チャープパルスディジタルホログラフィーの原理検証

Experiment on Chirped Pulse Digital Holography

千歳科技大 ○唐澤　直樹、平山　愛梨

Chitose Institute of Science and Technology, ○Naoki Karasawa, Airi Hirayama

E-mail: n-karasa@photon.chitose.ac.jp

本研究はフェムト秒オーダーの超高速現象の位相・振幅画像を超短時間間隔で複数枚記録するために提案されたチャープパルスディジタルホログラフィー[1]の原理検証実験に関するものである。ディジタルホログラフィーは画像センサーに物体光と参照光の干渉縞を記録し、計算処理によって物体光を再生する手法であるが、本手法では参照光としてチャープパルスを用いることが特徴であり、それにより超高速現象の物体光の複数枚の波面の記録・再生が可能になることが期待される。

チャープパルスディジタルホログラフィーでは参照光として単一のチャープパルスを用い、それを複数の物体光パルスと干渉させる。物体光パルスと参照光パルスが干渉するタイミングによって参照光パルスの瞬時周波数が異なるため、画像センサーに記録されるそれぞれの干渉縞はタイミングによってその空間周波数が異なることを利用する。再生の際は干渉縞画像をフーリエ変換し、それぞれの物体光に対応する空間周波数成分のみをローパスフィルターによって取り出し、その逆変換により波面情報を得る。今回はこれら一連の操作を静止物体による実験で検証した。

Fig.1 に今回用いた実験光学系を示す。ここで超短光パルス（中心波長 800 nm、パルス幅 35 fs）を物体光と参照光に分割し、参照光には長さ 15 cm の高屈折率ガラスによりチャープを与えた。また物体光は干渉計に類似した光学系で２つのパルスからなるパルス列（時間間隔 3.6 ps）とした。物体としては約 0.2 mm 厚のレンズを星形のスリット中心に配置したものを用いた。これらのパルスはチャープされた参照パルスと異なる時間で干渉し、それぞれの時間における参照パルスの瞬時周波数に対応した干渉縞が CMOS カメラ（2048×2048 ピクセル、ピクセルサイズ 2.4 μm）に多重記録された。Fig.2 に干渉波形から再生されたそれぞれの物体波パルスの時間における物体位置での強度及び位相画像（サイズ：4.9 mm×4.9 mm）をグレイスケールで示す。このとき位相は強度が 5 %以上の部分のみ表示している。図に示されるように 3.6 ps の時間間隔の波面情報が干渉画像から良く再現されていることがわかる。今後はパルスピッカーにより単一のパルスを用いて画像の取得を試みる予定である。

本研究の一部は JSPS 科研費 18K04983 の助成を受けたものである。

[1] N. Karasawa, “Chirped pulse digital holography for measuring the sequence of ultrafast optical wavefronts,” Opt. Commun., 413, 19 (2018).

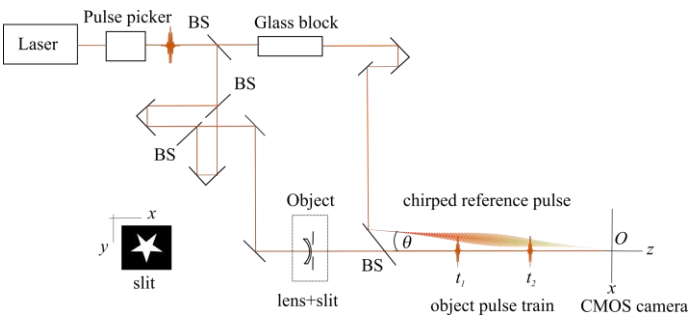

Fig.1 Experimental setup, BS: beam splitter.

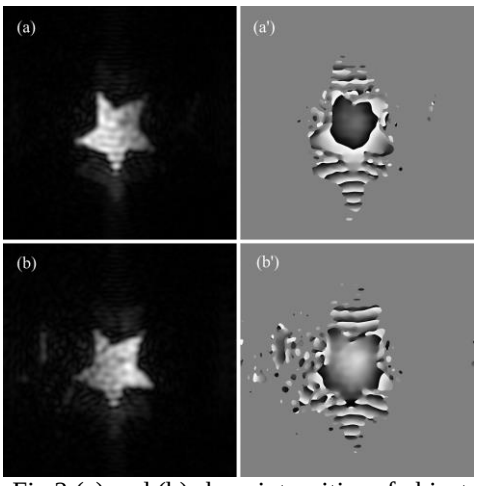

Fig.2 (a) and (b) show intensities of object pulses 1 and 2. (a’) and (b’) show the phases of object pulses 1 and 2.