

令和 2 年 7 月 13 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02730

研究課題名（和文）周波数可変型テラヘルツナノイメージャーの創出：物性物理への新規応用

研究課題名（英文）Creation of a frequency-tunable terahertz nano-imager: a new application to condensed matter physics

研究代表者

河野 行雄 (Kawano, Yukio)

東京工業大学・科学技術創成研究院・准教授

研究者番号：90334250

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,900,000円

研究成果の概要（和文）：テラヘルツ（10の12乗ヘルツ）領域に位置する電磁波を波長よりも小さな空間に閉じ込める技術の開発を行った。これを可能にする構造体とテラヘルツ電磁波を検出するためのセンサを用いて、より詳細な分析が可能となった。本研究では、物質の中の電子の振る舞いに関する研究にこの技術を適用し、より極微な情報を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

テラヘルツ領域の研究から、物質や生命の背後にある謎を解き明かすための糸口をつかむことができると期待されている。そのためには、波長による制限を超えてより極微の世界を観察するための技術が必要となっている。本研究成果はこの方向を進めることに貢献することが期待できる。

研究成果の概要（英文）：We developed a technique to confine terahertz electromagnetic waves to a space smaller than the wavelength. The structure that makes this possible and a terahertz sensor enabled more detailed analysis. We applied it to the study of behavior of electrons in materials and successfully obtained more microscopic information.

研究分野：光学、センシング、物性

キーワード：テラヘルツ

1. 研究開始当初の背景

テラヘルツ電磁波を用いた技術は、物質・生命・宇宙科学の多岐にわたる分野で強力な計測ツールとなることが期待されている。物性研究の点からは、テラヘルツ帯光子エネルギー(meV)は、様々な固体中電子や格子の低エネルギー励起に対応する重要な領域である。そのため、テラヘルツ計測による量子物性研究、特に回折限界を超えたナノスケールにおけるテラヘルツ物性物理は大変興味深い。

物性研究では、サブ波長の微小な空間領域で、所望の周波数帯での計測を求められることがしばしばある。ところが、テラヘルツ周波数帯は、エレクトロニクスを駆使した電子制御の高周波の際であり、オプティクスやフォトニクスを駆使した光制御の低(光子)エネルギーの際でもあるため、サブ波長領域での分光画像化技術やその応用は十分開拓されていない。したがって、超回折限界テラヘルツ計測には更なる進展が必要となる。

2. 研究の目的

本研究は、テラヘルツ電磁波のエバネッセント光を制御する技術の開発を行い、テラヘルツ物性研究への応用実証を行うことを目的とする。具体的には、共鳴周波数を変えられるプラズモニック構造、その構造体と結合した検出素子によるテラヘルツエバネッセント光センシングの開発を行う。物性研究応用としては、特に局在電子系に着目したテラヘルツ物性を探求する。

3. 研究の方法

(1) 周波数可変型プラズモニック構造

テラヘルツ電場増強、かつ周波数可変検出をもたらすプラズモニック構造を決定する研究を行った。電磁界シミュレーションにより周波数帯域に応じて最適化されたプラズモニック構造を探索した。具体的には、構造体の深さや幅、ならびに中心の形状等を変えることで最適構造を特定した。

リソグラフィと金属スパッタにより構造を作製し、テラヘルツ分光測定により性能評価を行った。シミュレーション→構造作製→測定を一貫して繰り返し、お互いの知見をフィードバックし合いながら効率よく研究を進めた。

(2) プラズモニック構造結合テラヘルツ検出器

検出器とプラズモニック構造体を結合した。テラヘルツエバネッセント光は、検出器の電流変化により読み取った。プラズモニック構造の特徴に応じた周波数スペクトルを有しているかどうかを、テラヘルツ分光測定、ならびに構造の有無に対する検出器信号の変化によりチェックした。

(3) 固体中量子伝導研究

局在電子系におけるテラヘルツ応答について、メカニズムに関係する励起キャリア伝導を探求した。特に幾何学的な形状に対する効果に着目し、マクロな電気伝導特性とミクロな電子状態の両面から探求した。

