

課題番号	GR097
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成 24 年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	環境計測の基盤技術創成に向けた高機能テラヘルツ分光イメージング開発
研究機関・ 部局・職名	東京工業大学・量子ナノエレクトロニクス研究センター・准教授
氏名	河野 行雄

1. 当該年度の研究目的

本研究は THz 電磁波のイメージングと分光を 2 つの柱としている。当該年度は、高解像度イメージングに向けた、量子ドット検出器の検出効率向上の実験的実証、ならびに高精度分光に向けた、周波数の広帯域化・検出の高感度化を目的として研究を行った。

2. 研究の実施状況

(1)アンテナ結合型量子ドットによる THz 検出
 THz 波の波長よりも小さいナノメートルサイズの量子ドットと THz 波の結合効率を大きく向上させることを目的として実験を行った。アンテナ結合型量子ドットに THz 波を照射したところ、THz 応答信号(量子ドットの電流変化)を観測した。アンテナありとなしのデバイスに対する信号強度の比較から、アンテナ結合により検出効率が 20 倍以上向上していることが確認できた。

(2)THz 分光信号のゲート電圧変調
 分光特性に外部変調機能を持たせることを目的とした実験も行った。GaAs/AlGaAs 電界効果トランジスタのゲート電圧により、THz 分光信号をオンオフさせることに成功した。この効果は、ゲート電圧によって、フェルミ準位における 2 次元電子ガス(GaAs/AlGaAs 界面に存在)の状態密度が大きく変化することに起因することが分かった。この機能により、分光信号の信号-雑音比を大きく向上させることが可能となった。

(3)グラフェンによる THz 検出周波数の広帯域化
 グラフェンによる THz 検出の帯域の低周波数側を 0.76THz まで拡大することに成功した。また、自前で開発した走査型エレクトロメータを用いてグラフェン中のポテンシャル揺らぎ分布を直接観察し、THz 検出との相関を強く示唆する結果を得た。
 別のタイプの検出として、グラフェンにおける電子波の位相干渉効果を用いた機構を提案し、THz 検出についてプレリミナリな結果を得た。

様式19 別紙1

(4) 高分子材料の THz 画像分析

高分子の THz 吸収画像観察を達成した。この結果から、THz 領域における高分子の空間ダイナミクスを
探求する道筋を示した。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 6 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 3 件 D. Suzuki, S. Oda and Y. Kawano, “GaAs/AlGaAs field-effect transistor for tunable terahertz detection and spectroscopy with built-in signal modulation”, Applied Physics Letters Vol. 102, Issue 12, pp. 122102-1-4, 3 月, 2013 年 R. Chen, J. Song, T.-Y. Lin, G. R. Aizin, Y. Kawano, N. Aoki, Y. Ochiai, V. R. Whiteside, B. D. McCombe, D. Thomas, M. Einhorn, J. L. Reno, G. Strasser, and J. P. Bird, “Terahertz Detection With Nanoscale Semiconductor Rectifiers”, IEEE Sensors Journal Vol. 13, No. 1, pp. 24-30, 1 月, 2013 年 河野行雄, “テラヘルツ光子の検出とその応用”, 日本光学会誌「光学」, Vol. 41, No. 10, pp. 521-528, 10 月, 2012 年</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 2 件 L. Crespi, T. Kodera, S. Oda and Y. Kawano, “Terahertz Radiation Detection through a Micro-Scale Antenna and a Silicon-Based Quantum Dot”, Proceedings of 37th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, 9 月, 2012 年 D. Suzuki, S. Oda and Y. Kawano, “Gate-Voltage Tunable Terahertz Detection by a GaAs/AlGaAs Quantum Device”, Proceedings of 37th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, 9 月, 2012 年</p> <p>(未掲載) 計 1 件 Y. Kawano, “Wide-Band Frequency-Tunable Terahertz and Infrared Detection with Graphene”, Nanotechnology, in press.</p>
<p>会議発表 計 8 件</p>	<p>専門家向け 計 7 件 河野 行雄(依頼講演)、“半導体・カーボンの低次元構造を用いたテラヘルツ波センシング・イメージング”、日本学術振興会 将来加工技術第 136 委員会・第 3 回合同研究会「ものづくりを支え、育てる加工・評価技術」(東京、2012 年 9 月) 河野 行雄、宮本 悟、“音叉結合型近接場 THz イメージングの開発”、応用物理学会(岡山大学、2012 年 9 月) 河野 行雄(依頼講演)、“半導体量子構造・カーボンナノチューブ・グラフェンを用いたテラヘルツ波検出・画像計測”、応用物理学会テラヘルツ電磁波技術研究会・若手研究者サマースクール(長野、2012 年 8 月)。 Y. Kawano (Invited), “Nanoscale THz Sensing and Imaging with Nano-Carbon Devices”, 2nd International Symposium on Terahertz Nanoscience (Okinawa, July 2012). Y. Kawano (Invited), “Terahertz sensor and imager with nanostructured semiconductor and carbon devices”, IEEE International Microwave Symposium (Montreal, Canada, June 2012). Y. Kawano (Invited), “Nanoscale THz Sensors and Imagers”, IEEE Topical Symposium on RF NanoTechnology (Singapore, May 2012). 河野 行雄(依頼講演)、“半導体量子構造・カーボンナノチューブ・グラフェンを用いた超高感度テラヘルツ波・赤外センサ”、日本学術振興会 薄膜第 131 委員会・第 260 研究会(第 141 委員会との共催)「センサ用薄膜技術」(東京、2012 年 5 月)</p> <p>一般向け 計 1 件 河野 行雄, 「テラヘルツ波」で目に見えない物を見る 2012 年 8 月 29 日 東京工業大学大岡山キャンパス(東工大蔵前会館 ロイヤルブルーホール) 高校生・一般向け公開講演会</p>

