

# 天然钻石与合成钻石的钻石观测仪鉴定特征研究

严俊<sup>1,2</sup> 刘晓波<sup>3</sup> 陶金波<sup>1</sup> 张铮<sup>1</sup> 严雪俊<sup>1</sup> 方诗彬<sup>1</sup> 陆倩芸<sup>1</sup>

<sup>1</sup>浙江省质量检测科学研究院, 浙江 杭州 310013

<sup>2</sup>浙江大学材料科学与工程学系, 浙江 杭州 310027

<sup>3</sup>北华大学机械学院, 吉林 吉林市 132021

**摘要** 通过钻石观测仪(DiamondView™)结合紫外-可见-近红外吸收光谱(UV-Vis-NIR absorption spectra)、傅里叶变换红外光谱(FTIR)对天然钻石、经辐照与热处理的天然钻石、高温高压(HTHP)合成钻石与化学气相沉积(CVD)合成钻石进行了较系统的对比研究。结果表明:无色或近无色天然钻石的荧光颜色通常呈现较单一的蓝色,且无磷光,钻石荧光图像的内部较多可见呈闭合或非闭合的环状结构的生长线或不规则的折线。部分天然钻石无荧光且无磷光或者同时具有蓝色荧光与蓝绿色的磷光,但是鉴于CVD合成钻石较多同时具有荧光与磷光特征。因此,基于钻石有无磷光特征作为天然钻石与合成钻石的定性鉴别依据存在一定局限性。经辐照或热处理后的彩色天然钻石的荧光颜色主要呈非蓝色,部分样品因辐照处理使其自身的颜色发生改变的同时,并由此产生色心缺陷导致钻石荧光的颜色呈现多色性混杂特征。需进一步指出的是,基于UV-Vis-NIR吸收光谱特征与DiamondView™图像中钻石的呈色特性是目前研究钻石经辐照处理较重要的鉴定方法。大部分CVD合成钻石的台面与亭部的局部位置出现独特的因CVD所致的清晰的平行层状生长条纹,同时具有淡蓝色磷光,该方法仍是目前相关CVD合成钻石判定的最为直接依据。

**关键词** 材料;天然钻石;合成钻石;辐照;热处理;钻石观察仪;紫外-可见-近红外吸收光谱

中图分类号 O433.1; O433.4

文献标识码 A

doi: 10.3788/AOS201535.1016002

## Identification Characteristics of Natural and Synthetic Diamonds Investigated by DiamondView™

Yan Jun<sup>1,2</sup> Liu Xiaobo<sup>3</sup> Tao Jinbo<sup>1</sup> Zhang Zheng<sup>1</sup> Yan Xuejun<sup>1</sup> Fang Shibin<sup>1</sup>  
Lu Qianyun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zhejiang Institute of Quality Inspection Science, Hangzhou, Zhejiang 310013, China

<sup>2</sup>Department of Material Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China

<sup>3</sup>College of Mechanical Engineering, Beihua University, Jilin, Jilin 132021, China

**Abstract** A systematic comparative study on the natural diamonds, the natural diamonds after annealing and irradiation and synthetic diamonds prepared by chemical vapor deposition (CVD) or high pressure and high temperature (HTHP) are investigated by DiamondView combined with UV-Vis-NIR absorption spectra and Fourier transform infrared spectra. The results show that the fluorescence's color of colorless or near-colorless natural diamond shows a single blue color with no phosphorescence, closure or misclosure ring-structural growth lines or irregular lines are existed in theirs corresponding fluorescence images. Some natural diamonds have blue fluorescence and greenish blue phosphorescence. Meanwhile, parts of natural diamonds have the characteristic with no fluorescence and no phosphorescence, most of CVD synthetic diamonds have the characteristics of fluorescence and phosphorescence. Therefore, it is not scientific to identify of natural and synthetic diamonds based on theirs phosphorescence. The fluorescence's color of natural diamond treated by irradiation and heat treatment display the other color expect blue. After irradiated, diamonds show large variations in their fluorescence patterns, particularly in the fluorescence's color. Furthermore, the fluorescence color show mixed-color because of the color center defect resulted from irradiation. It should point out that the instruments of UV-Vis-NIR spectrometer and

收稿日期: 2015-03-11; 收到修改稿日期: 2015-06-17

基金资助: 国家自然科学基金(21173193)、浙江省质量监督系统科研计划(20130207)

作者简介: 严俊(1981—),男,高级工程师,主要从事矿物功能材料与宝石材料方面的研究。E-mail: yanj\_zjut@163.com

DiamondView™ are very powerful tool for studying irradiation in all sorts of diamonds until now. Unique fluorescence's characteristics with parallel lamellar growth striations appear in the table and pavilion of the majority of CVD synthetic diamonds and are powerful evidences to identify CVD synthetic diamonds, which correlation with the preparative technique of chemical vapor deposition. Additionally, the DiamondView™ images of CVD diamonds display light blue phosphorescent.

