



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103868903 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 18

(21) 申请号 201410138237. 6

(22) 申请日 2014. 04. 08

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 秦峰 张云刚 段倩倩 赵华

郑仰东 张治国

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事

务所 23109

代理人 岳泉清

(51) Int. Cl.

G01N 21/64 (2006. 01)

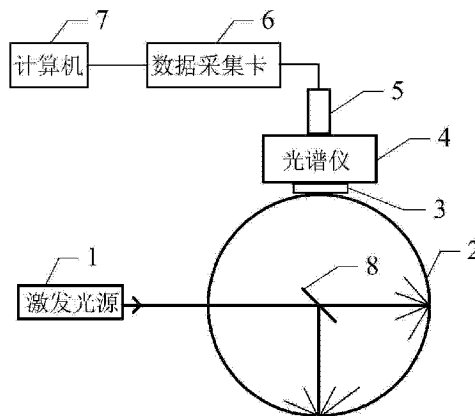
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法

(57) 摘要

一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法, 涉及量子剪切材料绝对发光效率计量领域。解决了现有采用理论量子效率的测量方法只能相对的评价量子剪切材料性能, 测量准确度低, 导致无法实现对量子剪切材料进行绝对评价的问题。将标准灯置于积分球探测系统的积分球内, 测量标准灯发光光谱, 获得积分球探测系统响应函数, 分别使激光照射在空积分球内, 照射入积分球内、且不直接照射在样品上和照射入积分球内、且直接照射在样品上, 三种情况下获得积分球出射激光及样品荧光的光谱; 再对积分球出射激光及样品荧光的光谱进行校准, 将校准过的光谱转换为光子数分布光谱, 对光子数分布光谱进行积分, 计算获得绝对量子效率  $\eta$ 。应用在量子测量领域。



1. 一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法,该方法是基于积分球探测系统实现的,该积分球探测系统包括积分球(2)、滤波片(3)、光谱仪(4)、探测器(5)、数据采集卡(6)和计算机(7),所述的积分球(2)的入光口用于接收激发光源(1)发出的激光,激光在积分球(2)内漫反射后,由积分球(2)的出光口射出后,经滤波片(3)滤波后,又经光谱仪(4)出射至探测器(5)的光信号输入端,探测器(5)的电信号输出端与数据采集卡(6)的数据信号输入端连接,数据采集卡(6)的数据信号输出端与计算机(7)的数据信号输入端连接;

其特征在于,所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法的具体过程为,

第一步,将标准灯置于积分球探测系统的积分球(2)内,测量标准灯的发光光谱,获得积分球探测系统响应函数,然后取出标准灯;

第二步,将激发光源(1)发出的激光,照射在空积分球(2)内,获得积分球(2)出射激光的光谱;

第三步,将样品置于积分球(2)内,使激发光源(1)发出的激光照射入积分球(2)内、且不直接照射在样品上,获得积分球(2)出射激光及样品荧光的光谱;

第四步,将样品置于积分球(2)中心,使激发光源(1)发出的激光照射入积分球(2)内、且直接照射在样品上,获得积分球(2)出射激光及样品荧光的光谱;

第五步,根据积分球探测系统响应函数对第二步至第四步中所获得的积分球(2)出射激光及样品荧光的光谱进行校准,将校准过的光谱转换为光子数分布光谱  $N_{(\nu)} = \frac{\lambda^3}{hc} P_{(\lambda)}$ ,

其中,  $P_{(\lambda)}$  为绝对光谱,且绝对光谱为测量光谱与系统响应函数的比值,  $\nu$  为波数,  $\lambda$  表示波长,  $h$  表示普朗克常量,  $c$  表示光速,

第六步,在第二步、第三步和第四步所述的情况下,分别对光子数分布光谱  $N_{(\nu)} = \frac{\lambda^3}{hc} P_{(\lambda)}$  进行积分,获得激光的光子数  $L_a$ 、 $L_b$ 、 $L_c$  和荧光的光子数  $P_b$ 、 $P_c$ ;

