

高強度フェムト秒レーザーから金属へのエネルギー移行 における電子間散乱の効果

Effect of electron-electron collision in energy transfer from an intense femtosecond laser
pulse to metal

東大院工¹, 量研関西研² °谷 水城^{1,2}, 乙部 智仁², 篠原 康¹, 石川 顕一¹

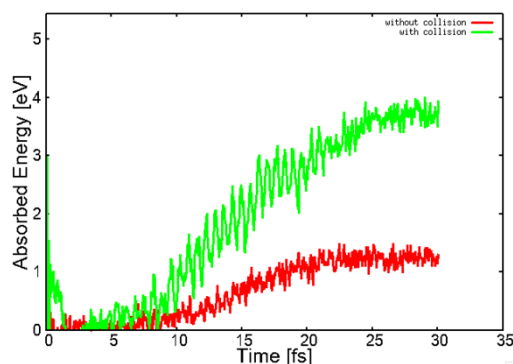
The Univ. of Tokyo.¹, Kansai Photon Science Institute.², °Mizuki Tani¹, Tomohito Otobe², Yasushi
Shinohara², Kenichi L. Ishikawa²

E-mail: mzktani@atto.t.u-tokyo.ac.jp

非熱的レーザー加工のシミュレーションでは一般的に N 温度モデルやプラズマモデルが用いられるが[1]、熱化前の非平衡状態への適用は困難であり、報告ごとにバラつきのある実験値を参照する必要があること等の問題が生じる。また、比較的汎用性の高い第一原理計算手法である時間依存密度汎関数法を用いる場合も、強励起下で重要と考えられる電子間散乱の効果を取り入れることが困難である。我々は、これらの問題を回避するため、金属に適用可能な Vlasov 方程式に基づく非経験的電子ダイナミクスシミュレーション手法を提案しており、固体アルミニウムにおいてその有効性を示してきた[2,3]。

これまでの報告[2,3]では電子間散乱を無視していたが、今回、Vlasov 方程式に Fermionic な二体衝突項を導入することで電子間散乱の効果を取り入れ、高強度フェムト秒レーザー場中のアルミニウム薄膜の吸収エネルギーが散乱項の有無でどのように変わるのかを調べた。

厚さ約 4nm のアルミニウム薄膜(単位格子 10 層分に相当)に中心波長 200 nm、パルス幅 3.6fs、ピーク強度 10^{14} W/cm² の p 偏光レーザー電場を印加する状況を考える。電子の持つ運動エネルギーの時間変化を図 1 に示す。電子間散乱の効果によって正味の吸収エネルギーが約 3 倍に増加することがわかる。開発した手法を用いることで、電子間散乱の効果の偏光依存性や吸収増大のメカニズムを明らかにできる。



参考文献

- [1] C. Wu and L. V. Zhigilei, Applied Physics A 114, 11 (2014)
- [2] Mizuki Tani, Tomohito Otobe, Yasushi Shinohara, and Kenichi L. Ishikawa, Phys. Rev. B **104**, 075157 (2021)
- [3] 谷水城, 乙部智仁, 篠原康, 石川顕一, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会

図 1: 電子散乱有り(赤)、電子散乱無し(青)、の場合の
運動エネルギー時間変化