

一种反光发光复合标牌材料的研究

张大慰 龚平 过晓晖 刘英 侯洵

(中国科学院西安光学精密机械研究所 710068)

范文慧

(西安交通大学理学院 710049)

摘要 反光发光复合标牌,不仅能将光源方向的入射光线回归反射向光源方向,具有反光特性.还能将光源中大量的红外光转换成可见光,具有发光特性.从而使标牌的亮度和可视距离得到提高.

关键词 递归反射;ET材料;红外激励发光;光谱

0 引言

目前,我国和世界其它国家一样,都在努力探索如何使夜明标志更加醒目,以提高司机夜间行车的安全系数,减少夜间交通事故的发生和提高运输效率.据文献统计,每年发生在公路上的伤亡事故中,有55%以上的车祸都发生在夜间或能见度不高的情况下.一种称之为递归反射的特殊反射形式得以广泛地应用于路标、路障标牌.它能将光源方向来的入射光线高效地向光源方向反射,以提高被照物的可见性.然而在汽车灯中还含有很大部分的红外光如何去利用呢?我们研制的电子陷阱型红外上转换材料,具有存储特性和红外上转换特性¹.它能够将汽车灯中的红外线转换成可见光.该材料白天在阳光的照射下存储了能量,在夜间受到汽车灯光照射时,便可将其中的红外线转换成可见光.我们将此新型的发光材料应用于目前的反光标牌中,得到一种反光发光复合标牌.

1 原理与结构

1.1 递归反射材料的原理与结构

递归反射的原理是在镜面反射上置放圆珠状的透明玻璃微珠.在玻璃微珠的焦点位置上有铝、银、锡等反射率80%以上光反射板.玻璃微珠可看成若干个微小凸透镜.入射光线通过玻璃微珠折射,并按凸透镜之原理在一点上形成焦点,在此焦点处设置反射层,光线被反射,再通过玻璃微珠折回光源方向.

结构如图1所示.从而使人醒目地见到黑暗中的标牌.

图1 反光标牌结构示意图

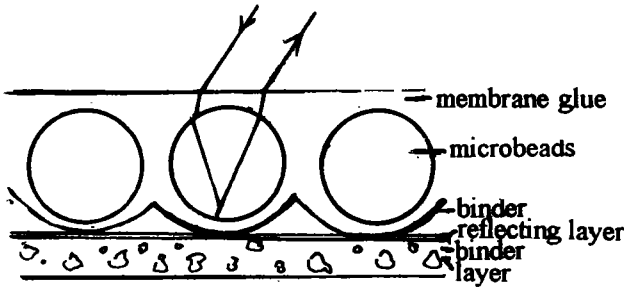


Fig. 1 Schematic of the structure of the reflecting light sign board

1.2 电子陷阱型红外上转换材料的发光原理

我们研制的电子陷阱型(Electron Trapping)红外上转换材料,简称“ET”材料,是由碱土金属硫化

物经过掺入适当的稀土元素制得. 它有两个非常有用的特性:即存储特性(能将光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能量或频率上转换). ET 材料的这两个特性可以用半导体的能级模型来描述²,其原理如图 2 所示.

在碱土金属硫化物中掺入适当的稀土元素,即在该基质的带带中引入了两个中间能级(相互作用能级和电子陷阱能级). 受到激发光辐照时,价带中的电子获得能量,跃迁到高能级,在复合的过程中,大部分电子落入陷阱能级. 这是个深能级,使得电子稳定存储在其中. 直到受到红外线激励时,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.

1.3 反光发光复合标牌的结构

本文所阐述的反光发光复合标牌,其结构如图 3 所示.

