

一种可用于红外条纹相机的新材料

龚平 侯洵

(中国科学院西安光学精密机械研究所, 陕西, 西安, 710068)

摘要 提出了一种电子陷阱型红外上转换新材料, 它的红外响应波长范围为 $0.8\sim 1.6\mu\text{m}$, 量子效率高达 66%, 是一种优良的红外材料. 测量了材料的时间分辨率和能量转换效率.

关键词 红外, 条纹相机, 上转换材料.

引言

为了研究红外过程, 多年来人们一直在红外阴极方面做了大量的工作, 但是直到今天, 红外阴极在量子效率、使用寿命、制作工艺等方面仍不如可见光阴极^[1]. 如果能研制一种窗口材料, 使得可见光阴极能够探测红外信号, 这将是一项非常有意义的工作. 为了实现这一目的, 我们研制了一种电子陷阱型红外上转换材料(IRET)^[2]. 这种材料由碱土金属硫化物掺入适量的稀土元素制得, 它具有两个非常有用的特性, 即存储特性(能够将信号以电子陷阱方式长时间存储起来)和红外上转换特性(能够在室温下将红外辐射转换成可见光, 实现频率或能量的上转换).

1 原理

为了解释 IRET 材料的两个基本特性, 人们提出了多种模型, 其中半导体能级模型已为大多数人所接受. 能带图模型如图 1 所示.

通过掺杂在禁带中引入两个中间能级. 过程 1 是激励过程, 价带中的电子获得能量跃迁到高能级, 在复合过程中大部分电子落入陷阱能级, 由于陷阱能级很深, 使得电子稳定存储在其上, 直到受到红外辐射激发(过程 2), 陷阱中的电子获得能量跃迁到相互作用能级并与价带中的空穴复合, 这一过程发射可见光(红外上转换过程).

2 响应时间和转换效率的测量

IRET 材料具有性能稳定, 红外响应范围宽($0.8\sim 1.6\mu\text{m}$), 大面积制作容易, 空间分辨

率较高等特点^[3-5]。如果它具有好的时间分辨率和高的转换效率,则是一种可直接将可见光条纹相机应用到红外范围的理想材料。我们在西安光学精密机械研究所国家开放实验室瞬态光学实验室对这种材料的时间分辨率和转换效率进行了测量。时间分辨率的测量装置如图 2 所示。其中激光源为 YAG 被动锁模选单脉冲,波长为 $1.06\mu\text{m}$,脉宽约为 30ps。PIN 管型号为 SS1188(美国),示波器是美国 Teck 公司生产的 2467A 型。我们在完全等同的条件下分别测量了美国 Quantex 公司的 Q-11-R 型(1992 年生产),西安光学精密机械研究所 1 型(发红光)和 2 型(发蓝光)3 种样品,测量结果如图 3 所示。

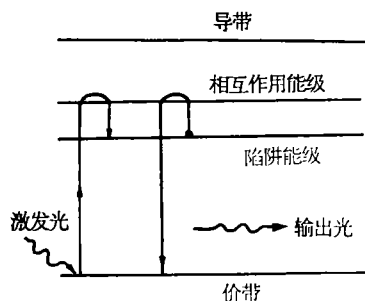


图 1 XS:X1,X2($X=\text{Ca},\text{Sr}$; X1,X2 表示两种掺杂剂)能带图模型

Fig. 1 Energy band model of XS:X1,X2 ($X=\text{Ca},\text{Sr}$,X1,X2 are two dopants)

