

# PbF<sub>2</sub> 晶体发光性能的研究历史和现状\*

任国浩 沈定中 殷之文  
(中国科学院上海硅酸盐研究所 上海 201800)

## 摘 要

本文阐述了 PbF<sub>2</sub> 可用作闪烁晶体的许多优点, 并对其发光性能的研究历史, 特别是它在低温、相变和掺杂条件下的发光特征作了评述, 报道了 PbF<sub>2</sub> 晶体发光性能的最新研究进展, 明确了目前存在的问题及今后应注意的几个研究方向.

关键词 PbF<sub>2</sub>, 闪烁晶体, 发光, 掺杂

## 1 引言

用于电磁量能器的闪烁晶体是人类观测微观粒子的眼睛. 高能物理发展至今, 需要建造超高能量和高亮度的粒子加速器. 工作在这些加速器上的电磁量能器必须具有很高的能量分辨率和时间分辨率. 因此, 新一代的电磁量能器要求闪烁晶体<sup>[1]</sup>: (1) 对所测粒子有较强的阻止能力. 表现为较大的吸收系数、较短的辐射长度和 Moliere 半径. 通常, 只有那些原子序数较大、质点排列紧密的材料才有较强的阻止本领. (2) 发光效率高, 不会使所测信

表 1 典型无机闪烁晶体的特性<sup>[3]</sup>

Table 1 Characteristics of typical inorganic scintillation crystals

	BGO	BaF <sub>2</sub>	CsI: Tl	CeF <sub>3</sub>	PbWO <sub>4</sub>	β-PbF <sub>2</sub>
Density/g·cm <sup>-3</sup>	7.13	4.89	4.53	6.16	8.28	7.77
Radiation length/cm	1.12	2.1	1.86	1.66	0.92	0.93
Moliere radius/cm	2.7	4.4	3.5	2.6	2.04	2.22
Peak emission/nm	480	220/310	550	375	440/530	—
Decay constant/μs	300	0.6/620	1050	30	2.5/11/98	—
Light output/%	7×10	5~16	85	4~5	0.5	—
Melting point/°C	1050	1280	621	1443	1123	822
Cleavage	none	(111)	none	(0001)	(101)	(111)
Hygroscopicity	no	no	slightly	no	no	no

号淹没在光电倍增管的噪声中, 这就要求闪烁晶体的光产额要高. (3) 光衰减时间短, 以利于时间分辨率的提高. (4) 闪烁体对自身所发出的光要有尽可能高的透过率. (5) 闪烁体的发射光谱与光电倍增管的光谱响应要匹配, 以获得高的光电子产额. (6) 硬度适当, 无解理, 便于切割和抛光. (7) 化学稳定性好, 不潮解. (8) 辐射硬度高, 且辐照后的恢复能力强. (9) 晶体生长的成本低, 价格便宜. 就目前所掌握的情况看, 能同时满足上述要求的闪烁晶体几乎没有. 例如 NaI(Tl) 虽然具有很高的光产额 (38000~68000p./McV), 但衰减时间长 (0.2μs)、密度低, 且易潮解. BGO(Bi<sub>4</sub>Ge<sub>3</sub>O<sub>12</sub>) 虽然密度大 (7.1g/cm<sup>3</sup>), 但衰减时间长 (0.3μs). BaF<sub>2</sub> 的优点是存在快分量 (0.6ns), 其主要缺点是快分量的发光峰在 220nm, 光电倍

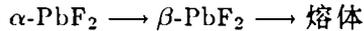
\*1996年6月10日收到初稿, 8月29日收到修改稿

增管接收困难,且密度也不高.因此,几十年来,国内外的科学家们一直在致力于寻找新一代性能优良的闪烁晶体,以期最大限度地满足上述要求.而在众多的候选晶体中,目前最引人注目的是密度高、熔点低、价格便宜的铅基化合物,如  $\text{PbF}_2$ 、 $\text{PbWO}_4$  等<sup>[2]</sup>.表 1 列出了几种高密度闪烁晶体的物理性能,从中不难看出,  $\text{PbF}_2$  的许多物理性质优于现有的闪烁晶体,因而是一个很有研究价值的晶体材料.

