

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 23 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アンテナ構造の探索と空間分解能の向上、ならびに高精度分光に向けた、半導体電界効果トランジスタのゲート電圧による THz 検出制御を目的として研究を行った。

2. 研究の実施状況

微小領域での THz 検出を可能にするため、量子ドットにマイクロアンテナが結合された、新たな構造を考案した。量子ドットのサイズは THz 波の波長に比べて 3 桁近く小さいが、この構造により、効率よく THz 電界を量子ドットに集中させることが可能である。アンテナとして、ログスパイラル構造に着目し、電磁界シミュレーションによる強度分布計算を行った。計算結果から、THz 電界が量子ドットに効率的に集中している様子が確認できた。この計算に基づいて、電子ビーム露光装置の条件出しを行った結果、設計指針に従った構造の作製に成功した。

半導体 (GaAs/AlGaAs ヘテロ構造) 電界効果トランジスタに、アパーチャーと金属製平面プローブを配置した近接場 THz 検出デバイスを作製した。ここで、ヘテロ界面に存在する 2次元電子ガスが THz 検出器として機能する。この素子を音叉の片側に装着し、ナノメートル領域でエバネッセント光のみを画像検出する機構を構築した。透過型の THz イメージング測定から、空間分解能 350nm (THz 波の波長に対して 614 分の 1) の超高解像度な THz イメージングを実現した。

イメージング計測と分光計測を組み合わせることで、画像化しながら物質解析することができる。この目的のために、GaAs/AlGaAs ヘテロ構造に印加する磁場とゲート電圧を変化させることで、検出周波数の選択的検出を可能にした。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 3 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 2 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Y. Kawano</u>, “Terahertz Sensing and Imaging Based on Nanostructured Semiconductors and Carbon Materials“, Laser &amp; Photonics Reviews (Wiley-VCH, Berlin) , Vol. 6, No. 2, pp. 246–257, 2012 年 (Review)</li> <li>2. <u>Y. Kawano</u> and K. Ishibashi, “Spatial mapping of potential fluctuation in GaAs/AlGaAs and graphene by a scanning nanoelectrometer“, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 334, pp. 012018-1-5, 2011 年</li> <li>3.</li> </ol> <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件</p> <p>(未掲載) 計 1 件</p> <p><u>河野 行雄</u>、“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, 2012 年 10 月出版予定</p>
<p>会議発表 計 9 件</p>	<p>専門家向け 計 7 件 (すべて研究代表者による招待講演)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Y. Kawano</u>, "Highly Sensitive and Frequency-Tunable Terahertz Detection with Carbon Nanotubes and Graphene", 1st International Symposium on Terahertz Nanoscience (Osaka, November 24-29, 2011).</li> <li>2. <u>Y. Kawano</u> (Keynote), "Terahertz Sensing and Imaging Based on Nano-Carbon Devices", 36th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (Houston TX USA, October 2-7, 2011).</li> <li>3. <u>河野 行雄</u>、“半導体・カーボンデバイスを用いたナノ分解能テラヘルツ波イメージング”、2011年秋季第72回応用物理学学会学術講演会シンポジウム「光科学の未来を拓く-10年先の新規研究領域開拓のために-」(山形大学、2011年8月29日)。</li> <li>4. <u>河野 行雄</u>、“テラヘルツ波によるグラフェン物性評価と素子応用”、2011年秋季第72回応用物理学学会学術講演会シンポジウム「ナノカーボン材料の最新動向(3):グラフェンおよびナノチューブ」(山形大学、2011年8月29日)。</li> <li>5. <u>河野 行雄</u>、“近接場デバイス”、応用物理学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(岡山、2011年8月8～10日)。</li> <li>6. <u>Y. Kawano</u>, “Scanning nanoelectrometer for mapping electric potential and its fluctuation”, 2011 CMOS Emerging Technologies Workshop (Whistler, BC, Canada, June 15-17, 2011).</li> <li>7. <u>河野 行雄</u>、“テラヘルツナノイメージングの開発と物質材料研究への応用”、第1回超高速光エレクトロニクス研究会(慶應義塾大学、2011年4月19日)</li> </ol> <p>一般向け 計 2 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. <u>河野 行雄</u>、“低次元電子系の機能に基づいたテラヘルツ波の検出”、日本科学技術ジャーナリスト会議・3月月例会(プレスセンタービル、2012年3月14日)。</li> </ol>

様式19 別紙1

	9. 河野 行雄、“新規開拓電磁波「テラヘルツ波」で目に見えない物を見る～最先端科学と産業・医療への応用～”、高校生・一般向け講演会「東工大が誇る若手研究者たち」(東京工業大学、2011年11月15日).
図書 計1件	Y. Kawano, “ Terahertz Technology Based on Nanoelectronic Devices ”, “ Integrated Microsystems: Electronics, Photonics, and Biotechnology”, Taylor & Francis Group, USA, pp. 289-308, 2011 年(総ページ数 742)
産業財産権 出願・取得状況  計2件	(取得済み) 計1件 米国特許登録:Y. Kawano (90%)and K. Ishibashi (10%), “Apparatus and method for detecting terahertz wave”, (RIKEN), US7947955B2, (2011年5月24日)  (出願中) 計1件 河野 行雄、特願(国内)2011-212667 「電界効果トランジスタ」(東京工業大学)(2011年9月28日)
Webページ (URL)	<a href="http://diana.pe.titech.ac.jp/kawano/index.html">http://diana.pe.titech.ac.jp/kawano/index.html</a>
国民との科学・技術対話の実施状況	2011年11月15日 高校生・一般向け公開講演会「新規開拓電磁波「テラヘルツ波」で目に見えない物を見る～最先端科学と産業・医療への応用～」東京工業大学 85名参加:テラヘルツ技術についての講演を行った。  2012年3月14日 日本科学技術ジャーナリスト会議・3月月例会「低次元電子系の機能に基づいたテラヘルツ波の検出」 プレスセンタービル、約40名参加:ジャーナリスト向けの講演を行った。
新聞・一般雑誌等掲載 計1件	日経産業新聞(2012年1月5日11面)「先端人」“高解像度呼んだ探求心”
その他	東工大挑戦的研究賞・学長特別賞 受賞  Sir Martin Wood Prize 受賞  日本IBM科学賞(エレクトロニクス分野) 受賞

4. その他特記事項

日経サイエンスによる取材を受け、内容が、日経サイエンス(2012年7月号)「フロントランナー挑む」に掲載予定。

## 実施状況報告書(平成23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	0	65,970,000	0
間接経費	36,300,000	16,509,000	0	19,791,000	0
合計	157,300,000	71,539,000	0	85,761,000	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	54,690,374	0	4,723	54,695,097	35,562,719	19,132,378	0
間接経費	16,407,113	0	0	16,407,113	16,407,113	0	0
合計	71,097,487	0	4,723	71,102,210	51,969,832	19,132,378	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	35,279,160	実験機器等
旅費	239,923	研究成果発表旅費等
謝金・人件費等	0	
その他	43,636	学会参加費
直接経費計	35,562,719	
間接経費計	16,407,113	
合計	51,969,832	

## 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
テラヘルツガスレー ザーシステム	テラヘルツ領域で 100mW以上の出 力	1	34,828,500	34,828,500	2012/3/22	東京工業大学