

2 次の自己相関法を用いた パルスフロント・波面同時計測

西岡研究室 電子工学科 柴田洋延

1. 研究の目的

光が媒質を伝搬するとき、光の位相速度と群速度が異なる。ビーム断面に対して光学素子の厚みの差があると、群遅延が変化し、パルスフロント歪みを生じる。[1]また、光は自己位相変調や熱レンズ効果による屈折率ゆらぎにより、波面歪みを生じる。例として、図 1 にレンズを伝搬したパルス光の波面とパルスフロントの位置関係を示した。パルスフロントの歪みによるパルス広がり、ガラスのレンズやプリズムに対して、厚みの差 1 mm あたり数十フェムト秒、回折格子では、数百ピコ秒にもなり、パルス幅が数十フェムト秒の超短パルス光において、無視することが出来ない。

ここでは、波面とパルスフロントを同時に計測する装置の開発を目的とした。

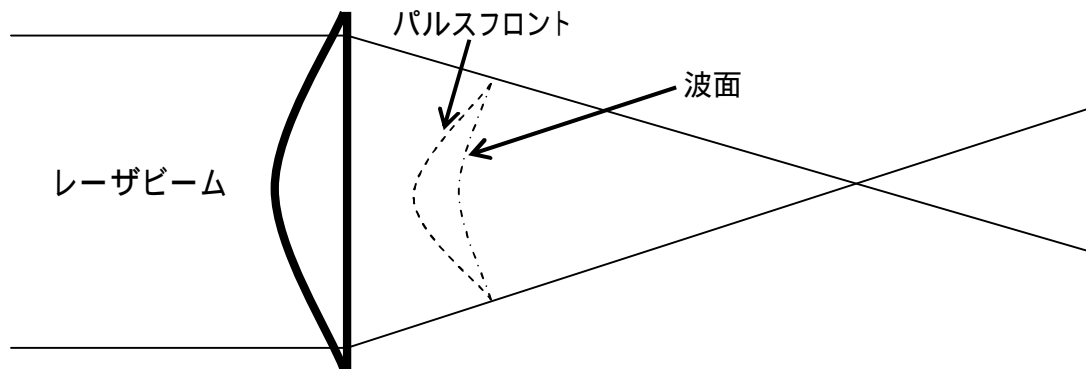


図 1 レンズを伝搬したパルス光の波面とパルスフロント。

2. 原理と方法

パルス光にパルスフロント遅れを与える主な媒質として、プリズムやレンズ、回折格子が挙げられる。波面を計測する手段としては、シャックハルトマン法[2]を用い、また、同時にパルスフロントの計測方法として、SHG 強度相関法[3]を用いた。

3.2 次元自己相関計の構成

設計した装置の概要を図 2 に示した。SHG 結晶にて発生する 2 次高調波のベクトルを図 3 に示した。パルスフロントが BBO 結晶に対して平行となるように、プリズムを用いてパルスフロントに光学遅延を与えた。ここで用いたプリズムは、 SiO_2 頂角 45° である。また、分割した被測定光の交差角が 0.0224 rad となるように設計した。

