

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24654146

研究課題名(和文) GHz音速法とブリリュアン散乱法の併用によるマントル鉱物のその場弾性測定

研究課題名(英文) GHz ultrasonics and Brillouin scattering in DAC

研究代表者

米田 明 (Yoneda, Akira)

岡山大学・地球物質科学研究センター・准教授

研究者番号：10262841

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：GHz音速法の基礎的技術開発を行った。まず、ZnO圧電素子をダイヤモンドアンビル背面にスパッタリングで装着し、GHzの発信を確認した。一つのダイヤモンドアンビルにガラスやアルミニウム等の試料を押し当て、良好なシグナルの取得に成功した。また、GHz法の測定精度も検討し、50ns程度のトラベルタイムを0.1%の精度で決定できることを示した。期間中に実際の測定結果を出すとこまではできなかったが、後一步のところまで来ており、近い将来に具体的データの取得を行えるはずである。

研究成果の概要(英文)：We conducted basic technical development of GHz ultrasonics. ZnO transducers was sputtered on back side of diamond anvil. We prepared a model DAC, and succeeded to measure GHz ultrasonic data of glass and aluminum specimen. We confirmed 0.1% accuracy is expected in GHz ultrasonics. We will make follow up effort to realize simultaneous measurement of GHz ultrasonics and Brillouin scattering in DAC.

研究分野：固体地球惑星物理学

科研費の分科・細目：挑戦的萌芽研究

キーワード：マントル 弾性 ブリリュアン散乱 GHz音速法 ダイヤモンドアンビル

科学研究費助成事業 研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

マントル鉱物の弾性はブリリュアン(BS)散乱法により測定されてきたが、ダイヤモンドアンビルセル(DAC)で測定する場合、約100GPaの高圧下になると試料鉱物のP波速度がダイヤモンドのS波速度と同程度になり測定できなくなるという問題があった(試料のS波速度は測定可能)。この問題を解決するための方法として、P波速度はGHz音速法で測定しS波速度はブリリュアン散乱法で測定するという単純なアイデアを着想した。

GHz音速法は米国コロラド大学のスペッツラー教授により開発されたものである。代表者は1992-1994年、スペッツラー研究室に留学しGHz音速法の初期開発期に参画した。帰国後は、当時在職した名古屋大学での研究環境を考え、GHz共振法ではなく、高周波共振法の研究を開始した。その後、岡山大学に移動し、富山大学の渡辺教授の協力もあって、高周波共振法において満足する技術開発を達成し(上限を5MHzから50MHzへ拡大)具体的成果を出すこともできた(ステショバイトとクロムスピネルの結晶弾性定数の決定)。丁度、次のテーマを模索しているときに思いついた(思い出した)ものである。

GHz音速法では、ZnO圧電素子をスパッタリングでパッファロッド材に装着させるが、スパッタリング装置が当時進行中の基盤研究Sの費用で整備されていたことも、本研究の開始を決断する大きな要素であった。また、GHz測定に最低限必要な高周波発信器(上限1.35GHz)やオシロスコープ(帯域上限3GHz)も所持し使用経験を持っていたことも、本研究を開始するにあたって予算的・心理的障壁を低くしてくれた。

2. 研究の目的

通常の音速測定は数十MHzの音波(弾性波)を用いて行われてきた。ちなみに10MHzの

波の波長は1mm程度である。GHz音速法は波長 $\sim 10\mu\text{m}$ 程度の波を使って $\sim 100\mu\text{m}$ 級の試料の音速を測る方法である[2]。GHz音速法は1990年台の半ばに開発された研究方法であるが、精度の高い測定が可能な反面、技術的に煩雑であるために広く普及することはなかった。GHz用圧電素子の性質からP波速度の測定は比較的簡単に行える特徴がある。本研究はGHz音速法をリバイバルさせ、ブリリュアン散乱法と相補的に運用し、固体地球科学のフロンティアが必要とする実験データを迅速に取得しようとするものである。

