

倍率補正瞳分割結像方式顕微鏡による斜方結像の実験

Experiment of Oblique Imaging by Using Pupil Divided Optics with Magnification Correction

Hitachi, Ltd. R&D Group¹, Hitachi High-Tech Corp.²,°Eiji Arima¹, Yuta Urano¹, Shunichi Matumoto², Toshifumi Honda¹E-mail: eiji.arima.hk@hitachi.com

半導体検査やハードディスク検査では、微弱な散乱光を高速に検出し、広範囲の検査が求められる[1]。散乱光分布は異方性が強く、細線状の広視野の観察領域に対して斜方方向に光学系を配置することに優位性がある。前回の発表では、光軸から傾いている観察領域の長手方向を画素分割して結像検出することができる倍率補正瞳分割結像方式を提案した[2]。本方式では、焦点深度を拡大するため、高 NA 対物レンズの瞳面にシリンドリカルレンズアレイ (CLA)3 枚を配置し、各分割像を合算する(図 2)。CLA1・2 はそれぞれ曲率半径の異なるレンズが並んでおり、光線方向に応じて光学倍率を変えることで、光軸から傾いている観察領域をセンサ面上で同じ像高に補正する。結果、信号処理を行わずにアナログ回路で合算し、高速・高感度に検出することができる。センサは、高速・高感度検出が可能な Silicon Photomultipliers アレイ(画素ピッチ 25 μm 以上、ラインレート数十 MHz 以上)を使用する。これまで、シミュレーションによって斜方結像を確認してきた。本発表では、実際に作製した光学系による斜方結像の検証実験の結果を報告する。

図 3 に作製した瞳分割結像方式光学系の評価実験で得られた

瞳分割像の一部を示す。視野の中心と端にピンホールを置き、レーザ光を照射した時の散乱光像を取得した。分割像 2, 11 のラインプロファイルを見ると、視野端でもボケなく結像でき、像高がおおよそ一致していることが分かる。分割像 1-12 のセンサ面での視野端の像高誤差は $\pm 21 \mu\text{m}$ 以下であり、これは使用するセンサの画素サイズよりも小さく、視野端の検出強度誤差は-3.3%であった(画素サイズ 25 μm にて概算)。これは、検出誤差として十分小さく、斜方方向からの結像検出が可能であることがわかった。さらに、試料面ブレによる結像位置ずれ・補正方法についても発表する。

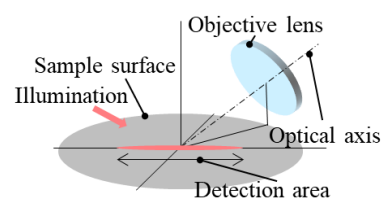


Fig.1 Oblique detector arrangement

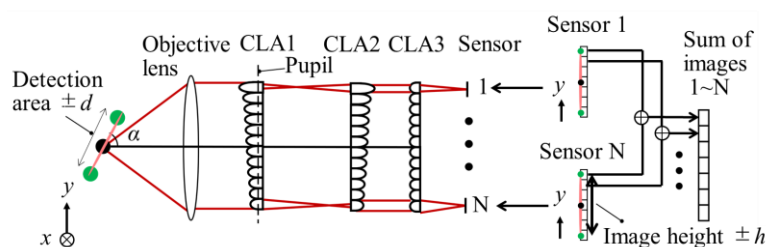


Fig.2 Schematic diagram of pupil divided optics (N = 12)

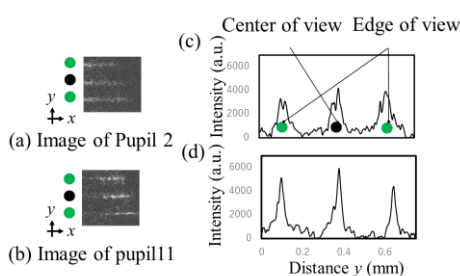


Fig.3 Experimented results of pupil divided images and line profiles
Pupil divided images of pupil 2 (a) and 11 (b). Line profiles of x integrated intensity as a function of distance y of pupil 2 (c) and 11 (d).
NA of objective lens : 0.575, N = 12, $\alpha = 53^\circ$, $d = \pm 90 \mu\text{m}$, $h = \pm 270 \mu\text{m}$
Magnification of each pupil divided optics : 2.5(pupil12) ~7.0 (pupil1)
Sensor : CMOS camera (pixel pitch 6.5 μm), Wavelength $\lambda = 266 \text{ nm}$

[1] J. C. Stover, Optical Scattering Measurement and Analysis, Chapter 11

[2] 有馬等, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 11a-N106-4