

# 稀土发光材料研发及应用进展

鲁景亮

中国科学院兰州文献情报中心,甘肃 兰州 730000

**摘要:**从汤森路透、Proquest Dialog 数据库中检索有关稀土发光材料的专利数据,并利用 TDA、TI、INNOGRAPHY 软件进行分析,探讨稀土发光材料的研发现状及其近年来的研发动向,分析主要国家的技术研发方向和市场布局,比较核心研发企业的专利技术布局、技术方向、竞争结构、技术强度和市场强度,从微观层面研判及预测稀土发光材料的未来技术走向。分析结果表明:中国在稀土发光材料领域申请专利数量位居全球第一;美国和日本在专利质量方面占优;全球稀土发光材料研发方向方面,中国研发方向单一,美国、日本和韩国在诸多研发方向上有较强交叉,表现在红光荧光体组合物、闪烁体组合物、 $\beta$ -Sialon 稀土发光材料、纳米稀土发光材料和多晶稀土发光材料等方向。中国企业应该利用节能照明工程方面的政策优势,注重该领域高技术水平发展;同时应充分发挥稀土矿的优势,在涉及钇的发光材料等方向加强研发。

**关键词:**稀土发光材料;技术强度;核心专利;市场布局;稀土矿

中图分类号:O614.33 文献标志码:A 文章编号:1005-2518(2017)02-0032-06 DOI:10.11872/j.issn.1005-2518.2017.02.032  
引文格式:LU Jingliang. Development and Application of Rare Earth Luminescent Materials[J]. Gold Science and Technology, 2017, 25(2): 32-37. 鲁景亮. 稀土发光材料研发及应用进展[J]. 黄金科学技术, 2017, 25(2): 32-37.

稀土发光材料属于稀土功能材料的一种,在照明产业(包括节能和特种照明)、信息产业、医药产业、现代农业、新能源和军工等行业有着广泛的应用。国内外学者针对稀土专利技术开展了相关分析研究<sup>[1-2]</sup>,对具体的稀土产业如发光材料、永磁材料<sup>[3]</sup>、储氢材料<sup>[4]</sup>、稀土饲料<sup>[5]</sup>和分离提纯<sup>[6]</sup>等专利技术发展现状也进行了探讨,其中鄯春根等<sup>[7]</sup>针对国内稀土发光材料产业专利现状及发展对策进行了研究。在专利战略层面, Ju 等<sup>[8]</sup>通过研究五大专利组织的稀土专利文献,探讨了主要国家稀土专利技术研究的侧重方向,对具有前景的纳米稀土、表面科学和电极等技术方向进行了预测, Ffarek 等<sup>[9]</sup>也从专利战略的角度分析了稀土产业全球化对稀土研发强国(如美国)的影响。

相关稀土专利分析研究均有一定的侧重面和数据收集范围,对稀土相关行业发展有一定的借鉴

作用,但缺少主要国家及主要企业在稀土相关产业发展中的专利布局分析,也缺少对相关核心企业的研发方向、技术强度和市场强度的整体分析研究。通过汤森路透、Proquest Dialog 数据库收集稀土发光材料的专利文献,应用 TDA<sup>[10]</sup>、TI<sup>[11]</sup>和 INNOGRAPHY<sup>[12]</sup>专利分析软件对稀土发光材料的制备及研发专利技术进行分析,探讨稀土发光材料的研发现状,分析主要国家在该领域的技术研发方向和市场布局,选择有代表性的核心研发企业分析其专利技术布局、主要技术方向及其异同、竞争格局和核心研发方向等,从微观层面上研判及预测稀土发光材料未来的技术走向。

## 1 稀土发光材料研发及应用现状

### 1.1 稀土发光材料整体研发现状

从稀土发光材料专利申请数量来看(图 1),稀土发光材料研发主要集中在 20 世纪 90 年代以来,

收稿日期:2016-12-14,修订日期:2017-03-13

基金项目:中国科学院“西部之光”人才培养计划项目“甘肃省有色金属新材料产业技术创新平台竞争力评价研究”(编号:Y4AX041001)和中国科学院文献情报能力建设专项子项目“西北地区重点创新用户及其需求发现数据库建设”(编号:Y6ZG361001)联合资助

