

ピコ秒時間スケールで高速回転するリング状光格子の生成 Generation of the rotating ring-shaped optical lattice on a picosecond time scale

北大院工¹, JST-CREST² ○(D3) 坂本盛嗣¹, 山根啓作^{1,2}, 村上尚史¹, 森田隆二^{1,2}, 岡和彦¹
Hokkaido Univ.¹, JST-CREST² ○(D3) M. Sakamoto¹, K. Yamane^{1,2}, N. Murakami¹, R. Morita^{1,2},
and K. Oka¹
E-mail: m.sakamoto@eng.hokudai.ac.jp

トポロジカルチャージ ℓ が異なる2つの光渦を同軸で重ねると、両者の干渉によりリング状の光格子が生成される [1]。この光格子には、干渉する光渦間の相対位相を制御すると格子パターンを連続的に回転できるという特徴があり、微小粒子や冷却原子の光マニピュレーションなどに応用されている。先の研究で我々は、リング状光格子の新たな生成原理として軸対称偏光素子を利用する方法を発表した [2]。この方法では、電気光学変調器による偏光変調によって光格子を回転させることが可能であり、さらに光格子のパターンが擾乱に対して安定であるという特徴を持つ。今回我々は、この原理とチャープパルスとを有機的に組み合わせることにより、電気光学変調器の応答速度を遥かに凌ぐ、数 ps の周期で高速回転するリング状光格子を生成する事に成功したので報告する。

考案したシステムの概略を Fig. 1 に示す。発振器から射出された超短光パルスは、初めにパルスストレッチャーにより瞬時周波数が時間変化するチャープパルスへと変換される。このチャープパルスを、偏光子 P_1 、高次移相子 R、フレネルロム FR_1 に順に透過させると、異なる時間遅延が与えられた左円偏光 LCP と右円偏光 RCP のチャープパルス対へと変換される。このとき、2つのパルスが重なる時間では、チャープの大きさに依存した瞬時周波数の差が生じている。次にこの円偏光パルス対を軸対称偏光子 ASP、フレネルロム FR_2 、偏光子 P_2 へと順に透過させると、左右円偏光パルスはそれぞれ $\ell = 0$ のガウシアンパルスと $\ell = 2$ の光渦パルスへと変換され互いに干渉する。最後にこのパルス対をレンズ L により集光すると、レンズ L の後ろ焦点面には、パルス間の瞬時周波数の差に相当する速度で回転するリング状光格子が発生する。

この原理では、パルスのチャープの大きさとパルス間の時間遅延量に応じて、2つの光渦間に数 10 GHz~数 10 THz の周波数差を与えることができる。このため、単一のパルスの中で、リング状光格子を数 10 ps~数 100 fs の周期で高速回転させることが可能である。これまではリング状光格子を回転させるのに、音響光学素子や電気光学変調器を使って2つの光渦の位相を制御してきたが、光格子の回転周期はたかだか数 ns に制限されていた [1,2]。これに対して本原理では、桁違いの高速回転を実現できる。また、本原理では2つの光渦が共通光路で干渉するため、格子パターンが擾乱に対して安定であるという利点も持つ。

本原理の有効性を実験により確認した。発振器とパルスストレッチャーには、Ti:Sa レーザー (中心波長:~800 nm、繰返し周波数:80 MHz) と 1.5 cm の間隔で配置された刻線数 1740 本/mm の回折格子対をそれぞれ使用した。時間分解測定 (時間遅延を与えたガウシアン光との和周波発生による) により得られたビームプロファイルの時間変化を Fig. 2 に示す。約 2.4 ps の周期で1回転するリング状光格子が得られていることがわかる。

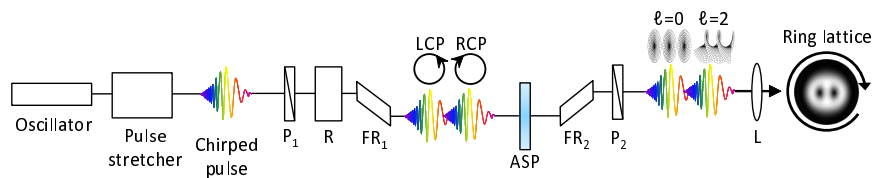


Fig. 1. Schematic of the ring-lattice generator using a chirped pulse pair.

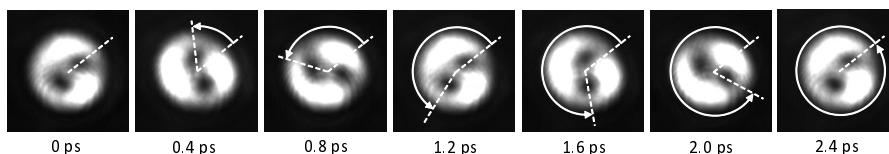


Fig. 2. Rotating beam profiles associated with ring lattices at various time delays.

- [1] S. Franke-Arnold, J. Leach, M. J. Padgett, V. E. Lembessis, D. Ellinas, A. J. Wright, J. M. Girkin, P. Öhberg, and A. S. Arnold, *Opt. Express* **15**, 8619 (2007).
[2] M. Sakamoto, K. Oka, R. Morita, and N. Murakami, *Opt. Lett.* **38**, 3661 (2013).