

THz 光ドレスト励起子を利用したサブサイクル光学変調

Sub-cycle optical modulation by using THz-photon-dressed excitonic state

京大 iCeMS¹, 京大院理², 量子科学技術開発機構³,産総研⁴, 東大物性研⁵, プリンストン大⁶, JST-PRESTO⁷○内田健人^{1,2}, 乙部智仁³, 望月敏光⁴, 金昌秀⁵, 吉田正裕⁵, 秋山英文⁵,L.N.Pfeiffer⁶, K. W. West⁷, 田中耕一郎^{1,2}, 廣理英基^{1,7}iCeMS, Kyoto Univ.¹, Dept. Phys. Kyoto Univ.², QST³, AIST⁴,ISSP, Univ. of Tokyo⁵, Princeton Univ.⁶, JST-PRESTO⁷K. Uchida^{1,2}, T. Otohe³, T. Mochizuki⁴, C. Kim⁵, M. Yoshita⁵, H. Akiyama⁵,L. N. Pfeiffer⁶, K. W. West⁶, K. Tanaka^{1,2}, and H. Hirori^{1,7}

E-mail: k.uchida@scphys.kyoto-u.ac.jp

エレクトロニクス技術の高周波極限であるテラヘルツ (THz) 周波数帯で動作する高速光変調素子の実現には、THz 光電場下での固体中電子系の光学応答の理解が重要である。特に、半導体中の励起子は大きな振動子強度をもち THz 光と強く相互作用するため、大きな光学変調が期待される。先行研究では THz 光照射下で励起子共鳴光の高次サイドバンド生成が観測されているが[1]、励起子のコヒーレンスがサイドバンド放射に主要な役割を果たしているかどうかは解明されておらず、実際にコヒーレントな光変調に利用可能であるかは明らかでない。本研究では、位相安定な狭帯域 THz 光源を利用することで励起子のサブサイクル応答を観測し、THz 光と励起子が強く結合したドレスト状態[2]がコヒーレントな光学応答の起源であることを明らかにした。

図 1(a)は Ti:sapphire レーザーを光源としてパルス面傾斜法[3]で発生させた THz 電場時間波形の一部である。図 1(b)と(c)で示すように、THz 光電場に対する GaAs 量子井戸の励起子吸収変化を、THz 周期以下の時間分解能 (100fs) で測定し[4]、THz 周期($2\pi/\omega_{\text{THz}}$)より高速なサブサイクル振動を観測した。この振動は THz 周波数の偶数倍高調波成分をもち、その振幅スペクトルはドレスト状態のエネルギー位置にピーク構造を持つことがわかった。理論解析により、サブサイクル応答はドレスト状態からのサイドバンド再放射とプローブ光との干渉に起因することが示された[5]。本結果は、励起子サイドバンド放射が THz 光の位相を反映しており THz 帯の光コムなど高速光学変調素子に利用できることを示している。

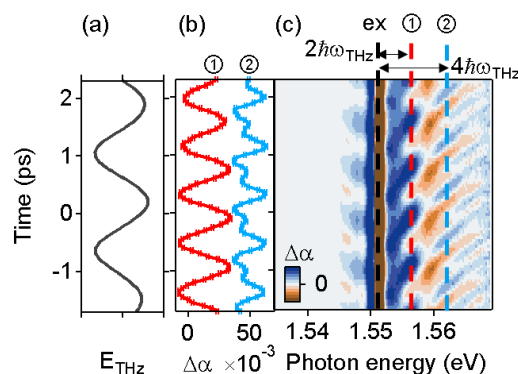
[1] B. Zaks *et al.*, Nature **483**, 580 (2012).[2] T. Otohe *et al.*, Phys. Rev. B **93**, 045124 (2016).[3] H. Hirori *et al.*, Appl. Phys. Lett. **98**, 091106 (2011).[4] K. Uchida *et al.*, Appl. Phys. Lett. **107**, 221106 (2015).[5] K. Uchida *et al.*, submitted for a publication.

Figure 1: (a) Temporal profile of THz pulse. (b) Absorption changes ($\Delta\alpha$) as a function of time delay sliced at photon energies indicated by dashed lines in (c). (c) $\Delta\alpha$ spectrum as a function of time delay. Dashed lines respectively indicate excitonic resonance (ex; black), $\text{ex}+2\hbar\omega_{\text{THz}}$ (red), and $\text{ex}+4\hbar\omega_{\text{THz}}$ (blue).