作者简介:鲁景亮(1989-),男,甘肃张掖人,馆员,从事知识产权专利分析工作。lujl@llas.ac.cn

2000年以后研发增速明显加快。稀土发光材料专利申请国家和地区相对集中,日本、中国、美国、韩国和德国等是稀土发光材料专利技术的主要国家,其中日本和中国的专利数量明显高于其他国家,两国的专利数量之和占全球该领域专利总量的56%,美国约占13%,韩国约占10%,德国约占4%(图2)。

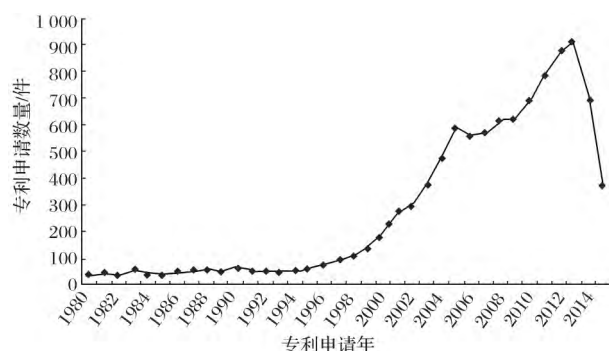


图1 稀土发光材料专利申请数量年度变化

Fig.1 Annual changes in number of patent application for rare earth luminescent materials

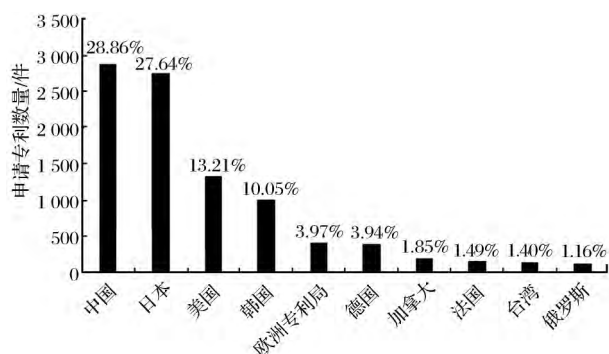


图2 稀土发光材料专利主要申请国家和地区

Fig.2 Major countries and regions of patent applications for rare earth luminescent materials

稀土发光材料专利技术主要集中在稀土发光材料的制备及其方法、稀土发光材料组合物、稀土发光材料结构、玻璃发光材料、陶瓷发光材料、阴极荧光材料、紫外线荧光材料、真空荧光材料、氮化物半导体、特定波长范围的荧光材料、稀土掺杂光源、气相沉积图像转换和纳米稀土发光材料等方面,涉及到的应用主要包括照明设备、LED、等离子体显示器、显示面板和闪烁灯等(图3,数据来源及制图工具:Thomson 集团专利技术信息综合平台 Thomson Innovation,采取山峰方式体现,山峰越高表明研究越集中,地图点越临近表明研发内容越

相关,下同)。

### 1.2 2010年以来稀土发光材料主要研发方向

2010年以来,稀土发光材料的研发技术点主要集中在转换发光材料、离子荧光粉体、连接荧光体的封装层、 $\beta$ 型 Sialon 涉及钨掺杂硅铝氮氧化物、红光荧光体组合物、检测器中使用的闪烁体组合物、发光模块为氮氧化物荧光体、发光体的配比及其制备(例如通过溶液法)、发光金属复合层及其制备、荧光体核心为钨钼硅锆等复合物、钇钨硅铝发光材料、稀土金属离子为核心的发光材料、太阳能电池用光电转换荧光体层、发光薄膜的制备、核-壳结构的发光体组合物、钇铝石榴石型结构发光体和发光体粉末配比等方面(图4)。在相关技术方向上,主要国家及其核心企业研发在有侧重的同时也存在相当大的交叉重合研究,但中国在交叉重合研究方面较为薄弱。对比中国、日本、美国和韩国2010年以来的专利研发布局可以发现,中国专利技术点主要集中在发光体的配比及制备方面(图4右下角黄色区域),其他国家布局很少。红光荧光体组合物方向,日本、韩国和美国交叉研究较多, $\beta$ -Sialon 稀土发光材料方向,日本和韩国研究较多,闪烁体组合物方面,美国和日本研究较多。全球范围内主要研发方向具有一定的共通性,研发和应用方向具有较高的一致性,但中国与其他国家的研发方向偏差较大,侧重方向技术布局较为单一。

