

PDP 荧光粉的研究进展

高乐乐^{1,2} 沈雷军^{1,2*} 李 波^{1,2} 王忠志^{1,2} 周永勃^{1,2} 赵增祺¹

(1. 包头稀土研究院, 内蒙古 包头 014030;

2. 稀土冶金及功能材料国家工程技术研究中心, 内蒙古 包头 014030)

摘 要: 彩色 PDP(等离子体显示)技术已成为平板显示技术的研究热点,为了更好地探索其特性,综述了彩色 PDP 荧光粉的研究进展,介绍了 PDP 荧光粉的主要技术障碍及改进方法,归纳总结了 PDP 用荧光粉的合成方法及未来的发展趋势。

关键词: PDP; 荧光粉; 真空紫外

中图分类号: O482.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-0277(2012)02-0077-05

彩色 PDP(Plasma Display Panel)技术的开发始于 20 世纪 80 年代初^[1,2],至 90 年代初突破亮度、灰度级、寿命等关键技术,1993 年首次实现 20 英寸级产品的批量生产,拉开了彩色 PDP 技术通向未来巨大规模产业发展的序幕。90 年代中期,彩色 PDP 开始量产。彩色 PDP 产业化开发主要集中在亚洲地区,尤以日本的研究开发最广,技术最为领先。近一两年来,因大屏幕电视需求的上升和未来巨大的数字化显示及电视市场的诱惑,国内一些企业也正在或开始计划进入彩色 PDP 产业化行列。

彩色 PDP 技术具有视角宽、显示图像均匀、不受磁场干扰、面板薄、重量轻、易实现大面积显示等许多其他显示技术无法比拟的优点,目前已成为平板显示技术的热点^[3~9]。由于它工作在全数字化模式,易于制成大屏幕显示,是数字化彩电、高清晰度电视(HDTV)和多媒体终端理想的显示器件。未来的彩色 PDP 将朝着大屏幕、高清晰度、低电压、低成本、规模化、产业化方向发展。

彩色 PDP 在其发展中,配套的技术与材料显得格外重要。显示的关键材料之一荧光粉正是首当其冲。PDP 平板显示器使用的荧光粉,必须具备以下

三大特性:首先要有较高的真空紫外光(VUV)吸收,其次在真空紫外光激发下必须具备较高的发光效率^[10],再次要有较高的稳定性。目前 PDP 用荧光粉研究主要集中在:(1)荧光粉的发光机理、基质的敏化问题、激活剂的作用;(2)现有荧光粉制备工艺的设计与改进;(3)开发高效的 PDP 用三基色荧光粉;(4)荧光粉涂覆工艺的设计与改进。

1 目前 PDP 荧光粉的主要技术障碍及解决途径

现在商用的 PDP 荧光粉主要是红色 $Y_2O_3:Eu^{3+}$ (Y, Gd) $BO_3:Eu^{3+}$, 绿色 $Zn_2SiO_4:Mn^{2+}$, $Ba-Al_{12}O_{19}:Mn^{2+}$ 和蓝色 $BaMgAl_{14}O_{23}:Eu^{2+}$ 。(Y, Gd) $BO_3:Eu^{3+}$ 红色荧光粉,在真空紫外光的激发下具有较高的发光强度,是 PDP 用红色荧光粉的首选。但其发光主要是 Eu^{3+} 的磁偶极子跃迁,主发射波长为 $^5D_0 \rightarrow ^7F_1$ 跃迁发射的 593 nm,色纯度低于国际标准鉴定委员会(NTSC)标准,而荧光粉的色纯度是影响图像全色显示的主要指标,因此,王育华等^[11]和袁曦明等^[12]用不同的合成方法提高红色(Y, Gd) $BO_3:Eu^{3+}$ 荧光粉的色纯度和发光强度,使红色荧光粉的

