

2024 年度年次報告書

物質探索空間の拡大による未来材料の創製

2022 年度採択研究代表者

伊藤 佑介

東京大学 大学院工学系研究科

講師

圧力・温度場の時空間的局在化によるメカノケミストリーの開拓

研究成果の概要

本研究では、高圧と高速冷却を同時に実現する反応場を創出することで、新材料の創製を目指している。本年度は、1. 衝撃波の立ち上がりの初期過程の解明、2. 低温環境下での高圧物質創成、の 2 項目について取り組んだ。これらに加え、指導している学生をさがし領域内研究者のもとへ国内留学させ、共同研究を進めている。

1. 衝撃波の立ち上がりの初期過程の解明

フェムト秒レーザーを固体材料に照射することで衝撃波が生成することが知られているが、その立ち上がりにおける最初期の過程は明らかとなっていない。本研究では、時間分解撮像法とマイケルソン干渉計を組み合わせることにより、衝撃波生成の最初期過程を捉えることに成功した。この手法により、材料表面の変形過程の、ピコ秒スケールかつナノメートルスケールでの精密観察が実現した。その結果、レーザー照射の 0.5 ピコ秒以内に、100 km/s を超える超高速で材料の変形することを明らかにした。また、前年度に開発した応力分布計測法と数値計算を用いることで、衝撃波がナノ秒スケールで伝搬する際に引張応力が生成するメカニズムを明らかにした。

2. 低温環境下での高圧物質創成

液体窒素温度で実験できる環境を整えるためにクライオスタットを導入した。この液体窒素温度下で InSb 試料に対しフェムト秒レーザーを照射した結果、金属光沢を伴う物質相を凍結できることを確認した。InSb の高圧相は金属であることが知られているため、フェムト秒レーザー駆動衝撃波により、高圧物質相が凍結された可能性が考えられる。さらに、この金属光沢領域は、昇温に伴い元の物質相へと回帰することが明らかとなった。このことから、金属光沢領域は、準安定相であることが示された。また、この物質相は高温環境下ですぐに元の物質相への回帰することから、優れたスイッチング性能を有することが示された。この性質は、書き換え可能な回路へと応用可能であると期待できる。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Mechanism and dynamics of transient and selective laser processing revealed through high-speed observation combined with precision timing control,” **Y. Ito**, G. Ren, and N. Sugita, *CIRP Annals*, in press.
- 2) “Three-dimensional shear stress measurement of stress waves in silica glass induced by a femtosecond laser,” K. Tokumi, J. Hattori, H. Sun, G. Ren, N. Sugita, and **Y. Ito**, *Optics Letters*, 50(8), 2522–2525 (2025).
- 3) “Mechanism of laser-induced self-deposition of nanoparticles identified by in situ observation,” L. Chen, K. Matsuda, **Y. Ito**, H. Sun, N. Sugita, M. Nakao, and K. Nagato, *Laser & Photonics Reviews*, 19, 2400388 (2024).
- 4) “Ultrafast dynamics and internal processing mechanism of silica glass under double-pulse femtosecond laser irradiation,” G. Ren, **Y. Ito**, R. Yoshizaki, H. Sun, J. Hattori, and N. Sugita, *Optics Express*, 32(18), 32408–32420 (2024).
- 5) “Narrowband 10-ps-class mode-locked erbium-doped fiber laser oscillator,” G. Ren, A. Eilanlou, **Y. Ito**, N. Sugita, A. Iwasaki, *Optics Communications*, 570, 130888 (2024).