

高強度レーザー場によって駆動される固体中多電子状態ダイナミクスの 波動関数論的アプローチ

Wave function approach for multi-electron dynamics in solids driven by intense laser field

東大院理¹, 東大院工² ○池町 拓也¹, 篠原 康², 佐藤 健², 石川 顕一²,
湯本 潤司¹, 五神 真¹

Univ. Tokyo, School of Science¹, Univ. Tokyo, School of Engineering² ○Takuya Ikemachi¹, Yasushi
Shinohara², Takeshi Sato², Kenichi L. Ishikawa², Junji Yumoto¹, Makoto Kuwata-Gonokami¹

E-mail: ikemachi@gono.phys.s.u-tokyo.ac.jp

これまで高強度レーザー場と物質との非摂動領域の相互作用は主に原子分子に対して研究されてきたが、近年になって固体中の電子状態に対する研究が盛んに行われるようになってきている[1-3]。特に高強度レーザー場を照射した時に固体から高次高調波が発生することが実験的に報告され[4-6]、全光学的に物質の電子状態を調べる手段や新たな紫外光源への応用が期待されている。高強度レーザー場に駆動される電子状態のダイナミクスを理解するためには、高強度レーザー場中の時間依存多体問題を解く必要がある。我々は原子分子で大きな成功を収めている波動関数論的アプローチ[7-9]を固体へ応用することで、これを実現することを目指している。

本研究では、波動関数理論の最初の計算として、独立粒子近似のもとで時間依存シュレーディンガー方程式 (TDSE) を用いてシミュレーションを行った。一つの軌道に対する TDSE は

$$i \frac{\partial}{\partial t} \varphi_{nk}(x; t) = H(t) \varphi_{nk}(x; t), \quad H(t) = \frac{1}{2} \left(\frac{\nabla}{i} + A(t) \right)^2 + V(x)$$

で与えられる。ただし $A(t)$ はレーザー場のベクトルポテンシャルで、 $V(x)$ は周期ポテンシャル $V(x) = -V_0 \cos(2\pi x/a)$ である。Figure1 に、波長 $\lambda = 3200$ nm、強度 $I = 1.0 \times 10^{10} \sim 1.0 \times 10^{14}$ W/cm²、パルス幅 3 サイクル、 $\cos^4$ 型のエンベロープを持つパルスレーザー場を照射した時の電子のダイナミクスを計算して得られた高次高調波スペクトルを幾つかの強度に対して示す。気体からの高次高調波と比較して、特徴的な階段のようなプラトー構造が見られる。

[1] M. Schultze et al., Nature **493**, 75 (2013). [2] A. Schiffrin et al., Nature **493**, 70 (2012). [3] M. Krüger, M. Schenk, and P. Hommelhoff, Nature **475**, 78 (2011). [4] T. Luu et al., Nature **521**, 498 (2015). [5] G. Vampa et al., Nature **522**, 462 (2015). [6] M. Hohenleutner et al., Nature **523**, 572 (2015). [7] T. Sato and K. L. Ishikawa, Phys. Rev. A **88**, 023402 (2013). [8] T. Sato and K. L. Ishikawa, Phys. Rev. A **91**, 023417 (2015). [9] R. Sawada, T. Sato, and K. L. Ishikawa, Phys. Rev. A **93**, 023434 (2016).

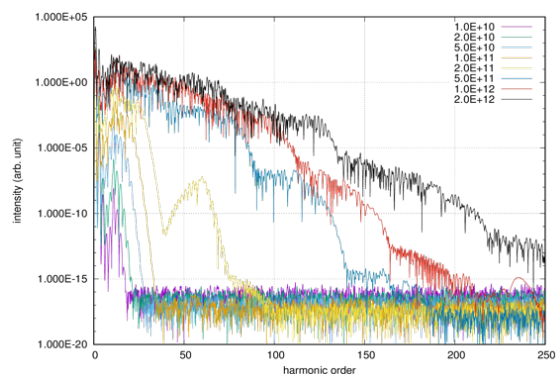


Figure 1: Calculated high-harmonic spectra for various laser intensities.