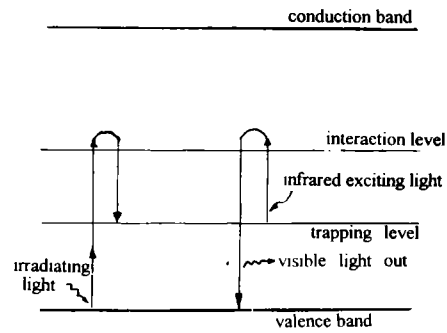


图 2 ET 材料的能带图模型
Fig. 2 Schematic of energy band model of ET material

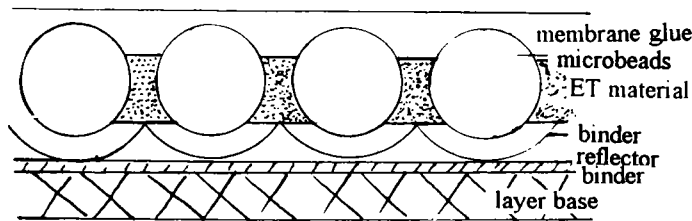


图 3 反光发光复合标牌结构示意图
Fig. 3 Schematic of the structure of the reflecting light luminescent sign board

经过多次实验得到,玻璃微珠的粒径取 $300\mu\text{m}$,折射率 1.7 左右,ET 材料的粒度约为 $10\mu\text{m}$ 左右为宜. 在反光发光标牌中,玻璃微珠靠粘接剂固定成均匀单层结构. ET 材料制成密集的多层结构. ET 材料的多层结构可使它的发光亮度更好. 同时要求在玻璃微珠的空隙间填充的多层 ET 材料厚度要相当于玻璃微珠的半径. 其目的是使反光玻璃微珠有效地接受来自光源方向的可见光. 粘接剂选用透光性能很好的有机胶. 有机胶由 A、B 两个组分按一定比例配制而成. 玻璃微珠表面进行适当处理,以便除去表面的脏物和油渍,使之很好地嵌在粘接剂上. 反射层由对可见光反射本领极好的铝膜构成.

在反光标牌中,由玻璃微珠形成的递归反射能量,取决于光线通过玻璃微珠的聚焦性能和反射层的反射率. 一般说来,玻璃微珠的折射率越高越好. 但是即使折射率较高的玻璃微珠,由于各种损耗的存在,特别是漫反射的存在,所制作的反光标牌对可见光的利用率限制在一半之内. 为了使反光标牌更加醒目,使汽车灯中的红外线得到利用,我们利用自己研制的 ET 材料制作了一种反光发光复合标牌.

人们知道,汽车灯中含有大量的红外线,这部分红外线的波长主要分布在 $0.8\sim 3\mu\text{m}$ 的近、中红外区. 而 ET 材料对波长为 $0.8\sim 1.6\mu\text{m}$ 的红外(激励)光有良好的响应特性,并能在室温下把这一波段的红外线高效地转换成可见光³.

ET 材料的基本表示形式是: AES: D_1, D_2 , 这里 AES 表示碱土金属硫化物, D_1, D_2 分别表示主副激活剂. I 型 ET 材料主激活剂为 Eu, 副激活剂为 Sm. II 型 ET 材料主激活剂为 Ce, 副激活剂为 Sm.

图 4、图 5 给出两种类型的 ET 材料的激励光谱和发射光谱.

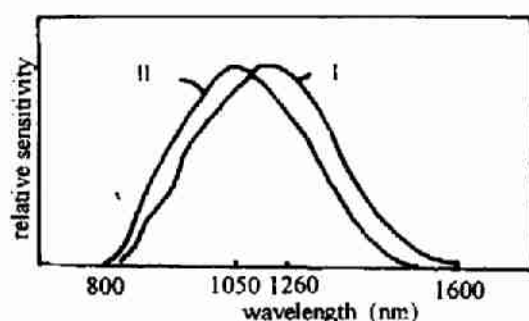


图 4 ET 材料的激励光谱(I 型和 II 型峰值分别为 1260nm 和 1050nm)

Fig. 4 Stimulated spectra of the ET material, peaking at 1260nm and 1050nm for I and II, respectively