**Key words** materials; natural diamond; synthetic diamond; irradiation; heat treatment; DiamondView™ instrument; UV-Vis-NIR absorption spectra

**OCIS code** 160.2220; 160.2540; 300.1030

## 1 引 言

自 1952 年合成钻石首次被美国联邦碳化硅公司的 William Eversole 在低压条件下用含碳气体成功地同相外延生长技术制备钻石后<sup>[1]</sup>, 1953 年, 瑞典的 Liander 通过高温高压 (HTHP) 技术首次合成钻石<sup>[2]</sup>。随后, 随着人工合成钻石技术的不断更新, 合成钻石的生长速度也随之发生了质的进步。2003 年, 美国阿波罗钻石公司首次生长出 1 ct (1 ct=0.2 g) 宝石级 IIa 型褐色的化学气相沉积 (CVD) 合成钻石单晶体<sup>[3]</sup>。2005 年, 美国的 Yan 与 Hemley (卡内基实验室) 等披露, 其发明的 CVD 法合成钻石制备工艺能生长 5 至 10 ct 的单晶体钻石 (100 mm/h)。众所周知, 一方面, 鉴于天然钻石的储量极为稀少, 同时随着物质文化生活水平的日益提高, 人们对钻石饰品的购买热情与消费能力日趋高涨, 以致当前的钻石消费市场早已处于供不应求的窘境。另一方面, 钻石饰品存在较高的投资利润, 基于上述原因, 合成金刚石的初衷已不再仅仅局限于其工业级产品的开发与应用, 科研人员亦将目光聚焦于宝石级钻石的生产上。2009 年, 在日本与美国的珠宝市场相继出现了高温高压处理的 CVD 合成钻石。2010 年 11 月, Gemesis 公司即宣布计划销售无色或近无色的 CVD 合成钻石, 且于 2012 年 3 月在市场上销售<sup>[4]</sup>。2012 年我国部分检测机构相继检出国内的钻石流通市场已出现了若干批次的 CVD 合成钻石<sup>[5]</sup>。人工合成钻石的出现, 使得不法商贩将其冒以天然钻石予以销售, 上述行为必将给钻石的流通与销售市场带来不可估量的负面影响, 将严重挫伤钻石投资商家的投资热情与消费者的消费信心。因此, 相关天然钻石与合成钻石的日常检测鉴别方法便被提上研究日程。

探究天然钻石、HTHP 合成钻石与 CVD 合成钻石之间的鉴别区分方法便成为珠宝科研人员亟待解决的焦点问题之一。据文献查阅, 合成钻石较多属于 Ib 型、II 型钻石, 然而在高温高压条件下, Ib 型合成钻石可以实现向 Ia 型钻石的转变<sup>[6]</sup>。与此同时, 存在 Si 空位缺陷 (Silicon-vacancy defect, [Si-V]<sup>1</sup>) 是 CVD 合成钻石极重要的鉴定特征之一, 表现为 CVD 合成钻石的光致发光光谱中的 737 nm 处的双峰, 然而上述 Si 空位缺陷特征亦可能出现在天然钻石中<sup>[7-8]</sup>。由此可见, 传统且单一的检测鉴别技术较难实现对天然钻石、合成钻石及经后期处理的钻石有效的鉴别区分。20 世纪 90 年代, 戴比尔斯公司研发出 DiamondView™, 用以辅助 DiamondSure™ 鉴别天然钻石、HTHP 与 CVD 合成钻石及其仿制品, 该仪器的工作原理即利用高清晰度的摄像机记录在超强短波紫外光下钻石的表面激发的荧光影像, 进而显示不同类型钻石的生长结构及荧光颜色<sup>[9]</sup>。然而就国内而言, 鉴于不同类别合成钻石样品获取来源的局限、样品合成工艺条件的苛刻, 特别是钻石后期处理方法的保密性及其钻石样品的购置成本较高等问题, 截至目前, 国内研究人员利用 DiamondView™ 辅以多种检测方法进行相关天然钻石与合成钻石的鉴别区分研究工作却鲜见报道。

本工作首次较系统地以天然钻石、经辐照或 HTHP 处理的天然钻石、HTHP 与 CVD 合成钻石样品为研究对象, 进而探究上述样品在 DiamondView™ 观察仪下荧光颜色及其钻石中微结构的特异性差异, 以期对不同类别、不同合成工艺及其经后期不同处理方法的钻石的区分鉴别提供实验室检测的理论依据, 进而有效维护消费者及商家的合法权益, 为钻石流通与销售市场的可持续、健康发展提供强有力的保障。

## 2 实验部分

### 2.1 实验样品

本工作中测试用样品共计 568 余颗, 测试样品包括裸钻与镶嵌钻石。测试用钻石样品的类型包括天然钻石 [Natural diamond, 简写 ND, 下同, 其中部分天然钻石样品附美国宝石研究院 (GIA) 证书、经辐照或热处理后的天然钻石 (简写 TR-ND, 下同)]、HTHP 合成钻石与 CVD 合成钻石样品。实验中经辐照或热处理的天然钻石样

品(简写 TR-ND, 下同)及 HTHP 合成钻石样品均为彩色钻石, 样品购自郑州晶钻精密工业有限公司。CVD 合成钻石样品购自国际钻石贸易公司(DTC)。部分 ND、TR-ND(TD-1~4, TD-6~7)与 HTHP (TD-5)及 CVD(SH-1)合成钻石样品的光学显微照片见下图 1 所示, 上述钻石样品的光学照片由 DiamondView™ 钻石观测仪拍摄。