様式19 別紙1

図書 計1件	Y. Kawano, "Terahertz nano-devices and nano-systems", Handbook of Terahertz Technology for Imaging and Sensing and Communications, Woodhead Publishing Ltd., UK, pp. 403-422, 2013年
産業財産権 出願・取得状況 計2件	(取得済み) 計2件 米国特許登録: Y. Kawano (80%) and K. Ishibashi (20%), US8148688B2 "Near-field terahertz wave detector" (2012年4月3日) 特許登録: 河野行雄(70%)、石橋幸治(30%)、5107183「テラヘルツ光検出装置とその検出方法」(2012年10月12日) (出願中) 計0件
Webページ (URL)	http://diana.pe.titech.ac.jp/kawano/index.html
国民との科学・技術対話の実施状況	「テラヘルツ波」で目に見えない物を見る 2012年8月29日 東京工業大学大岡山キャンパス(東工大蔵前会館 ロイヤルブルーホール) 高校生・一般向け公開講演会 参加者80名
新聞・一般雑誌等掲載 計6件	日刊工業新聞(2012年11月19日)「キラリ研究開発」後編 日刊工業新聞(2012年11月5日)「キラリ研究開発」前編 Laser Focus World Japan(2012年10,11月号):「研究室探訪 テラヘルツ波検出器」 WINWING 19号(2012年8月): "Science Now"「大きな可能性を秘めたテラヘルツ光開拓で新たな世界が見えてきた」 日経サイエンス(2012年7月号):「フロントランナー挑む」 日本科学技術ジャーナリスト会議・会報(2012年6月):"「テラヘルツ波」を分かりやすく伝える"
その他	平成24年度東工大・工系創成的研究賞受賞(2012年) 平成24年度丸文学術賞受賞(2013年)

4. その他特記事項

実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	121,000,000	55,030,000	46,310,000	19,660,000	0
間接経費	36,300,000	16,509,000	13,893,000	5,898,000	0
合計	157,300,000	71,539,000	60,203,000	25,558,000	0

2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を 除く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	19,132,378	46,310,000	6,988	65,449,366	34,640,441	30,808,925	0
間接経費	0	13,893,000	0	13,893,000	13,893,000	0	0
合計	19,132,378	60,203,000	6,988	79,342,366	48,533,441	30,808,925	0

3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	34,137,547	イメージング計測のための駆動系、光学部品
旅費	450,100	国際会議に参加・講演
謝金・人件費等	0	
その他	52,794	国際会議参加費
直接経費計	34,640,441	
間接経費計	13,893,000	
合計	48,533,441	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
走査型光学画像イ メージングシステム	検出信号から高 次高調波を復調 可能	1	31,185,000	31,185,000	2013/3/12	東京工業大学
				0		
				0		