* 收稿日期: 2011-04-27

基金项目: 内蒙古重点新产品项目

作者简介: 高乐乐(1985-),男,内蒙古呼和浩特人,主要从事发光材料的研究。

* 通讯联系人

综合性能得到显著提高。

商用绿色 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ 和 $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ 荧光粉,两者的色纯度显然都不能满足显示要求;前者荧光寿命较长,在实际应用中已明显影响显示效果,后者的荧光寿命也不完全满足显示要求;而且在 PDP 显示板制造过程中,封接温度达 450°C ,该温度可使 $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ 荧光粉因受热而导致亮度衰减,亮度可因此而下降 10%。因此,稀土离子作为激活剂的发光材料取代这些掺锰体系得以成为必然的发展趋势。

PDP 彩色电视用蓝色荧光粉一直延用 Eu^{2+} 掺杂的 BMA ($\text{BaMgAl}_{14}\text{O}_{23}:\text{Eu}^{2+}$) 体系蓝粉。这类荧光粉在制屏和使用过程中存在严重的热劣化和时间劣化。劣化是 Eu^{2+} 作为激活剂的发光材料的共同特征。国内外研究人员采用一系列方法进行改进,虽然起到一定的防止劣化作用,却不能从根本上解决蓝粉的劣化问题,而在不同程度上使合成工艺更加复杂化。因此,寻找新体系高光效的蓝粉始终是领域研究的热点。

2 目前 PDP 新型荧光粉研究体系

2.1 红色荧光粉

掺铕的钒酸铋或钒磷酸铋体系^[13~16],这一类传统的红色荧光粉曾经在 CRT(阴极射线管)彩电和高压汞灯中应用达到良好的显示和照明效果,而且材料物理、化学性质稳定,抗劣化性能较强;但其在真空紫外区的吸收有待进一步提高。

掺铕的碱金属、碱土金属硼酸盐体系,在传统硼酸盐体系中引入碱金属或碱土金属离子,旨在增强 Eu^{3+} 的 $^5\text{D}_0-^7\text{F}_2$ 电偶极跃迁发射,以改善材料的光色。但这些离子的引入同样会影响材料在真空紫外区的吸收^[17~21]。

掺铕的硼铝酸盐体系荧光粉,对传统硼酸盐体系红色荧光粉进行改进,引入 Al 取代部分 B,改变阴离子团的组成,能有效加强 Eu^{3+} 的 $^5\text{D}_0-^7\text{F}_2$ 电偶极跃迁发射,以改善材料的色纯度。

2.2 绿色荧光粉

三星公司已将 Tb^{3+} 掺杂的稀土硼酸盐体系绿色荧光粉用于 PDP 电视,这类绿色荧光粉虽然能够有效缩短荧光寿命,但与掺锰体系绿粉相比,光效较低,不能达到理想的显示效果^[22~24]。

稀土碱土铝酸盐荧光粉,由于铝酸盐粉体材料本身的特性,这类材料易于吸水,所使用的激活剂为

变价稀土元素,因此在制屏和使用过程中会发生明显的劣化现象;而这类材料粒度很难做到 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下,又会给制浆过程造成一定的难度。

掺稀土的氧化镓,这类发光材料化学稳定性较差,在真空紫外光的吸收还需要进一步加强。而镓元素在稀土矿中的含量并不高,在此将氧化镓作为基质材料会使发光材料的价格较为昂贵。

稀土硅酸盐类绿色发光材料,这一类发光材料属于传统体系,耐温、耐碱性和耐水性较差,在制屏和电视工作过程中同样会出现劣化现象,制粉工艺也不好掌握。

卤磷酸盐类绿色发光材料,在传统磷酸盐绿色荧光粉中引入卤离子,以增强基质对真空紫外光的吸收,但这类发光材料物理化学性质不稳定,粉末制浆较困难,在制屏和电视工作过程中荧光粉容易出现劣化现象。

稀土碱金属硼酸盐、稀土硼铝酸盐,都是在硼酸盐体系绿色发光材料上的改进型稀土绿色发光材料,引入碱金属离子和改变阴离子团的目的是增强基质对真空紫外波段光的吸收及改善光色。

2.3 蓝色荧光粉

稀土多铝酸盐蓝色荧光粉,都是在 BMA 体系上的改进,发光性能和抗劣化性较掺 Eu^{2+} 的 BMA 在不同程度上有一定的改进^[25~26]。

掺铕的碱土硅酸盐,合成温度低,基质成分较廉价,但耐碱性和耐水性不好,在制屏和电视工作过程中同样会出现劣化现象^[27],制粉工艺也不好掌握。

稀土磷酸盐体系蓝色荧光粉,合成温度低,基质成分较廉价,粉末粒度易于控制,制粉工艺容易掌握。但这一类荧光粉物理、化学稳定性差,粉末制浆较困难,在制屏和电视工作过程中荧光粉容易出现劣化现象。

