

シンポジウム (T-6) 開催報告

Novel photonics using quantum materials and terahertz-infrared electric fields

量子マテリアルと THz-赤外光電場が拓くフォトニクス応用

2021 年 3 月 16 日 (火) 13:30 ~ 18:00 Z05 会場

近年、THz から赤外帯域の光電場と物質が強く相互作用することによって、顕著な光学応答を示す量子材料が数多く見出されています。また、ナノスケールの物質制御と組み合わせることによって、特徴的な光機能や非摂動的な光学応答が発現することがわかってきました。本シンポジウムでは、オンライン開催という利点を生かし、アジアだけでなくアメリカやドイツを含め、これらの領域の最前線を研究する国内外の研究者から話題提供をいただき、意見交換と今後の方向性などの議論の場を設けました。海外からの講演が中心ということで、英語でのシンポジウムとなりました。

<講演内容>

[16p-Z05-1] 13:30~13:35 Opening Remarks

本シンポジウムの企画趣旨などについて述べられた。二次元物質やトポロジカル物質等の量子物質において、光と物質の相互作用を理解するとともに、光の場を制御することによって、従来は達成できなかったような強い電場や相互作用を実現でき、それらが機能をもたらす、という点のコメントがあった。

[16p-Z05-2] 13:35~14:05 2D materials plasmons: physics and applications

Tony Low (Univ. Minnesota, USA)

グラフェンをはじめとした二次元物質のプラズモンを駆使した様々なアプリケーションが紹介された。グラフェンではゲート電圧によってプラズモン周波数を簡単に変えることができ、それを用いたセンシングや、ビーム走査等の応用が可能になる。二次元で量子性が大きな影響を与える系によって、コンパクトに様々な機能が実現されている様が印象的であった。

[16p-Z05-3] 14:05~14:35 Dynamic modulation of spectral response with nanowire photodetectors

Shiqiang Li (A*STAR, Singapore)

メタサーフェスやプラズモンを用いたイメージセンサの紹介があった。極めて高度なナノ構造作製プロセスを利用して、半導体ナノワイヤーで構成されるディテクターを作製することで、マルチカラーのイメージングを行うセンサが開発されている。プロセス技術を用いて、デバイスとして極めて高機能なイメージセンサが実現されている点が興味深く、様々な応用が拓けていることがわかった。

[16p-Z05-4] 14:35~15:05 Phase-Change Mid-Infrared Microcavity Photonics

Toshiharu Saiki¹, Masashi Kuwahara² (¹Keio Univ., ²AIST, Japan)

相変化材料という、光によって屈折率や電気抵抗などが大きく変化する物質を駆使して、赤外・可視域の

新たな応用を開拓する独自の研究が紹介された。アブレーションなどを利用して構造を作製し、そのプラズモンモードを用いて、情報を書き込んだり処理したりすることができるなど、新しい情報処理技術としての可能性が示された。物質の自由度を追究し特徴的な物質を用いることで、新しいデバイス動作が可能となることを例証する興味深い内容であった。

[16p-Z05-5] 15:25~15:55 Wafer-scale quantum plasmonic switching of electromagnetic waves

Dai Sik Kim (UNIST, Korea)

金属のナノギャップを用いた光デバイス応用が様々に紹介された。特にフレキシブルなポリマーに金属を蒸着し、それを曲げることによって、ギャップ長をサブナノメータスケールで制御する技術は、偏光素子やヘリシティ制御など様々な応用を生み出していることがわかる。ナノスケールで起こる電子トンネリングや、光の遮蔽が、マクロなウエハスケールでも利用できることを示した重要な成果であると考えられ、今後の展開が期待できる内容であった。

[16p-Z05-6] 15:55~16:10 Investigation of luminescence from a localized plasmon induced by THz-field-driven tunneling electrons

Kensuke Kimura¹, Yuta Morinaga², Hiroshi Imada¹, Ikufumi Katayama², Kanta Asakawa²,

