

高次高調波発生のための高強度中赤外光パラメトリック増幅器の開発

Development of an intense mid-IR OPA for high harmonic generation

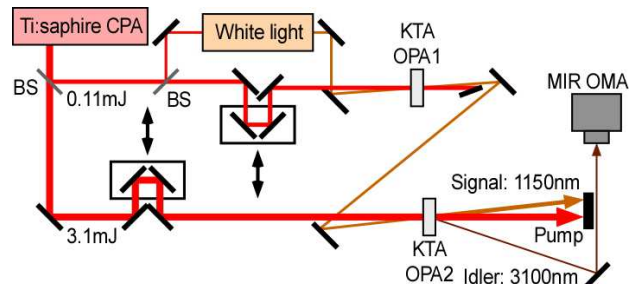
東京大物性研 ○松本 由幸, 石井 順久, 金井 輝人, 板谷 治郎

ISSP, The Univ. of Tokyo, °Yoshiyuki Matsumoto, Nobuhisa Ishii, Teruto Kanai, Jiro Itatani

E-mail: y-matsumoto@issp.u-tokyo.ac.jp

高強度超短パルスレーザーを用いた高次高調波発生によって、極端紫外域でのアト秒光パルスが実現している。高次高調波のカットオフに相当する光子エネルギーはレーザー波長の 2 乗に比例することが知られている。そのため長波長レーザーを用いることによって高次高調波の短波長化が可能となる。現在では波長 $3.9\ \mu\text{m}$ の中赤外レーザーによって光子エネルギー $1.6\ \text{keV}$ の高次高調波が得られており [1]、本研究室では中心波長 $1.6\ \mu\text{m}$ のサブ 2 サイクル赤外超短パルスによって光子エネルギー $330\ \text{eV}$ に達する搬送波包絡線位相(CEP)敏感な軟 X 線が得られている [2]。

我々は、光子エネルギー $1\ \text{keV}$ 領域での高次高調波発生を目的として、波長 $3\ \mu\text{m}$ 、パルスエネルギー数 mJ のフェムト秒中赤外 OPA システムの構築を目指している。本講演ではそのフロントエンドとして、図 1 に示す繰り返し $1\ \text{kHz}$ のフェムト秒チタンサファイアレーザーを励起光源として KTA 結晶を用いた OPA システム開発について報告する。チタンサファイアレーザーからの出力の一部をサファイア基板に集光することで波長 $1000\sim 1800\ \text{nm}$ の白色光を作り出し、1 段目の OPA によって特定の波長成分を増幅した。この出力を 2 段目の OPA のシグナル光としてさらに増幅し、その際に得られるアイドラー光を中赤外分光器で観測した。本手法ではアイドラー光として中赤外光を得るため、CEP がロックした高強度中赤外光を得ることが期待できる。得られたシグナルとアイドラー光のスペクトルを図 2 に示す。シグナルが $1150\ \text{nm}$ 、アイドラーが $3100\ \text{nm}$ のときに得られたパルスエネルギーはそれぞれ $210\ \mu\text{J}$ 、 $73\ \mu\text{J}$ であり、アイドラー光のスペクトルから計算されるフーリエ限界パルス幅は $71\ \text{fs}$ となった。KTA 結晶については $10\ \text{mm}$ 角以上のものが入手可能であり、KTA ベースの OPA で mJ クラスの $3\ \mu\text{m}$ 中赤外光が発生可能である。 $30\ \text{Hz}$ 高エネルギーチタンサファイアレーザーの開発も同時に進めており、本講演ではその報告も行う。

図 1 : 中心波長 $3\ \mu\text{m}$ の中赤外 OPA システムの概略図。

BS : ビームスプリッター、MIR OMA : 中赤外分光器。

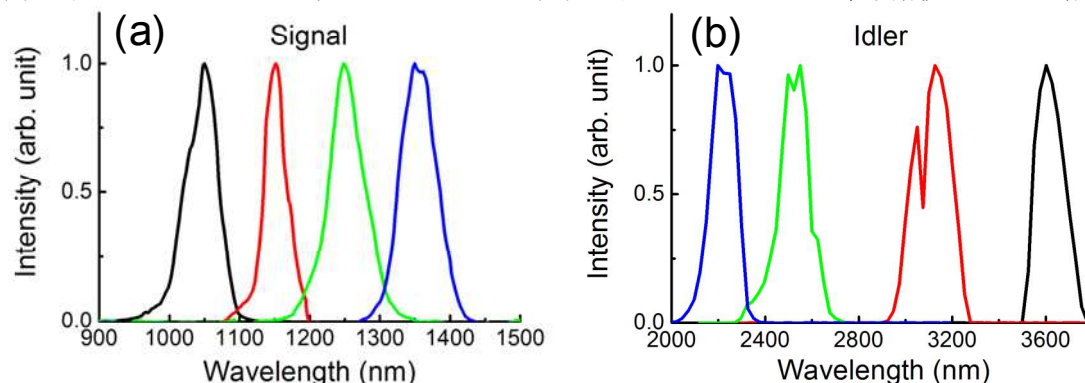


図 2 : 異なる角度位相整合における二段増幅後のシグナル光(a)とアイドラー光(b)のスペクトル。(a), (b)の各色は同じ位相整合条件下でのスペクトルに相当する。

[1] T. Popmintchev, *et al.*, Science **336**, 1287 (2012).[2] N. Ishii, *et al.*, Opt. Lett. **37**, 4182 (2012).