

波長/1D 空間変換および共焦点スリットを用いた フルフィールド・スキャンレス共焦点レーザー顕微鏡の開発

Full-field scan-less confocal laser microscopy

using wavelength/1D spatial conversion and confocal slit

- 宮本 周治¹、長谷 栄治^{1,2}、南川 丈夫^{1,2}、山本 裕紹^{2,3}、安井 武史^{1,2}
- (1. 徳島大学、2. JST-ERATO 美濃島知的光シンセサイザプロジェクト、3. 宇都宮大学)
- Shuji Miyamoto¹, Eiji Hase^{1,2}, Takeo Minamikawa^{1,2}, Hirotsugu Yamamoto^{2,3}, Takeshi Yasui^{1,2}
- (1. Tokushima Univ., 2. JST-ERATO Minoshima Intelligent Optical Synthesizer Project,
- 3. Utsunomiya Univ.)

E-mail: miyamoto@femto.me.tokushima-u.ac.jp

http://femto.me.tokushima-u.ac.jp/

共焦点レーザー顕微鏡 (confocal laser microscope : CLM)[1]は、高空間分解能、非接触、低侵襲であるといった特長を持つことから、非接触表面形状検査や、バイオイメージング等に広く用いられている。通常、CLM では光源ピンホール、サンプル焦点、検出ピンホールが共役である必要があり、点計測に基づいている。そのため、2次元画像の取得には焦点スポットの2次元的な機械的走査が必要であり、この機械的走査により、従来の CLM は画像の取得時間の長期化や、振動などの外乱に弱いために光学定盤等の安定な計測環境が必要であるといったデメリットを有していた。そこで本研究では、照明光をラインビームとし、共焦点ピンホールを共焦点スリットに置き換えることで、ビームスキャン方向を1次元のみとしたスリット型 CLM[2]と波長分散素子による波長/1D空間変換[3]を組み合わせることにより、機械的走査が不要なフルフィールド・スキャンレス CLM を開発した。

図 1 に本実験のセットアップを示す。ここで、光軸方向を Z 軸、光軸に直交した 2 次元平面を XY 面となるよう 3 次元座標を定義する。光源には、広帯域レーザー光(中心波長 780 nm, 帯域 10 nm, 平均パワー 30 mW)を用いる。光源から出射したレーザー光は、シリンドリカルレンズ(CL)とレンズ(L1)により、回折格子(1200 本/mm, ブレーズ波長 750 nm)の溝方向(Y 方向)と直交する方向にライン集光される。CL によってそれぞれ X 軸、Y 軸方向に展開された光は、2 枚のリレーレンズ(L2, L3)、および対物レンズ(倍率=10, NA=0.25)によりサンプル上に 2 次元的に照射される。サンプルからの反射光は回折格子により各波長成分が再び重ね合わされ、別のリレーレンズ(L4, L5)によりサンプル位置と共焦点関係があるスリット上にライン集光される。スリットを透過した光は、マルチチャンネル分光器を用いて各波長成分を水平展開し、CMOS カメラ(1280×1024 pixels, フレームレート 25 fps)で高速取得される。

以下に、本実験装置を用いて非接触表面形状検査への応用を行った結果を示す。GP-IB 通信用 PC

ボードの電子回路部分の表面形状を計測した[図 2(a)]。サンプル表面を $z=0 \mu\text{m}$ とし、 $Z=-150 \sim +900 \mu\text{m}$ まで、 $150 \mu\text{m}$ 刻みでサンプルを移動させながら取得した 2 次元イメージを図 2(b)に示す(画像取得時間 9.15 ms/枚)。この結果から、それぞれの深さ位置のサンプル表面情報を反映したイメージが得られており、本手法が表面形状の 3 次元イメージングに有用であることを確認した。また、本手法は機械的な可動部を有していないため、振動等の外乱に対しロバストで、現場における各種応用計測での利用が期待できる。

本研究は、日本学術振興会・科研費・基盤研究(A) 15H02025 より援助を受けた。

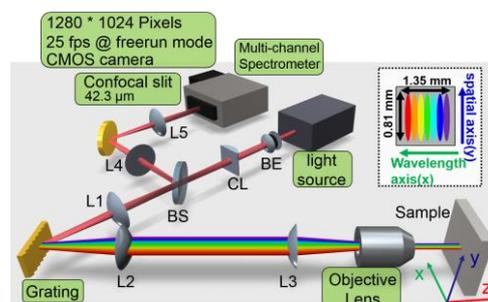


Fig.1 Experimental setup.

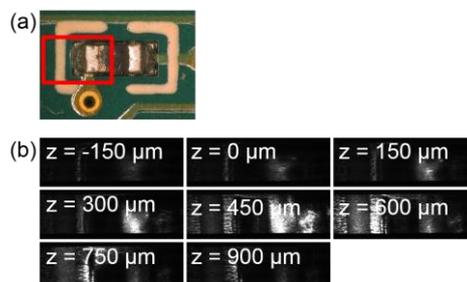


Fig.2 Experimental result. (a) Picture of the GP-IB board. (b) Image take by the system.

- [1] P. Davidovits et al., Nature, **223**, 831, (1969).
- [2] Y. S. Sabharwal et al., Appl. Opt., **38**, 7133 (1999).
- [3] G. J. Tearney et al., Opt. Lett., **23**, 1152 (1998).