4. 研究成果

プラズモニック構造体については、①アパーチャーの空間的形狀、②周期構造の高さや幅をチューニングすることで、高い電界増強、かつ共鳴周波数の変化が可能となり、周波数軸上でのプラズモン制御を実現した。特に構造の周期性を破ったパターンを用いて、簡便な周波数チューニングが可能となった。これにより、サブ波長空間での分光かつサブ波長分解能の画像イメージングが可能となり、通常のFar-field測定では捉えきれないような、微小領域の吸収スペクトル、空間的特性を観測することに成功した。

さらに、プラズモニック構造と検出器を直接結合し、その光応答を測定した。プラズモニック構造の有無に対する比較、共鳴・非共鳴周波数での応答に対する比較から、実際にプラズモニック構造がもたらす検出器への効果を直接観測した。電磁界シミュレーションでも検出器へのサブ波長領域集光が見出され、実験結果をよく説明することができた。

物性研究への応用としては、物質中量子伝導におけるキャリア局在に着目した研究を行った。低温・磁場中における磁気伝導特性から、キャリアの緩和レートの抽出を行うことができた。この緩和レートが物質の幾何学的構造や光照射に顕著に依存することを見出し、内部の電子状態との関連を明らかにした。さらに、画像化計測から幾何学的効果の直接観察を行い、伝導測定と合理的な振る舞いを観察した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Takuya Okamoto, Naoki Fujimura, Luca Crespi, Tetsuo Kodera, and Yukio Kawano	4. 巻 9
2. 論文標題 Terahertz detection with an antenna-coupled highly-doped silicon quantum dot	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18574-1 - 18574-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-54130-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 D. Suzuki and Y. Kawano	4. 巻 162
2. 論文標題 Flexible terahertz imaging systems with single-walled carbon nanotube films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Carbon	6. 最初と最後の頁 13 - 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2020.01.113	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 菅谷 俊夫、河野 行雄	4. 巻 5
2. 論文標題 テラヘルツ帯周波数可変型プラズモニクプローブとフレキシブル・ウェアラブルイメージャー	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 OPTRONICS	6. 最初と最後の頁 73 - 78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Daichi Suzuki, Yuki Ochiai, Yota Nakagawa, Yuki Kuwahara, Takeshi Saito, and Yukio Kawano	4. 巻 1
2. 論文標題 Fermi-level-controlled semiconducting-separated carbon nanotube films for flexible terahertz imagers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 24-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.8b00421	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Xiangying Deng and Yukio Kawano	4. 巻 12
2. 論文標題 Surface Plasmon Polariton Graphene Mid-Infrared Photodetector with Multi-Frequency Resonance	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Nanophotonics	6. 最初と最後の頁 026017-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JNP.12.026017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Xiangying Deng, Marolop Simanullang and Yukio Kawano	4. 巻 5
2. 論文標題 Ge-Core/a-Si-Shell Nanowire-Based Field-Effect Transistor for Sensitive Terahertz Detection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Photonics	6. 最初と最後の頁 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/photronics5020013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 X. Deng, L. Li, M. Enomoto, and Y. Kawano	4. 巻 9
2. 論文標題 Continuously Frequency-Tuneable Plasmonic Structures for Terahertz Bio-sensing and Spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3498-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-39015-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hasan Ahmad, Daichi Suzuki, and Yukio Kawano	4. 巻 8
2. 論文標題 Strain-induced photo-thermoelectric terahertz detection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 115002-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5055273	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takuya Okamoto, Toshio Sugaya, Naoki Fujimura, Kou Ishikawa, and Yukio Kawano	4. 巻 2
2. 論文標題 Near-Field Infrared Investigations of an Arm-Terminated Spiral Structure with Bow-tie Probe	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics Communications	6. 最初と最後の頁 105004-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2399-6528/aadec3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 河野 行雄	4. 巻 7月号
2. 論文標題 “テラヘルツ化学の勃興－異分野への架け橋とその魅力－”	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 現代化学 (東京化学同人)	6. 最初と最後の頁 pp.47-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 鈴木 大地, 河野 行雄	4. 巻 47
2. 論文標題 テラヘルツ帯フレキシブル検査デバイスと非破壊検査応用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 pp. 32-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 河野 行雄, 菅谷 俊夫	4. 巻 28
2. 論文標題 テラヘルツ帯プラズモニック構造体とフレキシブル撮像素子	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 次世代センサ	6. 最初と最後の頁 pp. 2-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Xiangying Deng and Yukio Kawano	4. 巻 12
2. 論文標題 Terahertz Plasmonics and Nano-Carbon Electronics for Nano-Micro Sensing and Imaging	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology	6. 最初と最後の頁 428-432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/ijat.2018.p0087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Iguchi, T. Sugaya, and Y. Kawano	4. 巻 110
2. 論文標題 Silicon-immersed terahertz plasmonic structures	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 151105-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4980018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 鈴木 大地、河野 行雄	4. 巻 66
2. 論文標題 テラヘルツ帯電磁波を活用した医薬品・有機膜の非破壊非接触品質分析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 分析化学	6. 最初と最後の頁 893-899
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.66.893	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計57件 (うち招待講演 32件 / うち国際学会 29件)

