

文章编号: 0258-7025(2009)Supplement 2-0393-03

# 基于红外-可见光上转换材料的激光防伪识别器

贾红辉 张学鹜 张海良 王飞 常胜利

(国防科技大学理学院, 湖南 长沙 410073)

**摘要** 基于红外-可见光上转换材料进行防伪的可行性和可靠性的理论和实验分析,设计并研制了一套基于锁相放大技术的红外激光防伪识别系统。系统发射部分由恒压源、频率发生器和红外激光二极管等组成,将一定频率的电信号调制到激光二极管上,其中调制工作频率 800 Hz,红外激光峰值波长 975 nm;接收部分由滤光片、光敏管、前置滤波器、相敏检波器、低通滤波器和比较器等组成,完成红外到可见光转换后的检测,其中滤光片中心波长 553 nm。实验证明所建立的系统对第 5 套人民币、新版英镑、新版越币、某高档烟酒等的识别是可行有效的。由于该类系统具有防伪可靠性高、抗干扰能力强、体积小、价格低、易推广及易集成等优点,能在打假防伪中发挥很好的作用。

**关键词** 光学设计;激光防伪识别器;红外上转换材料;锁相放大技术

**中图分类号** TN24 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/CJL200936s2.0393

## A Laser Anti-Counterfeiting Recognition Based on Infrared-Visible Up-Conversion Material

Jia Honghui Zhang Xue'ao Zhang Hailiang Wang Fei Chang Shengli

(College of Science, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073, China)

**Abstract** Based on the theoretical and experimental analysis of infrared-visible up-conversion materials an infrared laser anti-counterfeiting recognition system based on the phase-locked amplifying technology is prepared. The transmitter is composed of constant voltage source, frequency generator and infrared laser diode. An electricity signal with given frequency is modulated on infrared laser diode. The assigned frequency is 800 Hz, and the wavelength of peak value of infrared laser is 975 nm. The receiver part is composed of optical filter, photosensitive tube, prepositive filter, phase-sensitive detector, low pass filter and comparator. The receiver can detect the up-conversion visible light. The center wavelength of the filter is 553 nm. The results show that the system is feasible for recognizing of the fifth RMB, new edition Pound, new edition Vietnam currency, some expensive cigarette and wine. Because of the advantages of high reliability, small volume, low price, easy spread, and simply integration, the recognition system would play an important role in the action of cracking down on counterfeiting offenses.

**Key words** optical design; laser anti-counterfeiting device; infrared up-conversion material; phase-locked amplifying technology

### 1 引言

防伪技术涉及的科学领域很多,例如光学、红外技术、化学、电磁学、计算机技术、光谱技术、印刷技术、图纹字码技术、包装技术等,属于一门交叉边缘学科。本文介绍了一种基于红外-可见光上转换材料的激光防伪技术,在分析红外-可见光上转换材料防伪原理的基础上,研制出了一套基于锁相放大技

术的激光检测系统,对第 5 套人民币、高档烟酒的防伪标签等进行了有效识别。由于红外-可见光上转换材料隐藏技术的复杂性,技术难度高,前期研发投入大,目前世界上只有少数国家政府拥有该项技术,同时又由于现在激光检测技术的飞速发展,该项技术在未来十年内在反伪钞、杜绝假货等净化市场方面将大有作为,也势在必行。

**基金项目**: 长沙市科技攻关项目(k0803111-11)资助课题。

**作者简介**: 贾红辉(1979—),男,讲师,博士,主要从事紫外光学与光谱学等方面的研究。E-mail: jiahh@nudt.edu.cn

## 2 红外-可见光上转换材料的防伪原理

红外-可见光上转换发光材料是指近红外光(如 980 nm 附近)照射下,发出可见光的材料。由于早期红外激光识别器不易生产,影响了这种技术的推广。该防伪技术主要包括红外-可见光上转换材料油墨的获取、红外印油和红外激光识别等 3 项技术。

