

フェムト秒レーザによるエッチングで生じる、テルライトガラスの驚きの変化

スイス連邦工科大ローザンヌ校 (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne : EPFL) と東京工業大の科学者チームは、高エネルギーのフェムト秒レーザ光の超高速パルスを照射すると、テルライトガラス中の原子がどのように再編成されるかを調べていた時に、テルライトガラスを半導体材料に転換する方法を発見した(図1)。

これは素晴らしい発見である。日光にさらされた半導体材料は電気を生成することが可能で、窓を単一材料の光ハーベスティングおよびセンシングデバイスに転換するという、とてつもない可能性を秘めているためである。

何がこの取り組みのきっかけになったのか。「全くの偶然だった」と、マイクロエンジニアリング教授でEPFLのガラテア研究所 (Galatea Lab) の所長を務めるイブ・ベロアード氏 (Yves Bellouard) は言う。

テルライトガラスに対する同チームの関心は、「フェムト秒レーザを照射したときに、シリカ、テルライト、サフ

ァイア、SiN_xなどの特定の基板で観察される超高速結晶化現象など、レーザ材料加工時のナノスケールでの自己組織化を支配する、基本的なメカニズムの理解に関する一般的な疑問に関連していた」と、ベロアード氏は述べた。

ガラテア研究所に勤務するゴズデン・トルン氏 (Gözden Torun) は、自身の博士論文の一環として、ガラス内の自己組織化過程に関する理解を深めようとしていた時に、「ガラス表面に半導体テルルナノ結晶相が形成されるという、偶然ながらも素晴らしい発見をした。この発見が、光伝導性の可能性を探るというアイデアと、潜在的な光エネルギーハーベスティングデバイスに関連するわれわれの取り組みのきっかけとなった」と、ベロアード氏は述べた。

トルン氏は、東京工業大のチームが作成したテルライトガラスを使用し、フェムト秒レーザでそのガラスを改質してその効果を分析している時に、この発見に遭遇した。直径1cmのテルライトガラスの表面に単純なラインパターンをエッチングした後に、紫外光と可視スペクトルを当てると電流が発生し、それが数ヶ月にわたって確実に維持されることを、同氏は発見した(図2)。

フェムト秒レーザの魔法

フェムト秒レーザは、多光子吸収過程によって開始される、局所的なイオン化現象を引き起こし、この現象はアバランシェイオン化やトンネルイオン化のように、その後の連鎖的な事象によってさらに増幅される。

「要するに、材料の内部構造が「破

壊」され、最初の(「ガラス状」か否かにかかわらず)準安定な状態よりも安定した材料相を再形成するための条件が作り出される状態になる。テルライトガラスの場合は、構造が再形成されるときにフェムト秒レーザを照射すると、テルル原子のクラスタからなるシートが形成され、やがてガラス相が分解してテルライトナノ結晶に成長することを、トルン氏は観察した」と、ベロアード氏は説明した。

「同氏が純粋なテルル相形成、すなわち、ガラス材料の中に埋め込まれた半導体を発見したのは、最も偶然の産物だった」と、ベロアード氏は付け加えた。

複数の材料を使ってデバイスを作成するのではなく、同チームは、レーザで材料を局所的に変換して、変換領域が元の材料とは異なる振る舞いを示すようにすることができる。「最初の材料は導電性ではなく、光子を採取することもできない。しかし、フェムト秒レーザによって変換すると、局所的に全く異なる振る舞いを示すようになる。この処理にレーザを使用することの重要な点は、変換の局所化が可能で、任意のパターンを材料にスクライプしてデバイスを形成できることにある」と、ベロアード氏は述べた。

経済的な観点からは、追加の材料を必要としないため、工程が簡素化され、コストが抑えられる。また、レーザを使用すれば、レーザビームで表面を走査するだけであるため、あらゆる種類やサイズの基板に対応できる。

デバイスの性能を高めて、概念検証のための探索段階にあるこの研究を産

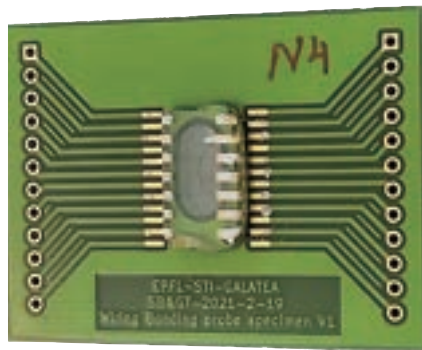


図1 研究者らは、フェムト秒レーザで半導体パターンをエッチングすることにより、テルライトガラスを透明な光エネルギーハーベスタに転換する(画像提供:EPFL/トルン氏)

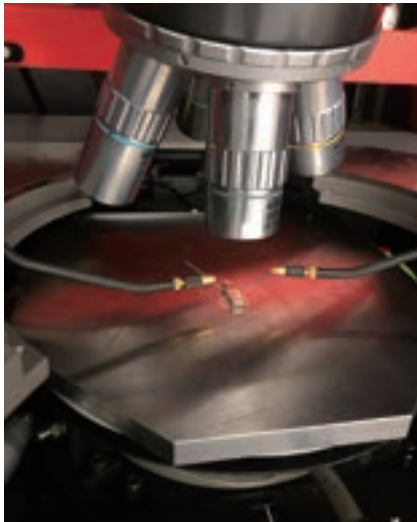


図2 レーザでラインを書き込んだテルライトガラスをプローブステーションでテストする様子(画像提供:EPFL/トルン氏)

業用プロセスに転換するには、基礎と

なるナノ結晶化メカニズムをより深く理解するための、さらなる取り組みがまだ必要であることを、ペロアード氏は指摘した。

しかし、特定の波長やスペクトル範囲における光の存在の検出や定量化を必要とする複数の潜在的なフォトニクス用途や、光を採取できる窓など、このチームの取り組みが役立つ可能性のある分野が存在する。

「1つの大きな課題は、入射光を吸収する改質ゾーンを、肉眼では見えない領域にすることである。そうすることで窓の機能が維持される。人々は窓の向こう側をはっきりと見ることができ、ガラスの美的機能は保たれる」と、ペロアード氏は述べた。

ガラテア研究所では、機能とシステム統合の観点から、ウルトラファーストレーザによる材料変換の研究を行っている。「われわれは一般的に、レーザ誘起による材料中の結晶相の形成、アモルファス化、またはさまざまな種類の基板の自己組織化構造について研究している。われわれの主な研究目標の1つは、それらのアプローチを一般化して、電気的機能、光子処理、熱機械特性の調整といった機械的機能など、他の種類の機能や特性を実現することである」と、ペロアード氏は述べた。

テルライトに対する同チームの現時点の主な目標は、予備的な概念実証のプロセスを改良することである。

(Sally Cole Johnson)

LFWJ



THE FUTURE DEPENDS ON OPTICS™

特注のレーザーオプティクスをお探しですか？



LASER OPTICS
by EDMUND

- コーティング、素子、およびアッセンブリ品
- 最先端の計測技術
- 専門スタッフがご相談に応じます



エドモンド・オプティクス・ジャパン株式会社
〒113-0021 東京都文京区本駒込2-29-24
パシフィックスクエア千石 4F
TEL: 03-3944-6210 E-mail: sales@edmundoptics.jp



詳しい情報はこちらへ:
www.edmundoptics.jp/094-8157