其中,  $L_a$  表示第二步中积分球(2)出射激光的光子数;

$L_b$  表示第三步中积分球(2)出射激光的光子数;

$P_b$  表示第三步中积分球(2)出射样品荧光的光子数;

$L_c$  表示第四步中积分球(2)出射激光的光子数;

$P_c$  表示第四步中积分球(2)出射样品荧光的光子数;

第七步,将  $L_a$ 、 $L_b$ 、 $L_c$ 、 $P_b$ 、 $P_c$  代入到公式  $\eta = \frac{P_c - (1-A)P_b}{AL_a}$  中,获得绝对量子效率  $\eta$ , 其

中,  $A = 1 - \frac{L_c}{L_b}$ ,  $A$  表示吸收率。

2. 根据权利要求1所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法,其特征在于,所述的积分球(2)内壁反射率高于99%。

3. 根据权利要求1或2所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法,其特征在于,所述的光谱仪(4)分辨率为1nm、扫描范围为200-1500nm。

4. 根据权利要求 1 所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法, 其特征在于, 所述的激发光源(1) 为 473nm 连续激光器。

5. 根据权利要求 1 所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法, 其特征在于, 所述的探测器(5) 为光电倍增管时, 滤波片(3) 为 500nm 的短波截止滤波片。

6. 根据权利要求 1 所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法, 其特征在于, 所述的探测器(5) 为 InGaAs 时, 滤波片(3) 为 800nm 的短波截止滤波片。

## 一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及量子剪切材料绝对发光效率计量领域。

### 背景技术

[0002] 近红外量子剪切材料可实现对太阳光谱的调制,将波长小于 550nm 的一个光子转换成两个波长 1000nm 附近的近红外光子,使太阳光谱与 Si 基太阳能电池的响应匹配的更好,以此降低光谱失配带来的损耗,同时在 1000nm 附近波段获得双倍的光电流,有望用来提高 Si 基太阳能电池的效率。目前,一般采用理论计算的量子效率来相对的评价材料量子剪切性能。但是,研究者也都意识到一个问题,理论量子效率计算过程中忽略了很多抑制量子效率的因素,实际的量子效率比理论量子效率要低,其二者的差距究竟有多大也并不清楚。因此,理论量子效率只适合用来相对的比较同一系列样品的发光性能,并不能实现对量子剪切材料的绝对评价,对实际应用的参考意义也是有限的。对于以应用在太阳能电池上面为目的的量子剪切材料,其绝对的量子效率是衡量其应用前景的一个很重要的参数。可以实现对不同基质材料、不同离子掺杂浓度样品的比较,更适合于作为评价因子来衡量材料的实际应用前景。

### 发明内容

[0003] 本发明是为了解决现有采用理论量子效率的测量方法只能相对的评价量子剪切材料性能,测量准确度低,导致无法实现对量子剪切材料进行绝对评价的问题,本发明提供了一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法。

[0004] 一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法,该方法是基于积分球探测系统实现的,该积分球探测系统包括积分球、滤波片、光谱仪、探测器、数据采集卡和计算机,所述的积分球的入光口用于接收激发光源发出的激光,激光在积分球内漫反射后,由积分球的出光口射出后,经滤波片滤波后,又经光谱仪出射至探测器的光信号输入端,探测器的电信号输出端与数据采集卡的数据信号输入端连接,数据采集卡的数据信号输出端与计算机的数据信号输入端连接;

[0005] 所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法的具体过程为,

[0006] 第一步,将标准灯置于积分球探测系统的积分球内,测量标准灯的发光光谱,获得积分球探测系统响应函数,然后取出标准灯;

[0007] 第二步,将激发光源发出的激光,照射在空积分球内,获得积分球出射激光的光谱;

[0008] 第三步,将样品置于积分球内,使激发光源发出的激光照射入积分球内、且不直接照射在样品上,获得积分球出射激光及样品荧光的光谱;