## 2 $\text{PbF}_2$ 的晶体结构与多晶转变

$\text{Pb}$  原子的电子构型为  $[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$ . 电负性为 1.55, 失去  $6p^2$  轨道上的两个电子后, 成为二价铅离子  $\text{Pb}^{2+}$ .  $\text{F}$  原子的电子构型为  $[\text{He}]2s^22p^5$ . 元素的电负性为 4.10eV. 很容易获得一个电子, 成为一价负离子  $\text{F}^-$ . 根据二者的电负性差值, 可知  $\text{Pb-F}$  之间的化学键中, 离子键所占的份额约为 70%, 应为离子晶格.

$\text{PbF}_2$  晶体有两种结构(表 2): 一是立方结构 ( $\beta\text{-PbF}_2$ ), 又称高温相, 另一种是斜方结构 ( $\alpha\text{-PbF}_2$ ), 又称低温相. 在常压下, 随着温度的升高, 会发生如下的相变过程:



转变的温度与压力和试验条件有关. 对于无应力颗粒, 常压下  $\alpha\text{-PbF}_2 \rightarrow \beta\text{-PbF}_2$  的相变温度为  $338^\circ\text{C}$ , 相变的热焓 ( $\Delta H$ ) 为  $1639\text{J/mol}$ <sup>[9]</sup>. 粒径越小, 转变温度越低, 当粉磨 26h 后, 相变温度下降到  $295^\circ\text{C}$ , 热焓为  $890\text{J/mol}$ <sup>[10]</sup>. 一般情况下, 相变温度的变化范围为  $250\sim 340^\circ\text{C}$ , 从开始相变到相变结束的温度间隔为  $40^\circ\text{C}$ . 按照相变的热力学分类, 这种伴随有体积和热焓突变的相变属于一级相变, 且为不可逆相变. 当熔体冷却时, 只能从中结晶出  $\beta\text{-PbF}_2$ , 而从  $\beta\text{-PbF}_2 \rightarrow \alpha\text{-PbF}_2$  的相转变通常必须在高温高压条件下才能实现, 而且转变的速度非常缓慢.

表 2 两种晶型氟化铅的一般物理性质

Table 2 General properties of the two types of lead fluoride crystals

Properties	$\alpha\text{-PbF}_2$ (low-temp.form)	$\beta\text{-PbF}_2$ (high-temp.form)
System <sup>[4]</sup>	Orthorhombic	cubic
Structure <sup>[5]</sup>	$\text{PbCl}_2$	$\text{CaF}_2$
Space group <sup>[4]</sup>	$D_{2h}^{16}\text{-Pnma}$	$O_h^5\text{-Fm}3m$
Cell parameter/ $\text{\AA}$ <sup>[4]</sup>	$a=3.80, b=6.41, c=7.61$	$a=5.93$
Calculated density/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ <sup>[5]</sup>	8.473 at $25^\circ\text{C}$	7.779 at $26^\circ\text{C}$
Measured density/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ <sup>[6]</sup>	8.4759 at $10^\circ\text{C}$	7.763 at $10^\circ\text{C}$
Melting point/ $^\circ\text{C}$		8.22 <sup>[3]</sup> , 855 <sup>[7]</sup>
Thermal expansion/ $^\circ\text{C}^{-1}$	$7.5 \times 10^{-5}$	$7.5 \times 10^{-5}$
Solubility (g/100g water) <sup>[7]</sup>		$6.4 \times 10^{-2}$
Compression strength/ $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ <sup>[7]</sup>		200

## 3 $\text{PbF}_2$ 的物理性质

从表 1 和表 2 可以看出,  $\text{PbF}_2$  最突出的性质是它的高密度, 这使它对高能粒子有很强的阻止能力. 其较短的辐射长度只相当于 BGO 的 83%、铅玻璃的 37%. Moliere 半径只相当于 BGO 的 82%. 如能用作闪烁晶体, 便可大大降低量能器的体积和造价.

