

周期構造はなぜできるのか？使える形状にできるのか？

Why is periodic structure formed? Can we make a suitable shape for application?

東京農工大 °宮地 悟代

Tokyo University of Agriculture and Technology, °Godai Miyaji

E-mail: gmiyaji@cc.tuat.ac.jp

レーザー光をレンズなどで集光すると、固体表面または内部の微細領域を簡単に破壊または接合することができる。そのため、レーザーは現在産業分野では欠かせない加工ツールとなっている。本シンポジウムで取り上げる「レーザー誘起周期構造生成」は、レーザーパルスを固体に繰り返し照射したときに現れる。加工形状を乱すものとして時には厄介者扱いされるが、筆者は積極的に有効利用しようとしている一人である。

レーザーが発明されてから 5 年後、M.Birnbaum 博士はレーザー光を照射した Ge 基板表面に数 μm サイズの周期構造が生成されていることを発見した[1]。それ以降、種々のレーザー照射条件や材料で周期構造生成が数多く報告され、物理メカニズムに関する議論が起こった。1980 年代には、入射光と表面散乱波の干渉[2]や、表面散乱波の局在[3]で説明する理論が、これまでに観測されてきた周期サイズとよく一致していたため、この議論は一旦収束した。ちなみに、Ref.2 の著者の一人は、レーザーの教科書「Lasers」の著者としても有名な A.E.Siegman 博士である。

再びこの現象に注目が集まるのはその約 20 年後である。フェムト秒レーザーを用いると、これまでの理論では説明できない周期サイズ（サブ μm ）の構造が形成されることが、全世界的にほぼ同時期に報告された（筆者が所属していた研究グループもその一つだが、固体表面では CaF_2 [4]、内部ではガラス[5]の報告が初めてではないだろうか）。その後数多くの観測結果が報告され、物理メカニズムの解明に関する議論は今でも活発ではあるが、あるレーザー照射条件で現れる周期構造の物理メカニズムについては明らかとなりつつある。

筆者はこの物理メカニズム解明を長らく行ってきた研究者の一人であり、明らかにした物理メカニズムを用いて形状の制御も同時に行ってきた。レーザー加工の良い特徴を持ちつつも、光の回折限界を超えた空間分解能（最小で数 10 nm）で物質を加工できることから、うまく使いこなせばこの現象でしか実現できないような応用に利用することができる。講演では現象の概観と筆者らが明らかにしてきたこと、今後の展望について述べる。スペースの都合上、本予稿には筆者らの成果について書くことができなかったが、筆者のホームページに掲載されている文献[6]と、技術紹介ビデオ[7]を参照いただきたい。

[1] M.Birnbaum, J. Appl. Phys. 36, 3688 (1965).

[2] Z.Guoshen, P.M.Fauchet, and A.E.Siegman, Phys. Rev. B 26, 5366 (1982).

[3] J.E.Sipe, J.F.Young, J.S.Preston, and H.M.van Driel, Phys. Rev. B 27 1141(1983).

[4] F.Costache, M.Henyk, and J.Reif, Appl. Surf. Sci. 186, 352 (2002).

[5] Y.Shimotsuma, P.G.Kazansky, J.Qiu, and K.Hirao, Phys. Rev. Lett. 91, 247405 (2003).

[6] https://miyalab.themedia.jp/pages/1056283/page_201706101434

[7] <https://www.youtube.com/watch?v=9EDYUSmqkQ>