

THzポンプ-THzプローブ分光を用いた非平衡BCS超伝導状態の 超高速ダイナミクスの研究

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 松永隆佑

meV 程度のエネルギー帯には固体物性を特徴づける様々な素励起が存在している。近年のテラヘルツ(THz)分光技術の進展によって、この1 THz(~4 meV)程度のエネルギースケールにおける物理現象の研究が大きく進展した。さらに最近では、1 MV/cm 級の非常に強い電場尖頭値を持つ高強度 THz パルス発生技術が飛躍的に進歩し、THz 領域における光と物質の非線形な相互作用に大きな注目が集まっている。

我々は、強い THz 波照射によって物質の性質を大きく変化させて可視光ではなしえない非平衡状態を誘起し、その超高速ダイナミクスを THz 帯の光学応答を通して観測する「THz ポンプ-THz プローブ分光」に取り組んできた。本講演では、これを用いた非平衡 BCS 超伝導状態の超高速ダイナミクスの研究[1]、特に、THz パルスによって誘起される BCS 状態のヒッグスモードの観測[2]に関する我々の研究成果を紹介する。

BCS 状態に対して非断熱的に励起を行った場合、つまりオーダーパラメーター Δ の逆数で与えられる応答時間($\tau_{\Delta} \sim h/\Delta$)よりも短い時間スケールで瞬時的な摂動を与えた場合に、オーダーパラメーターの振幅モードが誘起されることが理論的に予測されている。これは近年ではヒッグスモードとも呼ばれ、自発的対称性の破れに付随して生じる集団励起モードである。BCS 状態におけるギャップエネルギーは典型的には THz 領域にある。そのため高強度 THz パルスを用いて強く励起することで、余剰エネルギーによる格子系の加熱を伴うことなく、電子系のみを瞬時に励起することができる[1]。我々は、*s* 波 BCS 超伝導体 $\text{Nb}_{1-x}\text{Ti}_x\text{N}$ に対してパルス幅 1.5ps 程度のモノサイクル高強度 THz パルスを照射し、その超高速ダイナミクスを THz 帯の電磁波応答を通して調べた。ポンプ THz パルスが過ぎ去った後、プローブ電場に明瞭な減衰振動が現れることが分かった。この振動は、予測されたヒッグスモードの振る舞いとよく一致する[2]。

本講演は同専攻の島野亮准教授、濱田裕紀氏、杉岡新氏、藤田浩之氏、同専攻の青木秀夫教授と辻直人助教、情報通信研究機構の王鎮氏、寺井弘高氏、牧瀬圭正氏、及び国立天文台の鵜澤佳徳准教授との共同研究に基づくものである。

[1] R. Matsunaga and R. Shimano, Phys. Rev. Lett. **109**, 187002 (2012).

[2] R. Matsunaga, Y. I. Hamada, K. Makise, Y. Uzawa, H. Terai, Z. Wang, and R. Shimano, Phys. Rev. Lett. **111**, 057002 (2013).