

GaN 半導体を用いたペタヘルツ光学動作

Demonstration of petahertz driving using GaN semiconductor

増子 拓紀¹、小栗 克弥¹、山口 量彦^{1,2}、須田 亮²、後藤 秀樹¹

(1. NTT 物性基礎研、2. 東京理科大)

○Hiroki Mashiko¹, Katsuya Oguri¹, Tomohiko Yamaguchi^{1,2}, Akira Suda², Hideki Gotoh¹

(1. NTT Basic Research Labs., 2. Tokyo Univ. of Science)

E-mail: mashiko.hiroki@lab.ntt.co.jp

現在の情報社会を支える電子・光応答デバイスの信号処理速度は、半導体中における物理応答特性に寄与し、その動作周波数は数 THz に達する[1]。更なる PHz 級の超高周波応答を実現するためには、現在のラジオ周波数帯のマイクロ波動作から、光周波数帯の光学動作へと移行することが得策である。しかしながら、PHz 級の応答特性を計測するためには、アト秒 (10^{-18} 秒: as) レベルの時間分解能が求められる。我々は、単一アト秒パルスを用いた計測により、窒化ガリウム (GaN) 半導体において PHz 周波数を伴う光学動作現象を観測したので報告する。

図 1 (a)に実験概要を示す。ウルツ鉱型 GaN[0001]真性半導体 (厚さ: 102 nm、バンドギャップ: 3.35 eV) に対し、真空紫外単一アト秒パルス (パルス幅: 660 as、スペクトル帯域: 17-24 eV) と近赤外フェムト秒パルス (パルス幅: 7 fs、中心光子エネルギー: 1.6 eV、集光強度: 1×10^{10} W/cm²) を用いた過渡吸収分光計測を行った。図 2(b)は、近赤外パルスにより変化する相対吸光度 (ΔOD) を示す。近赤外パルスの 3 光子過程により、電子は価電子帯から伝導帯へと遷移され、バンド間分極を誘起する。コヒーレントな広帯域スペクトルを有する単一アト秒

パルスは、バンド間分極に伴う量子干渉効果の観測を可能とし、双極子振動の直接計測が行える。図 2(c)にラインプロファイルを示す。双極子振動の周期は 860 as に達し、相当する周波数は 1.16 PHz である。原理上、この超高速現象は、半導体中において導電率をアト秒時間で変化することに相当し、PHz 動作周波数を超える光応答デバイスの実現を示唆している。

[1] X. Mei et al., IEEE Elec. Dev. Lett. 36, 327 (2015).

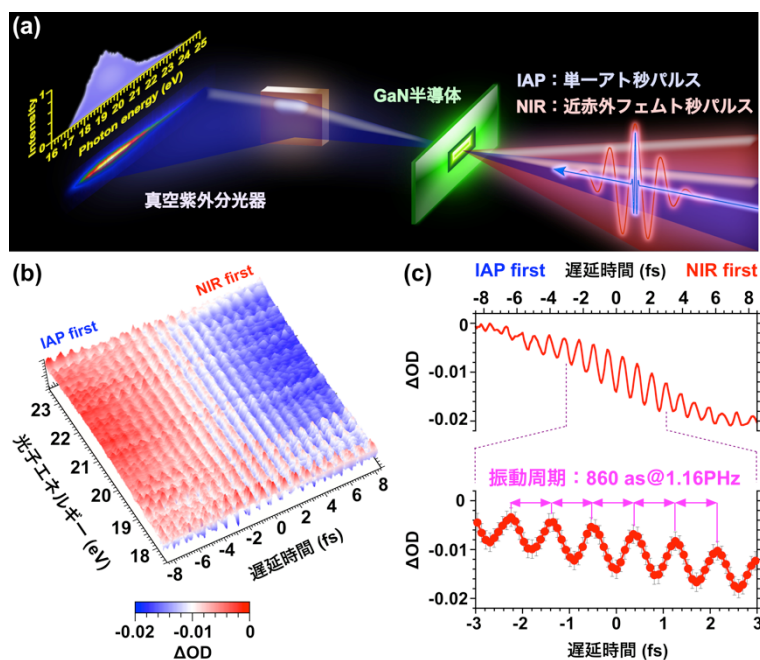


図 1 GaN 半導体における PHz 光学動作。(a)実験概要図。(b)過渡吸収分光により計測された相対吸光度 (ΔOD)。(c)ラインプロファイル[(b)の光子エネルギー軸を積算]。