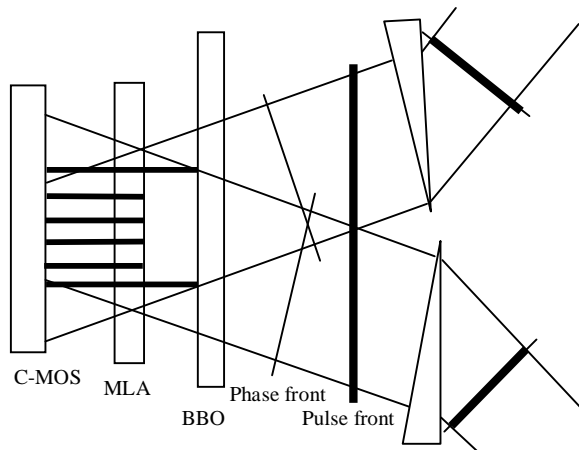


図 2 波面・パルスフロント同時計測装置の設計。

BBO は β -バリウムホウ酸結晶、MLA はマイクロレンズアレイ。
プリズムによりパルスフロントを SHG 結晶に対して平行となるように設計した。

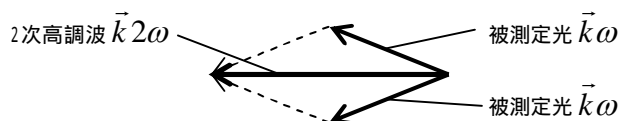


図 3 2 次高調波発生有位相整合条件。

4. 波面とパルスフロントの測定

得られたビームスポットを図 4 に示す。波面形状を示すレーザ光のスポットの間に、自己相関に相当する 2 次高調波のスポットが得られる。光学遅延量を変化させると自己相関数を 2 次元に求めることができる。この記録にて、波面形状及びパルス幅をビーム全体にわたって計測できる。