[0009] 第四步,将样品置于积分球中心,使激发光源发出的激光照射入积分球内、且直接照射在样品上,获得积分球出射激光及样品荧光的光谱;

[0010] 第五步,根据积分球探测系统响应函数对第二步至第四步中所获得的积分球出射

激光及样品荧光的光谱进行校准,将校准过的光谱转换为光子数分布光谱 $N_{(\nu)} = \frac{\lambda^3}{hc} P_{(\lambda)}$ ,

[0011] 其中,  $P_{(\lambda)}$  为绝对光谱,且绝对光谱为测量光谱与系统响应函数的比值,  $\nu$  为波数,  $\lambda$  表示波长,  $h$  表示普朗克常量,  $c$  表示光速,

[0012] 第六步,在第二步、第三步和第四步所述的情况下,分别对光子数分布光谱

$N_{(\nu)} = \frac{\lambda^3}{hc} P_{(\lambda)}$  进行积分,获得激光的光子数  $L_a$ 、 $L_b$ 、 $L_c$  和荧光的光子数  $P_b$ 、 $P_c$  ;

[0013] 其中,  $L_a$  表示第二步中积分球出射激光的光子数 ;

[0014]  $L_b$  表示第三步中积分球出射激光的光子数 ;

[0015]  $P_b$  表示第三步中积分球出射样品荧光的光子数 ;

[0016]  $L_c$  表示第四步中积分球出射激光的光子数 ;

[0017]  $P_c$  表示第四步中积分球出射样品荧光的光子数 ;

[0018] 第七步,将  $L_a$ 、 $L_b$ 、 $L_c$ 、 $P_b$ 、 $P_c$  代入到公式  $\eta = \frac{P_c - (1-A)P_b}{AL_a}$  中,获得绝对量子效率

$\eta$ , 其中,  $A = 1 - \frac{L_c}{L_b}$ ,  $A$  表示吸收率。

[0019] 本发明带来的有益效果是,本发明以空的积分球做参考,避免了选取发光标准,是测量液体、粉末、薄膜等各向异性、高折射率样品的标准方法 ;避免了角度对样品辐射产生的影响,可以收集  $4\pi$  空间的所有的光从而保证实现绝对的测量 ;积分球内壁一般在很宽的波长范围内具有很高的、一致的反射率,这种方法可以在很宽的光谱范围内实现绝对测量,测量准确度提高了 50% 以上。

## 附图说明

[0020] 图 1 为具体实施方式一所述的积分球探测系统的原理示意图 ;其中,附图标记 8 表示样品 ;

[0021] 图 2 为本发明测量的  $50\text{SiO}_2-20\text{Al}_2\text{O}_3-24\text{CaF}_2-1\text{Tb}^{3+}-5\text{Yb}^{3+}$  氟氧化物玻璃的绝对光子数分布光谱示意图,其中,曲线 9 表示激发光源发出的激光照射在空积分球内,积分球出射激光的光谱 ;曲线 10 表示使激发光源发出的激光不直接照射在样品上,积分球出射激光及样品荧光的光谱 ;曲线 11 表示将样品置于积分球中心,使激发光源发出的激光直接照射在样品上,积分球出射激光及样品荧光的光谱。

## 具体实施方式

[0022] 具体实施方式一 :参见图 1 说明本实施方式,本实施方式所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法,该方法是基于积分球探测系统实现的,该积分球探测系统包括积分球 2、滤波片 3、光谱仪 4、探测器 5、数据采集卡 6 和计算机 7,所述的积分球 2 的入光口用于接收激发光源 1 发出的激光,激光在积分球 2 内漫反射后,由积分球 2 的出光口射出后,经滤波片 3 滤波后,又经光谱仪 4 出射至探测器 5 的光信号输入端,探测器 5 的电信号输出端与数据采集卡 6 的数据信号输入端连接,数据采集卡 6 的数据信号输

