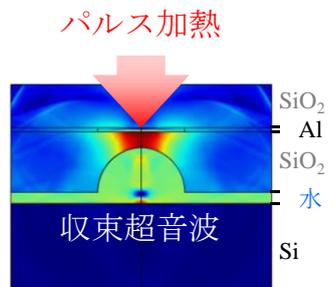


2022 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	長久保白
研究機関名	大阪大学
所属部署名	大学院工学研究科
役職名	助教
研究課題名	nm/サブ THz 領域における極限超音波技術の創出
研究実施期間	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本年度はナノ音響レンズ作製のため、収束イオンビーム (FIB) 加工を用いたレンズの試作および有限要素法を用いた超音波収束シミュレーション計算を行った。計算には COMSOL Multiphysics 5.4 の伝熱・固体力学・圧力音響モードを用いた。右図のような 2 次元 rz 軸対称ナノ音響レンズ系を作成し、Al ナノ薄膜にパルス幅 5-500 ps の瞬間的な熱流入を与えた。その後の変位・応力分布から超音波が収束する様子をシミュレーション計算した。その結果、図のように超音波が焦点位置において収束し、反射したのちに励起・検出点である Al 層まで戻り、変位・ひずみ応答にエコーが現れる様子を得た。Si 部分を試料と定義し、試料の音響インピーダンス、高さ位置、表面形状を変更しながらエコーの応答を評価した。また同様の断面形状を有する 2 次元 xy モデルも作成し、凹凸試料の平行移動に伴うエコー振幅の変化も評価した。これらのシミュレーション計算の結果からレンズ形状・寸法と励起超音波の周波数に応じて分解能を評価する基盤を構築した。



そのうえで焦点位置 600 nm 程度の SiO₂ レンズを FIB によって作製した。レンズ形状を 2 次元グレースケール画像に変換し、Ga をイオン源とする FIB 装置によって加速電圧 30 kV、電流 1 pA、ドーズ量を 0.5-4.0 nC/ μm^2 の条件で加工した。加工痕を AFM 観察により評価した結果、ドーズ量により応じて加工深さを線形的に制御することができることを実証した一方、焦点調整などの度合いによっても加工深さは変化したため、再現性を持って理想的な球形を仕上げるために加工条件の追究を今後も継続して行う。

そのほか非同期ピコ秒超音波法の改良に向けた新たなレーザシステムの選定や同期信号の改良を行ったほか、高磁場・極低温環境下における多層グラフェン中の超高速電子・格子励起過程の外部磁場依存性、音速・弾性率・音響減衰率の温度・外部磁場依存性などを評価することを達成した。