

回折レンズによるフェムト秒レーザーパルスのパルス幅伸張の評価

Pulse broadening of femtosecond laser pulses in diffractive lenses

○ 中野 秀俊、菅野 貴行、小林 誠也、尼子 淳 (東洋大理工)

○ Hidetoshi Nakano, Takayuki Kanno, Masaya Kobayashi, Jun Amako
(Toyo Univ.)

E-mail: h-nakano@toyo.jp

回折光学素子を用いて1本の光ビームを分岐すると、多数本の光ビームからなる光ビームアレイを容易に作成することができる。そのため、回折光学素子を用いた高スループットの微細加工技術が着目されている。一方、熱影響が少ない等の特性からフェムト秒レーザーパルスを用いたナノマイクロ加工技術が脚光を浴びている。フェムト秒レーザーパルスが広い波長帯域を有しているため、回折光学素子によってビームアレイ作成を行うと、回折光学素子の強い波長依存性のため、分岐されたビーム形状が時空間で歪んでしまう。したがって、回折光学素子とフェムト秒レーザー技術を組み合わせた高スループットのナノマイクロ加工技術を実現するためには、超短パルスビームの空間強度分布の歪を低減し、パルス幅の補償する技術の確立が必要不可欠である。本稿では、ビームアレイ作成に使用する回折レンズによるフェムト秒レーザーパルスの集光特性をモデル計算と実験の両側面から調べた結果を報告する。

今回の検証には、合成石英基板上に形成された焦点距離 100 mm、ならびに 50 mm の回折レンズ（設計波長 800 nm）を用いた。回折レンズを薄い回折素子とみなしてスカラー回折理論に基づいて位相関数の二次微係数を求めることによって、回折による波長分散を見積もった。こうして得られた波長分散の値をもとに、回折分散によるパルス幅広がりを推定した。中心波長 780 nm、パルス幅 20 fs のフーリエ限界パルスを回折レンズで集光する場合に関し、集光点でのパルス幅広がりを見積もった結果を Fig. 1 に示す。これから、短焦点レンズの場合に回折分散の影響が顕著であり、また、入射ビーム径の拡大に伴って分散の影響が顕著となることがわかる。

次に、計算の妥当性を調べるため、中心波長 780 nm、パルス幅 22 fs のレーザーパルスを回折レンズで集光し、集光点でのパルス幅評価を試みた。通常の SHG フリンジ分解自己相関計では、集光に伴う群遅延分散などの影響を抑制するため、低分散の反射素子を利用し、SHG 結晶にレーザー光を集光している。本実験では、この集光素子を回折レンズに置換することによって、回折レンズでの回折分散の影響を見積もることにした。また、回折レンズへの入射ビーム径を拡大するために挿入したビームエキスパンダの群速度分散は分散補償鏡にて取り除いた。こうして実験で評価した集光点でのパルス幅を Fig. 1 に

○ならびに●で示す。また、分散補償鏡の反射回数を減ずることにより、正のプリチャープを与え、回折レンズの分散を補償して集光点でのパルス幅が最短となるよう試みた。その結果、 $f = 100$ mm のレンズに対してはプリチャープを $0 - 70 \text{ fs}^2$ に、また、 $f = 50$ mm のレンズに対してはプリチャープを $70 - 140 \text{ fs}^2$ としたときに、集光点でのパルス幅を狭窄化できた。以上の実験結果は、モデル計算での推定結果と近い値になっており、検討に用いたモデルの妥当性が確認された。

本研究の一部は科研費（課題番号: 26420059）の助成を受けたものである。

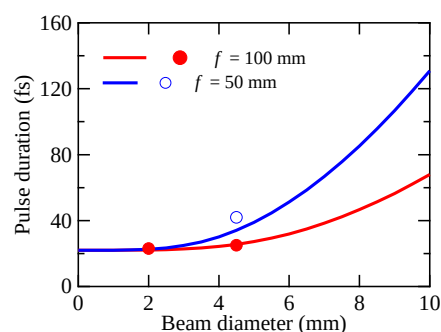


Fig. 1: Estimated duration of focused femtosecond laser pulse.