纯  $\text{PbF}_2$  晶体是无色透明的, 透光范围可延伸到紫外 (245nm), 透光率可达 80% 以上<sup>[11]</sup>. 折射率较高 (图 1), 当带电粒子在晶体中的运动速度大于光在其中的传播速度 ( $c/n$ ) 时, 很容易产生 Cherenkov 辐射, 强度和角度都随材料折射率的增加而增大, 因此  $\text{PbF}_2$  晶体可用作 Cherenkov 探测器.  $\text{PbF}_2$  的莫氏硬度为  $\sim 3$ , 抗压强度为  $200\text{kg/cm}^2$ , (111) 解理很弱, 这对于晶体的加工及以后的使用都十分有利. 它在水中的溶解度为  $6.4 \times 10^{-2}\text{g}/100\text{g water}$ , 这个值只相当于  $\text{BaF}_2$  的 50%、 $\text{LiF}$  的 25%, 所以它不吸潮, 在空气中十分稳定,  $\text{PbF}_2$  的熔点很低, 所用的原料价格便宜, 从而有利于降低能耗和成本.

由此可见,  $\text{PbF}_2$  诸多优越的物理性质使它有足够的潜力成为闪烁晶体的候选者. 但问题在于, 时至今日还没有在室温下发现它有明显的闪烁光, 这是  $\text{PbF}_2$  用作闪烁晶体的主要障碍.