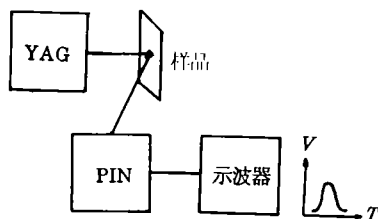


图 2 时间分辨率测量装置示意图

Fig. 2 Equipment for measuring time resolution

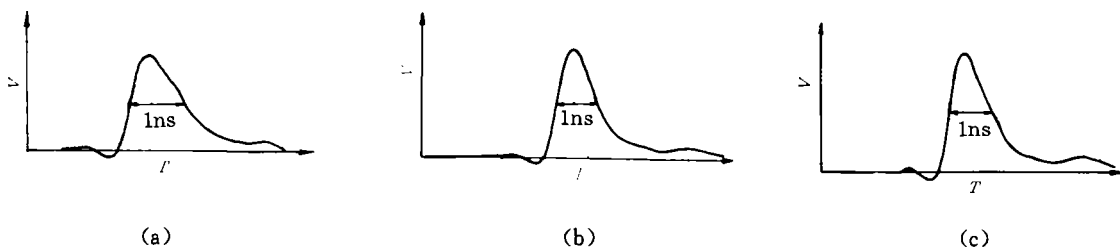


图 3 时间分辨率测量结果

(a)美国 Quantex 公司 Q-11-R 型(2ns) (b)西光 1 型(发红光)(1.3ns) (c)西光 2 型(发蓝光)(1.4ns)

Fig. 3 Measured result of time resolution

(a)Quantex model Q-11-R(2ns) (b)XG model 1(Red)(1.3ns) (c)XG model 2(Blue)(1.4ns)

转换效率测量装置如图 4 所示,激光源为 YAG 被动锁模选单脉冲,能量计为美国 Laser Precision Corp 制造,响应波长为 $0.4\text{--}3\mu\text{m}$ 。我们分别测量了自己研制的发红光和发蓝光两种透射式样品,为了比较,我们还在等同的条件下测量了美国 Quantex 公司(发红光)和我们的红、蓝 3 种反射式样品,测量结果见表 1。

3 结语

我们研制的西光 1 型材料(发红光)是和美国 Quantex 公司的 Q-11-R 型(发红光)等同

表 1 转换效率
Table 1 Conversion efficiency

样 品	能量效率(%)	量子效率(%)
西光 1 型(透射式)	110	66
西光 2 型(透射式)	101	47
Quantex (反射式)	36	22
西光 1 型(反射式)	44	26
西光 2 型(反射式)	39	18

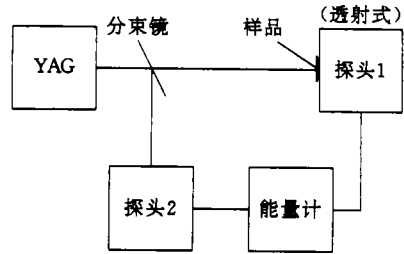


图 4 转换效率测量装置示意图
Fig. 4 Equipment for measuring conversion efficiency

的材料,测试结果表明我们材料的时间分辨率超过现有美国 Quantex 公司的产品(分别为 1.3 和 2.0ns).在测试转换效率时因为没有 Quantex 公司的透射式样品而无法测量其准确值,为了比较,我们测量了反射式样品的转换效率(低于真实值).结果表明,西光 1 型材料的转换效率超过了美国 Quantex 公司与之相应材料的转换效率(分别为 26%和 22%),以上结果表明,IRET 材料红外响应范围宽,量子效率高.利用它可以把可见光探测器应用到近红外波段(0.8-1.6 μm),甚至中红外波段(3.1-5 μm)^[5].它是一种适合于研究不快于纳秒的红外过程的优良材料.

致谢 作者感谢中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学研究室提供了测量仪器设备,在测量过程中,得到了杨斌洲教授,张小秋教授,龚美霞教授和刘经元教授的帮助,在此表示真诚的谢意.感谢闫兴隆博士提供了 Quantex 公司的样品.

参考文献

- 1 Gex F, Bauduin P, Hammes C, et al. *SPIE*, 1984, **491**, 276-280
- 2 Jutamulia S, Storti G M, Seiderman L J, et al. *Applied Optics*, 1993, **32**(5), 743-745
- 3 Lindmayer J, David M. *SPIE*, 1990, **1243**, 107-113
- 4 Peter K S, Daniel B, George M S. *SPIE*, 1990, **1243**, 114-122
- 5 Peter K S, Gregory P, George M S, et al. *SPIE*, 1990, **1243**, 123-129

A KIND OF NEW MATERIAL USABLE IN INFRARED STREAK CAMERA

Gong Ping Hou Xun

(Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an, Shaanxi 710068, China)

Abstract A kind of new material (electron trapping infrared up-conversion material) was presented. Because of its wide infrared response range (0.8-1.6 μm) and high quantum efficiency (66%), it is a kind of excellent infrared material. The time resolution and energy conversion efficiency were measured.

Key Words infrared, streak camera, up-conversion material.