

## DEVELOPMENT OF SHG AUTOCORRELATION SYSTEM FOR JAERI FEL

N. Kikuzawa, T. Yamauchi, R. Nagai and E. J. Minehara

Japan Atomic Energy Research Institute

Shirakata-Shirane 2-4, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195 JAPAN

### Abstract

A second-order autocorrelator based on second-harmonic generation (SHG) in a CdTe crystal has been developing for measurement of FEL pulse duration in FIR region. The conversion efficiency of SHG was experimentally obtained to be  $\sim 3 \times 10^{-5} / (\text{MWcm}^2)$ . This report describes experimental results of the SHG autocorrelator.

### 原研自由電子レーザー用 SHG オートコリレーションシステムの開発

#### 1. はじめに

日本原子力研究所(原研)では、超伝導リニアックを用いた遠赤外自由電子レーザーの開発を行っており、kW 発振に成功し、その後も改良を加えることによって遠赤外域で大強度の速いパルス光源として利用できるようになった[1]。

赤外から可視光域での速いレーザーパルスの時間波形測定は非線型光学結晶を利用した第 2 高調波発生(second-harmonic generation; SHG)法がよく用いられているが、20 $\mu\text{m}$  帯の領域で SHG オートコリレーションによるパルス幅を測定したのは FOM グループのみである[2]。20 $\mu\text{m}$  帯の遠赤外域で使える非線型光学結晶としては CdSe、Te、CdTe などがあるが、CdTe は CdSe などよりも長波長側で透過性があり、複屈折結晶ではないので FEL の波長が変わったときなどでも位相整合を変えるなどの調整の必要が無く、コヒーレント長の調整の必要はあるが比較的容易であるという利点がある。

原研自由電子レーザーのレーザーパルス幅測定を行うために、CdTe の結晶を利用した SHG オートコリレータを開発し、パルス幅測定の実験を進めており、ここではこれまでに得られた結果について述べる。

#### 2. SHG オートコリレータの構成

SHG オートコリレータの構成を図 1 に示す。被測定パルスをビームスプリッタで強度の等しい二つのビームに分けて、M1 および M2 のレトロリフレクターで反射させた後、これらのビームをパラボリックミラーで収束させ、SHG 発生用 CdTe の結晶中で収束および交差させる。入射光周波数 $\nu$ の 2 倍の周波数  $2\nu$ の光を発生し、その強度は光の電界の 4 乗に比例して強くなる。M2 をステッピングモーターで駆動する微動ミラーとし、M1 を固定ミラーとすると、M2 の移動に応じて光路長差が変化し、2 次の自己相関波形から被測定パルス波形を求める事ができる。分離した光が CdTe の結晶中で光が交差するように配置することによって、CdTe 結晶の後ろにスリットを配置して基本波と第 2 高調波を分離することができる。

まず、光強度分割比が 1:1 のビームスプリッタを用いる事が重要となる。しかし、波長に依存しないようなビームスプリッタとしてのフォイルを得る事は難しい。また、フォイルの角度に大きく依存するが、遠赤外の FEL でアラインメントの調整を行う事は困難である。このため、あらかじめ光軸調整

用の He-Ne レーザーで調整しやすいようにフォイルの代わりにミラーを用いた構成に変更した。この場合、光強度分割比はスプリッタミラーの位置を左右に微調する事によって容易に 1:1 に調整する事ができ、波長が変わったとしても光学フィルタや光検出器を波長に応じたものに変えるだけで測定が可能であるという利点を持っている。