### 2.1 红外-可见光上转换材料的工作原理

通常的光激发过程遵守斯托克斯-洛莫利规则,即被激发物质发射光谱的最大波长相对于所吸收的光谱最大波长而言向长波方向移动。但是,1966 年 Ausel 在研究掺 Yb 和 Er 的无机材料和掺这两种稀土离子的 BaF<sub>2</sub> 荧光时首次发现了反斯托克斯发光现象。1967 年 Esterowitz 用红外光激发 CaF<sub>2</sub>:Ho<sup>3+</sup>+Yb<sup>3+</sup> 体系时发出绿色光。这种用长波长(较低能量)光子激发而得到短波长(较高能量)光子的荧光现象称为反斯托克斯发光<sup>[1]</sup>。这一类材料能够将可见光或紫外光激发的能量储存起来,而后用红外光激励时又能将存储的能量以可见光的形式释放出来,所以又称红外上转换材料。上转换材料的发光机理是基于双光子或多光子过程,即发光中心相继吸收两个或多个光子的能量再经过无辐射弛豫达到发光能级,由此跃迁到基态放出一个可见光子。为有效实现双光子或多光子效应,发光中心的亚稳态需要有较长的能级寿命。目前,采用稀土离子对新型反斯托克斯发光材料的发光强度比同类发光材料的发光强度要高。

### 2.2 防伪可靠性分析

到目前为止,上转换材料只限于少数几个含某些稀土元素和少数基质物质的无机化合物。这些化合物都是以能协同完成双光子效应的不同稀土离子按严格的配比掺杂到纯度极高的稀土化合物基质中得到的。从发光的角度看,要求敏化离子与发光离子的光谱性质相匹配。掺杂离子的浓度要尽可能的高,以提高发光的效率,但是掺杂离子的浓度过高会使发光效率下降。另一种可能是杂质猝灭<sup>[2]</sup>。因此在基质的组成、结构及其纯度(包括对稀土和非稀土元素)方面都有极其严格的、高标准的要求。相应的工艺试剂设备及环境等都要围绕保证达到纯度要求而提出了相应的严格要求。显然这些要求要比下转换发光材料的合成严格得多。此外,无机合成中常用的高温和气氛方面也有特殊的要求,更加大了合成工艺的难度和提高了投资合成条件、合成装置及

合成环境的投入水平。

由于红外上转换材料的发光机理决定了它的发光效率比较低,任何一方面的缺陷都会使合成得到的材料发光性能有较大的下降以至于不能发光。由此可见,红外上转换防伪材料科技含量高,合成条件复杂、严格,原料及环境要求高,需要投入大量的人力、物力,同时其研制过程的周期也长,这不符合制假造假者的利益,是他们所不愿接受的。因此,目前只有少数国家政府拥有这项防伪技术,也正因为这样,该项技术目前在防伪领域还是比较可靠的。

## 3 基于锁相放大技术的激光识别系统设计

由于红外-可见光上转换材料的效率较低,其系统光源一般采用红外半导体激光器。为了提高系统的检测精度、排除太阳光等可见光源的干扰,系统设计采用了锁相放大技术。识别系统的原理框图如图 1 所示。

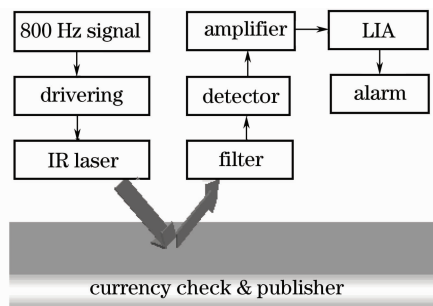


图 1 红外激光防伪系统原理框图

Fig. 1 Principle framework of IR laser anti-counterfeiting device

识别系统由发射器和接收器两部分组成,发射部分由频率振荡器、光源驱动电路和红外激光 3 部分组成;接收系统由滤光片、光敏管、滤波放大电路、锁相放大电路和识别报警系统组成。被调制的红外激光照射到隐藏上转换材料的防伪窗口上,激发出的可见光经过滤光片被光敏管接收,电路滤波后锁相放大送入识别报警器。

### 3.1 光路设计

针对第 5 套人民币和某高档酒的防伪标志,所设计光路采用反射式接收结构,发射与接收角度约 15°。经过反复光谱测试分析比较,系统优化选取的激光器波长和滤光片的光谱特性如图 2 所示。可以看出,系统采用的红外激光峰值波长 975 nm,  $\Delta\lambda$  为 20 nm;接收器中滤光片中心波长 553 nm,透过率 85%,半峰全宽 25 nm。

