

三方晶系点群 32 結晶の音響関連物理定数の温度係数測定法の検討

A Study of Measurement Method of Temperature Coefficients of Acoustical Physical Constants for Point Group 32 of Trigonal Crystal System

東北大院工¹, 富山県立大工² °大橋 雄二¹, 荒川 元孝¹, 櫛引 淳一¹, 安達 正利²Tohoku Univ.¹, Toyama Pref. Univ.²°Yuji Ohashi¹, Mototaka Arakawa¹, Jun-ichi Kushibiki¹, and Masatoshi Adachi²

E-mail: ohashi@ecei.tohoku.ac.jp

1. まえがき

ランガサイト系単結晶は三方晶系点群 32 に属しており、 α 水晶より大きな電気機械結合係数と α 水晶に次ぐ温度安定性を有しており、広帯域共振器や高温下の圧力センサー等への応用が期待されている。前回の報告[1]では、超音波マイクロスペクトロスコピー (UMS) 技術[2]により決定した高精度な定数と比較して、従来の共振法により決定した定数では特定の定数 (特に c_{33}^E , e_{14}) において、温度係数に大きな食い違いが生じることを見出した。そこで本報告では、 $\text{La}_3\text{Ta}_{0.5}\text{Ga}_{5.5}\text{Al}_{0.2}\text{O}_{14}$ (LTGA)、 $\text{Ca}_3\text{NbGa}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$ (CNGS) を取り上げて、高精度測定法について Pulse-Echo 法による測定を通して実験的に検討した。

2. 実験

三方晶系点群 32 では c_{33}^E は Z 伝搬縦波音速 V_{ZL} と密度 ρ を用いて、 $c_{33}^E = \rho V_{\text{ZL}}^2$ のように簡単な関係式で求めることができる。そこで、LTGA、CNGS の Z-cut 基板を準備し、Pulse-Echo 法を用いて Z 軸伝搬縦波音速を測定した。試料厚さは 2 ~ 4 mm 程度で、縦波の励振源となるトランスジューサは 36° Y-cut LiNbO₃ 基板と Au 電極で形成し、測定はネットワークアナライザ (Agilent E5071C) のタイムドメイン機能を利用した。測定周波数範囲は 10 ~ 40 MHz とした。Pulse-Echo 法および共振法では -30 ~ +80°C の温度範囲を 5°C 毎に測定した。室温近傍の UMS の結果と合わせて Fig. 1 に示す。なお、Pulse-Echo 法による測定結果の絶対値は UMS による 23°C での結果に一致するように補正してある。この結果において、どちらの材料に対しても UMS により決定した定数は室温近傍でほぼ線形 (図中の点線は直線近似したもの) であるが、実線で示す Pulse-Echo 法による結果 (2 次曲線近似) と非常によく一致している。一方、破線で示した共振法により測定された結果は、LTGA ではパラボリックな変化をし、CNGS では勾配が逆になる変化をしており、UMS の結果とは一致していない。

3. 検討

UMS 技術による測定と Pulse-Echo 法による測定は、外部に励振源を持ち、基本的に計測に必要なモードだけを圧電との結合に関係なく励振でき、前述のように簡単な関係で表せる。しかし、共振法は試料に直接電極を形成し、圧電性との結合を利用して振動させるため、 c_{33}^E を求める関係式が複雑になりやすい。したがって、定数に対する依存度を考慮して共振法と Pulse-Echo 法を併用していくことが高精度温度係数決定には重要である。また、UMS 技術による高精度

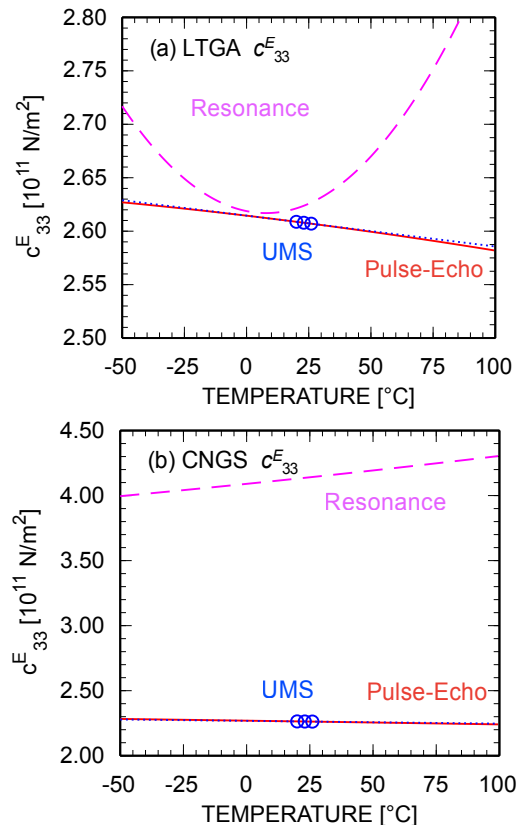


Fig. 1 Temperature dependences of elastic constant c_{33}^E obtained by each method.

な基準を設けることで、Pulse-Echo 法におけるトランスジューサの接着等による絶対精度への影響を補正することも重要である。

4. まとめ

三方晶系点群 32 に属する結晶の音響関連物理定数の温度係数の高精度測定法について LTGA、CNGS を取り上げて実験的に検討した。Z-cut 基板に対する Pulse-Echo 法を用いた縦波音速測定は、共振法で測定した場合と比較し、 c_{33}^E の温度係数の精度が向上することを実証した。

参考文献

- [1] 大橋他, 第 60 回応用物理学会春季講演予稿集, 29p-B5-4 (2013) 136.
- [2] J. Kushibiki and M. Arakawa, J. Acoust. Soc. Am. **108** (2000) 564.