

ドレスト光子による自律的粒子堆積状態への遷移を示す確率モデル

中大理工, NICT^A, 東大工^B

高橋 幹, 香取眞理, 成瀬 誠^A, 大津元一^B

Stochastic model showing a transition to self-controlled
particle-deposition state induced by optical near-fields

Chuo University, ^ANICT, ^BUniversity of Tokyo

K. Takahashi, M. Katori, M. Naruse^A and M. Ohtsu^B

光起電力デバイスに光照射を行いながら Ag 粒子を堆積させると、特徴的形狀を持つ Ag 薄膜が自律的に形成されることが知られている。これにはデバイス表面のクラスターと照射光の相互作用により発生する近接場光が大きな役割を果たしている [1]。我々は先行研究 [2] で提案された確率モデルを改良し、数値シミュレーションにより粒子堆積状態における非平衡転移現象を発見した [3]。新たなモデルでは離散時間 t 、システムサイズ $L \times L$ の格子上の点 r における堆積粒子数 $n_t(r)$ だけでなく、電荷量 $q_t(r)$ を新たに確率変数として設定し、デバイス表面と堆積粒子の間に働く反発を各格子点からのクーロン反発として計算した。本質的な改良点として光強度パラメータ b と、クラスターサイズ s に依存する近接場光の発生効率関数 $f(s)$ を導入した。 $f(s)$ は最も効率良く近接場光を発生させる特徴的なクラスターサイズ s_0 と分散 σ の存在を仮定し、ガウス関数型 $f(s) = \exp\left[-\frac{(s - s_0)^2}{2\sigma^2}\right]$ とした。

数値シミュレーションより、光強度 b を増加させることで Ag 粒子がランダムに堆積していく状態 (状態 B) から、自律的な堆積を示す状態 (状態 A) へと転移する結果が得られた。状態の転移に併せ粒子堆積密度 R_t や総蓄積電荷 Q_t の傾向が変化することも確認し、 $\rho_0 = 1 - R_T$ で定義する秩序変数 ρ_0 を用いることで冪乗則により臨界値 b_c を見積もった。いくつかのシステムサイズ L に対して粒子堆積の閾値エネルギー E_{th} を変化させて臨界値 b_c を算出し、 (b, E_{th}) - 相関を描いた。今回のモデルは有限サイズでしか意味を持たず通常の相転移ではないが、 $b_c = c(L)E_{th}$ という普遍的な比例関係が存在することを示した。

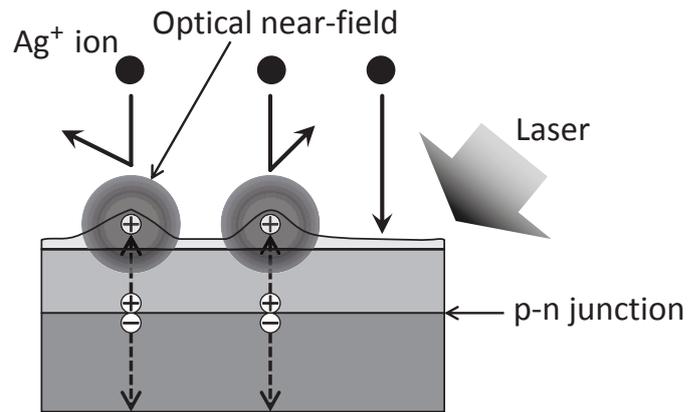


図 1 表面形状加工のメカニズム

- [1] 大津元一, 「ドレスト光子, 光・物質融合工学の原理」, 朝倉書店 (2013)
- [2] M. Naruse et al., Appl. Phys. B **105**, 185 (2011)
- [3] K. Takahashi et al., arXiv 1410.3190 [cond-mat.mes-hall] (2014)