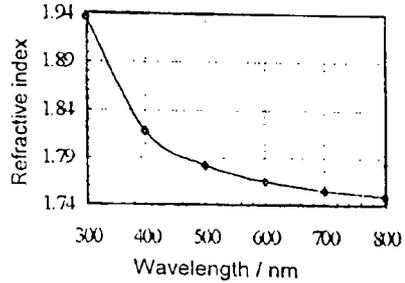


图 1  $\text{PbF}_2$  晶体的光折射率图 ( $20^\circ\text{C}$ )<sup>[7]</sup>

Fig.1 Refractive index of  $\text{PbF}_2$  crystal at  $20^\circ\text{C}$

## 4 $\text{PbF}_2$ 发光性能的研究历史和现状

### 4.1 $\beta\text{-PbF}_2$ 在低温下的发光性能

$\beta\text{-PbF}_2$  最早是作为一种快离子导体而受到人们的重视<sup>[13]</sup>. 一直到 1968 年才发现  $\beta\text{-PbF}_2$  是一种很好的 Cherenkov 材料<sup>[14]</sup>. 而对其发光性能的研究则始于七十年代, 最初是在 4.2K 的液氮温度下发现, 当激发光的能量为 5.69eV 时,  $\beta\text{-PbF}_2$  发出能量为 3.98eV 的紫外光, 当温度升高到 20~30K 时便迅速猝灭<sup>[15]</sup>. 后来, Liidja 和 Plekhanov 又发现, 除了这个峰值能量为 4.0eV 的紫外光之外,  $\beta\text{-PbF}_2$  还有一个能量相对较弱的发光带 (2.25eV), 光猝灭温度为 20~40K<sup>[16]</sup>. 1990 年, D.F. Anderson 等发现在液氮温度下,  $\beta\text{-PbF}_2$  存在三个发光带; 285、303 和 525nm, 这三个带的衰减曲线都是指数型, 其中 303nm 发光带的寿命是  $214\mu\text{s}$ , 285nm 和 525nm 的衰减时间分别是  $80\mu\text{s}$  和  $610\mu\text{s}$ . 当温度上升到 20K 时, 这三个带的强度和衰减时间同步减小<sup>[17]</sup>. 在室温下仍然没有闪烁光. 而且, 就这三个发光带而言, 它们的衰减时间全是慢分量, 这与铅的其它卤化物 ( $\text{PbCl}_2$  和  $\text{PbBr}_2$ ) 中存在快分量的现象正好相反<sup>[15,18]</sup>. 这种变化可能与  $\beta\text{-PbF}_2$  中  $\text{Pb}^{2+}$  的高度局部对称 ( $\text{Pb}^{2+}$  在  $\beta\text{-PbF}_2$  中的局部对称是 Oh, 而在  $\text{PbCl}_2$  中的对称则是 Cs) 及激子的强自定域 (auto-localisation) 作用有关. 虽然关于纯  $\text{PbF}_2$  晶体低温下发光峰的个数和能量, 各方面的报道不完全相同, 但有两点是一致的: 一是都肯定存在一个发射能量约为 4.0eV (310nm) 的紫外发光峰, 二是纯  $\text{PbF}_2$  晶体的所有发光峰仅存在于低温下, 当温度上升到 40K 时均完全猝灭. 对于这个能量为 4.0eV (310nm) 的紫外发光峰, 一般认为它起源于晶格中  $\text{Pb}^{2+}$  离子的  $^3P_1 \rightarrow ^1S_0$  跃迁, 而辐射能量较低 (2.25~3.2eV) 的蓝色发光峰则被认为是  $\text{PbF}_2$  晶体中两个相邻氟离子之间形成的自陷空穴 ( $V_k$  心) 所引起. 当被束缚的电子在光激发下进入导带, 导带电子与  $V_k$  心复合时, 将产生  $V_k + e$  的复合发光. 但 NIKL 则认为这些偏离主发光带的次要发光带仍与  $\text{Pb}^{2+}$  离子的发光有关, 只是当它受到半径不同于  $\text{Pb}^{2+}$  和  $\text{F}^-$  的杂质离子的干扰时产生一定程度的紫移或红移.

### 4.2 $\alpha\text{-PbF}_2$ 的发光性能

Derenzo S. E. 在 1990 年首次使用 22kV 的同步加速器 X-ray 激发  $\text{PbF}_2$  粉末晶体, 第一次发现  $\alpha\text{-PbF}_2$  在室温下不但有闪烁光, 而且是快分量<sup>[19]</sup>. 尽管发光强度很弱 (约为 BGO 的 0.1%), 但却开劈了探索  $\text{PbF}_2$  发光性能的新途径.

俄罗斯固体物理研究所的科学家们在研究了低温下  $\text{PbF}_2$  的闪烁光在室温下的猝灭机制后, 提出了  $\alpha\text{-PbF}_2$  的闪烁性能将优于  $\beta\text{-PbF}_2$  的论断, 从而开始了  $\beta\text{-PbF}_2 \rightarrow \alpha\text{-PbF}_2$  的相变研究<sup>[20]</sup>. 然而, 尽管  $\alpha\text{-PbF}_2$  在室温下可以存在, 但由于  $\alpha$  相的密度高于  $\beta$  相的密度, 相变时伴随有巨大的体积收缩 ( $\pm 10\%$ ), 很容易造成大量密集的微裂纹和机械应力, 从而使晶体的透射率大大降低. 为解决这个问题, 他们设计了一种塑性形变工艺, 在确保晶体透射率不变的同时诱发  $\alpha\text{-PbF}_2$  的生长. 经过这种改进, 他们不仅获得了  $\alpha\text{-PbF}_2$ , 而且在室温下观测到它的闪烁光. 其光谱范围是 450nm, 衰减时间  $< 20\text{ns}$ , 只是光产额不高. 这可能与相变过程中  $\alpha\text{-PbF}_2$  的转化率 ( $< 1\%$ ) 太低有关. 与此同时, 他们还对方相和斜方相  $\text{PbF}_2$  单晶的光谱特征做了对比 (表 3), 发现  $\alpha\text{-PbF}_2$  的发光特征明显不同于  $\beta\text{-PbF}_2$ , 而且从  $\text{PbBr}_2$  到