通过微观层面的技术分析可知,近年来稀土发光材料在多晶稀土材料、纳米稀土材料和含聚酯材料等方面的研发速度明显加快,值得关注。

### 1.3 稀土发光材料核心技术分布

稀土发光材料领域核心技术约占整个专利技术数量的5.0%,主要集中在美国(占39.3%)、日本(占35.5%)和德国(占10.8%)等国家。稀土发光材料核心技术拥有企业主要分布在美国、德国、荷兰和日本(图5),包括美国通用电气有限公司(占13.0%,以下简称通用电气)、德国欧司朗有限公司(占7.9%,以下简称欧司朗)、荷兰飞利浦集团(占6.7%,以下简称飞利浦)、日本日亚化学工业株式会社(占6.1%,以下简称日亚)、日本三菱化学株式会社(占4.3%,以下简称三菱化学)、日本产业技术研究所(占3.6%)、日本松下电器株式会社(占3.6%,以下简称松下)和日本东芝公司(占2.2%,以下简称东芝)等(注:核心专利通过被参考次数、技术点的保护范围、市场保护范围、专利诉讼、专利原创性和专利普遍性等指标选择<sup>[31]</sup>)。

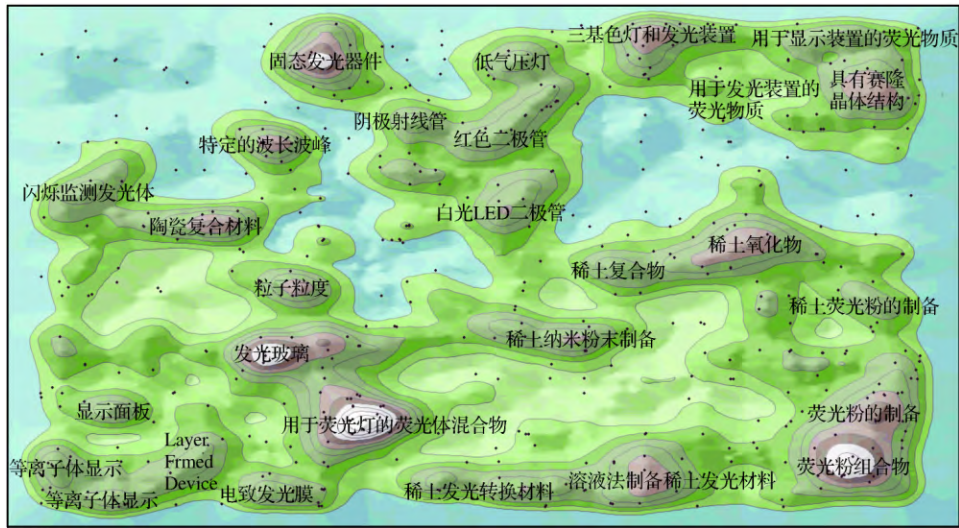


图3 稀土发光材料研发主要技术点分布

Fig.3 Main technical point distribution of rare earth luminescent materials

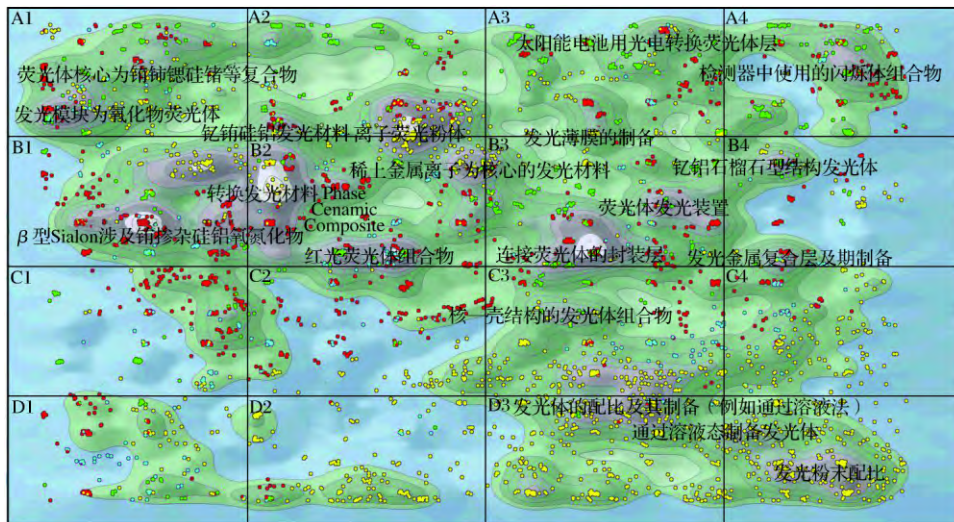


图4 2010年以来稀土发光材料主要研发国家的技术点分布

Fig4 Technical point distribution of rare earth luminescent materials by major research and development countries from 2010

注 每个点代表一条专利技术 中国专利标为黄色 日本专利标为红色 美国专利标为绿色 韩国专利标为青色 技术点越近代表研发内容越相关



图5 稀土发光材料研发核心技术拥有企业

Fig.5 Major enterprises with core technology of rare earth luminescent materials

## 2 稀土发光材料主要企业研发布局

稀土发光材料领域主要的研发企业包括东芝、飞利浦、三星、中国海洋王照明科技股份有限公司(简称海洋王)、日本日立公司(简称日立)、松下、欧司朗、通用电气和日亚等,其中,东芝和通用电气从20世纪80年代开始一直保持比较稳定的专利产出量,飞利浦、三星、欧司朗和日亚等专利产出主要集中在20世纪90年代以来。

