17p-D2-1

ドレスト光子工学のための計算科学・数理物理

Computer science and mathematical physics for dressed photon technology

東大大学院工学系研究科，東大ナノフォトニクス研究センター　大津　元一

Univ. of Tokyo, Nanophotonics Res. Center, Motoichi Ohtsu

E-mail: ohtsu@ee.t.u-tokyo.ac.jp

ドレスト光子(DP)工学はナノ領域での光と物質との相互作用を扱う[1,2]。この場合、光の量子化のための仮想的な共振器を設定することができない。また波数と運動量は保存量ではなく、従って物質の分散関係に基づく議論は無効である。これらの事情により本技術は波動光学から逸脱していることに注意し、これまでに場の量子論、光科学、凝縮系物理を組合せて無数のモードの光と無数のエネルギー準位の電子・正孔対との相互作用を考え、ナノ寸法領域において光子と電子・正孔対とが結合した状態を表す準粒子である DP の描像が導出された。さらに多モードのコヒーレントフォノンとも結合しうる事が見いだされた。これらの知見をもとに、ナノ光デバイス、微細加工、エネルギー変換、情報セキュリティなどへの応用が大きく展開した。

本技術の一層の発展のために、ナノ領域では光の場と物質の形状・寸法は観測する距離に依存することに注意する必要がある。DP の特徴である階層性はこの距離依存性に起因する。DP を加工、エネルギー変換に利用する例では大きな面積・体積をもつ物質を使ったが、その表面や内部に発生する DP のもたらす階層性の効果を検討する場合、DP の発生位置とそのエネルギー局在寸法が多様であるため、解析には統計的手法、数理科学的手法が必要となる。特に加工への応用の場合、表面や内部の形状・寸法が刻一刻変化するので、その時空間的振る舞いを調べ、大面積のデバイスや装置の設計および現象の分析に生かす必要がある。なお、階層性のために DP のエネルギーは寸法の等しいナノ物質間を自律的に選んで移動する。この自律性からナノ光デバイスは耐タンパー性、生体系との類似性などの性質をもつ。

以上の事情から DP についてさらに深く理解し、それを応用するために解決すべき問題は(1)ナノ物質間での DP のエネルギー移動と散逸の詳細の解明、(2)ランダム性、自己組織性、階層性の解明、(3)非平衡開放系の統計力学、数理科学モデルの構築とシミュレーション手法の導入、などである。このうち(3)についてさらに説明しよう。DP を使って加工・作製された材料、デバイスの内部の形状、寸法、組成は多様であるため不規則のように見える。しかしこれはナノ寸法領域での光と物質との相互作用による帰結である。その個々について我々は評価しなくとも全体の性質を評価すればよい。このような手法は従来の材料工学には無いが、DP を使った技術ではこの新手法を導入する必要が生じた。すなわちこの技術では自然界が自律的に形成する構造を DP で制御し利用する。そのためには(3)の課題解決が重要である。

【参考文献】

1. 大津元一、「ドレスト光子」、朝倉書店、2103 年

2. M. Ohtsu, Progress in Nanophotonics I, Springer, 2011, pp.58

© 2013 年　応用物理学会