

# BGO晶体辐照损伤机理的探讨

魏宗英 何宗藩 殷之文

(中国科学院上海硅酸盐研究所)

## Investigation of Radiation Damage Mechanism of BGO Crystal

Wei Zongying He Chongfan Yin Zhiwen

(Shanghai Institute of Ceramics, Academia Sinica)

BGO晶体辐照损伤指的是晶体接受一定剂量射线辐照后荧光输出降低。

实验结果表明,紫外线、电子射线和 $\gamma$ 射线都能引起BGO辐照损伤。损伤的程度随辐照剂量的增加而提高,并趋于饱和。损伤后晶体自行恢复,整个恢复过程可用三个时间常数来描述。提高环境温度和用可见光照射有助于加快恢复。杂质在BGO辐照损伤中起重要作用,某些杂质的微量摄入足以使晶体容易辐照损伤。而锗、铋微量偏离化学计量不会明显改善晶体的抗辐照性能。辐照使晶体着色,损伤愈严重,着色愈深。对于掺杂不掺杂与晶体,辐照诱导光吸收都可以分解出三个吸收峰,峰位大致相同。在恢复过程中,晶体退色,三个吸收带衰减近于同步。辐照损伤不影响晶体的荧光激发谱和荧光发射谱。

原子簇能级计算结果表明,在BGO中,包含有害杂质离子原子集团电子最高占据轨道能级较高,它们在晶体内部形成空穴陷阱。氧空位电子心能级跃迁相当于可见光,而正常结构能级跃迁则相当于紫外光。 $\gamma$ 射线、电子射线和紫外线辐照引起BGO晶体荧光输出下降的根本原因是辐照诱导色心形成。

辐照在各种掺杂的BGO中产生一种共同的色心,即氧空位捕获电子形成的电子心。低价杂质离子对铋或锗的取代引起晶体内部局部电中性破坏,可以由氧空位来实现电荷补偿;晶体生长过程中氧空位也会伴随着铋、锗的缺位及某些局域的缺陷存在,这些氧空位辐照诱导色心的前身。外来射线激发电子空穴对,导带上的电子被氧空位捕获形成电子心,空穴被包含某些杂质的原子集团及某些充当空穴陷阱的缺陷捕获。由于氧空位附近电荷分布的低对称性,色心电子功轨道能级三重简并解除, $1s \rightarrow 2p$ 跃迁对应于三种能量吸收,导致辐照诱导光吸收包含三个峰。在恢复过程中,空穴脱离陷阱同电子心复合。由于各种杂质离子的电子结构不同,各种杂质原子集团捕获空穴的能力也不同,因此不同掺杂样品辐照诱导色心的浓度和热稳定性也不同。