稀土发光材料核心研发企业主要研究方向包括具有补偿转换元件的发光元件、包括辐射源和发

光材料的照明系统和光电半导体芯片等 17 个,详见表 1。

表 1 稀土发光材料核心企业主要研发方向

Table 1 Main research and development direction of major enterprises of rare earth luminescent materials

| 序号 | 主要研发方向              |
|----|---------------------|
| 1  | 具有补偿转换元件的发光元件       |
| 2  | 包括辐射源和发光材料的照明系统     |
| 3  | 光电半导体芯片             |
| 4  | 具有特定峰值波长范围的发光体      |
| 5  | 光源/光放大器             |
| 6  | 等离子显示器或显示面板         |
| 7  | 荧光陶瓷材料              |
| 8  | 低压汞放电灯              |
| 9  | 发光薄膜                |
| 10 | 稀土金属掺杂的硅酸盐发光材料为光源装置 |
| 11 | 氮化物荧光体              |
| 12 | 氧氮化物荧光体             |
| 13 | 铕阳离子掺杂氧氮硅酸盐发光材料     |
| 14 | 发光装置的制造方法           |
| 15 | 使用了树脂与荧光体的混合物       |
| 16 | 具有发光变换元件的紫外发光半导体器件  |
| 17 | 具有衬底衬面发光层等多层结构的发光体  |

从整体上看,核心研发企业的研发方向差别是比较大的,中国海洋王的研发重点集中在稀土金属掺杂的硅酸盐发光材料光源装置和发光薄膜 2 个方向。日本日亚的重点研发方向是具有特定峰值波长范围的发光体、光电半导体芯片、使用了树脂与荧光体混合物的发光装置、氧氮化物荧光体和光放大等方面。飞利浦的研发重点在低压汞灯、荧光陶瓷材料、具有补偿转换元件的发光元件以及辐射源和发光材料的照明系统等方面。欧司朗的研发重点包括荧光灯、光放大器、具有补偿转换元件的发光元件、铕阳离子掺杂氧氮硅酸盐发光材料以及具有发光变换元件的紫外发光半导体器件等方面。三星的研发布局涉及到 LED 灯、氮化物荧光体、具有衬底衬面发光层等多层结构的发光体、光放大器、等离子显示器和显示面板等方面(图 6)。