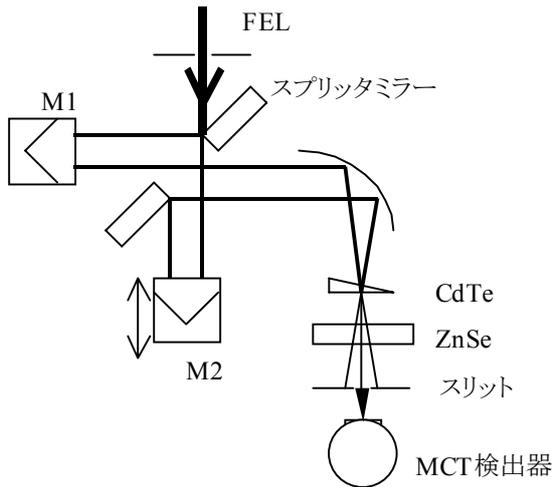


図1 SHGオートコリレータの光学配置

### 3. 実験結果

はじめにマクロパルス幅 400 $\mu$ s、発振波長 22 $\mu$ m で SHG 発生実験を行った。光共振器からスクレーパミラーで取り出された光をミラーで反射して光実験室まで輸送し、実験を行った。その時の光実験室でのマクロパルス平均出力は 12W であった。その FEL 光を焦点距離 35mm の KRS-5 のレンズで集光し、ダメージを避けるために焦点位置から 3.5mm 後方に置いた CdTe の結晶に照射した。CdTe の結晶と MCT 検出器の間に ZnSe のフィルタを置いて基本波を落として SHG の信号を測定した。SHG 発生実験の構成を図 2 および MCT 検出器の信号を図 3 に示す。CdTe 結晶がある場合と無い場合とを比較する事によって SHG の変換効率を求めると、効率は  $\sim 3 \times 10^{-5} / (\text{MWcm}^2)$  であった[3]。この値は CO<sub>2</sub> レーザーを用いた実験の変換効率に近い値を示している[4]。

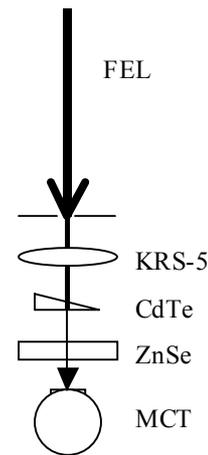


図2 SHG発生実験の測定系

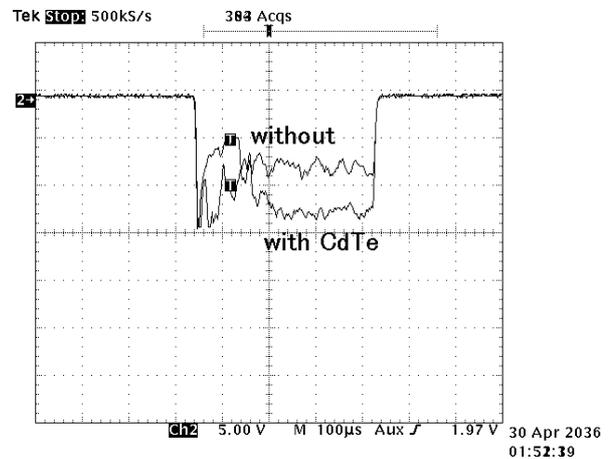


図3 MCT 検出器の信号

次に、SHG オートコリレータを構成し、パルス幅測定実験を行った。FEL 光を 10 $\phi$ mm のアイリスできった後、ミラーで 2 分割した。レトロリフレクター M1, M2 で反射された光が CdTe の結晶中で交差するように調整した後、M2 を 0~10mm の範囲で動かし、SHG 信号の測定を行った。その結果、これまでに明確な自己相関波形の観測はできていないが、その理由として、アラインメント用の He-Ne レーザーと FEL 光との光軸のずれ、CdTe 結晶の配置の調整不足、基本波と第 2 高調波との信号比が適切でないため分離できていない、などを予想している。今後さらに光学系の見直しなどを進めながら、容易に自己相関波形の観測ができるような手法を確立する予定である。

#### 4. おわりに

FEL 研究において、遠赤外域のパルス幅を測定するオートコリレータを開発する事は重要である。まず、波長 22 $\mu\text{m}$  の FEL 光を CdTe 結晶に入射し、SHG 発生に成功した。次に、その波長で変換効率を求めると $\sim 3 \times 10^{-5} / (\text{MWcm}^{-2})$ が得られた。

また、新規な点として、はじめ SHG オートコリレータをハーフミラーとしてのフォイルで構成していたが、アラインメントを調整するのが困難であることがわかったため、ミラーを利用する構成に変更した。

最後に、現在までに明確な自己相関波形の観測はできていないが、測定方法の見直しを進めながら SHG オートコリレーションシステムの開発を進めていく予定である。

#### 参考文献

- [1] N. Nishimori, et al., "Improvement of JAERI high power FEL", in this proceedings.
- [2] G.M.H Knippels, et al., Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res, A375 (1996) 150.
- [3] T. Yamauchi, et al., to be published in Jpn. J. Appl. Phys. (2000).
- [4] C.K.N. Patel: Phys. Rev. Lett. 16 (1966) 613.