

イオン照射形成欠陥によるコヒーレントフォノン励起・緩和過程への効果

The effect on coherent phonon excitation and relaxation processes by ion irradiation induced defects

筑波大数理物質¹, 産総研デバイス技術² ○(M2) 市川 卓人¹, 齊藤 雄太², 長谷 宗明¹

Univ. of Tsukuba¹, AIST D-Tech², ○Takuto Ichikawa¹, Yuta Saito², Muneaki Hase¹

E-mail: s1920300@s.tsukuba.ac.jp

フェムト秒レーザーパルスを固体に照射すると、巨視的に位相が揃った格子振動（コヒーレントフォノン:CP）が励起でき、共通のメカニズムで励起・緩和が進行する。現在、CPはラマン分光では計測が困難な物性のマーカーとして多様な系への展開が進められている。イオン照射による欠陥の形成は、一般に電氣的・光学的特性を変調させるため実用上重要な系として知られている一方で、欠陥によるCPへの影響に関しては十分な解明がなされていない。我々は、透明となる波長帯が広く、かつ、振幅が大きいCPを発生する半導体GaP(間接バンドギャップ: 2.3 eV)に着目し、CP測定からGa⁺集束イオンビーム(FIB)によって形成される点欠陥の評価を進めてきた[1]。本講演では、イオン照射によりCPの緩和時間の延伸が見られ、その結果は直接的な点欠陥とCPの相互作用だけでなく、欠陥準位を介した励起過程も考慮することで説明され得ることを見出したので報告する[2]。

実験には、Non-doped GaP(001)結晶表面に30 keVのGa⁺イオンを異なるドーズ量で照射したものを用いた。ドーズ量は 1×10^{13} , 2×10^{13} , 4×10^{13} , 8×10^{13} Ga⁺/cm²の4種類である。CPの測定は、Fig.1に示すようなポンプ-プローブ分光をベースに反射型電気光学(EO)サンプリングにより行った。光源は中心波長830 nm (1.49 eV)、パルス幅30 fsのmode-locked Ti-sapphireレーザーであり、この条件では電子の実励起を伴わずに励起されるCPが主となる。

GaPのLOフォノン(約12 THz)を計測した結果をFig.2(a)-(c)に示し、線形チャープ項を含む減衰振動関数のフィッティングにより得られた緩和時間 τ をFig.2(d)に示す。ドーズ量の増加に伴ってCPの緩和時間は8.3 psから9.0 psに延伸しており、通常予測される点欠陥-フォノン相互作用の効果とは真逆の結果となった。これは点欠陥準位により励起キャリアが減少した結果、キャリア-フォノン相互作用が小さくなり、全体として散乱の効果が小さくなったためであると考えられる。講演では、2光子吸収によるキャリアの実励起の評価、TRIMコードを用いた点欠陥の評価も含めて、欠陥によるCPへの影響に関して詳細な議論を行う。

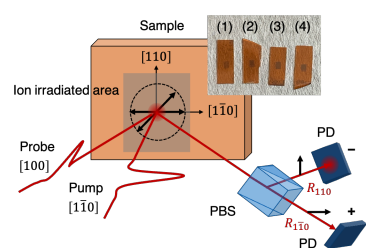


Fig. 1: Experimental setup. (PBS: polarizing beam splitter, PD: photodetector) The inset photograph shows the Ga⁺ ion irradiated GaP samples using FIB for (1) 1.0×10^{13} Ga⁺/cm², (2) 2.0×10^{13} Ga⁺/cm², (3) 4.0×10^{13} Ga⁺/cm², and (4) 8.0×10^{13} Ga⁺/cm².

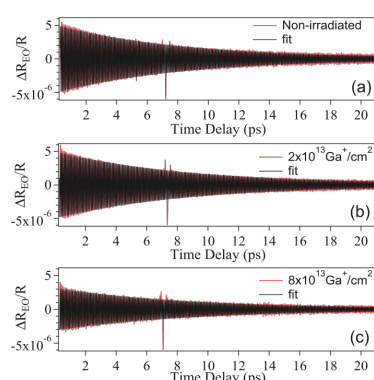
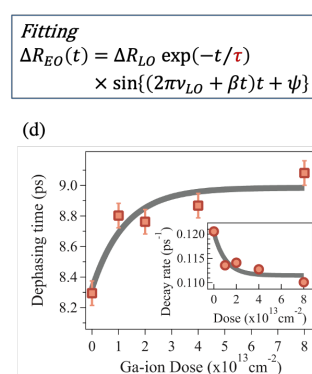


Fig. 2: Time domain signals of CP in GaP observed for (a) non-irradiated, (b) 2.0×10^{13} Ga⁺/cm², and (c) 8.0×10^{13} Ga⁺/cm². The black lines represent the fit. (d) Dephasing time τ (inset: the decay rate τ^{-1}) of the CP as a function of Ga⁺ dose.



本研究は、産総研イノベーションスクール育成費およびJST-CREST(JPMJCR1875)の支援を受けた。

[1] 市川卓人 他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 14a-PB3-2 (2020).

[2] T. Ichikawa, Y. Saito, and M. Hase, AIP Adv. **10**, 105117 (2020).