1. 発表者名 Y. Kawano
2. 発表標題 Nano-carbon bendable terahertz camera: a tool for multi-view inspection
3. 学会等名 1&2D Materials International Conference and Exhibition (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Kawano
2. 発表標題 Nano-Carbon Flexible Photonics and Plasmonics for Terahertz and Infrared Applications
3. 学会等名 10th A3 Symposium on Emerging Materials: Nanomaterials for Electronics, Energy and Environment (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kawano
2. 発表標題 Nano-Carbon Flexible Camera and Frequency-tunable Plasmonic Imager
3. 学会等名 5th International Symposium on Microwave/Terahertz Science and Applications (MTSA2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Meiling Sun
2. 発表標題 Remote Selective Liquid Inspection with Carbon Nanotube Terahertz Imagers
3. 学会等名 44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryogo Utaki
2. 発表標題 Carbon Nanotube Film Terahertz Detectors with Multiple PN Junctions
3. 学会等名 44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kou Li
2. 発表標題 Multi-view Terahertz Imagers with Flexible Carbon Nanotube Film Arrays
3. 学会等名 44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kawano
2. 発表標題 Non-invasive Bio-imager Based on Frequency-tunable Terahertz Plasmonics
3. 学会等名 10th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Kawano
2. 発表標題 Nano-carbon flexible terahertz camera for multi-view inspection
3. 学会等名 Graphene 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 フレキシブル・ウェアラブル広帯域光・テラヘルツカメラと分析検査応用
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会企画シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 ナノカーボン材料によるフレキシブル・ウェアラブルテラヘルツ・赤外帯カメラとマルチビュー画像検査技術
3. 学会等名 電子情報技術産業協会先端イメージングデバイス・技術分科会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本拓也
2. 発表標題 赤外近接場光を使った表面光ベクトル場のナノスケール計測 - 格子振動共鳴も利用して -
3. 学会等名 日本光学会ナノオプティクス研究グループ 第26回研究討論会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 2次元フレキシブル広帯域光検出センサー
3. 学会等名 日本金属学会研究会「光を用いた生体情報イメージング」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 ナノカーボンテラヘルツ帯カメラとフレキシブル・ウェアラブル分析
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会シンポジウム「ナノカーボン・原子層物質の新展開と将来展望」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 フレキシブルテラヘルツイメージング技術の開発と産業・医療応用
3. 学会等名 日本学術振興会マイクロビームアナリシス第141委員会第177回研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 カーボンナノデバイスによるフレキシブル・ウェアラブルテラヘルツ帯カメラと全方位画像検査
3. 学会等名 テラヘルツテクノロジーフォーラム・2019 年度講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 ナノカーボン材料によるフレキシブル・ウェアラブルテラヘルツ帯カメラとマルチビュー画像検査技術
3. 学会等名 テラヘルツ波科学技術と産業開拓第182委員会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 拓也
2. 発表標題 走査型近接場光顕微鏡を用いた赤外帯ログスパイラルアンテナ上の 光電場ベクトル分布のナノスケール直接観測とその応用
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshio Sugaya
2. 発表標題 Resonant frequency tuning of terahertz plasmonic structures based on solid immersion method
3. 学会等名 2019 44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅谷 俊夫
2. 発表標題 誘電体薄膜を用いた固浸法テラヘルツ帯ブルズアイ構造体
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuya Okamoto
2. 発表標題 Visualization of Plasmons in Zero-Dimensional Graphene with Near-Field Infrared Microscopy
3. 学会等名 IRMMW - TH z 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryoichi Yuasa
