

## LCS ガンマ線を用いた陽電子消滅寿命スペクトル測定による 多元系酸化物結晶中カチオン空孔型欠陥の可視化



Photon induced positron annihilation lifetime spectroscopy spectra of multi-component  
oxide crystals measured using laser-Compton-scattered gamma ray pulses

山形大<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup>, 分子研 UVSOR<sup>3</sup>, 京大エネ研<sup>4</sup>, 分子研メゾスコピ<sup>5</sup>, 広島大放射光<sup>6</sup>,  
名大シンクロ<sup>7</sup>, 東北大 NICHe<sup>8</sup>

○(MIC) 藤森 公佑<sup>1</sup>, 北浦守<sup>1</sup>, 平義隆<sup>2</sup>, 藤本将輝<sup>3</sup>, 全炳俊<sup>4</sup>, 岡野泰彬<sup>5</sup>, 加藤政博<sup>3,6</sup>,  
保坂将人<sup>7</sup>, 山崎潤一郎<sup>3</sup>, 鎌田圭<sup>8</sup>, 大西彰正<sup>1</sup>

E-mail: <sup>1</sup>kitaura@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

Ce:Gd<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Ga<sub>3</sub>O<sub>12</sub> (Ce:GAGG) は優れたシンチレータ材料である。シンチレーション発光には燐光成分が含まれ、これを抑えることが解決すべき課題であった。その燐光成分は電子トラップに関係し、Mg の共添加によって抑制される[1]。電子トラップはカチオン空孔の電荷補償体として導入されると考えられ[2]、カチオン空孔が Mg の共添加によって抑制されるかどうかを明らかにする必要がある。これを立証するには陽電子消滅寿命測定が唯一の方法である。我々は超短パルスレーザーと電子ビームを垂直衝突させてレーザー逆コンプトン散乱(LCS)によって超短パルスガンマ線を発生させる方法を開発し[3]、これを用いて Ce:GAGG および Ce,Mg:GAGG シンチレータにおける陽電子消滅寿命スペクトルを調べた。実験は分子科学研究所 UVSOR 放射光施設で行った。1kHz で発振するチタンサファイアレーザーからの赤外光パルス (約 1 ピコ秒のパルス幅)を、ストレージリング内を周回する電子ビームと垂直衝突させた。こうして発生した超短パルスガンマ線のエネルギーは最大で約 6.6MeV であり、ガンマ線パルス幅は約 1 ピコ秒である。この様な超短パルスガンマ線を結晶に照射して電子・陽電子対生成により陽電子を生成させ、陽電子消滅に伴い発生する 511keV の消滅ガンマ線をフッ化バリウム結晶で紫外光に転換して光電子増倍管を使って測定した。この際、対向する光電子増倍管の出力信号のコインシデンスを取り、消滅ガンマ線を選択的に測定する様にしている。そして、得られた消滅ガンマ線を最大波高値で規格化し、その半分の波高値での時間差分布を解析して陽電子消滅寿命スペクトルを得た。測定した Ce:GAGG および Ce,Mg:GAGG 結晶の陽電子寿命スペクトルは2つの指数減衰関数の和で再現され、バルク寿命と欠陥寿命はそれぞれ 167 ピコ秒と 273 ピコ秒、161 ピコ秒と 529 ピコ秒であった。また、欠陥濃度と単位濃度あたりの陽電子捕獲速度の積で定義されるトラッピングレートは、Ce:GAGG では  $3.25 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$ 、Ce,Mg:GAGG では  $0.21 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$  と見積もられた(Table1)。このことから、Mg 共添加により既存のカチオン空孔が消失して新たな欠陥が生じると結論付けられる。ポスター発表では上の議論をより詳しく説明する。

Table1 Bulk Lifetime , Defect Lifetime and Trapping Rate of Ce:GAGG , Ce,Mg:GAGG crystals.

	Ce:GAGG	Ce,Mg:GAGG	
Bulk Lifetime(ps)	167±6	161±4	[1] M. Kitaura <i>et al.</i> , APEX <b>9</b> , 072602 (2016).
Defect Lifetime (ps)	273±22	529±30	[2] M. Kitaura <i>et al.</i> , APL <b>113</b> , 041906 (2018).
Trapping Rate (s <sup>-1</sup> )	$(3.25 \pm 0.16) \times 10^8$	$(0.21 \pm 0.02) \times 10^8$	[3] Y.Taira <i>et al.</i> , Rev. Sci. Instrum. <b>84</b> , 053305 (2013).