

岡山大学 惑星物質研究所 共同利用・共同研究 成果報告書

受入年度：2023 年度

提出日：2024 年 3 月 26 日

共同利用研究の種類： 国際共同研究・一般共同研究・設備共同利用・ワークショップ

課題名： 高温 GHz-DAC 音速測定法の開発 II

共同研究員氏名： 加藤拓人

所属・職名： 大阪大学理学研究科 博士前期課程 2 年

分担者氏名： 米田明

分担者所属・職名： 大阪大学理学研究所 招聘教員

分担者氏名： 山崎大輔

分担者所属・職名： 岡山大学惑星物質研究所 准教授

分担者氏名： 近藤忠

分担者所属・職名： 大阪大学理学研究科 教授

分担者氏名： 松井亮介

分担者所属・職名： 大阪大学理学部 4 年

研究報告・ワークショップ実施報告：

前年度から引き続き、GHz-DAC 音速測定法の開発に取り組んだ。GHz-DAC 音速測定法は GHz 帯の非常に波長の短い弾性波を用いることで、DAC で圧縮された薄い試料の音速を測定することができる。本手法は鉄等の不透明試料に対して縦波速度・横波速度 (V_p & V_s) の両方が測定可能である。また、本手法はマントル鉱物の有色鉱物の音速を SPring-8 といった大型放射光施設に行かずともラボ内で測定することができるため、現在よく用いられている音速測定手法の欠点を補う可能性を持つ。

GHz 帯の波の発振には圧電素子 (ZnO) を用いる (図 1)。バッファローロッド (遅延材) として用いる YAG 単結晶への ZnO 圧電素子および下部電極の成膜は貴研究所のスパッタリング装置 (芝浦メカトロニクス, CFS-4ES-II) を用いる。まず、バッファローロッドに下部電極として、チタン (Ti)、次に Pt 膜をスパッタする。Pt は酸素と親和性の低い金属であるため、酸化物である YAG 結晶への固着度が低い。そのため、先に Ti や Cr といった酸素と親和性の高い金属を接着剤的な役割で最初に成膜する。最後に、高温酸化雰囲気 (基盤温度 300 °C, Ar と O₂ ガスは等流量) で ZnO を成膜する。下部電極として Pt を使う理由は ZnO 成膜時の酸化雰囲気においても酸化されないからである。厚さ制御は成膜ターゲットへの印加電力と時間で行う。Ti および Cr 膜は 300 W, 2 分、Pt 膜は 300 W, 10 分、ZnO は 300 W, 150 分である。この条件で 1 GHz 付近に共振ピークをもつ圧電素子が作成できる。GHz 法による測定は大阪大学で行う。

本年度は自身の修士論文のテーマとして、GHz 法による下部マントル鉱物の音速測定を目標に、特に測定領域の高圧化を中心に技術開発を行った。まず、テスト測定として 8.45 GPa の粉末ペリクレス MgO の V_P , V_S を測定し、先行研究と調和的な結果が得られた。次に、粉末フェロペリクレス ($Mg_{0.92}Fe_{0.08}O$) の音速測定を行った。また、測定で用いたフェロペリクレスは貴研究所の酸素雰囲気炉を用いて合成した。下部マントル条件の圧力である約 30 GPa で測定したところ、 V_P , V_S の両方を測定することができた(図 2)。この測定は GHz 法の先行研究の中でも最短のトラベルタイムを記録し、また、測定例の圧力を大きく拡張した。

また、今年度は貴研究所の大型プレスを用いてブリッジマナイト(多結晶)を合成した。今後はフェロペリクレスの音速測定を行いつつ、ブリッジマナイトなどの他の下部マントル鉱物の音速測定も行う予定である。

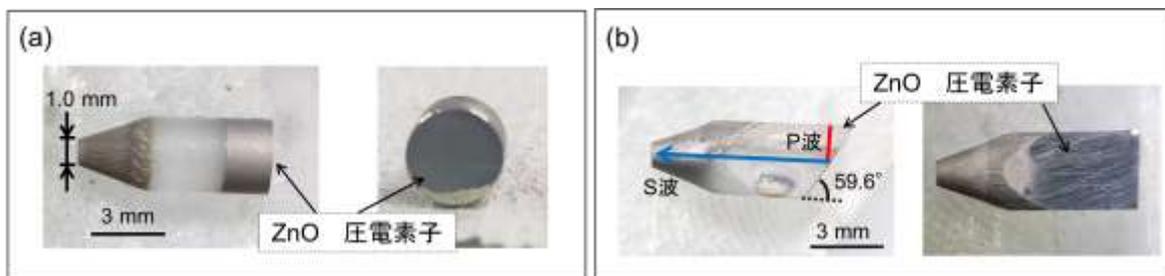


図 1 圧電素子をスパッタ成膜した後のバッファード(YAG 結晶)。両結晶とも、スパッタ面は(100)方向
(a) P 波用バッファード。 (b) S 波用バッファード。P-S 変換用に 59.6°の傾斜をつけた。

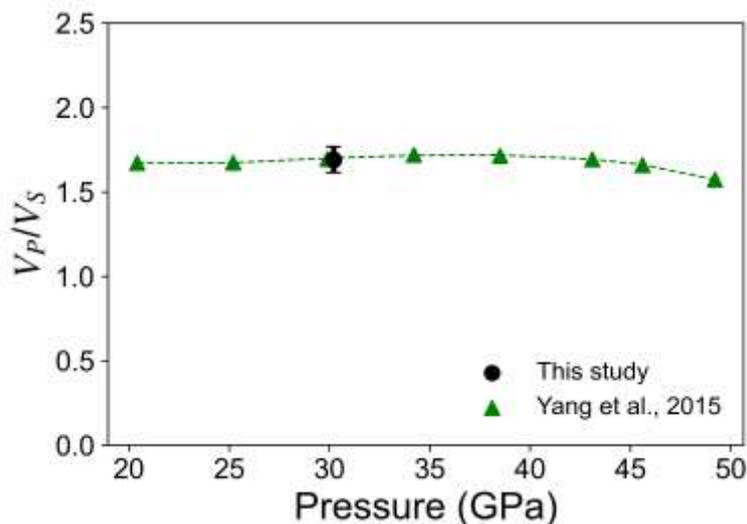


図 2 ($Mg_{0.92}Fe_{0.08}O$) の音速比 (V_P/V_S) と先行研究の比較。黒丸は GHz 法の測定結果。緑の三角は Yang et al., 2015 のデータ。単結晶試料の(100)方向と(110)方向の音速の平均値をプロットした。誤差はアイコンの大きさ程度である。点線は Yang et al., 2015 のデータをフィッティングしたもの。

図より、GHz 法によるトラベルタイムの測定結果は先行研究と調和的であることが分かった。