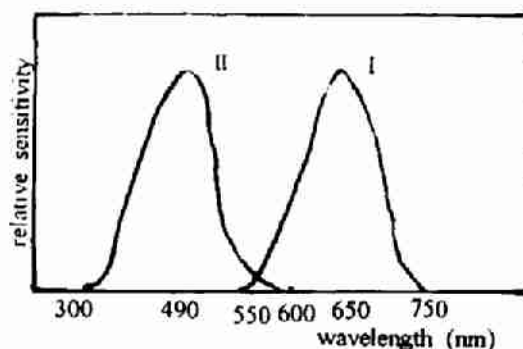


图 5 ET 材料的发射光谱(I 型和 II 型峰值分别为 642nm 和 497nm)

Fig. 5 Emission spectra of the ET material, peaking at 642nm and 497nm for I and II, respectively

由于 ET 材料能将汽车灯中的红外线转换成可见光,因而用它制得的反光发光复合标牌比只是靠玻璃微珠单一反光的标牌更亮、更醒目。

2 实验与结果

图 6 所示样品——“M”字型为玻璃微珠反光标牌样品,“E”字型是用 I 型 ET 材料与玻璃微珠制成的反光发光复合标牌样品,“F”字型是用 II 型 ET 材料与玻璃微珠形成的反光发光复合标牌样品。



图 6 反光标牌样品的反光发光复合标牌样品

Fig. 6 Photos of the reflecting light sample and the mixed sample of reflecting light and emitting light

试验结果如下:

1) 用适当的红外滤光片擦除干净反光发光样品中的光存储。之后将该样品放置在太阳光下辐照十几分钟,接着用近红外光激发,观察到相当亮的红色或蓝绿色发光,表明反光发光复合标牌样品具有良好光存储能力。

2) 用邮电部固体研究所(武汉)生产的 BGJ 型光功率计分别测量激发光激发后的反光发光复合标牌样品及玻璃微珠反光标牌样品的亮度。光功率计探头响应波长范围是 0.4~1.05nm。测量装置方框图如图 7 所示。

测量结果是反光发光复合标牌样品的发光亮度比玻璃微珠反光标牌样品高 15.4%。

我们的试验结果是初步的,只要改善反光发光复合标牌制作工艺,进一步提高 ET 材料的发光效率,降低生产成本,相信反光发光复合标牌将会成为一种很有前途的新型路标标牌。

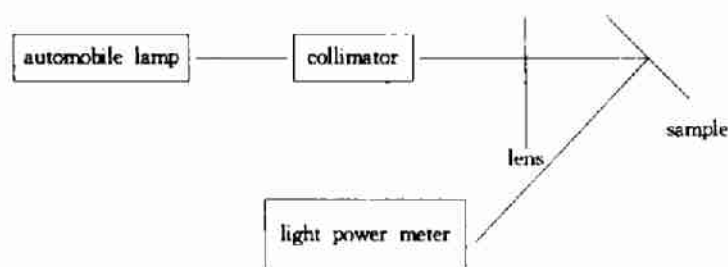


图 7 亮度测量方框图

Fig. 7 Schematic of light power measuring

参考文献

- 1 Jutamulia S, Storti G M, Seiderman L J, et al. *Applied Optics*, 1993, 32(5): 743~745
- 2 费平. 红外与毫米波学报, 1995, 14(2): 156~158
- 3 费平. 电子陷阱型红外上转换及光存贮材料的研究与应用[博士论文]. 中国科学院西安光学精密机械研究所, 1995: 107~110

A KIND OF REFLECT-LIGHT-LUMINESCENT COMPOUND MATERIAL FOR SIGN BOARD

Zhang Dawei, Gong Ping, Guo Xiaohui, Liu Ying, Hou Xun

Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica, Xi'an 710068

Fan Wenhui

College of Science, Xi'an Jiaotong University 710049

Received date: 1996-03-07

Abstract The reflect-light-luminescent compound type sign board not only can reflect the incident light from the direction of the light source, having a reflecting characteristic, but the invisible light—irradiated ray emitted by the light source can also be converted to a visible light, having luminescent characteristic, thus it increases the brilliance and visible distance of a sign board.

Keywords Regression reflection; ET material; Infrared stimulated luminescence; Spectrum

Zhang Dawei was born in Xianyang, Shaanxi, China, on December 13, 1945. She graduated from the department of physics, Sichuan University in 1978. Now she is working in Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica.

