近接場顕微鏡における表面走査による奥行き構造観察技術の開発

Depth structure analysis by surface scanning in near-field microscope

静岡大光医工学研究科 [1]，静岡大工 [2]　○佐尾 真侑 [1]，竹田 悟 [2]，川田　善正 [2]
Shizuoka Univ., ◦Mayu Sao, Satoru Takeda, Yoshimasa Kawata
E-mail: sao.mayu.18@shizuoka.ac.jp

1. 背景と目的

近接場顕微鏡や電子線励起顕微鏡（EXA：electron-beam excitation assisted optical microscope）は数ナノメートルスケールの微小な光源を励起し観察対象に対して走査することで光の回折限界を超える高分解能な観察が可能である[1]。これらの顕微鏡では，試料の表面構造を高分解能で観察できるものの，光源から奥行方向に離れた構造については光が拡がってしまい観察できないという課題がある。そこで，本研究では奥行き構造の観察を可能にすることを目的に，光源を一点に照射したときの瞳面での二次元強度分布（観察像）と，計算によって求める複数の三次元空間の二次元強度分布（参照パターン）の相関係数を評価することにより奥行きの情報を取得する観察技術を提案する。

2. 強度分布解析による奥行き情報取得原理

Figure 1 に観察技術の基本構成を示す。光軸方向を z 軸とし，点光源が P1（原点），複数の点散乱物体が P2(0, 0, 20λ), P3(10λ, 10λ, 10λ), P4(20λ, 20λ, 20λ)に存在する場合を考える。点光源 P1 から射出された球面波は試料により散乱され，その散乱像が光軸に垂直に配置した二次元検出器により取得される。

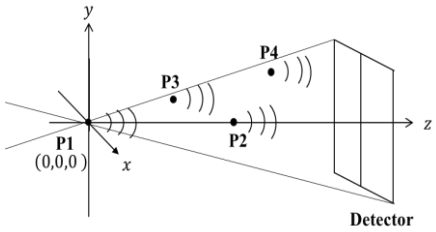
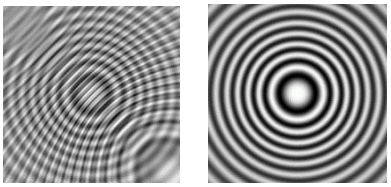


Figure 1.　Schematic diagram of depth structure analysis.

Figure 2(a)にシミュレーションにより求めた観察像を示す。観察像は点光源 P1 から発した球面波と点 P2, P3, P4 の点物体での散乱により生じる球面波との干渉縞が形成される。一方，Fig. 2(b)に，参照パターンとして示した光軸上に存在する点物体から生じる干渉縞パターンを示す。参照パターンは点 P1 と z 軸上にある点物体の 2 点による球面波の干渉縞パターンであり，点物体の z 座標を変えて複数のパターンを用意する。観察像とそれぞれの参照パターンとの相関係数の値を評価することで観察対象の z 座標を取得する。なお，Fig. 2 では，それぞれ位相が π ずれた観察パターンを用いてバイアス成分を除去している。



(a)　　(b)

Figure 2. Simulated pattern of (a) observed pattern and (b) reference pattern.

3. 奥行き情報取得結果と考察

Figure 3 は Fig. 2 の観察像と参照パターンの相関係数を求めた結果である。横軸は点物体の z 座標を示し縦軸は相関係数を示す。z 軸上にある点 P2 の座標と一致する z = 20 λ 付近で相関係数のピークが見られることから，相関係数を解析することで観察対象の z 座標を取得できる。また，集光点を xy 平面上に走査することで三次元の物体の観察も可能である。

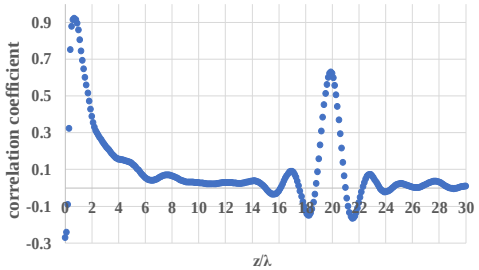


Figure 3. Simulation result of correlation coefficient.

4. 結論

二次元強度分布から奥行の情報を取得する技術について三次元空間に分散した点群の三次元座標を取得できる手法を開発した。今後は実験による本手法の有効性の評価と複雑な観察対象をモデルとするシミュレーションを行う。

参考文献

[1] Y. Inouye and S. Kawata: Opt. Lett., 19 (1994)159-161.