

## 高次高調波による N<sub>2</sub>O の窒素 K 端における軟 X 線過渡吸収分光

Transient absorption spectroscopy of N<sub>2</sub>O at the N K-edge with soft X-ray high harmonics

○齋藤 成之,<sup>1</sup> 三戸 宏樹,<sup>1</sup> 石井 順久,<sup>1</sup> 金井 輝人,<sup>1</sup> Yi Wu,<sup>2</sup> Andrew Chew,<sup>2</sup>

Seunghwoi Han,<sup>2</sup> Zenghu Chang,<sup>2</sup> 板谷 治郎<sup>1</sup> (1. 東大物性研, 2. フロリダ中央大)

○Nariyuki Saito,<sup>1</sup> Hiroki Sannohe,<sup>1</sup> Nobuhisa Ishii,<sup>1</sup> Teruto Kanai,<sup>1</sup> Yi Wu,<sup>2</sup> Andrew Chew,<sup>2</sup>

Seunghwoi Han,<sup>2</sup> Zenghu Chang,<sup>2</sup> and Jiro Itatani<sup>1</sup> (1. ISSP, 2. Univ. of Central Florida)

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

近年、長波長赤外光源を用いた高次高調波発生  
の発展により、フェムト秒からアト秒の軟 X 線パ  
ルスがテーブルトップで得られるようになった  
[1]。これにより、「水の窓」領域(284-543 eV)での  
軟 X 線過渡吸収分光が可能となり [2, 3]、元素選択  
性や電子状態選択性を持つ新たな超高速分光法と  
して注目されている。今回我々は、赤外光源を用  
いて発生させた高次高調波により、窒素 K 端(400  
eV)での N<sub>2</sub>O 分子の過渡吸収分光を行い、トンネ  
ルイオン化に伴う電子・原子核ダイナミクスを観  
測を行ったので報告する。

実験では、BiB<sub>3</sub>O<sub>6</sub> 結晶による光パラメトリック  
チャープパルス増幅器(1.6 μm, 1.5 mJ, 10 fs, 1  
kHz)[4]から得られた赤外パルスを用いた。ポンプ  
光として利用するため、ビームスプリッタで赤外  
光の一部 (20%) を分離した。残りの赤外光(80%)  
をレンズ(f = 50 cm)で半無限型ガスセル(He, 2.4  
bar)に集光し、軟 X 線を発生させた。軟 X 線はア  
ルミ膜(厚さ 150 nm)を通過した後、トロイダル鏡  
(4f = 2 m)で N<sub>2</sub>O ガスセル(光路長 1.5 mm, 圧力  
0.07 bar)に集光した。高調波ガスセル-トロイダル  
鏡間およびトロイダル鏡-N<sub>2</sub>O ガスセル間の距離  
はいずれも 1 m である。また、赤外ポンプ光はレ  
ンズ(f = 25 cm)で N<sub>2</sub>O ガスセルに集光した(集光強  
度 2×10<sup>14</sup> W/cm<sup>2</sup>)。ポンプ・プローブ間の時間遅延  
をピエゾ素子によって掃引しつつ、軟 X 線のスペ

クトルを測定することで過渡吸収信号を得た。

図 1(a)に、得られた軟 X 線過渡吸収スペクトル  
を示す。また、図 1(b)には、ポンプ光無しでの N<sub>2</sub>O  
分子の吸光度スペクトルを示す。図 1(b)の 401 eV  
および 405 eV に存在する鋭い吸収ピークは、N<sub>2</sub>O  
の 2 つの N 1s 軌道から LUMO への遷移(1s-LUMO)  
に対応する。図 1(a)では、正の遅延において、N<sub>2</sub>O  
1s-LUMO ピークでの吸光度減少および 396 eV  
(N<sub>2</sub>O 1s-HOMO), 402-404 eV (N<sub>2</sub>O<sup>+</sup> 1s-LUMO)付近  
での吸光度増加がみられるが、これは N<sub>2</sub>O のトン  
ネルイオン化によるものである。過渡吸収信号に  
は、トンネルイオン化によって誘起される N<sub>2</sub>O、  
N<sub>2</sub>O<sup>+</sup>の分子振動や回転のダイナミクスも含まれ  
ており、講演ではこれらについて詳しく議論する。

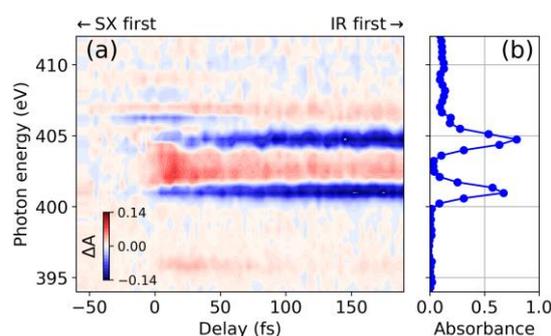


Fig. 1. (a) Measured time-resolved differential absorption spectra of N<sub>2</sub>O at the N K-edge. (b) Measured static absorbance spectrum of N<sub>2</sub>O.

参考文献:

- [1] N. Ishii *et al.*, Nat. Commun. **5**, 3331 (2014).
- [2] Y. Pertot *et al.*, Science **355**, 264 (2017).
- [3] N. Saito *et al.*, arXiv:1904.10456 (2019).
- [4] N. Ishii *et al.*, J. Opt. **20**, 014003 (2017).