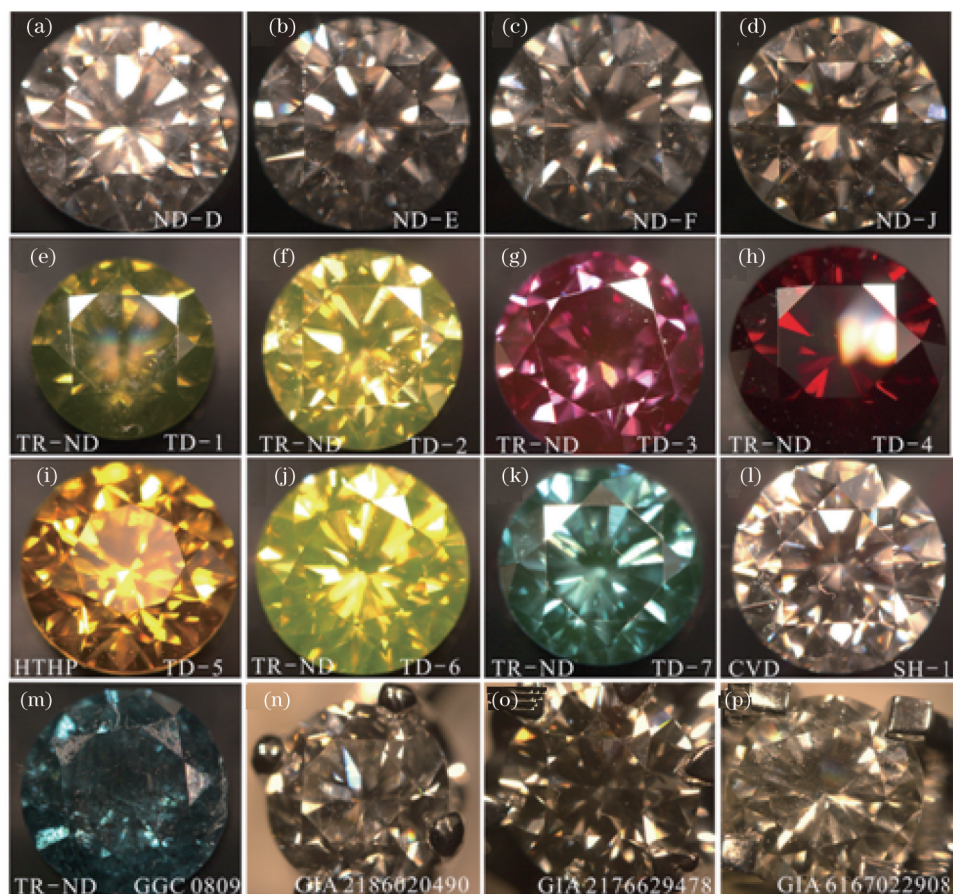


图 1 ND(a) ~ (d), (n) ~ (p), (m)、HTHP(i)与 CVD 合成钻石(l)及其经热处理或辐照处理的天然钻石(e) ~ (h), (j) ~ (k)样品  
Fig.1 Photographs of ND (a) ~ (d), (n) ~ (p), (m), HTHP (i), CVD synthetic diamond (l) and treated natural diamond (e) ~ (h), (j) ~ (k) treated by heat or irradiation treatment

且在上图 1 中, 本工作中所选用的部分天然钻石与 7 颗彩色钻石的物理特征及其改色处理工艺具体见下表 1。

表 1 部分天然钻石与经改色处理的彩色钻石样品的物理特征  
Table 1 Main physical characteristic of a part of treated samples with color

Samples	Name	Internal feature	Clarity	Mass /ct	Color changing process
ND	ND-D	Dot packet	SI1	0.282	/
	ND-E	Cleavage	SI1	0.293	/
TR-ND	TD-1	Cloud and plume	P1	0.232	Green after irradiation treatment
	TD-2	Cloud and plume	SI2	0.286	Yellow after heat and irradiation treatment
	TD-3	Plume	SI2	0.313	Magenta after heat and irradiation treatment
	TD-4	Plume, light colored crystal inclusion	SI1	0.251	Red after heat treatment
	TD-6	Dark inclusion	VS1	0.245	Kelly after HTHP
	TD-7	Light colored crystal inclusion	SI1	0.240	Blue after irradiation treatment
	HTHP	TD-5	Metallic luster inclusion	SI1	0.305

工作中所测试的部分天然钻石样品以标准比色石(国家珠宝玉石质量监督检验中心、青岛京华饰品有限公司提供)(简写以“ND-颜色等级”命名,下同)以及部分附 GIA 证书的天然钻石样品为例,同时附有浙江省黄金珠宝饰品质量检验中心客户送检样品(样品以“GGC-数字序号”命名),上述测试中所用的钻石样品均为圆形钻(Round brilliant)。

## 2.2 实验方法

待测样品的短波荧光下发光模式采用英国戴比尔斯(DB)公司的 DiamondView™ 钻石观测仪观察。样品的显微光学图像及其相应的荧光与磷光结构图像均由仪器附带的图像测试软件获取。其中视域(FR)的调节随着拍摄方式或获取钻石内部特征信息的要求不同而有所差异。

样品的紫外-可见-近红外(UV-Vis-NIR)吸收光谱测试采用 Opal 3000 Pro 型光纤光谱仪(上海复享仪器有限公司)测定,附带积分球,光谱仪内置 PG2000 Pro 型光谱仪。单次测量中电荷耦合器件(CCD)采集的次数为 5 次,CCD 单次采集时间设定为 1150 ms。测试中背景与光源采集的光滑度设置为 1(记为:  $B_{sr}=1$ ,下同),待测样品测试中光谱曲线的光滑度设定为  $B_{sr}=1$  或  $B_{sr}=5$ ,光谱采集的波长范围为 200~1100 nm,测试环境温度为室温。但需要注意的是,谱图采集过程中为减少环境与照明光源对样品测试结果造成的影响或误差,测试中需关闭照明光源,且测试平台上需搭建测试的遮盖环境。

样品的傅里叶变换红外光谱测试采用 Bruker Tensor 27 型光谱仪(德国 Bruker 公司),扫描范围为  $4000\sim 400\text{ cm}^{-1}$ 、背景与样品扫描次数分别为 64 次,分辨率  $\pm 2\text{ cm}^{-1}$ 。测试中采用 PIKE(Uplr™)漫反射测量模块进行样品的测试。