また、外部レンズにより曲率半径を変化させてシャックハルトマンセンサの校正を行った。被測定レンズまでの距離と被測定波面の曲率半径の関係を図 5 に纏めた。

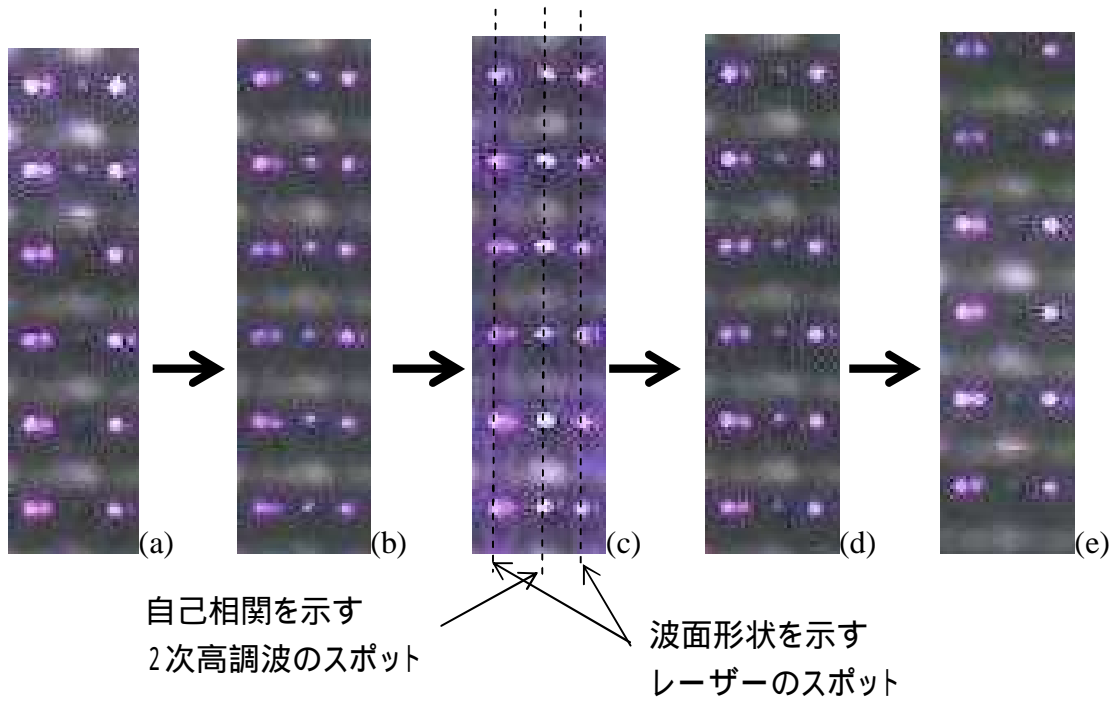


図 4 遅延時間の変化に伴うシャックハルトマンの像の変化。

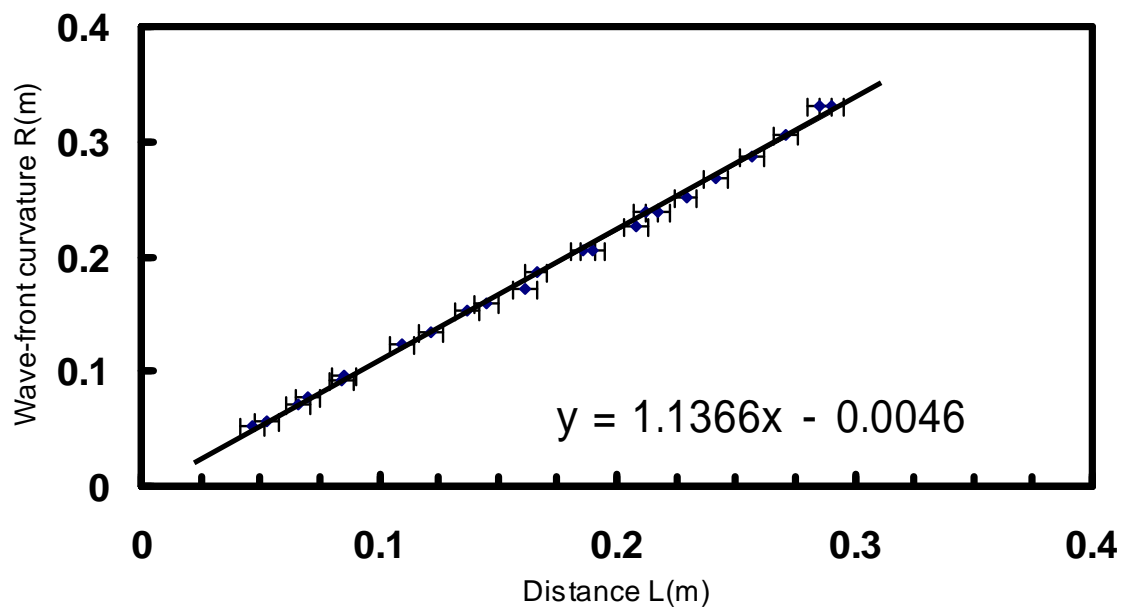


図 5 シャックハルトマンセンサの構成

5. 結論

波面とパルスフロントの同時独立計測を目的として、シャックハルトマン波面検出器と 2 次の自己相関計測計を組み合わせた、波面形状・パルスフロントチルトの同時計測装置を開発した。波面形状の微分を曲率半径として数値化して計測することに成功した。被測定媒質が被測定レーザー光に与えるパルスフロント遅れ量を数値化して計測することに成功した。図 5 のキャリブレーションカーブより、設計したセンサにより求められる曲率半径はマイクロレンズアレイの焦点距離のカタログ値より 13 % 大きくなるとうわかった。曲率半径を実測し、51 mm から 330 mm まで求めた。このとき、空間分解能は縦方向に 15 点、横方向に 20 点であった。また、SHG 強度相関法により、パルスレーザー光のパルス幅を測定した。時間分解能は 232 fs であった。

6. 今後の課題

開発した装置により、波面に与えられる熱レンズ効果、自己位相変調、光の強度分布の影響及び、パルスフロントに与えられるプリズムやレンズ、回折格子による影響を計測することが出来る。

SHG 結晶の厚さを薄くすることにより、群遅延不整合の影響を減らし、時間分解能を高めることが出来る。時間分解能は SHG 結晶の厚さに比例して改良される一方、感度は厚さの 2 乗に比例して低下することに注意する。

参考文献

- [1] Szatmári S., Kühnle G., “ Pulse front and pulse duration distortion in refractive optics, and its compensation”, *Optics Communications*, **69**, 60 – 65 (1988).
- [2] Timothy W. Schmidt, Thomas Feurer, Rodrigo B. López-Martens, and Gareth Roberts, “ ac-Stark autocorrelator for ultrafast laser pulses”, *J. Opt. Soc. Am.*, **19**, 1930 – 1940 (2002).
- [3] Daniel R. Neal, James Copland, and David Neal, “ Shack-Hartmann wavefront sensor precision and accuracy”, *Proceedings of SPIE*, **4779**, 148 – 160 (2002).