倍率補正瞳分割結像方式顕微鏡の提案

Proposal of Pupil Divided Optics with Magnification Correction

Hitachi, Ltd. R&D Group[1], Hitachi High-Tech Corp.[2],

°Eiji Arima[1], Yuta Urano[1], Shunichi Matumoto[2], Toshifumi Honda[1]

E-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，表面の広範囲の検査が求められる[1]。また，散乱光の分布は異方性が強く，図 1 のように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。しかしながら，高 NA の結像検出では焦点深度が小さく，広視野での検出ができない。また，ライトフィールドカメラでは焦点深度・視野の拡大が実現されているが[2]，信号処理が必要となり，高速での検出が難しい。

本研究では，図 2 に示す倍率補正瞳分割結像方式顕微鏡を提案する。光軸から傾いた細線領域を検出対象とし，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，各分割像をアナログ回路で合算する。センサ部は各分割像ごとに独立したラインセンサからなり，y 方向に数十 μm の画素が並んでいる。曲率半径の異なる CLA1，2 により光線方向に応じて光学倍率を変え，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し，信号処理を行わずに合算することができる。図 2 では，簡単のため，視野中心と視野端の点光源の像がセンサ面に示されている。各分割像の像高が異なると，合算時に視野の中心以外はボケてしまい検出視野が狭くなる。

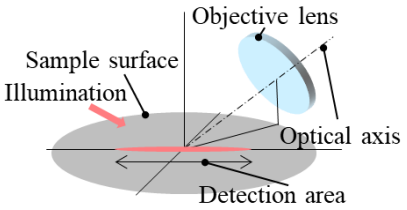


Fig.1 Oblique detector arrangement

本方式は瞳分割により焦点深度が広く，観察対象が光軸から傾いていても視野端がボケない。さらに信号処理をせずに合算検出することで，光量を落とすことなく高速に検出することが可能になる。これにより，広視野で数 MHz の検出が可能になる。

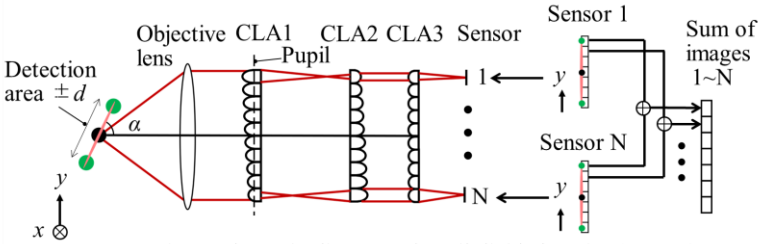
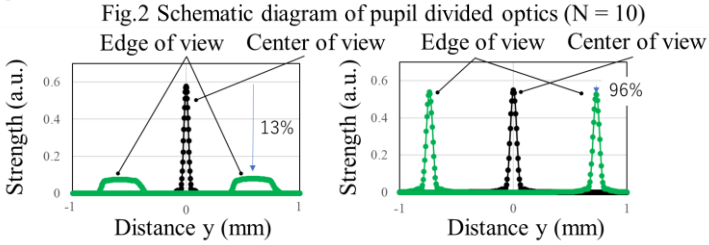


Fig.2 Schematic diagram of pupil divided optics (N = 10)



(a) Without magnification correct (b) With magnification correct

Fig.3 Profile of sum of simulated pupil divided images
NA of objective lens : 0.575, Lens arrays : N = 10,
α = 53°, d = ±100 μm

図 2 に，光線追跡シミュレーション結果を示す。倍率補正により視野端強度が中心の 13%から 96%に改善しており，倍率補正によって視野端でも強度がほぼ下がることなく検出できることが確認された。今後は，本光学系を試作し，提案方式の原理検証実験を行う予定である。

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

[2] M. Broxton, et al., Optics Express, 21, 25418, 2013