## 3 结果与讨论

### 3.1 天然钻石(未经后期辐照或热处理)DiamondView™ 图像特征

未经后期辐照或热处理的天然钻石的荧光图像测试表明,因大多数天然钻石中存在  $N_3$  中心(即其样品的 UV-Vis-NIR 吸收光谱中存在 415 nm 吸收线),天然钻石样品的荧光颜色较多呈现为蓝色<sup>[10-11]</sup>,但上述荧光的蓝色色调的深浅与检测仪器所设定的参数存在一定的联系,特别是参数 powder 与 aperture 的设置对于荧光蓝色色调的深浅存在较大的联系。如在改变参数 power 与 aperture 时,同一样品的荧光图像的蓝色色调存在明显的差异。如当 aperture 设置为 28%,荧光的能量参数分别设置为 half-power 与 power 时,两者对应的荧光图像分别如图 2(d)与图 2(e)所示。如将参数 power 设定为 half power,当 aperture 参数分别设置为 27%,48% 与 83% 时,三者荧光图像分别如图 2(b),图 2(c)与图 2(f)所示,即钻石的荧光蓝色色调存在明显的相异性,且随着 aperture 参数的增大,荧光的蓝色变淡,但强度增大。

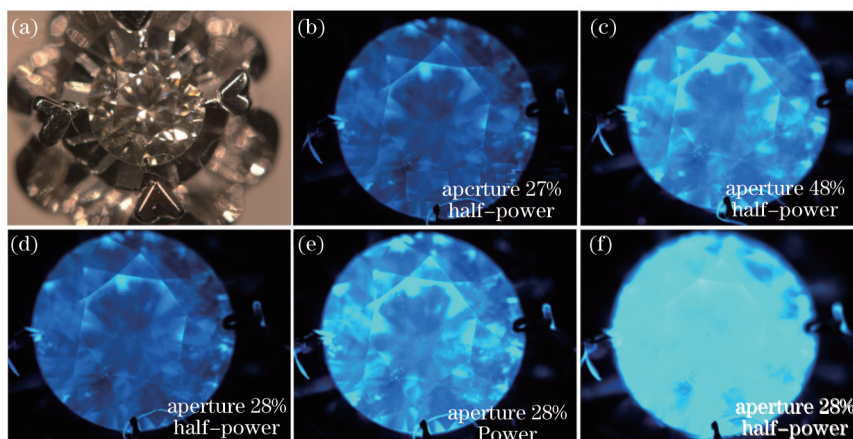


图 2 不同测量参数对荧光颜色色调的影响

Fig.2 Typical fluorescence images of natural diamonds under different detection parameters

鉴于天然钻石的形成机制、生长结构及晶体缺陷存在相异性特征,在同一测试模式下,钻石样品在 DiamondView™ 观测下呈现出各异的发光模式。一方面,荧光颜色较多呈现为蓝色,部分样品存在蓝绿色荧光。另一方面,钻石的荧光结构图像较多地呈现出不规则的闭合或非闭合环状生长条纹或生长线,如图 3(a)~(j)所示,上述天然钻石在荧光下的发光模式与前人对于天然钻石的荧光图像特征的论述一致<sup>[12]</sup>。但需指出

的是钻石样品呈现的异样的荧光图像与钻石的切割工艺或方式无直接关联。特别值得注意的是,某些天然钻石样品仍可呈现其他特殊类型的结构图像,如下图中图3(k)、图3(l)分别为样品SH-3的台面及其亭部的局部区域的荧光结构图像,上述样品的两个典型区域均呈现出类似“筛网状”或“网格状”的结构,该结构的产生源自钻石内部晶面滑移过程中产生的缺陷所致。