出端与计算机 7 的数据信号输入端连接；

[0023] 所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法的具体过程为，

[0024] 第一步，将标准灯置于积分球探测系统的积分球 2 内，测量标准灯的发光光谱，获得积分球探测系统响应函数，然后取出标准灯；

[0025] 第二步，将激发光源 1 发出的激光，照射在空积分球 2 内，获得积分球 2 出射激光的光谱；

[0026] 第三步，将样品置于积分球 2 内，使激发光源 1 发出的激光照射入积分球 2 内、且不直接照射在样品上，获得积分球 2 出射激光及样品荧光的光谱；

[0027] 第四步，将样品置于积分球 2 中心，使激发光源 1 发出的激光照射入积分球 2 内、且直接照射在样品上，获得积分球 2 出射激光及样品荧光的光谱；

[0028] 第五步，根据积分球探测系统响应函数对第二步至第四步中所获得的积分球 2 出射激光及样品荧光的光谱进行校准，将校准过的光谱转换为光子数分布光谱  $N_{(\nu)} = \frac{\lambda^3}{hc} P_{(\lambda)}$ ，

[0029] 其中， $P_{(\lambda)}$  为绝对光谱，且绝对光谱为测量光谱与系统响应函数的比值， $\nu$  为波数， $\lambda$  表示波长， $h$  表示普朗克常量， $c$  表示光速，

[0030] 第六步，在第二步、第三步和第四步所述的情况下，分别对光子数分布光谱

$N_{(\nu)} = \frac{\lambda^3}{hc} P_{(\lambda)}$  进行积分，获得激光的光子数  $L_a$ 、 $L_b$ 、 $L_c$  和荧光的光子数  $P_b$ 、 $P_c$ ；

[0031] 其中， $L_a$  表示第二步中积分球 2 出射激光的光子数；

[0032]  $L_b$  表示第三步中积分球 2 出射激光的光子数；

[0033]  $P_b$  表示第三步中积分球 2 出射样品荧光的光子数；

[0034]  $L_c$  表示第四步中积分球 2 出射激光的光子数；

[0035]  $P_c$  表示第四步中积分球 2 出射样品荧光的光子数；

[0036] 第七步，将  $L_a$ 、 $L_b$ 、 $L_c$ 、 $P_b$ 、 $P_c$  代入到公式  $\eta = \frac{P_c - (1-A)P_b}{AL_a}$  中，获得绝对量子效率

$\eta$ ，其中， $A = 1 - \frac{L_c}{L_b}$ ， $A$  表示吸收率。

[0037] 本实施方式中，系统的响应函数为系统测量标准灯光谱与其标定的功率分布光谱的比值。

[0038] 具体实施方式二：本实施方式与具体实施方式一所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法的区别在于，所述的积分球 2 内壁反射率高于 99%。

[0039] 具体实施方式三：本实施方式与具体实施方式一或二所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法的区别在于，所述的光谱仪 4 分辨率为 1nm、扫描范围为 200-1500nm。

[0040] 具体实施方式四：本实施方式与具体实施方式一所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法的区别在于，所述的激发光源 1 为 473nm 连续激光器。

[0041] 本实施方式，利用本发明方法测量  $50\text{SiO}_2-20\text{Al}_2\text{O}_3-24\text{CaF}_2-1\text{Tb}^{3+}-5\text{Yb}^{3+}$  氟氧化物玻璃的绝对光子数分布光谱，具体参见图 2，图 2 中可见及近红外发光分别来自于

$Tb^{3+}: ^5D_4 \rightarrow ^7F_J (J=5, 4, 3)$ 、 $Yb^{3+}: ^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ , 为了清楚的显示, 两部分光谱分别被放大了 40、200 倍。根据图 2 所示的光谱, 计算得到  $50SiO_2-20Al_2O_3-24CaF_2-1Tb^{3+}-5Yb^{3+}$  氟氧化物玻璃在 473nm 连续激光器激发下的绝对光致发光效率为 52%。

