

ホログラフィックベクトル波フェムト秒レーザー加工

Holographic vector wave femtosecond laser processing

宇都宮大オブティクス [○]長谷川 智士, 早崎 芳夫CORE, Utsunomiya Univ. [○]Satoshi Hasegawa and Yoshio Hayasaki

E-mail: hasegawa_s@opt.utsunomiya-u.ac.jp

空間光変調素子(SLM)に表示された計算機ホログラム(CGH)による波面制御は, フェムト秒レーザー加工に高スループット化と光利用の高効率化をもたらす. よって, そのホログラフィックフェムト秒レーザー加工[1]は, 3 次元光デバイスの高効率作製に有望な技術とされている. 一方, 単一のビーム内で空間的に制御された偏光分布を有するベクトル波フェムト秒パルスは, 従来の回折限界を超える集光や, 3 次元的な配向を有する異方性材料の選択的励起を可能にする. このようなフェムト秒パルスのベクトル波としての特異な性質に着目し, 近年, 我々は, 偏光分布制御を有するホログラフィックレーザー加工システム[2]を開発した. 本報告では, CGH を用いた波面と偏光の同時制御によるベクトル波フェムト秒パルスの 2 次元, および 3 次元並列再生や, それらを用いたレーザー加工を行う.

Fig. 1 は, ホログラフィックベクトル波フェムト秒レーザー加工システムを示す. システムは, 主に, チタンサファイア再生増幅器, 液晶 SLM, 加工光学系, および計算機から構成される. 中心波長 800 nm, スペクトル幅 25 nm, パルス幅 40 fs, および P 偏光を有するフェムト秒パルスは, 波面変調用の CGH1 を表示する SLM1 に照射される. その後, $\lambda/2$ 板(HWP)を通り 45 度直線偏光にされたパルスは, 偏光変調用の CGH2 を表示する SLM2 に照射される. SLM1 の結像面に配置された SLM2 により偏光制御されたパルスは, $\lambda/4$ 板(QWP)により任意の方位角を持つ直線偏光に変換される. その方位角は, SLM2 に与える位相により線形に変化する. CGH のフーリエ面(P)で得られる任意の強度と偏光分布を有するパルスは, 60 倍, 開口数 0.85 の対物レンズ(OL)を通してサンプルに照射される. 加工の様子を観察するため, ハロゲンランプ(HL), Charge coupled device (CCD)撮像素子, ダイクロイックミラー(DM), および近赤外(IR)カットフィルターを用いる.

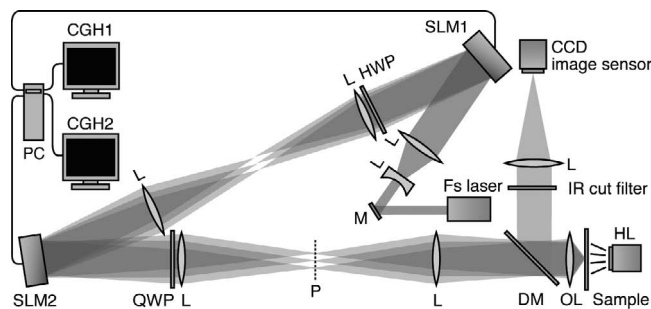


Fig. 1 Holographic femtosecond laser processing system.

Fig. 2 は, 異なる 2 種類のベクトル波フェムト秒パルスの同時並列再生を示す. Fig. 2(a), 2(b)は, それぞれ, SLM1 と SLM2 に表示された波面と偏光制御用の CGH と, その拡大図を示す. 2 種類のベクトル波の同時再生のために, それぞれの CGH は, 径偏光ビームと方位偏光ビームを生成するための 2 種類の小さな CGH が交互に配置される構造を有した. Fig. 2(c) - 2(f)は, それぞれ, CCD 撮像素子を用いて P 面で撮影された CGH の光学再生像と 0, 45, 90 度の方位角を有する直線偏光子を通して撮影された光学再生像を示す. 図中の矢印は, 各集光点の偏光分布を示す. 各集光点は, その中心で位相および偏光特異点を有するため, ドーナツ状の強度分布を示した.

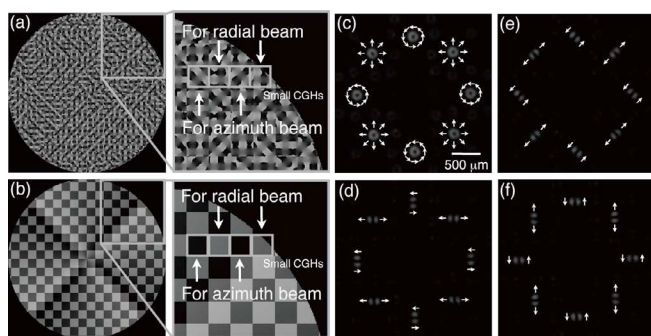


Fig. 2 CGHs for modulating (a) the wavefront and (b) polarization, and (c) its optical reconstruction with two different types of multifocal vector beams, respectively. The reconstructions captured through a linear polarizer with an azimuthal angles of (d) 0, (e) 45 and (f) 90 degrees, respectively.

[1] Y. Hayasaki, T. Sugimoto, A. Takita, and N. Nishida, Appl. Phys. Lett. **87**, 031101 (2005).

[2] S. Hasegawa and Y. Hayasaki, Opt. Express, **21**, 12987 (2013).