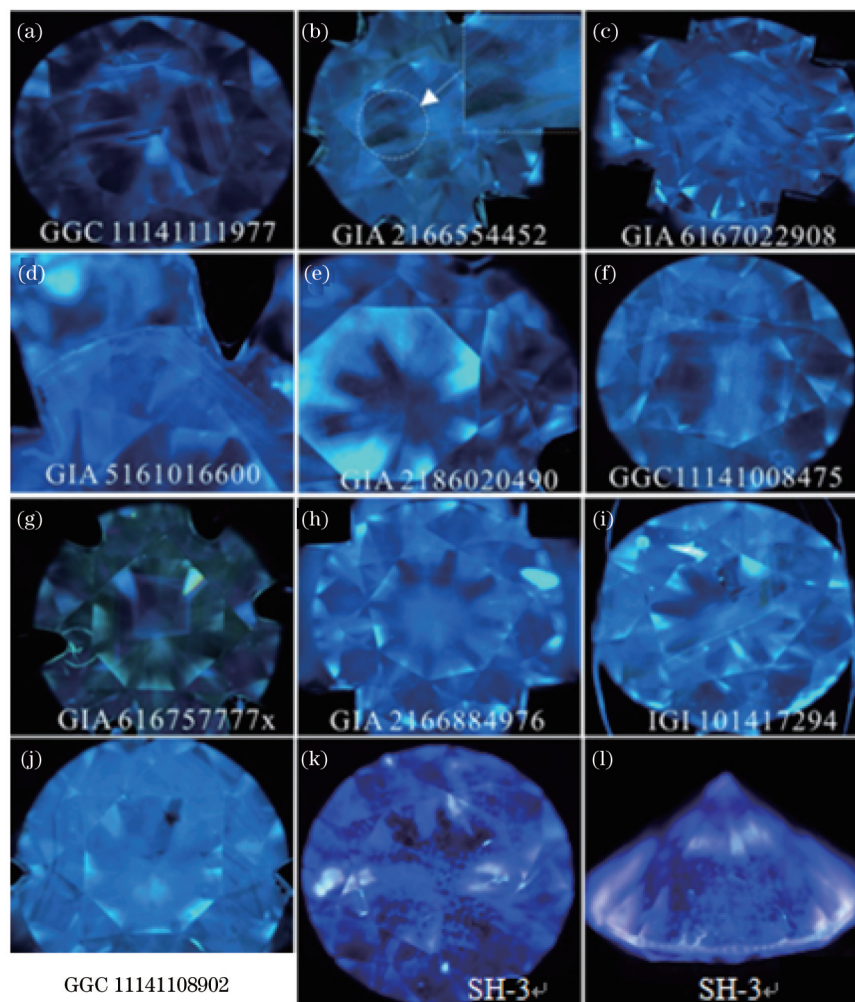


图3 典型天然钻石的DiamondView™图像

Fig.3 Some typical fluorescence images of natural diamonds

鉴于上图3中样品SH-3的荧光结构图像中特异的结构条纹特征,进一步就其天然或CVD合成钻石的归属进行定性,因其在荧光下无HTHP合成钻石的典型的发光模式特征,因此本工作中以标准比色石ND、CVD合成钻石SH-1为参比样品,分别对SH-3与参比样品进行UV-Vis-NIR与FTIR光谱分析,如图4所示。从中可见SH-1与SH-3样品的UV-Vis吸收光谱特征峰位存在显著的差异,即CVD合成钻石SH-1在紫外区约275 nm处存在较宽的吸收谱带,该吸收谱带归因于电中性的单氮取代缺陷或C-Center(即孤氮中心,属Ib型钻石)<sup>[13]</sup>,上述CVD合成钻石SH-1在紫外区的吸收特征与前人对Apollo公司CVD合成钻石<sup>[3]</sup>与Element Six公司的CVD合成钻石<sup>[13]</sup>的UV-Vis吸收光谱特征的描述吻合。相比之下,样品SH-3在336.05 nm处存在较宽的吸收,无CVD合成钻石典型的紫外吸收特征。与此同时,两者的FTIR光谱特征一致,因此,鉴于上述样品SH-3的荧光图像、UV-Vis-NIR与FTIR特征,该样品应初步归类为天然IIa型钻石。在此,特别值得指出的是,在样品SH-1的FTIR光谱中[如图4(c)、图4(d)所示]未见有 $1344\text{ cm}^{-1}$ 或 $1130\text{ cm}^{-1}$ 处归属为孤氮的特征吸收峰,即无明显的Ib型钻石的红外特征吸收峰位,可见上文中UV-Vis-NIR吸收光谱与FTIR光谱对CVD合成钻石SH-1的分类定性(前者分析结论为Ib类,后者分析结论为II类)归属存在明显的矛盾,就上述两者分析结论的差异而言,笔者更认可基于红外光谱对钻石类型的分析。

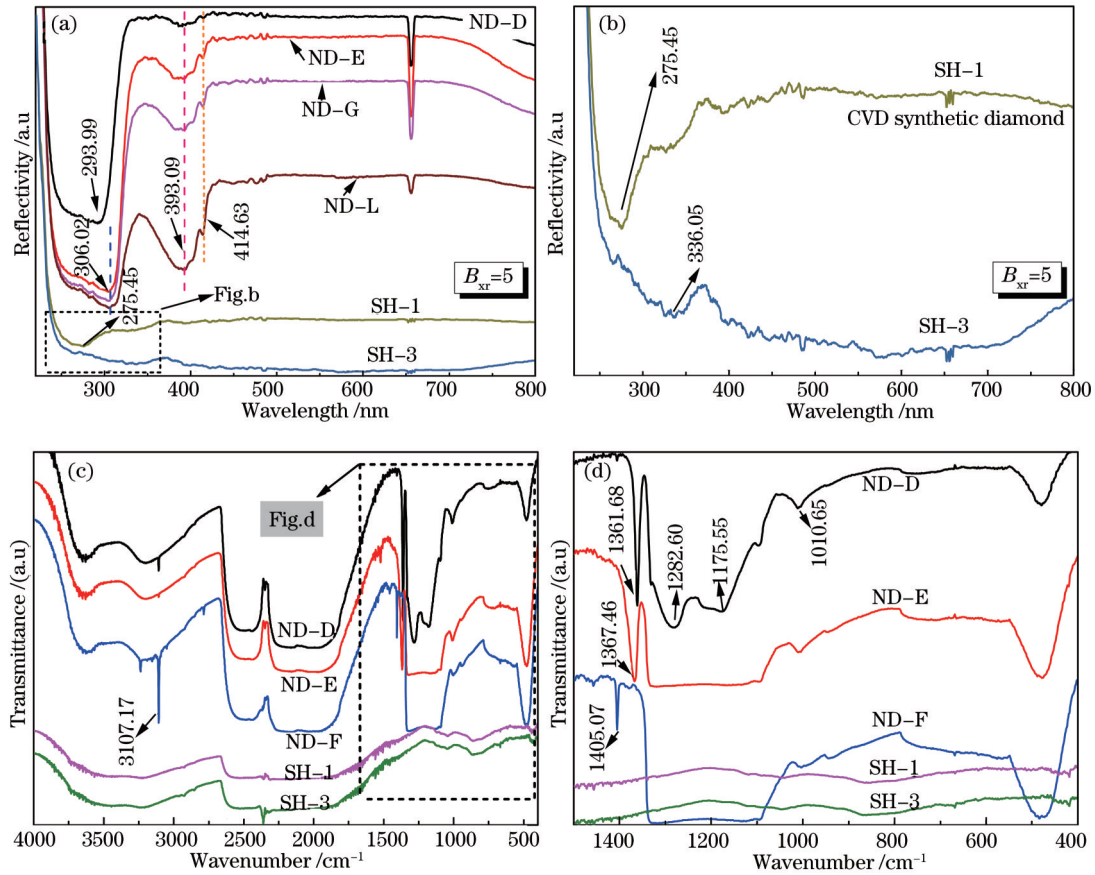


图4 典型天然钻石与CVD合成钻石的紫外-可见-近红外(a)、(b)与傅里叶变换红外光谱(c)、(d)