表 3 卤化铅的光谱参数<sup>[21]</sup>  
Table 3 Spectral data for lead halide

Material	Exc/cV	UV emission/cV		BL emission/eV	
		$E_{\text{max}}$	$E_{\text{ex}} - E_{\text{max}}$	$E_{\text{max}}$	$E_{\text{ex}} - E_{\text{max}}$
$\text{PbBr}_2$	4.0	3.3	0.7	2.75	1.25
$\text{PbCl}_2$	4.7	3.75	0.95	2.8	1.9
$\alpha\text{-PbF}_2$	5.8	4.4	1.4	2.2	3.6
$\beta\text{-PbF}_2$	5.8	4.0	1.8	3.2	2.6

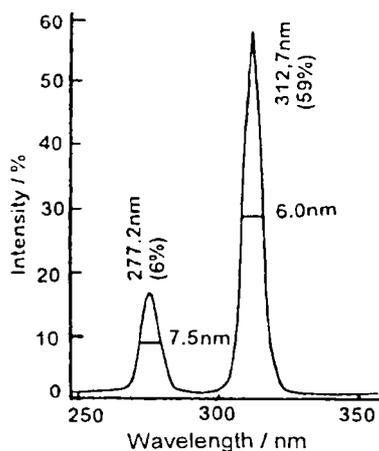


图 2 X 射线激发  $\beta\text{-PbF}_2\text{: Gd}(0.15\%)$  晶体在室温下的发射光谱

Fig.2 The RT emission spectrum of  $\beta\text{-PbF}_2\text{: Gd}(0.15\%)$  crystal excited by X-ray

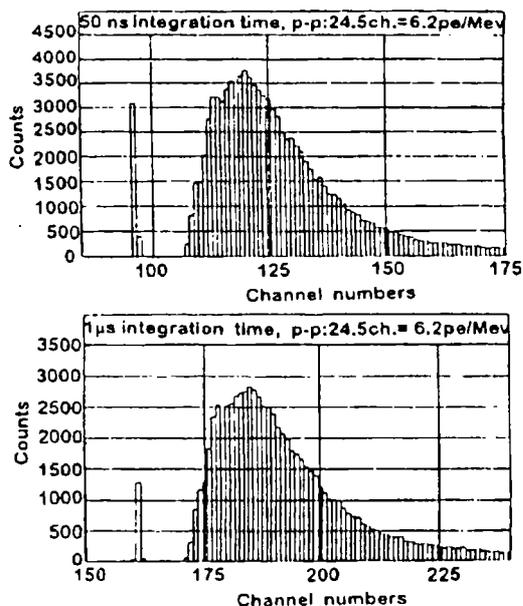


图 3  $\beta\text{-PbF}_2\text{: Gd}(0.15\%)$  晶体的  $\gamma$  射线 ( $^{137}\text{Cs}$  源) 脉冲高度谱

Fig.3 The pulse height spectrum of  $\beta\text{-PbF}_2\text{: Gd}(0.15\%)$  crystal excited by  $\gamma$ -ray ( $^{137}\text{Cs}$ )

$\text{PbF}_2$ , Stokes 位移逐渐增加, 从而把  $\alpha\text{-PbF}_2$  在室温下的发光机理归因于其中的本征结构缺

陷所产生的局部发光中心所致,如点缺陷(Pb空位, Pb和F的双空位及间隙Pb离子)、位错或大量电子-空穴对<sup>[22]</sup>.也可能与某些发光中心的共振激发(resonance excitation)有关.

然而在1993年,美国Fermi国家加速器实验室的D.F. Anderson等也对 $\alpha$ -PbF<sub>2</sub>的发光性能进行了测试,却没有发现 $\alpha$ -PbF<sub>2</sub>的闪烁效应<sup>[23]</sup>.他们所用的样品是由美国工业材料技术公司提供的,是在2katm.的压力和540°C的温度下通过立方 $\rightarrow$ 斜方转变而得到的转化率达99%以上的 $\alpha$ -PbF<sub>2</sub>,从这些材料中所测量到的光输出是如此之弱,以致很难区分它究竟是闪烁光或Cherenkov光.看来, $\alpha$ -PbF<sub>2</sub>晶体在室温下是否具有闪烁性或这种闪烁性在何种条件下才出现等问题还有待进一步澄清.