掺铕的稀土碱土硼酸盐、稀土硼铝酸盐体系蓝色荧光粉^[28~29],稀土有数十种结构的硼酸盐,因此,在不同结构的硼酸盐中,稀土离子占据不同的格位,可呈现出不同的价态,不同价态的铕离子受到激发会产生不同的跃迁,继而发射不同波长的光;而碱土金属和铝氧离子团的引入会起到改善基质的作用,从而得到真空紫外激发下光效和光色良好的蓝光。只是硼酸盐在合成过程中温度对结构的影响较大,不同的温度会产生不同结构的产物,因而工艺较难控制。

钒酸盐蓝色荧光粉,这一类蓝粉不用 Eu 做激

活剂,材料在真空紫外(VUV) 147 nm 激发下,发射主峰位于 450 nm,进一步提高其发光效率可满足 PDP 的使用要求。此类蓝色荧光粉即将形成的又一个技术优势,应用于 PDP 显示屏中。

3 PDP 用荧光粉的合成方法

3.1 高温固相合成法

对于 PDP 荧光粉的制备,高温固相合成法目前应用的最多,也是最基本的方法之一^[30,31],该方法是将达到要求纯度、粒度的原料按一定比例称量,并加入适量的助熔剂充分混合研磨,然后在一定的温度、气氛、加热时间等条件下进行灼烧,灼烧的最佳温度、时间、灼烧的气氛是由具体材料体系确定。另外,一些材料灼烧之后,还需经制粉、洗涤、筛选等工艺才可得到所需的荧光粉。Rao R P^[32]等采用这种方法制备的 Tb^{3+} 做激活剂的绿色荧光粉晶型完整,发光效率高,而且这种方法生产成本低,操作简单,工艺易于掌握,大多数生产厂家易于接受,但产品的粒度、粒形控制不理想。

3.2 溶胶—凝胶法

溶胶—凝胶法是应用前景广阔的合成方法^[33,34],它主要优点在于在较低的温度下合成产品,且产品均匀性好、粒径小,是一种有效的软化学合成法。目前此法已成功合成了硼酸盐体系 PDP 荧光粉。

3.3 水热合成法

该法是以液态水或气态水作为传递压力的介质^[35],利用在高压下绝大多数的反应物均能部分溶于水而使反应在液相或气相中进行。该法已成功合成了铝酸盐体系 PDP 荧光粉^[36]。

3.4 燃烧法

该法是针对高温固相法制备中的材料粒径较大^[37],经球磨后晶形遭受破坏,而使发光亮度大幅度下降的缺点而提出的。林慧等^[38]也用该法成功合成了发光性能良好的 $\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{3+}$ 的红色荧光粉。

3.5 共沉淀法

该法也是应用较多的一种荧光粉材料合成方法。在合成过程中,反应物浓度、沉淀温度、pH 值控制等都是主要考虑的因素,影响荧光粉产品的颗粒形貌、粒径、发光亮度等。该方法是将沉淀剂加入到混合金属盐溶液中,促使各组分均匀混合沉淀,然后加热分解以获得产物的方法。Tae hwan cho 等^[39]

首次采用共沉淀法合成了 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ 将 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 和硅酸充分均匀混合,然后加入 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}:\text{Zn}^{2+}$ (摩尔比为 3:1),搅拌混合 5 h 后,滤出沉淀物后 50 °C 烘干,再在 900 °C ~ 1200 °C 下灼烧 4 h。将所制得的样品与同时用高温固相法制得的样品比较发现:新方法的样品颗粒大小均匀,尺寸为 0.5 μm ~ 1 μm ,而固相法样品颗粒尺寸为 1 μm ~ 2 μm ,测得其发光强度高于后者。吴雪艳等^[40]也采用共沉淀法制备了 $(\text{La},\text{Gd})\text{PO}_4:\text{RE}$ (RE = Eu, Tb) 荧光粉。