Katsumasa Yoshioka², Yousoo Kim¹, Jun Takeda^{1,2} (¹RIEKN SISL, ²Yokohama Nat. Univ., Japan)

金属ナノギャップを制御する別の手法として、走査型トンネル顕微鏡があるが、それとテラヘルツ領域の電磁波を組み合わせることによって、テラヘルツ電場による電子トンネリングが発生し、そこからの発光も検出できることを示した。超高速のナノトンネリングが、ナノスケールの分光分析に利用できることを示す点が興味深い内容であった。

[16p-Z05-7] 16:10~16:40 THz spintronics using Magnetic Heterostructures and Topological Materials

Hyunsoo Yang (National Univ. of Singapore, Singapore)

スピントロニクス材料や、トポロジカル材料を駆使して、テラヘルツ波の発生や検出を行うデバイスが紹介された。逆ホール効果という物理的な現象がテラヘルツ電磁波を放出するメカニズムが興味深く、その大きな可能性を感じる内容であった。電子のみならずスピンのダイナミクスもテラヘルツ・赤外領域では機能をもたらすことを示したという点で重要であると思われる。

[16p-Z05-8] 17:00~17:30 Surface chirality probed by circular solid-state high-harmonic generation with polarization-tailored strong fields

Murat Sivas^{1,2} (¹Univ. of Goettingen, ²Max-Planck Inst., Germany)

円偏光の基本波と倍波を高精度に重ね合わせて、三回対称の電場波形を準備することによって、物質の動的な対称性を制御する研究が紹介された。複数の周波数の光を重ね合わせることで、光場の対称性を様々に変化させることができるという点で、極めてユニークな試みであると言える。これによって、物質のカイラリティが明らかにできるという点で、非常に興味深い内容であった。

[16p-Z05-9] 17:30~18:00 Non-adiabatic switch-off and subcycle nonlinearities of deep-strong light-

matter coupling

Christoph Lange^{1,2}, Joshua Mornhinweg², Maike Halbhuber², Viola Zeller², Cristiano Ciuti³, Dominique Bougeard², Rupert Huber² (1.TU Dortmund University, Germany, 2.University of Regensburg, Germany, 3.Universite de Paris, France)

キャビティ強結合を用いて真空エネルギーの起源に迫ろうという意欲的な研究について紹介された。その過程でキャビティの Q 値を超高速でスイッチングする技術が利用されており、その結果放出される光の位相や振幅などが精密に評価されている。量子的な効果である、ゼロ点振動エネルギーが、キャビティのスイッチングによってどのように解放されるかを議論するという基礎物理学的な問題ではあるが、そこで用いられる技術はかなり高度なものを含んでおり、異分野への応用も期待される興味深い内容であった。

<おわりに>

本シンポジウムでは、遠隔開催の会議を好機ととらえ、世界各地で最先端の研究をされている若手気鋭の研究者を中心にご講演いただきました。アメリカ、ドイツ、シンガポール、韓国など、通常では呼べないほど多くの海外の講演者を迎えることができました。内容的にも大変レベルが高く、刺激的なシンポジウムになったのではないかと考えている。特に非常に大きな時差のある場所からの参加だったにも関わらず講演を承諾してくださった講演者の方々には深く感謝する次第である。会場には常時 80 人程度の聴講者が参加し、活発に意見交換が行われた。近年国際会議で海外に行く機会が減っている状況ではあるが、ご参加いただいた方々には海外での研究動向も含めて本分野の進展を実感していただけたのではないかと考えている。また、光を用いたデバイスの実現には、最先端の光制御技術、物質やデバイス構造の作製技術を駆使して、光と物質の相互作用を設計・制御することが重要であることを改めて感じたシンポジウムであった。このような研究領域の取り組みを通して新しいアプリケーションや物理現象を見つけ出していくには、引き続き国際連携や異分野融合の取り組みを進めていく必要があると感じた。

世話人：片山郁文（横浜国立大学）、長尾忠昭（物質材料研究機構）、芦原聡（東京大学）