Fig.4 Typical UV-Vis-NIR (a)、(b) and FTIR spectra (c)、(d) of natural diamonds and CVD synthetic diamonds

与此同时,在天然钻石样品的DiamondView™ 荧光图像的检测中,可以发现天然钻石的荧光与磷光效应或有或无,样品的荧光与磷光效应具体包括以下两大类:1)部分样品无荧光且无磷光,如试样IGI 108440937及IGI 108442225等;2)检测样品有荧光的同时具有磷光,如天然钻石样品GGC11141111976与GGC11141111977等,以上两颗样品的DiamondView™ 检测所获得的荧光与磷光图像图5所示,其中图5(b),图5(d)分别为图5(a)与图5(c)对应的磷光图像,可见上述两颗钻石样品的磷光呈现明显的淡蓝绿色。

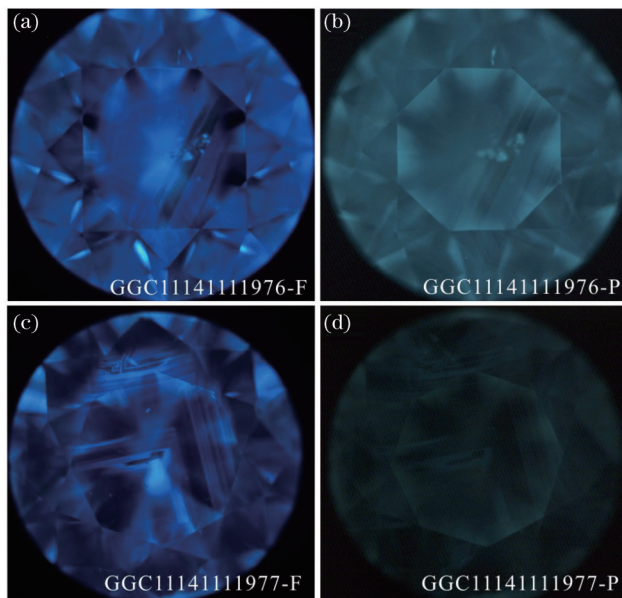


图5 具有荧光(a)、(c)与磷光(b)、(d)效应的天然钻石的DiamondView™ 图像

Fig.5 Typical fluorescence and phosphorescence images of natural diamonds

## 2.2 经辐照或热处理的天然钻石荧光图像特征

彩色钻石 TD-1~TD-4, TD-6 与 TD-7(经辐照或热处理,见表 1)的荧光图像见下图 6 所示,部分样品的荧光颜色呈现多样性,如单一的绿色、橙色、黄色与红色等,同样在其 DiamondView™ 的荧光图像中可见较明晰的天然钻石的发光模式,如层状生长环带结构等。特别指出的是,样品经辐照或热处理后同一钻石的荧光颜色可呈现多样性,如图 6 中的钻石 TD-3 样品,在其荧光图像中同时可见橙色、黄色与蓝色,上述多色性特征应主要源自钻石在受辐照后产生的色心缺陷所致,类于经辐照后钻石 TD-3 样品的荧光多色性特征同样在 TD-2 中出现。然而就当前而言,经辐照后的钻石鉴定区较多应用 UV-Vis-NIR 光谱予以分析,如在液氮环境下,其 UV-Vis-NIR 吸收光谱中出现较强的  $N_3(415\text{ nm})$ 、 $H_4(496.0\text{ nm})$ 、 $H_3(503.2\text{ nm})$  与  $595.0\text{ nm}$  的吸收峰,其中  $H_4(496.0\text{ nm})$  与  $H_3(503.2\text{ nm})$  因钻石受辐照所致,且由上述缺陷引起了钻石颜色的改变<sup>[14]</sup>。

