

アブレーションによる反射率変化を用いた真空紫外パルス波形計測

VUV waveform characterization by dynamical change in reflectivity in laser ablation

量研関西研 ○板倉 隆二, 赤木 浩, 乙部 智仁

Kansai Photon Science Institute QST, °Ryuji Itakura, Hiroshi Akagi, Tomohito Otake

E-mail: itakura.ryuji@qst.go.jp

近年、高次高調波による真空紫外 (VUV)・極端紫外波長領域の極短パルス発生および利用研究が活発になっている。我々は、石英などの固体表面上に生成したレーザープラズマを利用して、チタン・サファイア (Ti:S) レーザーの 5 次高調波 (5ω : $\lambda \sim 160$ nm) の時間分解反射スペクトル測定を行い、周波数分解光ゲート (FROG) 解析に基づいた簡便なパルス波形計測法を開発した[1]。

本研究では、真空紫外の波長を 160 nm (5ω) から 132 nm (6ω) へと短くし、そのパルス波形の計測を試みた。石英表面に生成したプラズマによる反射率の増大は、160 nm に比べ、132 nm では小さくなり、反射スペクトルを十分な signal-to-noise ratio (S/N 比) で測定することが困難であった。そこで、基底状態でも VUV 領域に高い反射率を持つシリコン (Si) をターゲットとした時間分解反射スペクトル測定を試みた。

フェムト秒 Ti:S レーザーの出力 (795 nm, 80 fs) を β -BBO 結晶を用いて 2 倍波 (2ω) とし、Xe ガスジェット中に集光することによって、高次高調波発生を行った。2 倍波の 3 次高調波、つまり、計 6 次高調波 (6ω : $\lambda \sim 132$ nm) を、多層膜ミラーを用いて基本波 (ω) および他の次数の高調波と分離し、遅延をつけた後、再び ω と共軸に合流させ、シリコン表面へ集光し、ポンプ (ω)-プローブ (6ω) 反射分光を行った。ポンプパルスの強度は、アブレーション閾値を僅かに超えた程度に調整した。

シリコンの持つ VUV 領域での高い反射率が、ポンプ光照射後、ピコ秒オーダーでゆっくりと減少する様子が、時間分解反射スペクトルとともに S/N 比高く測定できた。観測された反射率減少の時間スケールは、アブレーションと同程度の時間スケールであることから、電子応答よりも表面の膨張などの原子の動きに起因する電子密度変化を反映しているものと考えられる。得られた時間分解反射スペクトルを FROG 解析[2] したところ、ピコ秒オーダーの反射率変化にも関わらず、フーリエ限界に近い 16 fs のパルス幅を持つ 132-nm のパルス波形を求めることができた (Fig. 1)。

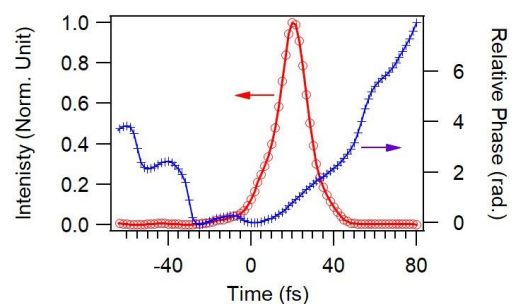


Fig.1. Temporal VUV waveform obtained by FROG analysis

[1] R. Itakura, T. Kumada, M. Nakano, H. Akagi, Opt. Express **23**, 10914 (2015).

[2] R. Itakura, T. Kumada, M. Nakano, H. Akagi, High Power Laser Science and Engineering **4**, e18 (2016).