

幾何学的構造を反映した物性発現と統一的視点の探求



● 研究代表者

石原 照也 物理学専攻・教授
Teruya Ishihara

● メールアドレス…terish@mail.phys.tohoku.ac.jp

● 専門分野…光物性物理

● 主な研究課題…
 ・フォトリソグラフィを用いた光物性の研究
 ・超高速分光を用いた光物性の研究
 ・低次元半導体の光物性の解明

● 研究目的

近年、ナノスケールの加工やマニピュレーション技術などの発展により、これまで存在しなかった幾何学的な配置が実現できるようになってきた。特殊な幾何学的配置によって新奇な物性を生じるこのような構造はしばしばメタマテリアルと呼ばれ、基礎応用両面から注目が集まっている。

本研究課題では種々のスケールで生じる、物質の幾何学的配置・トポロジーと発現する基礎物性の対応に注目して融合研究を進める。具体的にはフォトリソグラフィ、ポリマー構造、量子スピン系、表面プラズモンなどを対象としてこれまで物理教室内で独立に行われてきた研究活動を出発点として、幾何学的構造に由来する物性に注目し、類似性と相違性を意識しながら議論を深め、統合的に研究を発展させる。いくつかの共通な視点から捉えなおして議論を行い、異なった分野の概念を適用することによりダイナミックに研究を発展させて、共通の方法論を開発し、COEにふさわしい真に独創的な研究を世界へ発信してゆく。

● 研究内容

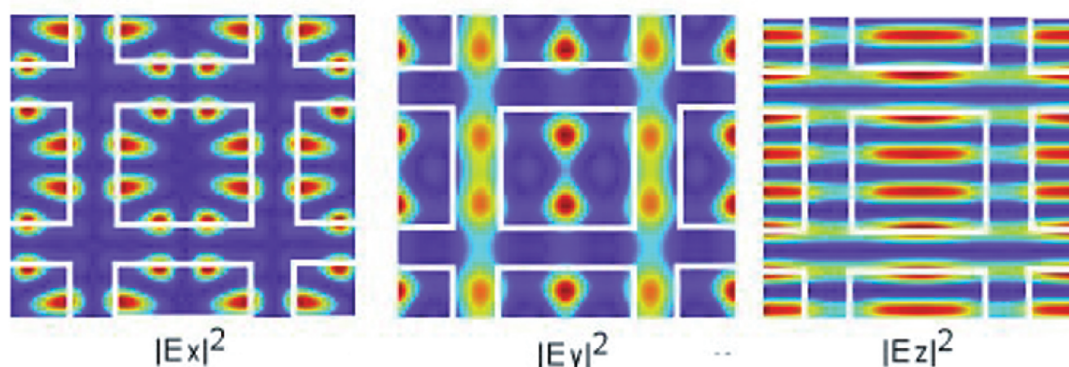
物理の問題の中には種々のスケールと対象に同型の現象がしばしば登場する。たとえば光の波長スケールの周期構造をもった金属

薄膜においては、構造に共鳴した電磁的なモードが発生する。特に周期的に開孔が存在するような構造においてはそのトポロジーを反映した励起が存在する可能性がある。また、光励起によって形状に依存した起電力が発生することも最近見出された。このような共鳴状態は、その存在を一般的に議論したうえで、数値計算によって見出すことが期待される。一方、実験的には試料を電子線リソグラフィーによって作製し、分光学的手法によって共鳴エネルギー、寿命を求めるとともに、現象のダイナミクスを追跡することも可能である。特定の電場分布を与えるための構造体の設計問題（逆問題）はリソグラフィーへの応用上の観点から重要であるとともに、アルゴリズムの一般化に興味をもたれる。本融合テーマでは高分子のメソフェーズ（ミクロ相分離構造）、量子スピン系、金属クラスターのプラズモンなどに、類似の状況がスケール（マイクロメータからサブナノメートル）と物理対象（電磁波、高分子鎖、スピン、プラズモン）を異にしつつも、共通してあらわれることに注目し、普遍的な概念形成を目指した研究を行うとともに、個別的分野での発展のブレークスルーを試みる。

研究分担者 川勝 年洋 (物理学専攻・教授)
須藤 彰三 (物理学専攻・教授)

坂井 徹 (物理学専攻・助教授)

(2,0) + (-2,0) TM-like mode



散乱行列法によりシミュレートした2次元正方格子を有する半導体フォトニック結晶スラブの共鳴状態。電場強度のx、y、およびz成分を擬似カラーで表現した。単純な平面波によって励起してもフォトニック結晶内部には複雑な対称性をもった電磁場が出現する。このような電磁場をデザインすることにより物質との相互作用を制御することができる。

● 代表的な発表論文

- 1) Phase Separated Structures in a Binary Blend of Diblock Copolymers under an Extensional Force Field --- Helical Domain Structure ---,
Hiroshi Morita, Toshihiro Kawakatsu, Masao Doi, Daisuke Yamaguchi, Mikihiro Takenaka, and Takeji Hashimoto, J. Phys. Soc. Jpn., **73**, 1371 (2004) .
- 2) Criticality of Fluorescence Spectra of the Nanosized Polysilanes Oriented in the Mesoporous Silica,
N. Ostapenko, G. Telbiz, V. Ilyin, S. Suto and A. Watanbe, Chem. Phys. Lett. **383**, 456 (2004).
- 3) Second Harmonic Generation due to Quadrupole Interaction in a Photonic Crystal Slab: Angle Dependence and Symmetry of the Unit Cell,
T. Ishihara, K. Koshino, H. Nakashima, Phys Rev Lett., **91**, 253901 (2003).
- 4) Quasi-guided modes and optical properties of photonic crystal slabs,
S. G. Tikhodeev, A. L. Yablonskii, E. A. Muljarov, N. A. Gippius and T. Ishihara, Phys. Rev. B **66**, 045102 (2002).
- 5) Magnetic properties of frustrated spin ladder,
T. Sakai and N. Okazaki, J. Appl. Phys. **87**, 5893 (2000).