3.6 其他方法

除上述几种方法外,还有高分子网络凝胶法、微波辐射法、喷雾热解法等。这些方法虽各自拥有其很多优点,但总体来讲,仍然具有工艺复杂、成本高等缺陷而不适合荧光粉的大批量生产,在众多的合成方法中高温固相合成法在工业化生产仍占主流地位。

但固相法合成荧光粉也具有难以克服的缺点:首先,原料在固态条件下难以完全均匀混合。其次,烧结产物中大多有中间相的存在,为了获得相纯度高的荧光粉,需要加入助熔剂,反而引入了杂质。在高温合成下,得到的产物团聚结块严重,为了得到可应用的细粒度荧光粉,需要进一步球磨,在球磨过程中荧光粉的晶体结构遭到破坏并且引入了杂质,随着球磨的进行,荧光粉的亮度衰减也愈严重,并且最终获得的荧光粉粒径分布宽,形貌较差,不能有效地吸收氙电离产生的真空紫外光,故发光效率较低。因此固相灼烧法并不是制造高品质 PDP 用荧光粉的最佳方法。

4 结语

随着等离子体(PDP)发光显示技术的发展,对荧光粉的稳定性、发光效率、发光亮度等提出了更高的要求,当前,彩色 PDP 面临三个关键性技术问题:一是发光效率不高,二是色纯度不正,三是热稳定性差。因此,开发高效的 PDP 用三基色荧光粉需要我们在日后的工作中不懈的努力。

参考文献:

- [1] Thomas J, Hams N. Research news optimization of luminescent materials for plasma display panels [J]. Adv Mater 2000, 12(7):527.
- [2] 徐叙珩, 苏勉曾. 发光学与发光材料 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 367.

