薄明視野顕微鏡法を用いた金ナノ粒子の3次元マッピング

Three-dimensional mapping of gold nanoparticles using twilight-field optical microscopy

○後藤 和史, 早崎 芳夫(宇都宮大学オプティクス教育研究センター)

°Kazufumi Goto, Yoshio Hayasaki

(Center for Optical Research and Education, Utsunomiya University)

E-mail: hayasaki@cc.utsunomiya-u.ac.jp

金ナノ粒子(GNP)は局在表面プラズモン共鳴 により,表面において入射電場を増強させる.ま た,共鳴スペクトルが粒子の形状や粒径,周辺媒 質の屈折率によって変化することからバイオセ ンサーのプローブとして活用されている.粒子の 位置計測には高感度・高時間分解能な4分割フォ トダイオードが用いられるが,3次元計測や多粒 子計測は難しい.我々は,ナノ粒子の3次元位置 計測を低コヒーレンスディジタルホログラフィ と画像処理を用いて行い[1],3次元サブピクセル 推定によって光軸方向の分解能を向上させた[2]. また,光捕捉した直径 60nmGNP の3次元位置を ~4nmの精度で計測した[3].さらに,薄明視野法 [4]と光源の時間コヒーレンス制御により,直径 20nmGNP の3次元位置計測を実現した[5].

本発表では,薄明視野法を導入したディジタル ホログラフィック顕微鏡によって,微細構造上に 散布された複数の GNP の3次元位置を計測し, 微細構造の計測を報告する.

Fig. 1 に実験系を示す. ITO 薄膜で構造を作製 したカバーガラスとスライドガラスによって金 ナノ粒子分散液を挟み込み液層とする. その後し ばらく放置し, GNP を基盤に固定させる. 形状 計測の障害となる液中を動き回る粒子は, 光ピン セットによって捕捉しガラス基盤に固定する.

Fig. 2 は,構造の形状計測に向けて実施した, 2 つの直径 20nmGNP の回折計算による, z = 0nm, 822nm, 1781nm の再生像である.ここで,中心波 長 $\lambda_c=550$ nm,波長幅 $\Delta\lambda=51$ nm,低域減衰フィル タの透過率 $T_R=0.059$ とした.また,一方の粒子 は光ピンセットによってサンプル中央で光捕捉 され,もう一方の粒子はサンプル中をブラウン運 動していた.それぞれの粒子に注目し,全ての再 生像の中から最も画素値が小さい画素 $I_{min}(x_{min}, y_{min}, z_{min})$ を粒子の位置とする.このとき捕捉粒子 の座標(0nm, 0nm, 0nm)とすると, 運動中の粒子の 座標は(-2407nm, 2241nm, 959nm)であった.

金ナノ粒子を利用した微細構造の計測に向け た,複数粒子の3次元位置計測を実現した.



Fig. 2 Reconstruction images of GNPs at (a) z = 0nm, (b) 822nm, and (c) 1781nm.

参考文献

- T. Higuchi, Q. D. Pham, S. Hasegawa, Y. Hayasaki, App. Opt. 50, H183 (2011).
- [2] A. Sato, Q. D. Pham, S. Hasegawa, Y. Hayasaki, App. Opt. 52, A216 (2013).
- [3] Y. Hayasaki, A. Sato, Opt. Commun. 322, 22 (2014).
- [4] Q. D. Pham, Y. Kusumi, S. Hasegawa, Y. Hayasaki, Opt. Lett. 37, 41191 (2012).
- [5] K. Goto, Y. Hayasaki, Opt. Lett. 40, 3344 (2015).