### 4.3 掺杂 PbF<sub>2</sub> 的发光性能

寻找PbF<sub>2</sub>发光性能的另外一条途径是采用掺杂法.美国Optovac公司和我所的科学家们分别在 $\beta$ -PbF<sub>2</sub>中掺入稀土元素Sm、Ce、Tm、Er、Ho、Nd、Yb和过渡元素Co、Cr、Cu等,以期获得较好的发光效果.但测试结果表明,无论用何种辐射源激发,均没有探测到强度高于Cherenkov光的闪烁信号.后来又把掺有上述元素的 $\beta$ -PbF<sub>2</sub>晶体转变成 $\alpha$ -PbF<sub>2</sub>,但仍然没有探测到来自电离辐射的闪烁光<sup>[23]</sup>.一直到最近,当我们用特制的、氟化程度达99.99%的 $\alpha$ -PbF<sub>2</sub>粉末作原料,以稀土元素Gd为激活剂,利用下降法,生长出了大尺寸的掺杂立方PbF<sub>2</sub>晶体<sup>[24]</sup>,在其X光荧光光谱图中,发现两个强度较大、波长分别为312nm和277nm的发光峰(图2),据光谱学研究,它们与PbF<sub>2</sub>的基质晶格没有直接的关系,而是分别起源于Gd<sup>3+</sup>的<sup>6</sup>P<sub>J</sub> $\rightarrow$ <sup>8</sup>S和<sup>6</sup>I<sub>J</sub> $\rightarrow$ <sup>8</sup>S跃迁.经美国Brookhaven国家实验室用<sup>137</sup>Cs作激发源进行测试,获得了光产额为6p.e./MeV的闪烁光(图3),这比纯PbF<sub>2</sub>的Cherenkov光高出6倍多,而且是快分量.这是到目前为止所获得的唯一一个在室温下具有闪烁性的 $\beta$ -PbF<sub>2</sub>晶体,它标志着对PbF<sub>2</sub>晶体发光性能的研究遇到一个新的转机.

### 4.4 PbF<sub>2</sub>的辐照损伤

闪烁晶体在经受高能粒子的照射后透射率和光产额下降的现象叫辐照损伤,与此相对,晶体抵抗辐照损伤的能力叫辐照硬度(radiation hardness).它是衡量闪烁晶体质量优劣的另一个重要指标. C.L.Woody分别用<sup>60</sup>Co的 $\gamma$ 射线、强子、中子等对PbF<sub>2</sub>晶体进行不同剂量的照射,发现当辐照剂量低于30krad时,晶体的辐照损伤非常轻微,只有当辐照剂量高达1Mrad时,才会造成比较严重的损伤<sup>[25]</sup>.它的辐照硬度至少比铅玻璃高500倍<sup>[7]</sup>.据研究,对PbF<sub>2</sub>的辐照损伤除了可以通过掺入少量添加剂来增强其辐照硬度外<sup>[26]</sup>,还可以采用退火或光漂白的办法使辐照损伤得到相当程度的恢复.其中光照法的恢复效果要比退火法好.曾用365nm的紫外光对辐照剂量高达 $3\times 10^5$ rad的PbF<sub>2</sub>晶体照射10min,样品的透射率不仅能够完全恢复,甚至能超出辐照前的透射率.而退火法则容易使晶体中产生一些不利于透光性的变化,使恢复效果变差.总的说来,影响PbF<sub>2</sub>辐照硬度的因素主要有两个:一是原料的纯度,二是晶体生长的工艺过程.如果能减少晶体中的杂质浓度和缺陷浓度,PbF<sub>2</sub>晶体的辐照硬度还有可能得到进一步的提高.