- [3] 张书秀. 用于 PDP 的蓝色荧光粉的最新发展[J]. 现代显示 2006 (5): 12-17.
- [4] RP Rao ,DJ Devine. RE activated .lanthanide phosphors for PDP applications [J]. Journal of Luminescence 2000 (87) : 1260-1263.
- [5] 袁秋华,李友芬,杨儒,等. PDP 荧光粉的研究进展及存在问题[J]. 真空电子技术 2004 2: 27-30.
- [6] Morimo R ,Matac K. Preparation of Zn_2SiO_4 : Mn phosphors by alkoxide method [J]. Mater Res Bull ,1989 ,24 (2) : 175.
- [7] 谢鸿,陈哲,严有为. 彩色 PDP 纳米荧光粉的研究[J]. 材料导报 2006 20(6) : 24-27.
- [8] 洪广言,曾小青. 等离子体平板显示用发光材料[J]. 功能材料 ,1999 30(3) : 225-231.
- [9] 赖华生. PDP 用稀土荧光粉合成研究进展[J]. 江西有色金属 2004 ,18(3) : 34. 38.
- [10] 胡文波. 彩色等离子显示用荧光粉[J]. 真空电子技术 ,1998(3) : 32-37.
- [11] 王育华,远滕忠,都云昆. $\text{GdAl}_3(\text{BO}_3)_4$: Eu^{3+} 荧光粉的光致发光特性[J]. 无机材料学报 ,2004 ,19(4) : 772-778.
- [12] Ximing Yuan ,Yongsheng Xu ,Yongqian Wang ,et al. Method for production of europium activated yttrium gadolinium borate phosphor particles [P]. US Patent: 6905636B2 2005 -06-14.
- [13] 王娟,许云华,吴宏. 稀土金属 YVO_4 : Eu 制备方法和性能研究[J]. 热加工工艺 2009 38(14) : 25.
- [14] 赖华生,许武,陈宝玖,等. 共沉淀法制备 $\text{Y}(\text{P,N})\text{O}$: Eu 荧光粉及其真空紫外光谱特性研究[J]. 功能材料 2004 (增刊) : 203-205.
- [15] Wu Xueyan ,You Hongpeng ,Cui Hongtao ,et al. Vacuum ultraviolet optical properties of $(\text{La,Gd})\text{PO}_4$: RE^{3+} (RE = Eu ,Tb) [J]. Mater Res Bull ,2002 ,37(9) : 1531-1538.
- [16] 孙家跃,杜海燕,胡文祥,等. 固体发光材料[M]. 北京: 化学工业出版社 2003. 88
- [17] Zeng X Q ,Hong G Y ,You H P. Luminescent properties of Gd_3PO_7 : Eu in UV - VUV region [J]. Chin Phys Lett , 2001 ,18(5) : 690.
- [18] Wang Y H ,Endo T ,Li F. Luminescence of Eu^{3+} in LnAlO_3 (Ln: Gd ,Y) under UV and VUV excitation [J]. J Rare Earths 2004 22(1) : 95.
- [19] Chen Y ,Liu B ,Shi C ,et al. Luminescent properties of Gd_2SiO_5 powder doped with Eu^{3+} under VUV—UV excitation [J]. J Phys: Condes Mater 2005 ,17: 1217.
- [20] Liang H ,Tao Y ,Su Q ,et al. VUV—UV photoluminescence spectra of strontium orthophosphate doped with rare earth ions [J]. J Solid State Chem 2002 ,167: 435.
- [21] Liang H ,Zeng Q ,Tao Y ,et al. VUV—UV excited luminescent properties of calcium borophosphate doped with rare earth ions [J]. Mater Sci Eng B 2003 ,98: 213.
- [22] 卜忍安,蔡红红,张劲涛. 彩色 PDP 中荧光粉发光色坐标的测量方法研究[J]. 发光学报 ,2002 ,23(2) : 201-204.
- [23] 蔡红红,卜忍安,王文江,等. 彩色 PDP 荧光粉的劣化研究[J]. 发光学报 2002 23(2) : 197-200.
- [24] 刘行仁,王晓君,谢宜华,等. PDP、FED、及 LED 发光材料的最新发展[J]. 液晶与显示 ,1998 ,13(3) : 155-161.
- [25] 祝理君,余展,曾智江,等. PDP 用 BAM 蓝色荧光粉制备技术研究现状[J]. 兵器材料科学与工程 2007 , 30(6) : 70.
- [26] 邢德松,龚孟濂,邱学青,等. 等离子显示用稳定发光 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$: Eu 荧光粉的制备及其性能[J]. 中山大学学报(自然科学版) 2007 ,46(1) : 54.
- [27] 刘荣辉,庄卫东,黄小卫. 铝酸盐蓝色荧光粉的热劣化及机制研究[J]. 中国稀土学报 2009 27(2) : 178.
- [28] Tanaka S ,et al. Blue emitting CaAl_2O_4 : Eu phosphors for PDP application [J]. J Lumin 2000 87-89: 1250.
- [29] Kang Y C ,Roh H S ,Park H D ,et al. Optimization of VUV characteristics and morphology of $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$: Eu^{2+} phosphor particles in spray pyrolysis [J]. Ceramics International 2003 29: 41-47.
- [30] 尚淑娟,袁曦明,王娟娟,等. 彩色 PDP 荧光粉的发展现状与制备方法[J]. 稀土 2010 31(3) : 82 - 86.
- [31] 张忠义,李晓丽,沈雷军,等. $(\text{Y,Gd})\text{BO}_3$: Eu^{3+} 的结构和发光性质[J]. 稀土 2010 31(5) : 19-23.
- [32] Rao R P. Tb^{3+} activated green phosphors for plasma displaypanel applications [J]. J of the Electrochem Soc , 2003 ,150(8) : 165-171.
- [33] Zhang J Y ,Zhang Z T. Synthesis and characterization of $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$: Eu phosphor derived by solgel processing [J]. PowderTechnology 2002 ,126: 161-165.
- [34] 周建国,赵凤英,赵宝林,等. $\text{YAG}:\text{Eu}^{3+}$ 磷光体的溶胶-凝胶法合成及发光的特性[J]. 发光学报 2003 , 24(3) : 239-242.
- [35] 贾丽萍,张大凤,蒲锡鹏. 稀土氧化物纳米材料的制备方法的综述[J]. 稀土 2008 29(1) : 44-49.
- [36] 王育华,徐进章,李峰,等. 等离子体显示(PDP) 用荧光粉的研究进展[J]. 科学中国人 2005 (4) : 70.
- [37] 夏国栋,周圣明,张俊计,等. 凝胶-燃烧法合成 $\text{YAG}:\text{Eu}^{3+}$ 纳米荧光材料的结构和发光特性[J]. 发光学报 2005 21(8) : 1203-1205.
- [38] 林慧,袁曦明,李永周,等. Sr_2SiO_4 : Eu^{3+} 荧光粉的燃烧法制备及其发光性能的研究[J]. 中国稀土学报 , 2010 28(1) : 120-123.
- [39] Tae hwan cho ,Hojungchang. Preparation and characterization of Zn_2SiO_4 : Mn green phosphors [J]. Ceramics International 2003 29: 611-618.
- [40] 吴雪艳,尤洪鹏,曾小青,等. 共沉淀法合成稀土正磷

