## 気体プラズマ発光による光電場波形の完全測定の提案と実証

Complete characterization of optical waveforms via plasma luminescence of gas

<sup>0</sup>齋藤成之,石井 順久,金井輝人,板谷治郎(東大物性研)

<sup>O</sup>N. Saito, N. Ishii, T. Kanai, and J. Itatani (ISSP)

E-mail: nariyuki.saito@issp.u-tokyo.ac.jp

光電場波形の搬送波包絡線位相(carrier-envelope-phase, CEP)まで含めた完全測定は、アト秒科学 において重要なツールであり、これまでアト秒ストリーク法に代表される極紫外分光法を用いて 行われてきた[1,2]。今回、我々は新しいアプローチとして、気体プラズマの発光を利用して光電 場波形が完全測定できることを実証したので報告する。本手法は、可視・紫外域で全光学的に測 定が行えることが特徴であり、従来の手法に比べて極めて簡便である。

実験配置を図1に示す。赤外超短パルス(1700 nm, 10 fs, 1 kHz, 1.5 mJ)を2つに分離し、片方は 440 MV/cm 程度のプローブ光、もう片方は4.5 MV/cm 程度のシグナル光として、両者の時間遅延 を掃引しつつ 50 mbar の窒素が封入されたガスセルに集光する。窒素からのプラズマ発光(2P(0,0), 波長 337 nm)を光電子増倍管により検出する。プラズマは主にプローブ光による窒素のトンネルイ オン化で形成されるが、強い非線形性のため、イオン化はほぼプローブ光の中心の半サイクル内 で起こる。ここに微弱なシグナル光を重ね合わせることにより、イオン化レートを変調すること でシグナル光の電場振幅が窒素の最終的なイオン化量、つまりプラズマ発光の強度に反映される。 光電場波形の測定結果を図2,3に示す。図2は、シグナル光の CEP をπ ずらした時の波形の変

化、図3は長い時間遅延掃引で得られた電場波形(a)とそのフーリエ変換から計算したスペクトル (b)を示している。両結果共に、本手法で測定された波形の信頼性を示唆している。 参考文献:

[1] E. Goulielmakis et al., Science 305, 1267 (2004).

[2] K. T. Kim et al., Nat. Photon. 7, 958 (2013).



Fig. 1. Experimental setup. (PMT, photomultiplier tube; FS, fused silica; VND, variable neutral density filter; HWP, half-wave plate; QWP, quarter-wave plate.



Fig. 2. Measured CEP-dependent waveforms. Circles are measured data, solid curves are smoothed data, and dotted curves are their envelopes. Blue and red data are taken with CEP difference of  $\pi$  rad.



Fig. 3. (a) Measrued waveform with a long scan range. (b) Spectral intensity (red circles) and phase (black circles) of the measured waveform in (a). A spectrum measured by a grating spectrometer is shown as a reference (blue curve).