## 5 存在的问题及解决这些问题的途径

综上所述,PbF<sub>2</sub>晶体是一种性能优越的闪烁晶体候选者.如今,生长大尺寸PbF<sub>2</sub>晶体的工艺技术已基本掌握,PbF<sub>2</sub>晶体的室温闪烁性能也已出现,剩下的问题主要是如何进一步提高它在室温下的光产额以及与此有关的发光机理研究.为了解决这些问题,我们建议开展以下几方面的研究工作:

(1) 深入探索PbF<sub>2</sub>的发光机理和光猝灭机理;(2) 研究不同激活剂对PbF<sub>2</sub>的掺杂效果;(3) 设法强化它的Cherenkov光;(4) 研究PbF<sub>2</sub>的两种不同晶体结构与其发光性能之

间的关系.

## 参 考 文 献

- 1 Lecoq P. J. *Lumi.*, 1994, 60&61: 948.
- 2 李培俊. 无机材料学报, 1993, 8 (3): 385.
- 3 Mitsuru Ishii, Masaaki Kobayashi. *Prog. Crystal Growth and Charact.*, 1991, 23: 245.
- 4 Shmytko K, et al. *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, 1994: 348.
- 5 Swanson, et al. *Natl. Bur. Std. Circ.*, 1995, 539 (5): 32.
- 6 Donny J D H, Helen M Ondik, ed. *Crystal Data, Determinative Tables, Inorganic Compound* (3rd edition). 1973. 45.
- 7 Anderson D F, et al. *Nucl. Instr. and Meth.*, 1990, A290: 385.
- 8 Samara G A. *Phys. Rev.*, 1976, B13: 4530.
- 9 Oberschmidt J, Lazarus D. *Phys. Rev.*, 1980, B21: 2955.
- 10 Auffredic J P, et al. *J. Mater. Sci.*, 1985, 20: 2119.
- 11 沈定中, 袁湘龙等. 硅酸盐学报, 1995, 23: 667.
- 12 Drill W G ed. *Handbook of Optics* (McGraw-Hill, New York), 1978.
- 13 Kosacki L, Zalibowski. *Phys. Status Solid*, 1978, A10: 765.
- 14 Dally E B, Hofstadter R. *Rev. Sci. Instr.* 1968, 39: 658.
- 15 Eijkelenkamp A J H. *J. Lumi.*, 1977, 15: 217.
- 16 Liidja G, Plekhanov V L. *J. Lumi.*, 1973, 6: 71.
- 17 Nikl M, Polak K. *Phys. Status Solidi*, 1990, A117: k89.
- 18 Polak K, et al. *Phys. Status Sol.*, 1988, B145: 741.
- 19 Derenzo S E, et al. *IEEE Tran. Nucl. Soc.*, 1990, 37: 203.
- 20 Ivan Shmytko I B, et al. *Material Res. Soc. Symp. Proc.*, 1994, 348 (*scintillator and phosphor materials*): 143.
- 21 Alov D L, Rybchenko S I. *J. Phys. Condens. Matter.*, 1995, 7: 1475.
- 22 Egorov V K, et al. *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, 1994, 348: 265.
- 23 Anderson D F, et al. *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res.*, 1994, A342: 473.
- 24 沈定中, 刘建成等. 无机材料学报, 1995, 10 (1): 11.
- 25 Woody D L, et al. *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, 1993, 40: 546.
- 26 Kuptsov S I, et al. *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res.*, 1995, R103: 323.

## The History and Today of Research on the Luminescence Characteristics of PbF<sub>2</sub> Crystals

REN Guohao SHEN Dingzhong YIN Zhiwen

(Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800 China)

### Abstract

There are many advantages of PbF<sub>2</sub> crystal for using as a scintillating material in high energy physics research. The research history on the luminescence and scintillation of PbF<sub>2</sub> crystals was reviewed, especially on the luminescence characteristics under the conditions of low temperature, phase transition and doping. The existing problems and solving methods were mentioned.

**Key words** PbF<sub>2</sub>, scintillating crystal, luminescence, doping