

ホログラフィック紫外フェムト秒レーザー励起型体積ディスプレイ

Volumetric display with holographic ultraviolet femtosecond laser excitation

宇都宮大学 CORE [○](M1) 對馬 優斗, 熊谷 幸汰, 早崎 芳夫

Utsunomiya Univ. CORE, [○]Yuto Tsushima, Kota Kumagai, Yosio Hayasaki

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

体積的ディスプレイは、空間中に直接的かつ3次元的に画素を生成する3次元表示の1種であり、広い視野角と観察用の特殊なデバイスを必要としないことを特徴とする。体積的に表示される画素はボクセル(voxel)と呼ばれ、自発光タイプと光散乱タイプに分類される。我々は、集光フェムト秒レーザーパルスの多光子励起を用いた、固体蛍光発光型、液体中バブル型、気体中プラズマ発光型の体積映像描画や実物体と映像を重ねる拡張現実への適用を実証した。

これらの体積的ディスプレイにおける解決すべき重要課題の1つとして、指先大(1cm³)をこぶし大(10³ cm³)の体積へと大型化により観察者の視認性を高めることである。そのために、レーザー集光用のレンズの焦点距離を大きくすることになり、それに伴って、開口数(NA: numerical aperture)が小さくなる。これは、集光径の拡大による励起エネルギーの増大と、集光ビームの光軸方向の長さ(集光長、レーリー長)の拡大の2つの課題が生じる。励起エネルギーの課題に対して、大口径レンズの使用によるNA低下を抑えつつ、これまでの体積的ディスプレイの近赤外光(800nm)励起に対して紫外光(343 nm)励起にすることで、多光子励起の光子数の低減により励起エネルギーの低下を試みる。同時に、紫外光励起は、集光径や集光長の短縮や、励起対象の多様化も期待できる。集光長の拡大に対して、ホログラフィックビーム成形により、励起領域の径の拡大と長さの縮小を行い、それらの比を1に近づけ、ボクセルの球形化を行う。本報告では、紫外フェムト秒レーザー励起の体積的ディスプレイの開発を目的として、レーザー照射条件による発光ボクセルの励起特性を観測する。

Fig. 1 は実験光学系である。この光学系は、フェムト秒レーザー(PHAROS, Light Conversion) 高調波発生器(HIRO, Light Conversion), LCOS-SLM(liquid-crystal in silicon spatial light modulator)(SLM-250, santeo), 焦点距離 50 mm のレンズ, カメラ(DMK33UP1300, IMAGINGSOURCE), 分光器(USB2000+, Ocean Optics)によって構成された。フェムト秒レーザーパルスは、中心波長 1030nm, パルス幅 150fs, 繰り返し 10kHz を有し、その高調波の波長は、それぞれ、515 nm と 343 nm であった。

Fig. 2 は、各波長のパルスエネルギーに対する発光長である。10回の計測値が表示される。カメラの露光時間は 33ms であった。発光の観測された最低パルスエネルギーは、それぞれ、紫外光励起(343nm)時 11.3μJ, 緑色光励起(515nm)時 33.9μJ, 近赤外光励起(1030nm)時 59.0μJ となり、紫外光励起発光は、近赤外光励起に対し 19%のパルスエネルギーで確認された。また、Fig. 2 の直線は加工径の理論値を示す際によく用いられる式 $d = a\sqrt{\ln(F/F_{th})}$ (加工径 d , 集光径の理論値 a , 集光点におけるフルーエンス F , フルーエンスしきい値 F_{th}) に係数をかけたものになる。係数は 343, 515nm の時 2, 1030nm の時 $2\sqrt{2}$ でありこの係数は多光子励起によるものだと考える。

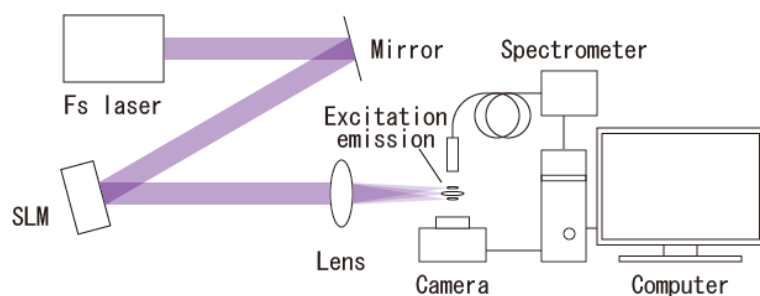


Fig. 1 Experimental setup.

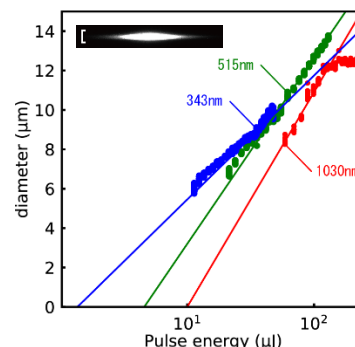


Fig. 2 Emission diameters for pulse energy.

参考文献

- 1) Y. Ochiai, K. Kumagai et al., ACM Trans. on Graph. **35**, 17(2016).