通过对比分析日亚、三星、飞利浦、欧司朗和海洋王等核心研发企业的研发重点可以看出,中国海洋王的研发重点集中在稀土金属掺杂的硅酸盐发光材料和发光薄膜 2 个方向,与其他核心研发企业在研发方向上的重叠度非常有限。在具有特定峰值波长范围的发光体的核心研发方向上,研发主力是日亚、三星和欧司朗,飞利浦有介入;在光放大器研发领域,日亚、三星和欧司朗有交叉研发布局;光电

半导体芯片研发以日亚和欧司朗为主;在具有补偿转换元件的发光元件研发领域,以欧司朗和飞利浦为主;在氮氧化物和氮化物稀土发光材料领域,以三星和日亚为主体;在具有衬底衬面发光层等多层结构的发光体研发方向上,日亚、三星和飞利浦都有介入(图 6)。

分析稀土发光材料核心研发企业的技术强度与市场强度分布(图 7 图中气泡大小代表专利多少,横坐标代表技术综合指标,与专利比重、专利分类、引用情况相关,横坐标越大说明专利申请人的专利技术越强;纵坐标代表专利市场综合指标,与专利申请人的收入高低、专利国别、专利涉案情况有关,纵坐标越大说明专利申请人经济实力越强),发现通用电气无论在专利技术方面还是专利市场方面其综合实力均最高;飞利浦、东芝和日亚有较高的专利技术强度,但专利市场方面较弱,未来技术转化潜力较高;三星拥有较高的经济实力,但其专利技术强度相对最弱,可能是三星在稀土发光材料方面布局较少,海洋王无论专利技术强度还是专利市场强度均处于弱势,未来发展需要专利研发与市场培育齐头并进。从以上分析可以看出,代表中国研发水平的海洋王在研发方向上与国外研发企业存在较大的差距,与其他核心研发企业的研发方向甚少交叉,技术强度和市场强度也相对较低。全球范围内稀土发光材料领域的核心企业三星、欧司朗、飞利浦、日亚和通用电气等在很多方面的研发都是交叉存在的,这种技术研发及市场战略一方面是为了保护自己的研发成果,另一方面也相互借鉴并进行市场布局,一定程度上代表了国际上稀土研发与应用的发展方向。

### 3 结语

全球范围内稀土发光材料研发以日本、中国、美国、韩国和德国等为主,美国、日本、韩国及其主要企业在很多研发方向上都有较强的交叉现象,尤其体现在红光荧光体组合物、闪烁体组合物、 $\beta$ -Sialon 稀土发光材料、纳米稀土发光材料和多晶稀土发光材料等方向上。中国虽然在专利数量上位居全球前列,但在专利质量上与日本、美国、德国等发达国家有着明显的差距。中国在这个领域的专利布局也与日本、美国、韩国和德

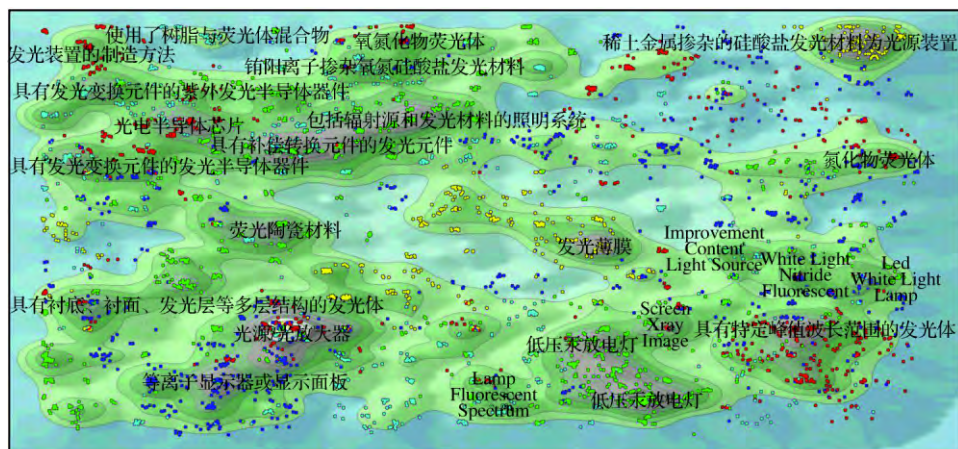


图6 主要研发企业的技术点分布

Fig.6 Technical point distribution of major enterprises

(注:每个点代表一条专利技术,日亚专利标为红色,欧司朗专利标为青色,海洋王专利标为黄色,三星专利标为蓝色,飞利浦专利标为绿色,技术点越近代表研发内容越相关)

