Ce:La-GPS 結晶の弾性定数決定に関する検討

Discussion on Determination of Elastic Constants for Ce:La-GPS Crystal

東北大 NICHe[1], 東北大金研[2], 株式会社 Piezo Studio[3], 株式会社 C&A[4],
荒川 元孝[1], ○大橋 雄二[2,3], 村上 力輝斗[2,4], 井上 憲司[3], 庄子 育宏[2,4], 横田 有為[1],
山路 晃広[2], 黒澤 俊介[1], 鎌田 圭[1,3,4], 吉川 彰[1,2,3,4]
NICHe, Tohoku Univ.[1], IMR, Tohoku Univ.[2], Piezo Studio[3], C&A[4],
Mototaka Arakawa[1], ○Yuji Ohashi[2,3], Rikito Murakami[2,4], Kenji Inoue[3], Yasuhiro Shoji[2,4],
Yuui Yokota[1], Akihiro Yamaji[2], Shunsuke Kurosawa[1], Kei Kamada[1,3,4], and Akira Yoshikawa[1,2,3,4]
E-mail: arakawa@imr.tohoku.ac.jp

１．はじめに　$(La,Ce,Gd)_2Si_2O_7$ (Ce:La-GPS)結晶は、高い化学的安定性、高発光量、高エネルギー分解能、短蛍光寿命、かつ高温での発光量の劣化が小さいことから、資源探査用のシンチレータ結晶として開発が進められている[1, 2]。しかし、結晶育成後の冷却時にクラックが入ることがある。Gd_2SiO_5(GSO)結晶において、熱応力解析によりクラックが発生しにくい引き上げ軸の検討が行われている[3, 4]。この解析においては弾性定数、線膨張係数、定圧比熱、熱伝導率が必要となる。本報では、Ce:La-GPS 結晶に対して同様の検討を行うために、弾性定数の決定方法について検討を行った。

２．検討　Ce:La-GPS 結晶は単斜晶系の 2/m に属しており、独立な弾性定数は c_{11}, c_{12}, c_{13}, c_{15}, c_{22}, c_{23}, c_{25}, c_{33}, c_{35}, c_{44}, c_{46}, c_{55}, c_{66} の 13 個である。一般に、弾性定数 c、密度ρ、音速 V の間には、$c = \rho V^2$ の関係が成り立つ。X, Y, Z 軸伝搬および XY 面内、YZ 面内、XZ 面内を取り上げる。X 軸伝搬 Y 軸偏波の横波、Y 軸伝搬の縦波、Z 軸伝搬 Y 軸偏波の横波は pure モードとなり、音速はそれぞれ c_{66}、c_{22}、c_{44} のみに依存する。また、XZ 平面内を伝搬する Y 軸偏波の横波も pure モードとなり、音速は c_{44}, c_{46}, c_{66} にのみ依存する。これらより、c_{22}, c_{44}, c_{46}, c_{66} を決定できる。次に GSO 単結晶の弾性定数[5]、密度の文献値[4]を用いて、各弾性定数を+1%変化させたときの速度変化を計算した。X, Y, Z 軸伝搬および XZ 平面内 Y 軸偏波の結果を Table 1、ZY 平面内、YZ 平面内、XZ 平面内（Y 軸偏波以外）の結果を Table 2 に示す。各定数に対して変化の大きい伝搬方向およびモードの速度変化を赤字で対応させた。ここで、XZ 面内の縦波は異なる 2 方向で測定する必要がある。c_{15} と c_{35} に対する XZ 面内の縦波音速変化を Fig. 1 に示す。X 軸から 30°と 120°など、c_{15} による変化率と c_{35} による変化率が異なる伝搬方向を選択するとよい。

Table 1.　Velocity changes by 1% increases of c_{11}, c_{15}, c_{22}, c_{33}, c_{35}, c_{44}, c_{46}, c_{55}, and c_{66} for GSO crystal. (unit: m/s)

Prop. Direction	Mode	c_{11}	c_{15}	c_{22}	c_{33}	c_{35}	c_{44}	c_{46}	c_{55}	c_{66}
X–axis	Longitudinal	28.6	0.12						0.03	
	Shear (Y–pol.)									17.5
	Shear	0.15	−0.21						16.0	
Y–axis	Longitudinal			23.6						
	Shear (fast)						6.0	1.3		11.2
	Shear (slow)						11.1	−1.4		6.4
Z–axis	Longitudinal				30.5	0.05			0.01	
	Shear				0.06	−0.09			16.0	
	Shear (Y–pol.)						17.1			
XZ–plane	Shear (Y–pol.)						*Z*	−1.5		*X*

Table 2.　Velocity changes by 1% increases of c_{12}, c_{13}, c_{15}, c_{23}, c_{25}, and c_{35} for GSO crystal. (unit: m/s)

Prop. Direction	Mode	c_{12}	c_{13}	c_{15}	c_{23}	c_{25}	c_{35}
XY–plane	Longitudinal	6.8		*X*		0.16	
	Shear (fast)	−2.6		−0.73		1.9	
	Shear (slow)	−16.5		0.60		−2.2	
YZ–plane	Longitudinal				6.4	0.09	*Z*
	Shear (fast)				−1.9	2.4	0.38
	Shear (slow)				−13.3	−3.1	−0.49
XZ–plane	Longitudinal		6.2	−1.4			−0.97
	Shear		−11.5	−1.1			−0.70

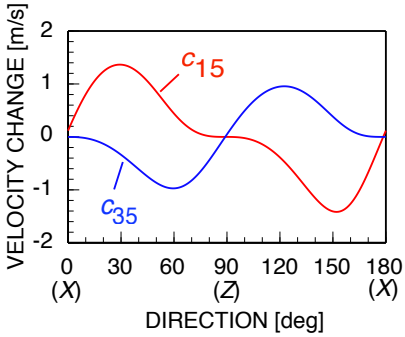

Fig. 1.　Longitudinal velocity changes in *XZ*-plane by 1% increases of c_{15} and c_{35} for GSO crystal.

３．まとめ　本報では、Ce:La-GPS 結晶の弾性定数決定手順について、GSO 単結晶の弾性定数および密度を用いて検討を行った。今後、本結晶の弾性定数の決定を行う予定である。

参考文献　[1] A. Yoshikawa *et al.*, Cryst. Growth Des. **15**, 1642 (2015). [2] S. Kurosawa *et al.*, Nucl. Instrum. Meth. A **772**, 72 (2015). [3] 宮崎他, 機論 **63**, 1744 (1997). [4] 宮崎他, 材料 **47**, 678 (1998). [5] K. Kurashige et al., Jpn. J. Appl. Phys. **36**, 2242 (1997).

© 2016年 応用物理学会