酸盐(La ,Gd) PO: RE³⁺ (RE = Eu ,Yb) 及其真空紫外

光谱特性[J]. 高等学校化学学报 2003 24(1) : 1-4.

Research Progress of PDP Phosphors

GAO Le-le^{1 2} , SHEN Lei-jun^{1 2} , LI Bo^{1 2} , WANG Zhong-zhi^{1 2} , ZHOU Yong-bo^{1 2} , ZHAO Zeng-qi¹

(1. Baotou Research Institute of Rare Earths , Baotou 014030 , China;

2. National Engineering Research Center of Rare Earth Metallurgy and Functional Materials , Baotou 014030 , China)

Abstract: Color PDP(plasma display panel) technology has become the research focus this days. For studing its performance in depth , this paper had sum up the study progress and development of PDP phosphors , introduced the improving methods and main technological barriers , and generalized the syntheis methods and development trend in future of phosphors for PDP.

Key words: PDP; phosphors; VUV

~~~~~

## 再生高硅铝合金锭制造新工艺通过鉴定

日前 ,南昌市科技局组织有关专家对江西雄鹰铝业股份有限公司与南昌大学合作开发的“再生高硅铝合金锭制造新工艺”项目进行了科技成果鉴定。专家组经过评审 ,一致通过此项目科技成果鉴定 ,认为该项目工艺技术成熟 ,产品质量稳定 ,社会经济效益显著 ,达到国内同类产品领先水平 ,并给予了高度评价。

据了解 ,本新工艺充分运用稀土元素和磷盐复合变质剂与铝合金熔体相互作用的特性 ,能够实现对铝合金熔体的净化、精炼及变质的一体化处理 ,用该新的生产工艺生产的高硅铝合金锭 ,不仅原料的烧损量减少、生产能耗降低、生产效率提高 ,而且产品质量稳定 ,在处理的过程中同时减少了有害的废气和其它副产品的产生。

在鉴定会上 ,专家组听取了项目组负责人的汇报 ,并审阅了相关资料 ,察看了现场及相关产品 ,专家一致认为 ,一是该项目提供的鉴定资料齐全 ,符合鉴定要求。二是运用含磷稀土复合变质剂对铝合金的精炼净化和变质功能 ,开发了再生高硅铝合金锭( ADC14) 制造新工艺。三是运用该新工艺生产的再生高硅铝合金锭( ADC14) ,产品质量稳定 ,基本消除了成份偏析。合金锭表面光洁、无气泡、龟裂和表面缩松现象。断口晶粒度细密。共晶硅呈短棒状、少量为针状 ,且分布均匀; 初晶硅为较小片状 ,铁相由原来的针状变为骨骼状、花纹状 ,且分布均匀。硬度值达到 120HBW ,抗拉强度达到 210MPa ,硬度及强度指标均达到 JIS 标准要求。四是采用该新工艺生产了多批次 ADC14 铝合金锭 ,产品提供给比亚迪、富士康等客户 ,完全达到了性能指标要求 ,客户使用反映情况良好。

此次科技成果的一次性通过鉴定是对该公司科研成果的一次重大检验和审核 ,是该公司科研工作取得了较大进展的有力体现 ,彰显了雄鹰人的自主创新能力和科研实力。此项目产品附加值高 ,市场前景广阔 ,具有较好的社会经济效益。

[中国稀土网站]