

光渦パルスのチャープ特性を利用した プログラマブル超高速回転リング状光格子の生成

Ultrafast rotation of ring-shaped optical lattices using chirped pulses with programmable spatial phase modulation

○ 柿澤 康平¹、山根 啓作¹、岡 和彦¹、戸田 泰則¹、森田 隆二¹(1. 北大院工)

○ Kohei Kakizawa¹, Keisaku Yamane¹, Kazuhiko Oka¹, Yasunori Toda¹, Ryuji Morita¹

(1. Hokkaido Univ.)

E-mail: kakizawa-kohei@eis.hokudai.ac.jp

トポロジカルチャージ ℓ の異なる2つの光渦を同軸に重ね合わせることでトポロジカルチャージの差の絶対値に対応した回転対称性を有する強度分布が生成される¹⁾。こうした周期構造を持つ光波はリング状光格子と呼ばれ、光渦間の相対位相の制御のみでビーム断面の光強度分布を連続的に回転させることができ、微小粒子や冷却原子の光マニピュレーションなどへの応用が期待されている。これまで、光渦間の位相差は音響光学変調器、電気光学変調器などを用いて制御されてきたが、素子の応答速度などの制限により回転周期は最も高速なものでもナノ秒程度に制限されてきた²⁾。我々は、さらなる高速化を実現するため光パルスのチャープを利用した位相差制御を行う手法を提案し、ピコ秒オーダーの回転周期を実証した³⁾。前回の報告³⁾では高次移相子及び軸対称偏光変換素子を用いて光渦対を生成していたが、安定性に優れる一方で光格子のパターンを変更するには素子の入れ替え及び再調整が必要となる。今回、コンピュータ生成ホログラムとそれを用いた4- f 配置により、コンピューター制御のみでリング状光格子のパターンを変化させることに成功したので報告する。

本手法の概念図をFig. 1に示す。線形チャープ特性を持つ光パルスをコンピュータ生成ホログラムに入射すると、回折の次数に応じてトポロジカルチャージの異なる線形チャープ光渦パルスを生成することができる。この複数の回折光の中からトポロジカルチャージ ℓ_1, ℓ_2 の光渦パルスのみを選択し、これらの間に時間差 τ を与えて同軸に合波することで超高速回転リング状光格子を生成することができる。この際、4- f 配置を利用することで⁴⁾安定かつ回折による角度分散も補償した完全同軸な合波が可能となる。

この手法の有用性を実験により実証した。光源にはTi:Sapphireレーザー増幅器を用い、回折格子対によりチャープを生じさせた光パルスを用いた。2つの光渦間の時間差 τ は ~ 9.0 ps、リング状光格子パルスの時間幅は約130 psであった。ピコ秒オーダーの超高速回転を検知するため、参照光パルス(~ 50 fs)との和周波発生を用いた時間分解計測を行った。光渦対のトポロジカルチャージをそれぞれ $\ell_1=1, \ell_2=-1$ および $\ell_1=2, \ell_2=-2$ とした2つの場合について和周波発生光の時間分解像をFig. 2に示す。回転周期はそれぞれ理論的な予想とほぼ等しく、それぞれ ~ 2.0 ps, ~ 4.0 psであった。このパターンはホログラムの制御によって柔軟に変更が可能である。講演ではこれらの詳細について報告する。

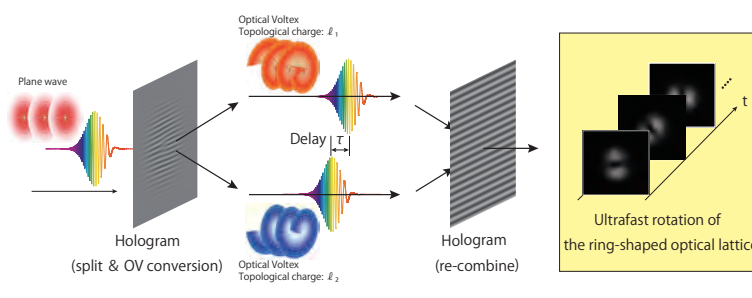


Fig. 1: Concept of the method for ultrafast rotation of the ring-shaped optical lattice.

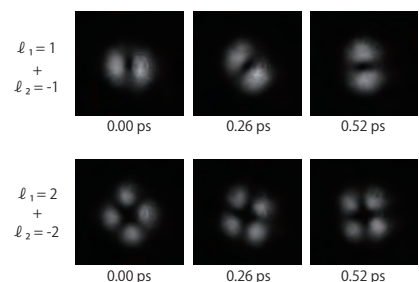


Fig. 2: Time resolved sum frequency generation image profiles (experimental results).

References

- 1) L. Paterson et al., Science **292**, 912-914 (2001).
- 2) M. Sakamoto et al., Opt. Lett. **38**, 3661-3664 (2013).
- 3) 坂本他, 第75回秋季学術講演会 19a-C2-3 (2014).
- 4) K. Yamane et al., *Ultrafast Phenomena XIX*, pp. 809-812 (Springer, 2015).