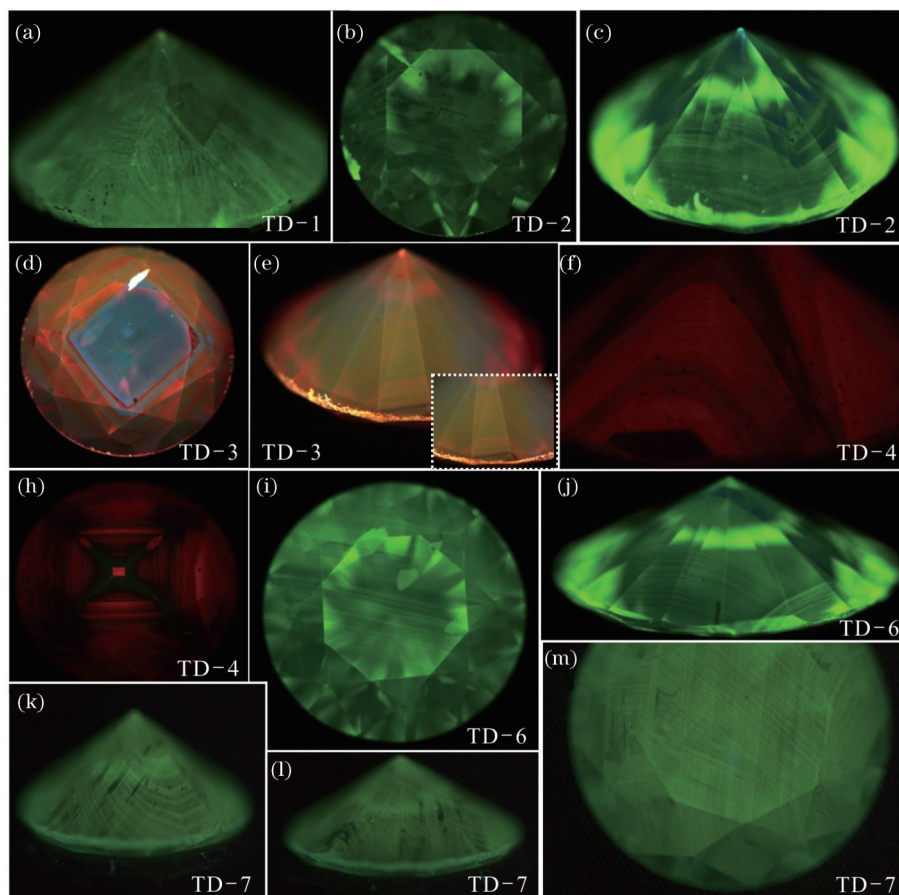


图 6 经高温退火或辐照处理后的天然钻石的荧光图像

Fig.6 Some typical fluorescence images of natural diamonds after irradiation or heat treatment

部分钻石在经辐照后,其 UV-Vis-NIR 吸收光谱中可能出现因辐照而引起的可见光的低频区的  $741.02\text{ nm}$  吸收峰,该吸收峰被认为  $GR_1$  线,且通常被认为是钻石经辐照处理的常见的鉴定依据之一,如本工作中样品 TD-1 与样品 TD-7,其 UV-Vis-NIR 谱图见下图 7 所示。此外,其可见光的高频区亦可能出现  $393\text{ nm}$ (Negative vacancy, ND1 Center)、 $413\sim 430\text{ nm}$  ( $GR_8\sim GR_2$ )特征吸收谱线。

## 3.3 HPHT 合成钻石与 CVD 合成钻石荧光图像特征

本工作中以 HTHP 合成钻石(TD-5)与 CVD 合成钻石(SH-1)为例予以论述。在 HTHP 合成钻石 TD-5 中,可以发现该类钻石的荧光图像中呈现斑驳的几何状条纹,如图 8(b)与图 8(c)所示,该荧光图像中特异的内部结构与荧光颜色区域性特征由 HTHP 合成钻石的生长结构所致,且上述特征明显相异于天然钻石中呈现的内部结构与荧光颜色特征。

截至目前,CVD 合成钻石样品的荧光图像较多的呈现淡蓝色(正如上文所述,其荧光的蓝色色调的深浅与仪器设置的参数有关),如图 8(d)与图 8(f)所示,且可见其内部系列的平行结构生长线,该生长线的形

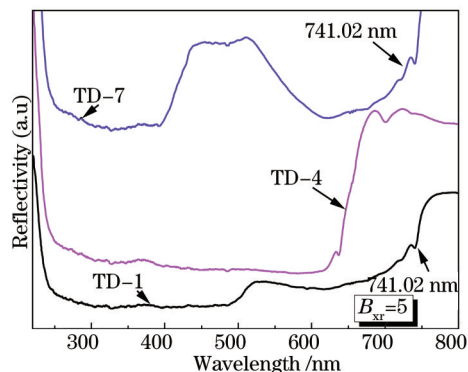


图7 经辐照后样品典型的UV-Vis-NIR吸收谱图

Fig.7 Typical UV-Vis-NIR absorption spectra of diamonds after irradiation

成源自CVD合成钻石的化学沉积工艺所致。与此同时,图8(e)为图8(d)对应的淡蓝色的磷光照片。由上文中CVD合成钻石的SH-1样品的红外谱图可见,该样品与较早期的CVD合成钻石存在明显的区别,即该样品无 $3123\text{ cm}^{-1}$ 吸收峰<sup>[1]</sup>或因热处理导致其红移至 $3107\text{ cm}^{-1}$ 处。因此,在无光致发光检测CVD合成钻石中Si空位(Silicon-vacancy)所导致的约 $736.7\text{ nm}$ 与 $736.9\text{ nm}$ 处的双吸收线时,天然钻石与HTHP、CVD合成钻石的鉴别区分工作中DiamondView™检测则发挥着极为重要的技术支撑。

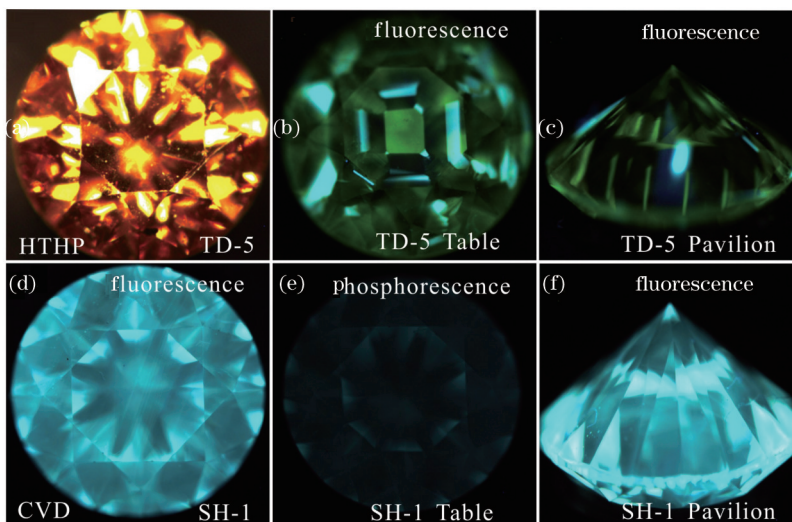


图8 典型HTHP合成钻石与CVD合成钻石的荧光与磷光图像

Fig.8 Typical fluorescence and phosphorescence images of HTHP and CVD synthetic diamonds