GHz法は世界的に見ても米国ノースウェスタン大学のジャイコブス博士と代表者らのグループのみが行っている。ジャイコブス博士ら、どちらかというとGHz法の測定精度の高さに着目した研究を行っており、ダイヤモンドアンビルセルのZnO圧電素子を装着し、高温高圧下の測定を計画しているのは、我々のグループのみである。

3. 研究の方法

本研究のアイデアは単純至極である。DACによるブリリュアン散乱実験で生じる超高压下での困難(P波速度が測定できない、右図参照)をGHz音速法で補完しようというものである。具体的には、村上がブリリュアン散乱実験でS波速度測定を担当し、米田がGHz音速法でP波速度測定を担当する。100GPa以上の圧力下でのブリリュアン散乱によるS波速度測定は既に多くの実績[1]をあげているので、本研究計画の成否は米田によるGHz音速法の開発の成否にかかっている。

4. 研究成果

DACでの測定を念頭におき、DAC用アンビルの底面にZnO圧電素子をスパッタリング

で装着し、先端面に試料を押し付けるやり方で模擬実験を行った。DAC 実験での試料厚さを 10 μ m と設定し、模擬試料での GHz データ取得を試みた。模擬試料としては、薄いガラス板 (100~30 μ m) とアルミ箔(11 μ m) を用いた。

その後、実際に DAC 中に挟んだ試料からのシグナル検証の実証試験に取り組んだが、DAC セルの細いコーン中を正確に同軸ケーブルを移動させ ZnO 圧電素子の中心に当てることが困難であり、進展が一時的にストップした。それを解消するためにモニター用のカメラを導入し、XYZ ステージでカメラと同軸ケーブルを始業するシステムを構築したが、費用や納期の関係で、本システムの完成が研究期間終了後にずれ込んでしまった。本報告書作成段階において、本システムをチューニングしており、本システムの実地使用は数週間後になりそうである。

期間中に実際の測定結果を出すところまではできなかったが、後一步のところまで来ており、近い将来に具体的データの取得を行えるはずである。

なお、当該期間中に X 線非弾性散乱法による結晶弾性測定も並行して行った。当初研究計画からは多少外れるが、研究目的は同一であり、本研究との相補性から、X 線非弾性散乱法の成果 (論文及び学会発表) も報告に含めている。X 線非弾性散乱用に別途製作したダイヤモンドアンビルセルは GHz 測定にも活用できることを付記しておく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Yoneda, A., Fukui, H., Xu, F., Nakatsuka, A., Yoshiasa, A., Seto, Y., Ono, K., Tsutsui, S., Uchiyama, H., Baron, A.Q.R., Elastic anisotropy of

experimental analogues of perovskite and post-perovskite help to interpret D" diversity, Nature commun., 5, 3453, 2014.

〔学会発表〕(計 5 件)

米田 明、X 線非弾性散乱法による Cmc₂-CaIrO₃ 結晶弾性定数の決定、鉱物学会、平成 24 年 9 月 19 日、京都

米田 明、GHz 音速法とブリリュアン散乱法の併用による マントル鉱物のその場弾性測定、地球惑星科学連合大会、平成 25 年 5 月 19 日、千葉

米田 明、非弾性 X 線散乱法による蛇紋岩 (アンチゴライト) の結晶弾性定数決定の試み、鉱物学会、平成 25 年 9 月 11 日、筑波

米田 明、非弾性 X 線散乱法による蛇紋岩 (アンチゴライト) の結晶弾性定数決定の試み、高圧討論会、平成 25 年 11 月 14 日、新潟

米田 明、GHz 音速法とブリリュアン散乱法の併用による マントル鉱物のその場弾性測定 II、地球惑星科学連合大会、平成 26 年 4 月 29 日、横浜

〔産業財産権〕

該当なし。

〔その他〕

ホームページ:

http://www.misasa.okayama-u.ac.jp/~hact o/top_j.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

米田 明 (YONEDA AKIRA)

岡山大学・岡山大学地球物質科学研究センター・准教授

研究者番号:10262841

(3) 連携研究者

村上 元彦 (MURAKAMI MOTOHIKO)
東北大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号: 50401542