

2.2.5 電波・光波デバイス技術とシステム応用

永妻忠夫

基礎工学研究科 システム創成専攻・教授

2.2.5.1 はじめに

当研究室（光・量子情報科学グループ）では、未開の電磁波領域を新しい通信・センシング技術へ応用することを狙ったテラヘルツ波フォトニクス、ピコ・フェムト秒領域で光波を自由自在に操る時空融合型の光制御技術、非常に小さなナノ空間に閉じ込められた低次元光波を操作するナノフォトニクス、ナノ構造を利用した黒体輻射の制御技術などの基礎的研究から、3次元画像表示技術を始めとするシステム応用研究まで、電波（エレクトロニクス）から光波にいたる最先端の光・量子情報科学の研究に取り組んでいる。当該年度の各テーマの概要と研究成果は下記のとおりである。

2.2.5.2 テラヘルツ波フォトニクスに関する研究[1-3]

フォトニクス技術と高周波エレクトロニクス技術とを融合する独自のアプローチにより、ミリ波帯（30GHz～300GHz）・テラヘルツ帯（100GHz～10THz）電磁波の発生・検出のための基盤技術の研究、ならびにそれらを物質分光、イメージング、無線通信などに応用する研究を展開している。今年度は、電気光学サンプリング(Electro-Optic Sampling: EOS)技術を利用して、高速デバイスや集積回路の電気信号（電波）波形を計測するための技術（帯域>300GHz）を立ち上げた。また、その感度を向上させることを目的として、センサー材料となるE0結晶に広帯域アンテナを付加する手法を検討し、2GHzのスケールモデルで約10dBの感度増強が可能であることを確認した。また、E0結晶の周波数依存性を調べるため、斗内研究室の支援のもと、代表的なE0結晶であるLiTaO₃のテラヘルツ帯における屈折率を測定した。その他、ミリ波・テラヘルツ波の通信、イメージング応用に関する内外のセミナーや招待講演を数多く行なって研究の動向と重要性を広くアピールし、同技術分野の発展のために尽力した。

2.2.5.3 ナノフォトニクスに関する研究[4]

負誘電体・誘電体界面を伝播する低次元光波である表面プラズモンポラリトンを利用したナノ光導波路とナノ光デバイスの研究を行なっている。特に、金属ギャップ導波路における2次元光波の屈折率ガイド、テーパー構造による超集束、直角曲がり構造、T字型分岐路などの研究を行ないナノ光導波路の高機能化を進めている。今年度は、主にT字型分岐路に関する研究に注力し、シミュレーションによるナノ光導波路の不連続点において反射が起こる原因の解明と、分岐部での反射損失を大幅に低減できる新しい分岐構造を考案した。また、光ファイバ中に低次元光波を結合させるための回折格子の作製を行ない、表面プラズモンの励起に伴う導波モードの存在を実験により確認した。

2.2.5.4 熱輻射の制御技術に関する研究[5]

タングステン表面にマイクロキャビティアレイを形成し、熱輻射スペクトルを構造により制御する研究を行なっている。特に、擬似表面プラズモンによる熱輻射、シリコンカーバイドの表面フォノンポラリトンを利用した高い指向性をもつ熱輻射について研究を展開している。今年度は、マイクロキャビティアレイによる熱輻射スペクトル制御におけるエネルギー収支、ならびにマイクロキャビティアレイの構造とスペクトルの関係を実験的に明らかにした。

2.2.5.5 時間・空間融合型の光制御技術に関する研究[6]

進行波型位相変調器における強誘電体結晶の分極反転領域の形状を工夫することで、新しい超高速光制御機能/デバイスを創出することに取り組んでいる。対象とする時間・周波数領域はピコ秒からフェムト秒の時間域、GHzからTHzにわたる周波数域である。今年度は、光周波数シフターの周波数変換効率を最大にすることを目的として、分極反転領域（分極反転の周期や電極構造）の最適設計を行ない実験により検証した。特に、電磁波の位相速度が重要であることから、上記2.2.5.2のEOS技術を利用して定在波の空間分布を調べ、位相速度（実効誘電率）を求めることに成功した（詳細はIDERのユニットリーダーの報告を参照）。その他、同様の分極反転デバイスを偏向器に利用し、ピコ秒分解能の光ストリークカメラを試作した。

2.2.5.6 3次元画像表示技術の研究[7]

独自技術である光線再生法を発展させ、円筒型、円錐型などの全方位から観察可能な3次元画像表示ディスプレイに関する研究を行なっている。また、新たな手法として、希土類錯体の発光を利用した透明発光型体積表示3D画像表示システムを提案している。今年度は、光線再生法に基づく円筒、円錐型ディスプレイの試作を行ない、実用に向けた課題や問題点を明らかにした。また、希土類錯体の発光を利用した3D画像表示システムに関して、プロジェクトを用いて2次元画像を一度に空間投影するシステムの試作を行なった。

- [1] T. Nagatsuma, H. Ito, and T. Ishibashi, "Photonic THz sources using uni-traveling-carrier photodiode technologies", Tech. Dig. IEEE LEOS Annual Meeting, ThN3, Florida, pp. 792-793, Oct. (2007).
- [2] T. Nagatsuma, A. Hirata, N. Kukutsu, and Y. Kado, "Multiplexed transmission of uncompressed HDTV signals using 120-GHz-band millimeter-wave wireless link", IEEE Intern. Meeting on Microwave Photonics, MWP 2007, pp. 237-240, Oct. (2007).
- [3] T. Nagatsuma and Y. Kado, "Microwave and millimeter-wave photonic devices for communications and measurement applications", Asia Optical Fiber Communication and Optoelectronics Conference, AOE 2007, pp. 63-65, Oct. (2007).
- [4] 高原淳一, "テーパー型プラズモニック導波路における低次元光波の超集束", レーザー研究, Vol. 36, No. 3, pp.117-122 (2008).
- [5] J. Takahara, "Modification of light emission by microstructured surfaces", Thermal Radiation at the Nanoscale (TRN 07), Les Houches, France, May (2007).
- [6] S. Hisatake and T. Kobayashi, "10-GHz-order shifting frequency multiplier for an optical frequency based on a multistage slant periodic domain inversion of an electrooptic crystal," 7th Pacific Rim Conference On Lasers and Electro-Optics, Sept. (2007).
- [7] S. Hisatake, S. Suda, J. Takahara, and T. Kobayashi, "Transparent volumetric three-dimensional image display based on the luminescence of a spinning sheet with dissolved lanthanide (III) Complexes", Optics Express, Vol. 15, No. 11, pp. 6635-6642 (2007).

