对偏振光散射的结果,使偏振状态及相位形成与散射角度有关的分布。新材料的散射元需作分析考查。根据矿物学的介绍,石髓样品与玉石样品分别为 SiO_2 多晶结构体及 SiO_2 , Al_2O_3 , MgO 混合结构体^[7]。图2为石髓样品的200000 \times 透射电镜图,其中1区和3区显示出其结构为紧密相连无规排列的 SiO_2 小晶粒,晶粒线度平均为15nm。小晶粒可否成为散射元,它们之间界面上的折射率跃变值是关键因素。这个折射率跃变的上限仅为石英晶体的折射率,一般小于0.01。这个事实使得这种折射率跃变只能造成轻微的散射,不能造成显著的退偏效果。事实上,人工生产的微晶玻璃^[8]及许多作为红外探测器窗口的多晶材料,均不显示出明显的退偏性质。

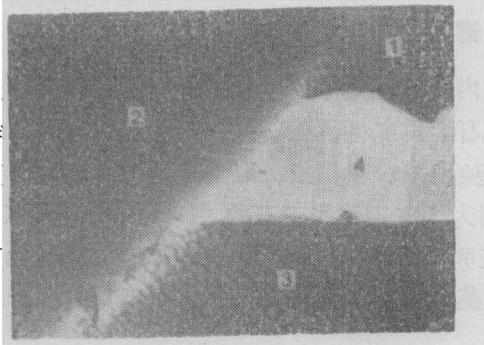


图2 石髓样品的透射电镜照片
200000× 1,2,3区为多晶
结块 4区为空气隙

其内晶粒品种多,相邻晶粒的成分也可能不同,导致晶粒间的折射率跃变较大,晶粒也成为散射元,具有双重的散射因素。

将两种样品各自加工成薄片,测量它们的散射退偏能力。实验采用632.8nm He-Ne激光器作光源,用格兰-泰勒棱镜作为起偏器和检偏器。简单起见,使入射光垂直入射至样品。探测器为光电倍增管,其本身的偏振误差为15%。将一膺退偏器置于探测器前以消除光的偏振给测量带来的误差。膺退偏器的等效剩余偏振为4%,故探测系统的总偏振误差为 $0.04 \times 0.15 = 0.6\%$ 。探测器距样品的距离为35cm。

文献〔3〕指出,不考虑偏振时,透射光强分布可分为保持入射光方向的主透射成分及在较大角度范围内分布的散射成分。随着样品厚度的增加,主透射成分逐渐变弱,当片厚达3mm左右时,全部被散射成分掩盖。岫玉样品的散射光强分布如图3,主透射成分在样品片厚约1.4mm时就被散射成分掩盖了。这说明,岫玉较之石髓,有更强的散射能力。导致这种结果的原因,分析得知,就是岫玉的“晶粒-晶粒结块”双重散射因素。测量结果还表明,将所有透射光都计入时,1.5mm厚岫玉样品的总透射高于80%,优于文献〔3〕中石髓样品3mm厚时的总透射率(50%)。因此,此材料的应用价值高于石髓。

在光路中使用起偏器及检偏器,检查岫玉样品的散射光的偏振分布,样品厚度分别取为

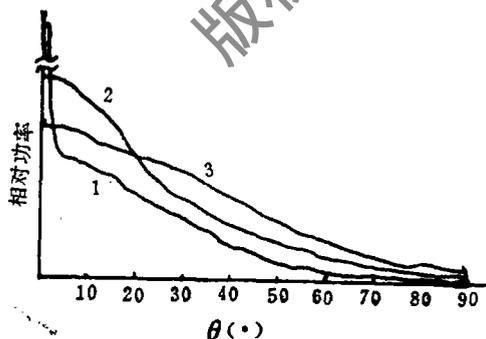


图3 散射光强分布

1—岫玉厚0.5mm 2—岫玉厚1.4mm
3—石髓厚3mm

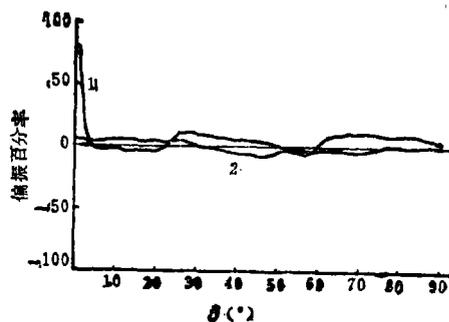


图4 岫玉样品的散射偏振分布图

1—厚0.5mm 2—厚1.4mm

继续观察图2,其中1,2,3区是三个较大的晶粒团状结块的边缘,4区是这些团块的结合缝隙,必须注意到这个隙是由于样品加工过程中被离子轰击而加宽了的。这表明,石髓首先是许多团状结块的集合体;这些团状结块的大小约为 $1\mu\text{m}$ 数量级;团状结块相互紧密排列,其间有结合空隙,空隙中充以空气,空气隙宽度之上限约为 $0.3\mu\text{m}$ 。正是由于这些结合空隙的存在,使晶粒团-气隙-晶粒团之间的折射率跃变大大提高,形成了有利的散射条件。岫玉样品亦同属于隐晶质类矿物,它的结构情况与石髓基本相同,晶粒团块是散射元。又因

0.5mm和1.4mm, 结果如图4。可以看出, 主透射成分的退偏情况较差, 散射部分的退偏情况良好。片厚1.4mm, 主透射消失, 全部透射光达到良好退偏。需指出, 考虑到光源及探测系统的稳定性, 图3, 图4所示结果的相对误差为3%。

四、结 论

本文分析导致结论有二: 其一是岫玉样品在总透射率、透射谱宽度、退偏能力等方面, 均优于已知石髓样品, 是退偏材料的更佳选择。其二是参照矿物学中关于隐晶质胶体矿物成因的论述^[9], 从本文分析推断, 大部分胶体矿物皆可能具有退偏能力, 这种退偏能力产生于它们的多晶晶粒-团状结块-胶体矿物的结构方式。进一步寻找, 有望得到更好的材料, 以便满足更广波段的需要。

参 考 文 献

- [1] Renau J, Chen P K, Cooper H G. J O S A, 1967; 57(4): 459
- [2] Blau H H, Gray Jr E L, Bourioius G M B. Appl Opt, 1967; 6(11): 1899
- [3] Li Yi, Su Xiyu, Li Chengxiang *et al.* Chinese Physics Letters, 1970; 7(12): 544
- [4] 李景镇, 光学手册, 西安: 陕西科学技术出版社, 1986: 第24章
- [5] Wendling P, Wendling R, Weickmann H K. Appl Opt, 1979; 18(15): 2663
- [6] Muinonen K, Lumme K, Peltoniemi J *et al.* Appl Opt, 1989; 28(15): 3051
- [7] 栾秉敏. 宝石. 北京: 冶金工业出版社, 1985: 340~385
- [8] Mcmillan P W. Glass-ceramics. London; New York: Academic Press, 1964
- [9] 南京大学地质学系岩矿教研室. 结晶学与矿物学. 北京: 地质出版社, 1978: 13

作者简介: 李 艺, 男, 1956年6月出生。讲师。现从事应用光学研究。
苏希玉, 男, 1960年3月出生。讲师。现从事应用光学、超导理论研究工作。
李呈祥, 男, 1937年8月出生。副教授。现从事固体光学理论及应用研究工作。
宋连科, 男, 1961年7月出生。工程师。现从事偏光技术及偏光器件研究工作。

收稿日期: 1991年4月29日。