

MoTe₂における光誘起テルル析出

Photo-induced Tellurium segregation in MoTe₂

M20海自42

派遣先 相変化及びオブシンスキー効果に関するヨーロッパシンポジウム
イギリス・オックスフォード(オンライン)

期 間 2021年9月13日～2021年9月15日(3日間)

申請者 筑波大学 理工情報生命学術院

博士後期課程1年 福 田 拓 未

海外における研究活動状況

研究目的

遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)は2次元層状物質であり、原子1個分の厚みで動作するデバイス材料として注目されている。TMDCであるMoTe₂という化学組成には、3つの多形構造相が存在し、光によって半導体-金属相転移が可逆的に操作できることが期待されている。本研究では、熱の効果が単色レーザーより少ないフェムト秒パルスレーザーの照射で、MoTe₂の構造変化を評価することを目的とした。

海外における研究活動報告

E/PCOSは2001年より毎年ヨーロッパで開催され、相変化材料及び物質の相変化に関する技術や応用に関する研究報告を広く取り扱う国際会議である。相変化材料とは、物質の多形構造相やアモルファス相など特徴的な二つ以上の電子的な性質の異なる安定かつ可逆変化可能な相を持つ材料のことで、二相の電気・光学特性の違いを利用して記憶媒体へ活用されてきた歴史を持つ。今回E/PCOS 2021は、新型コロナウイルス(COVID-19)の感染拡大によって中止となったE/PCOS 2020(英・オック

スフォード大学にて開催予定)を1年間延期し、20年の歴史上初めてオンラインにて開催となった。本年はポスター発表40件・口頭発表45件と異例の発表数となり、当初2日間の日程を3日間に延長する措置が取られた。オンライン発表は、口頭発表においてはイベントアプリ「Whova」によって、ポスター発表においてはオンラインビデオ通話スペース「Gather.Town」によって進行が行われた。本学会では、代表的な相変化材料であるGe₂Sb₂Te₅などのカルコゲン物質を中心に、近年の研究の発展が議論されていた。また、IBMを始めとした企業の発表者や聴講者の割合が高く、相変化材料の産業的な興味は依然として衰えていないことが伺えた。しかし、1つの化学組成で複数の結晶構造を示す遷移金属ダイカルコゲナイド(以下、TMDC)は、相変化材料のコミュニティではまだ市民権を得られていない様子であった。Ge₂Sb₂Te₅についての研究発表が大多数を占める中、TMDCに関するポスター発表はアウェイにも感じられたが、新たな物質の相変化現象について関心を持ってもらう絶好の機会であった。

ポスター発表では、TMDCであるMoTe₂におけるフェムト秒パルスレーザー照射によるテルル析出現象について報告を行った。MoTe₂は3

つの結晶構造(半導体2H相、半金属1T'相、ワイル半金属T_d相)を有しており、相変化材料として有望である。レーザー光を用いた2H相と1T'相の可逆的な構造変化を操作する「構造パターンニング技術」は、次世代の集積回路技術として期待されている。しかし、単色レーザーを用いると、連続的な光照射による発熱の影響でテルルが析出してしまい、望んでいる2H相と1T'相間の構造変化が阻害されることが報告されている。そこで、フェムト秒パルスレーザーのような一瞬だけ強い光電場を用いれば、の発熱を抑制した構造変化が実現できると考えた。そこで、様々な条件のフェムト秒パルスレーザー光を2H相と1T'相のMoTe₂試料それぞれに破壊閾値程度の強度で照射し、照射後のコヒーレントフォノン信号の解析によって構造変化を明らかにした。その結果、波長およそ800 nmの条件での光照射後、両構造相のコヒーレントフォノン信号にテルル由来のフォノン周波数ピークが出現した。これは、光照射した部分が大気中の酸素と反応し、モリブデン酸化物とテルルに分解された結果、試料表面にテルルが析出したことが原因であると考えられる。さらに、パルスレーザーの繰り返し周波数や波長の条件によってテルル析出が抑制されることがわかった。現段階では、半導体2H相と半金属1T'相間の構造相転移は観測されなかったが、期待される構造変化を観測するためには、試料の表面にSiO₂等の酸化防止膜の設置や、照射するフェムト秒パルスレーザーの条件を調整する必要があることを明らかにした

点に、本研究の価値がある。

発表中には、多くの研究者や博士学生たちと積極的に議論を行った。相変化材料の研究者らにとっては珍しい物質と測定法を用いた研究で、はっきりとテルル析出に際する構造変化が見えていて面白いと関心をもっていただいた。また、構造変化に関する他の評価方法(走査型電子顕微鏡測定、元素組成分析)を提案してもらい、実際に行うことでさらに知見が深まった。

以上のように、E/PCOS2021参加を通じて、相変化材料の基礎と応用に関する知識を深めることができた上に、当コミュニティ内に新たな研究成果を発表することができた。さらに、本研究成果は*physica status solidi RRL*誌に採択され、論文掲載に至った。学会参加のためにご支援いただいた村田学術振興財団に深く感謝申し上げます。

この派遣の研究成果等を発表した
著書、論文、報告書の書名・講演題目

[講演題目]

T. Fukuda, R. Kaburauchi, Y. Saito, K. Makino, P. Fons, K. Ueno, and M. Hase, "Photo-induced Tellurium segregation in MoTe₂", European Phase-Change and Ovonic symposium (E/PCOS2021), 2021

[発表論文]

T. Fukuda, R. Kaburauchi, Y. Saito, K. Makino, P. Fons, K. Ueno, and M. Hase, "Photo-induced Tellurium segregation in MoTe₂", *Phys. Status Solidi Rapid Res. Lett.*, (2022), in press