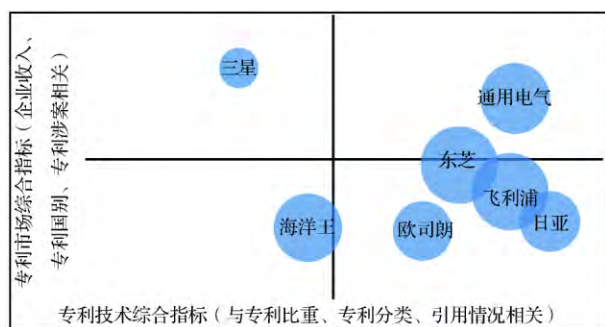


图7 主要研发企业的技术强度和市场强度分布及对比  
Fig.7 Distribution and comparison of technical strength and market intensity of major enterprises

国等有着较大的差别,中国及其核心研发企业专利布局略显孤立。核心企业海洋王在照明领域专利布局较多,而节能照明工程是我国重点支持的技术领域之一。核心企业应该发挥政策优势,向稀土发光材料的白光LED、3D-PDP 荧光粉为重点的高技术水平发展<sup>[14]</sup>,掌握规模化、低成本化制备技术。中国与日本、美国、韩国、德国的核心研发企业在研发方向上甚少交叉,应该发挥稀土矿的优势,尤其是富含钇的稀土矿<sup>[15]</sup>,在β型 Sialon 涉及钽掺杂硅铝氧氮化物、钇钽硅铝发光材料等方向加强研发。从技术强度和市场强度的角度来看,中国国内的研究力量应关注全球范围内该领域较强企业(如通用电气)的专利技术研发方向,提早规划,与国际主流的专利研发方向进行交叉布局。

参考文献(References):

[1] Wan Yong, Ma Yancan, Feng Ruihua, et al. The patent analysis of rare earth[J]. Chinese Rare Earths, 2012, 33(3): 98-102. [万勇, 马廷灿, 冯瑞华, 等. 稀土相关专利分析[J]. 稀土, 2012, 33(3): 98-102.]

[2] Gagliardi M. Rare earths: Worldwide markets, applications, technologies[R]. Wellesley: BCC Research, 2012.

[3] Luo Xiaoning, Yan Chungen, Yang Yue. Analysis of rare earth permanent magnet material patent application[J]. Chinese Rare Earths, 2015, 36(2): 113-118. [罗晓宁, 鄢春根, 杨悦. 稀土永磁材料专利信息分析[J]. 稀土, 2015, 36(2): 113-118.]

[4] Wang Hong. Analysis and use of information of patent hydrogen storage material of rare earth[J]. Yinshan Academic Journal, 2008, 22(1): 26-29. [王红. 稀土储氢材料专利信息的分析与利用[J]. 阴山学刊, 2008, 22(1): 26-29.]

[5] Wang Yu, Wang Hong, Gao Wen. Analysis on patent technology and development situation of rare earth feed industry[J]. Chinese Rare Earths, 2012, 33(6): 97-99. [王宇, 王红, 高文. 浅析稀土饲料行业的专利技术及发展状况[J]. 稀土, 2012, 33(6): 97-99.]

[6] Li H L, Zhao Y Q. Patent analysis of the rare earth extracting separation technology[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 513-517: 4597-4600.