上文中天然钻石与CVD合成钻石的DiamondView™检测中,部分样品都可见磷光效应,但相关两类钻石磷光持续时间的长短是否存在明显的差异性有待进一步分析。

## 4 结 论

通过钻石观测仪(DiamondView™)结合UV-Vis-NIR吸收光谱与FTIR光谱对天然钻石、经辐照与热处理的天然钻石、HTHP合成钻石与CVD合成钻石进行了较系统的对比研究,可以发现:一般而言,天然无色或近无色钻石的荧光图像呈较单一的蓝色且无磷光效应。但部分天然钻石存在蓝色荧光的同时具有磷光,此外,部分钻石无荧光并无磷光特征。与此同时,对于CVD合成钻石而言,较多钻石具有荧光的同时具有磷光。因此,仅依据钻石的荧光与磷光的有无并不可以作为天然与合成钻石的定性鉴别依据。

辐照与热处理是钻石改色处理较常见的方法,经辐照或热处理后的天然钻石荧光的颜色较多地呈非蓝色,部分样品因辐照使其自身颜色发生改变的同时,并由此产生色心缺陷导致钻石的荧光的颜色呈现多色性混杂特征。辐照与热处理能改变钻石的颜色与其相应的荧光的颜色,但对于荧光下钻石的内部结构特征如特征生长条纹无显著影响。且需进一步指出的是,目前UV-Vis-NIR吸收光谱与DiamondView™观测仪是



研究钻石经辐照处理较重要的研究方法之一。

大部分CVD合成钻石的台面与亭部的局部位置出现独特的因CVD所致的清晰的平行层状生长条纹,且具有淡蓝色的磷光。鉴于CVD合成钻石后期处理工艺的日新月异,以光致发光特征光谱对CVD合成钻石进行定性存在一定的局限,因而钻石在DiamondView™观测仪下的荧光图像的特征是现今区分天然钻石与合成钻石极重要的研究方法之一。

### 参 考 文 献

- 1 Martineau P M, Lawson S C, Taylor A J, *et al.*. Identification of synthetic diamond grown using chemical vapor deposition (CVD)[J]. *Gems & Gemology*, 2004, 40(1): 2-25.
- 2 D'Haenens J U F S, Kyaw S M, Johnson P, *et al.*. Near-colorless HPHT synthetic diamonds from AOTC group[J]. *Gems & Gemology*, 2014, 50(1): 30-45.
- 3 Wang W Y, Thomas M, Robert C, *et al.*. Gem-quality synthetic diamonds grown by a chemical vapor deposition (CVD) method[J]. *Gems & Gemology*, 2003, 39(4): 268-283
- 4 Wang W Y, Ulrika F S D H J, Johnson P, *et al.*. CVD synthetic diamonds from Gemesis Corp[J]. *Gems & Gemology*, 2012, 48(2): 80-97.
- 5 Song Zhonghua, Lan Yan, Shen Meidong, *et al.*. Identification characteristics of undisclosed CVD synthetic diamonds found recently by NGTC[J]. *Journal of Gems and Gemmology*, 2012, 14(4): 30-34.  
宋中华, 兰 延, 沈美冬, 等. NGTC实验室发现未揭示的CVD合成钻石鉴定特征研究[J]. *宝石和宝石学杂志*, 2012, 14(4): 30-34.
- 6 Collins A T, Kanda H, Kitawaki H. Colour changes produced in natural brown by high-pressure high-temperature treatment[J]. *Diamond and Related Materials*, 2000, 9(2): 113-122.
- 7 Breeding C M, Wang W Y. Occurrence of the Si-V defect center in natural colorless gem diamonds[J]. *Diamond and Related Materials*, 2008, 17(7-10): 1335-1344
- 8 Thomas M M, Shane F M. Natural colorless IaB diamond with Silicon-Vacancy defect center[J]. *Gems & Gemology*, 2014, 50(4): 293.
- 9 Welbourn C M, Cooper M, Spear P M. De Beers natural versus synthetic diamond verification instrments[J]. *Gems & Gemology*, 1996, 32(3): 156-169.
- 10 Sally E M. CVD synthetic diamond with unusual DiamondView image[J]. *Gems & Gemology*, 2014, 50(1): 67-68.
- 11 Altobelli M, Johnson P, Darley J. Diamond, artificially irradiated and coated brown[J]. *Gems & Gemology*, 2014, 50(3): 236-237.
- 12 Sun Yuan, Chen Hua, Qiu Zhili, *et al.*. The DiamondView™ images of natural diamonds from three commercial diamond localities in China and their significance[J]. *Acta petrologica Et Mineralogica*, 2012, 31(2): 261-270.  
孙 媛, 陈 华, 丘志力, 等. 中国3个商业性钻石产地天然钻石DiamondView™图像及其意义[J]. *岩石矿物学杂志*, 2012, 31(2): 261-270.
- 13 Khan R U A, Martineau P M, Cann B L, *et al.*. Color alterations in CVD synthetic diamond with heat and UV exposure: Implications for color grading and identification[J]. *Gems & Gemology*, 2010, 46(1): 18-26.
- 14 Wang Wuyi. Very large irradiated yellow[J]. *Gems & Gemology*, 2014, 50(4): 295

栏目编辑: 张浩佳