2. 発表標題 Nanoscale Observation of Real-Space MidInfrared Field Distribution in a Stamp-Type Plasmonic Structure
3. 学会等名 IRMMW - TH z 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kou Li
2. 発表標題 Sensitivity Enhancement of Photothermoelectric Terahertz Detectors with Series Combination between Carbon Nanotubes and Metals
3. 学会等名 IRMMW - TH z 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Meiling Sun
2. 発表標題 In-line Medicine Inspection by Carbon Nanotube Terahertz Scanners
3. 学会等名 IRMMW - TH z 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々川 昂
2. 発表標題 走査型近接場光顕微鏡による0次元グラフェンプラズモンのナノスケール赤外分光
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋本 将太
2. 発表標題 表面プラズモン利用による加熱発振型中赤外光源の開発
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李 恒
2. 発表標題 カーボンナノチューブフィルム・金属直列結合による高感度テラヘルツ波検出および非破壊検査に向けた撮像デバイス応用
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯浅 遼一
2. 発表標題 転写法による中赤外帯プラズモニック構造の作製及び表面光電界分布のナノスケールイメージング
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 徳本 悠
2. 発表標題 単層カーボンナノチューブフィルムによるガス検知デバイスに向けたTHz波応答測定
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 卯滝 峻伍
2. 発表標題 接合の直列アレイによる単層カーボンナノチューブ型テラヘルツ検出器の高感度化
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Li, Kou
2. 発表標題 Thermoelectric Device Design of Carbon Nanotube Terahertz Imagers for Sensitivity Enhancement
3. 学会等名 NT18 (19th International Conference on the Science and Application of Nanotubes and Low-dimensional Materials) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sun, Meiling
2. 発表標題 Non-contact Remote Imaging by Multi-array Carbon Nanotube Terahertz Scanners
3. 学会等名 NT18 (19th International Conference on the Science and Application of Nanotubes and Low-dimensional Materials) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kou Li
2. 発表標題 Carbon Nanotube Film Flexible Terahertz Detectors on Polymer Films with Series Electrodes for Sensitivity Enhancement
3. 学会等名 7th International Workshop on Nanocarbon Photonics and Optoelectronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菅谷 俊夫
2. 発表標題 固浸法を用いたテラヘルツ帯スパイラルブルズアイ構造体
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 テラヘルツ帯フレキシブルカメラと超回折限界分光イメージャー：カーボンナノチューブ・グラフェンとプラズモニクスの応用
3. 学会等名 第52 回センサ & アクチュエータ技術シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukio Kawano
2. 発表標題 Nano-Carbon Flexible Photonics and Plasmonics for Terahertz Imaging and Spectroscopy
3. 学会等名 PIERS 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukio Kawano
2. 発表標題 Terahertz Imagers and Spectrometers with Nanostructured Semiconductors and Carbon Materials
3. 学会等名 International Symposium on Micro/nan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukio Kawano
2. 発表標題 Nano-carbon terahertz imagers : Multi-view and super-resolution measurements and their applications to materials and biological non-destructive analysis
3. 学会等名 55th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukio Kawano
2. 発表標題 Carbon nanotube omnidirectional terahertz cameras
3. 学会等名 7th Russia-Japan-USA-Europe Symposium on Fundamental & Applied Problems of Terahertz Devices & Technologies & 4th TERAMIR International Laboratory Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 ナノカーボン材料による折れ曲がるテラヘルツ帯カメラ～フレキシブル・ウェアラブル分光画像検査への応用～
