半導体内部への誘起ナノ周期構造形成

Photoinduced periodic nanostructures embedded in semiconductors

○下間 靖彦 [1]、清 智明 [1]、坂倉 政明 [2]、三浦 清貴 [1]（1. 京大工、2. 京大産連）

°Yasuhiko Shimotsuma[1], Tomoaki Sei[1], Masaaki Sakakura[2], Kiyotaka Miura[1] (1.Kyoto Univ., 2.Kyoto Univ. SACI)

E-mail: yshimo@func.mc.kyoyo-u.ac.jp

近年の高強度超短パルスレーザー装置の進歩によって、レーザー手術、光集積回路、光ファイバー、光ストレージ、3 次元ナノ構造形成をはじめとした新しい技術分野が開花した[1,2]。一方で、材料に酸素欠乏欠陥などの構造欠陥を導入することで、イオン伝導や導電率、発光特性、複屈折などの光学異方性といった材料の基本的な特性を左右することが知られている。フェムト秒レーザーの集光照射によって、石英ガラス内部に酸素欠乏欠陥がナノスケールで自己組織化したナノ周期構造が誘起されるメカニズムが提案されているが[3, 4]、現在もなお、特定の物質のみ形成可能であることが、ナノ周期構造の応用拡大を阻む課題である。さらに、材料内部におけるレーザー誘起電子ダイナミクスは詳細に検討されているものの[5]、ナノ周期構造形成時における欠陥の自己組織化過程は十分に理解できていない。そこで我々は、形成過程を解明する第一歩として、ナノ周期構造形成が可能なものとそうでないものを系統的に分類した（Fig. 1）。これまでに我々は、SiO_2 ガラスや GeO_2 ガラスだけでなく、単結晶 Si（c-Si）内部においてナノ周期構造形成を確認し、報告した[6]。ガラスの場合、自己束縛励起子（STE）から欠陥準位への無輻射緩和過程（数十～数百 ps）がナノ周期構造形成過程に関与していると考えられ[7]、一方、半導体の場合は、バンド構造が関与していると考えた。c-Si（ダイヤモンド型、E_g = 1.11 eV）におけるナノ周期構造はナノスケールで結晶構造が歪んだ“歪みシリコン”から成ることを様々な測定結果から推測した。また、c-Si と同じ間接遷移型半導体である GaP 結晶（閃亜鉛鉱型、E_g = 2.26 eV）内部においても、ナノ周期構造形成を確認した。一方、直接遷移型である GaAs 結晶（閃亜鉛鉱型、E_g = 1.43 eV）や GaN 結晶（ウルツ鉱型、E_g = 3.36 eV）の内部ではナノ周期構造を形成できなかった。これまでに間接遷移型半導体でのみ、ナノ周期構造形成を経験的に確認した。一般に間接遷移型半導体において励起された電子はフォノンを介して無輻射緩和される（数百 ps）が、この比較的長い無輻射緩和過程がガラスの場合との類似点であり、ナノ周期構造形成に必要な過程であると推測している。

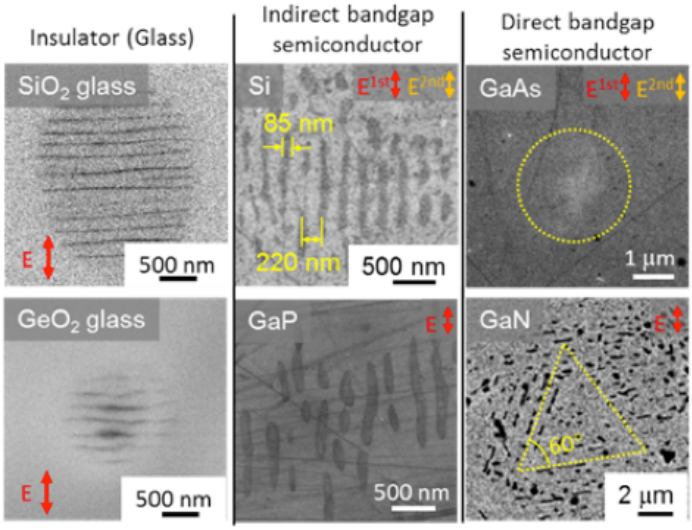

Fig. 1 Backscattering electron images of photo-induced structures embedded in various materials.

参考文献
[1] K. M. Davis, et al., *Opt. Lett.* **21**, 1729 (1996).
[2] Y. Shimotsuma , et al., *Adv. Mater.* **22**, 4039 (2010).
[3] Y. Shimotsuma, et al., *Phys. Rev. Lett.* **91**, 247405 (2003).
[4] V. R. Bhardwaj, et al., *Phys. Rev. Lett.* **96**, 057404 (2006).
[5] M. Lancry, et al., *Phys. Rev. B* **84**, 245103 (2011).
[6] M. Mori, et al., Phys. Status Solidi A 212,715 (2015).
[7] S. Richter, et al., *J. Laser Appl.* **24**, 042008 (2012).

© 2015年 応用物理学会