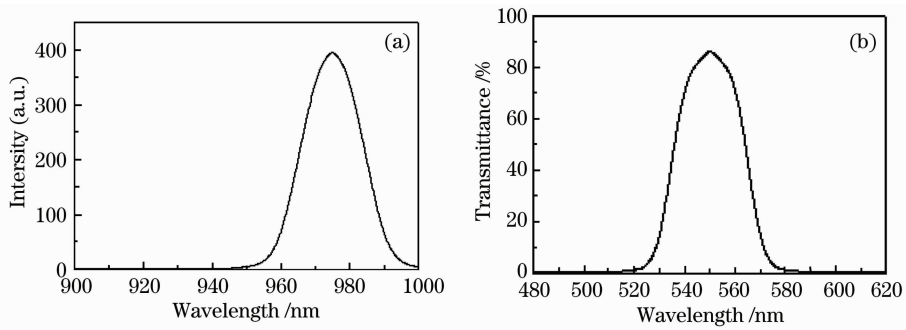


图 2 光谱曲线图。(a)激光;(b)滤光片

Fig.2 Spectrum curve. (a) laser; (b) optical filter

### 3.2 电路设计

系统电路原理框图如图 3 所示,系统发射部分由恒压源(DC)、NE555 定时器、红外激光二极管(IR LD)和控制开关(K)组成,完成激光发射的振幅调制。接收部分由滤光片(OF)、光敏管(Det)、前置放大电路(PA)、带通滤波电路(BPF)、相敏检波器(PSD)、低通滤波器(LPF)、触发比较器(Com)和语音报警系统组成,完成受激发上转换材料的识别检测。其中 PSD 的参考频率由激光调制发射频率引入,改变参考电压(RV)的值可以控制识别系统的灵敏度。系统电路工作频率的由两个方面确定,其一

是上转换材料的转换时间;其二是识别速度。如果 975 nm 的红外激光其调制工作频率太快,小于上转换材料的转换时间,由于能级跃迁的弛豫特性,激发出的绿光发光恒定,此时基于锁相放大的系统无法正常工作;反之,当调制工作频率过低时,这时如果进行动态验钞,将大大影响验钞仪的识别速度。反复实验比较,系统确定工作频率 800 Hz,保证检波识别时至少有 4 个周期信号时,验钞速度最大达 20 张/秒。另外系统中带通滤波器 BPF 的中心频率为 800 Hz,LPF 的上限频率小于 10 Hz,RV 可调,系统中采用 2.5 V。

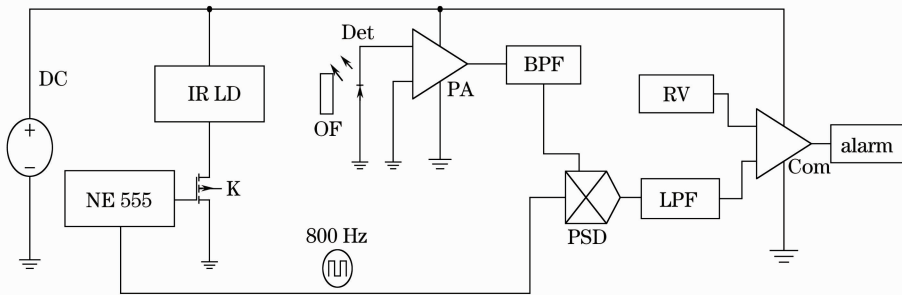


图 3 系统电路原理框图

Fig.3 Basic principle framework of circuit

## 4 结 论

基于红外-可见光上转换材料的激光防伪可行性及可靠性分析,设计了一套高灵敏度的激光防伪识别系统。根据以上识别系统设计原理,研制出了一套基于锁相放大技术的高识别率激光防伪仪,经实验验证,该仪器具有防伪可靠性高、抗太阳光干扰能力强、体积小、价格低(约 40 元)、易推广及易集成等优点,在人民币防伪、高档礼品的打假、支票真伪辨别等方面具有很广泛的应用前景。该红外激光识别系统可以在超市收银、自动货机、支票、新版验钞和高档礼品中有很好的应用前景。

## 参 考 文 献

- Zhang Yanliang, Sun Zhenrong, Li Yuqiong *et al.*. Anti-Stokes blue fluorescence and Stark splitting of  $^3H_4$  in  $Pr^{3+}:Y_2SiO_5$  (YSO)[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2004 **24**(4): 385~387  
张衍亮,孙真荣,李玉琼等.  $Pr^{3+}:Y_2SiO_5$  中的反斯托克斯荧光光谱及其对基态 Stark 分裂能级的确定[J]. *光谱学与光谱分析*, 2004, **24**(4): 385~387
- Xu Xiaotian, Jiang Yanyan, Chen Min. Research progress in long persistent luminescence properties and influencing factors of alkali-earth aluminate phosphors[J]. *Materials Review*, 2005, **19**(z2): 297~299  
徐笑天,姜妍彦,陈敏. 碱土铝酸盐长余辉发光材料发光性能影响因素的研究进展[J]. *材料导报*, 2005, **19**(z2): 297~299