

BIBO 結晶を用いた超広帯域赤外 OPCPA 光源の開発と アト秒・サブサイクル分光への展開

Development of BIBO-based ultra-broadband optical chirped pulse amplifiers and their applications to attosecond and sub-cycle spectroscopies

○板谷 治郎 (東大物性研)

○Jiro Itatani (Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo)

E-mail: JItatani@issp.u-tokyo.ac.jp

BiB₃O₆ (BIBO) 結晶を用いた光パラメトリック増幅 (OPA) では、BIBO 結晶の分散特性により、波長 800 nm 付近の励起光を用いた縮退 OPA 配置によって、波長 1100~2200 nm に及ぶ超広帯域増幅が可能である[1]。われわれはこの特性に着目し、チャープパルス増幅チタンサファイアレーザーを励起源とした光パラメトリックチャープパルス増幅システム (Optical Parametric Chirped Pulse Amplification; OPCPA) を開発してきた。これまでに、繰り返し 1 kHz、パルスエネルギー 15 mJ 程度の高強度チタンサファイアレーザーを励起源とした OPCPA システムを開発し、中心波長 1600 nm においてパルス幅 11 fs、パルスエネルギー 1.5 mJ、キャリアエンベロープ位相安定な高強度赤外パルス発生に成功した。サブ 2 サイクルの極短パルス性を利用することにより、「水の窓」の炭素 K 吸収端 (284 eV) をカバーする孤立アト秒パルスの発生[2]や炭素系物質の吸収分光、アト秒精度での光電子散乱実験[3]を実証してきた。今後は、軟 X 線領域における超高速吸収分光を実現することが大きな挑戦となっている。BIBO 結晶を用いた OPCPA におけるもう一つの新展開は、光路を分離することなく赤外二波長を選択的に増幅し、その差周波を取ることによって、キャリアエンベロープ位相安定な高強度中赤外光を得る手法の開発である[4]。中赤外光 (波長~8 μm) では光電場の一周期が 30 fs 程度であるため、可視域における数サイクルパルス (パルス幅 6 fs 程度) をプローブ光として用いることにより、サブサイクルスケールでの物質の超高速誘電応答を全光学的に観測できる。中赤外光は高強度テラヘルツ光と比べて波長が短いことから集光特性に優れており、20 MV/cm を超える光電場を固体中に印可することが可能である。本講演では、光源開発の現状に加えて、固体におけるアト秒・強光子場科学への展開についても議論したい。

[1] N. Ishii *et al.*, “CEP-preserving, octave-spanning OPA in the infrared based on BIBO pumped with 800-nm laser pulses,” APEX **4**, 022701 (2011).

[2] N. Ishii *et al.*, “CEP-dependent high harmonic generation in the water window using few-cycle IR pulses,” Nature Commun., **5**:3331 (2014).

[3] H. Geiseler *et al.*, “High-energy half-cycle cutoffs in high harmonic and rescattered electron spectra using waveform-controlled few-cycle infrared pulses,” J. Phys. B **47**, 204011 (2014).

[4] K. Kaneshima *et al.*, to be submitted.