[7] Yan Chungen, Luo Xiaoning, He Yan. Analysis of patent situation and development strategy in rare earth luminescent material industry[J]. Rare Metals and Cemented Carbides, 2014, 42(3): 54-57, 68. [鄢春根, 罗晓宁, 何妍. 稀土发光材料产业专利现状及发展对策分析[J]. 稀有金属与硬质合金, 2014,

- 42(3) :54-57, 68.]
- [8] Ju Y H ,Sohn S Y. Identifying patterns in rare earth element patents based on text and data mining[J]. *Scientometrics* , 2015 ,102(1) :389-410.
- [9] Fifarek Brian J ,Veloso Francisco M ,Davidson Cliff I. Offshoring technology innovation :A case study of rare earth technology [J]. *Journal of Operations Management* 2008 ,26(2) :222-238.
- [10] Feng Haoran ,Fang Shu. Research on the application of Thomson Data Analyzer to analyses the patent intelligence of scientific institutions[J]. *Information Science* ,2008 ,26(12) :1833-1836.[冯浩然 ,方曙. Thomson Data Analyzer 在机构专利情报分析中的应用研究[J]. *情报科学* 2008 26(12) :1833-1836.]
- [11] Zhang Kequn ,Xia Weiwei ,Hao Juan ,et al. The influencing factors of patent value :A patent deployment strategy view [J]. *Journal of Intelligence* 2015(1) :72-76.[张克群 ,夏伟伟 ,郝娟 ,等. 专利价值的影响因素分析——专利布局战略观点[J]. *情报杂志* 2015(1) :72-76.]
- [12] Wang Xu ,Liu Shu ,Li Xiaodong. Mining valuable patents efficiently :An introduction to the functionalities of the innography patent analysis database[J]. *Journal of Modern Information* 2013 ,33(9) :106-110.[王旭 ,刘姝 ,李晓东. 快速挖掘核心专利——Innography 专利分析数据库的功能分析[J]. *现代情报* 2013 ,33(9) :106-110.]
- [13] Zheng Yurong ,Wu Xinnian ,Tian Xiaoyang ,et al. A core patent integration identification method on the basis of industrial dimension[J]. *Information Studies :Theory & Application* 2014 ,37(7) :81-85.[郑玉荣 ,吴新年 ,田晓阳 ,等. 基于产业尺度的核心专利判别方法研究[J]. *情报理论与实践* 2014 ,37(7) :81-85.]
- [14] Liu Ronghui ,Huang Xiaowei ,He Huaqiang ,et al. Prospect and advances of technique and market of rare earth luminescent materials[J]. *Journal of the China Society of Rare Earth* 2012 ,30(3) :265-272.[刘荣辉 ,黄小卫 ,何华强 ,等. 稀土发光材料技术和市场现状及展望[J]. *中国稀土学报* 2012 ,30(3) :265-272.]
- [15] Li Xiaoli ,Liu Yue ,Zhang Zhongyi ,et al. Current situation and prospect of rare earth luminescent material industry in China[J]. *Chinese Rare Earths* 2007 ,28(2) :90-94.[李晓丽 ,刘跃 ,张忠义 ,等. 我国稀土发光材料产业现状与展望[J]. *稀土* 2007 ,28(2) :90-94.]

## Development and Application of Rare Earth Luminescent Materials

LU Jingliang

Lanzhou Literature and Information Center ,Chinese Academy of Sciences ,Lanzhou 730000 ,Gansu ,China

**Abstract:** This paper collects the patent data of rare earth luminescent materials from Thomson Reuters and Proquest Dialog and utilizes Thomson Data Analyzer ,TI and INNOGRAPHY to analyze the patent data. Based on patent analysis the current situation and development direction of rare earth luminescent materials are discussed and the technology development direction and market arrangement of main countries in this field are analyzed , also compares technical distribution and direction , competitive structure , technique intensity and market strength. The results show that China lead the number of patents of rare earth luminescent materials , USA and Japan hold advantage in patent quality. In addition the research and development direction about rare earth luminescent materials of China is single , but the cross-over study among the USA , Japan and Korea is existing extensively such as glow-phosphor composition , scintillator composition  $\beta$ -Sialon rare earth luminescent and nanometer rare earth luminescent material etc. Chinese enterprises should utilize the policy advantages of energy-saving lighting engineering and focus on high technology in this field , and should take the advantages of rare earth ore and enhance the research and development about rare earth luminescent materials related yttrium.

**Key words:** rare earth luminescent materials , technical strength , core patent , market arrangement , rare earth ore