

窒化物半導体ナノ構造における光伝播特性の解明と光伝播制御

猪瀬 裕太 (上智大学理工学研究科)

1. 研究背景と研究目的

誘電率の空間変化が周期的であるフォトニック結晶は、電磁波の伝播を制御できる光学材料として盛んに研究されている。一方で誘電率変化が不規則なランダム媒質における光のアンダーソン局在[1]に関しては、研究の進展が大きく遅れている。本研究においては、物理的に詳細な研究がなされていないランダム系における光局在現象の全体像を把握し、また規則系・不規則系およびその中間配置までをも含めた「半導体ナノ構造」における光伝播特性の全容解明を目的としている。

2. 研究内容

本研究では、半導体ナノ構造の構成光学媒質として $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ナノコラム[2]を選択した。本媒質は組成比によって発光波長が可視全域で選択可能であり、薄膜の数十倍という大きな発光効率を示す[3]。

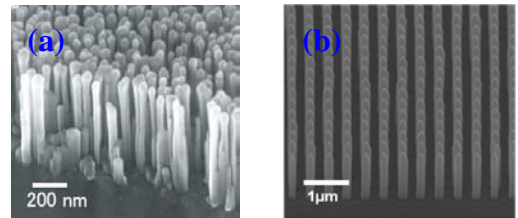


図1. 自己形成(a)と位置制御(b)のナノコラム

本研究ではこれまで、主に図1(a)のような自己形成のランダム配置を対象として研究を行い、共鳴波長域の光局在に起因したランダムレージングを観測した。また電磁波伝播の数値計算から、局在効果のパラメータ依存性の全体像把握に成功した[4]。図2は、有限領域ランダム系における Q 値と周期系のバンドギャップを比較したものである。この結果から、コラム充填率が低い場合はミー共鳴散乱が局在効果に大きく寄与し、充填率が高い場合は平均的ブラッグ回折が支配的であることを明らかにした。

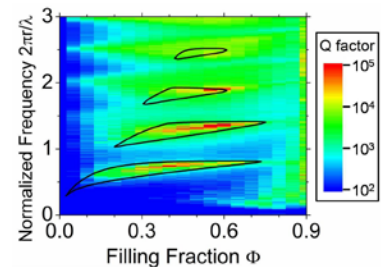


図2. TM 偏光の Pseudogap Map (Q 値) と Gap Map (黒線)

現在では図1(b)に示すように規則配置が可能となり、周期構造に起因した非線形増強効果[5]や誘導放出を観測している。試料の位置制御によって、人工ランダム配置から規則配置まで様々なナノ構造を用いた実験が可能となったため、今後は理論と実験の双方から光伝播現象の完全な理解を目指す。さらに、ナノ構造の構成物質による光学利得を用いたランダムレーザーやDFBレーザー、非線形効果を用いた波長変換素子など、新規光学デバイスへ向けた応用研究を行う予定である。

[1] S. John, Phys. Rev. Lett. **53** (1984) 2169. S. John, Phys. Rev. Lett. **58** (1987) 2486.

[2] M. Yoshizawa, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. Part 2 **36** (1997) L459.

[3] A. Kikuchi, *et al.*, Phys. Stat. Sol. (b) **241** (2004) 2754.

[4] Y. Inose, *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser. **193** (2009) 012055.

[5] T. Soya, Y. Inose, *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser. **193** (2009) 012056.