

「1万気圧超の静水圧下における高精度超音波測定技術の開発」

研究者名： 柳澤 達也
所属・役職： 北海道大学 創成研究機構

番号：
T-2-11

研究分野
分野：
固体物性物理学

研究キーワード
キーワード：
超音波・高圧・極低温

共同研究者： 網塚 浩(北大理)、日高 宏之(北大理)、
笠井 荘一(コアックス株式会社 開発技術部)

背景・目的

高圧下における諸物性の測定は物性研究の重要な手法である。しかし、高圧力を封じ込めるセルの構造と、物質中に音を伝搬させるための超音波素子の配置とは相反する関係にあり、高周波を用いた高分解能測定はこれまで困難とされてきた。本研究では北海道中川郡池田町の地場産業であるコアックス株式会社の開発した極細同軸管を、ハイブリッド型ピストンシリンダ圧力セルに導入する独創的な手法により、一万気圧超の静水圧下における高周波超音波測定技術を開発し、固体電子物性研究の新展開を図ることを目的とする。

研究の成果

全長62.5 mm、外径23 mmφ、内径4 mmφ、超硬合金の銅-ベリリウムとニッケル-クロム-アルミの二層型圧力セルを採用したハイブリッド型ピストンシリンダセル(図1)に太さ0.58 mmφの極細同軸線を1本導入した。それと同時にテスト測定用の単結晶試料(URu_2Si_2)と圧力校正用の鉛も封入し(図2)、室温で約1.54トンの荷重を加え、圧力を閉じ込める事に成功した。圧力空間の断面積から見積もられた発生圧力は1.2 GPaである。次に、圧力下で超音波発信素子が機能しているかを確認するため、ネットワークアナライザを用いて同軸線と LiNbO_3 超音波発信子のインピーダンスをチェックし、237 MHzの高周波まで発振していることを確認した。更に、超音波位相比較法測定装置を用いて実際に試料中を伝搬する超音波を観測したところ、32 MHzで5つの超音波パルスエコーを確認できた。(図3) 従って、室温で1.2 GPa(=1万2千気圧)の静水圧下における32 MHzの超音波測定に成功したと言える。

将来展望

今後は、圧力セルを新たに開発したトップローディング式ヘリウム冷凍機に装着し、0.5 Kの極低温まで超音波測定を行なう予定である。一方で、圧力媒体の熱収縮により、低温で発生圧力が減少する可能性があるため、鉛の超伝導転移温度($T_C = 7.19 \text{ K}$ @常圧)の圧力依存性を同時測定して極低温における圧力較正を厳密に行なう必要がある。その為の技術的な困難を克服し、実用化に結びつけたいと考える。尚、本研究で開発した高圧技術はNMRや誘電率測定など他の物性測定手法にも利用できることから、汎用性も期待できる。また、本研究で行なった单一同軸線によるMHz帯のRF測定を行なうためには、圧力空間にRF信号をロスなく伝送する必要があり、インピーダンス整合された極細同軸線が必須であった。コアックス社との産学連携研究が本研究開発助成事業を成功へと導いたことを強調したい。

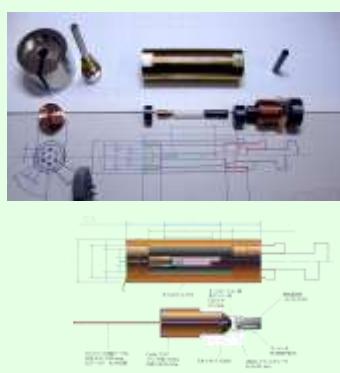


図1 ハイブリッド型ピストンシリンダセル

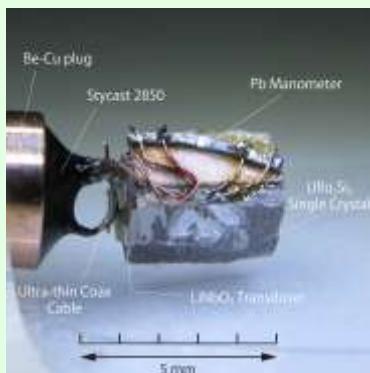


図2 圧力空間内の試料環境



図3 1. 2万気圧下の超音波エコー(上)
とインピーダンス(下)