3. 学会等名 NBCIテクノロジー委員会 ナノカーボンWG講演会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 ナノカーボン材料によるテラヘルツ帯分光画像計測 - 産業・医療における新規非破壊・非侵襲モニタリング -
3. 学会等名 第2回Kyudai global Open Innovation Network Engineミーティング(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 ナノカーボン材料によるフレキシブル・ウェアラブルテラヘルツ帯カメラとマルチビュー画像検査技術
3. 学会等名 第14回ナノカーボン先端技術交流会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 ナノカーボン材料並びにプラズモニック構造によるテラヘルツ帯撮像素子 - マルチビュー計測と超解像計測 -
3. 学会等名 電子情報通信学会テラヘルツ応用システム研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukio Kawano
2. 発表標題 Multi-View Terahertz Inspection with Carbon Nanotube ", International Conference on Electronic Materials and Nanotechnology for Green Environment (ENGE 2018),
3. 学会等名 International Conference on Electronic Materials and Nanotechnology for Green Environment (ENGE 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 テラヘルツ物質・バイオ分析：ナノカーボン材料・プラズモニクスの応用
3. 学会等名 第15回プラズモニック化学研究会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 ナノカーボン材料によるテラヘルツデバイス・計測：物質・バイオ分析への応用
3. 学会等名 第37回電子材料シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河野 行雄
2. 発表標題 カーボンナノチューブ・グラフェンによる新規テラヘルツ帯イメージャー - マルチビュー計測と超解像計測 -
3. 学会等名 『グラフェニクスのための高感度センサ・テラヘルツ光発光素子の開発』講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukio Kawano
2. 発表標題 Terahertz Photon Detectors
3. 学会等名 Light-driven Nuclear-Particle physics and Cosmology 2017（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河野行雄
2. 発表標題 テラヘルツイメージングによる新規非破壊検査と品質管理
3. 学会等名 第77回分析化学討論会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Xiangying Deng
2. 発表標題 Spiral Bull 's Eye Structure for Multi-frequency High-transmission Plasmonic Antenna
3. 学会等名 5th Advanced Electromagnetics Symposium, (2017)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅谷俊夫
2. 発表標題 誘電体によるテラヘルツ帯プラズモニックアンテナの共振周波数制御
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Sugaya
2. 発表標題 Resonant Frequency Tuning and Transmission Enhancement of Terahertz Plasmonic Antenna by Dielectric Engineering
3. 学会等名 42nd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Okamoto
2. 発表標題 Response of Localized Carriers to Terahertz Radiation in a Carbon Nanotube Film
3. 学会等名 54rd Fullerenes-Nanotubes-Graphene Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 李 恒, 菅谷 俊夫, 河野 行雄	4. 発行年 2019年
2. 出版社 NTS出版	5. 総ページ数 558
3. 書名 グラフェンから広がる二次元物質の新技术と応用	

1. 著者名 李 恒, 河野 行雄	4. 発行年 2019年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 341
3. 書名 次世代熱電変換材料・モジュール開発と信頼性 熱電発電の黎明	

1. 著者名 Y. Kawano	4. 発行年 2018年
2. 出版社 CRC Press, Taylor & Francis Group	5. 総ページ数 Chapter 1, pp. 1-26
3. 書名 Sensors for Diagnostics and Monitoring	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 テラヘルツ波検出装置およびテラヘルツ波検出システム	発明者 河野 行雄, 鈴木 大地	権利者 国立大学法人東 京工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2018/17921	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 カーボンナノチューブ膜、テラヘルツ波検出装置およびカーボンナノチューブ膜のPN接 合形成方法	発明者 河野 行雄、鈴木 大 地、落合 雄輝、長 宗 勉	権利者 国立大学法人東 京工業大学、日 本ゼオン株式会
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2018/017797	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考