[0042] 具体实施方式五: 本实施方式与具体实施方式一所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法的区别在于, 所述的探测器 5 为光电倍增管时, 滤波片 3 为 500nm 的短波截止滤波片。

[0043] 具体实施方式六: 本实施方式与具体实施方式一所述的一种近红外量子剪切绝对光致发光量子效率定量测量方法的区别在于, 所述的探测器 5 为 InGaAs 时, 滤波片 3 为 800nm 的短波截止滤波片。

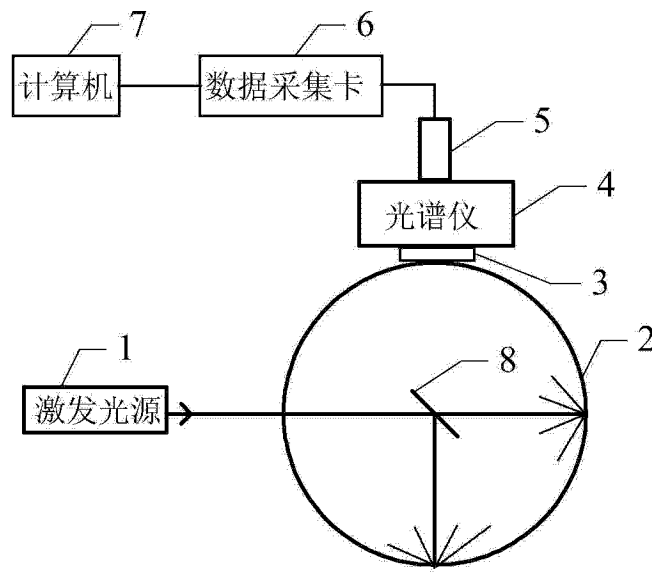


图 1

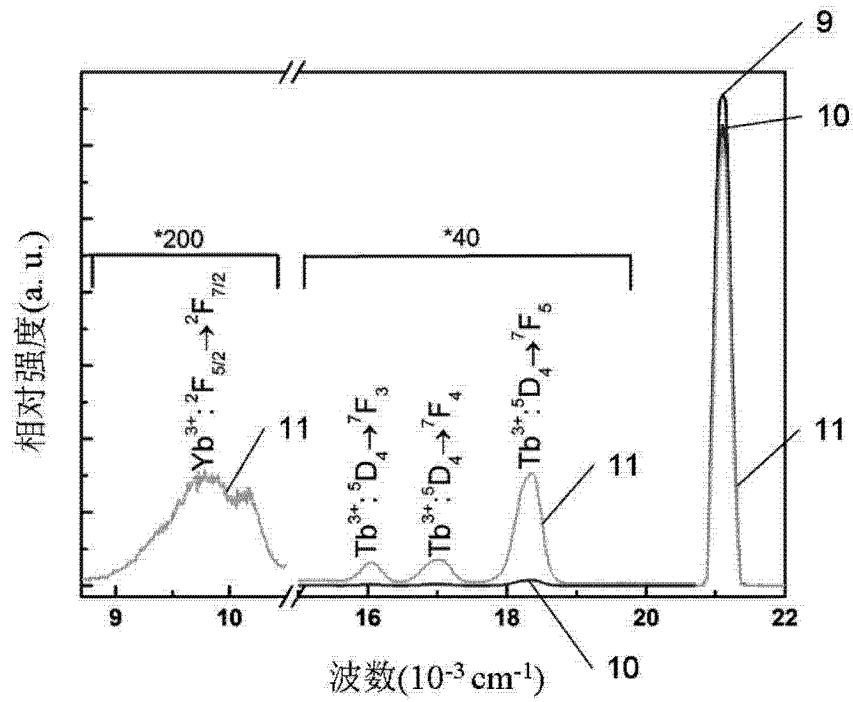


图 2