

## 二国間交流事業 共同研究報告書

平成 23 年 4 月 1 日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 東北大学・電気通信研究所

職・氏名 (ふりがな) おつじ たいいち  
教授・尾辻 泰一

1. 事業名 相手国 (フランス) との共同研究 振興会対応機関 (仏外務省)

2. 研究課題名 テラヘルツ帯プラズマ電子波トランジスタに関する研究開発

3. 全採用期間

平成 21 年 4 月 1 日 ~ 平成 23 年 3 月 31 日 (2 年 0 ヶ月)

4. 経費総額

(1) 本事業により執行した研究経費総額 1,800 千円

初年度経費 1,000 千円、 2年度経費 800 千円、 3年度経費 0 千円

(2) 本事業経費以外の国内における研究経費総額 6,000 千円

## 5. 研究組織

### (1) 日本側参加者（代表者は除く）

氏名 (ふりがな)	所属・職名	研究協力テーマ
すえみつ てつや 末光 哲也	東北大学電気通信研究所・准教授	プラズマデバイスの集積加工プロセス技術
さとら あきら 佐藤 昭	東北大学電気通信研究所・助教	プラズマ共鳴デバイスのモデル化と解析
にしむら たくや 西村 拓也	東北大学電気通信研究所・DC 学生	プラズマ共鳴デバイスのモデル化と解析
かん ひよんちよる 姜 顯澈	東北大学電気通信研究所・DC 学生	プラズマデバイスの集積加工プロセス技術
えるもあきるあみん エルモアキル アミン	東北大学電気通信研究所・DC 学生	プラズマ共鳴のテラヘルツ帯評価技術
こもり つねよし 小森 常義	東北大学電気通信研究所・MC 学生	プラズマ共鳴デバイスのテラヘルツ分光応用
からさわ ひろみ 唐澤 宏美	東北大学電気通信研究所・MC 学生	プラズマ共鳴のテラヘルツ発生応用
わたなべ たかゆき 渡辺 隆之	東北大学電気通信研究所・MC 学生	プラズマ共鳴のテラヘルツ発生デバイス
あかがわ けいすけ 赤川 啓介	東北大学電気通信研究所・MC 学生	プラズマ共鳴のテラヘルツイメージング応用
くぼ まさと 久保 真人	東北大学電気通信研究所・MC 学生	プラズマデバイスの集積加工プロセス技術
たにもと ゆうだい 谷本 雄大	東北大学電気通信研究所・MC 学生	プラズマ共鳴のテラヘルツ発生・検出応用
よしだ ともひろ 吉田 智洋	東北大学電気通信研究所・MC 学生	プラズマデバイスの集積加工プロセス技術

### (2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名 フランス国立中央科学研究所－モンペリエ第2大学・研究部長・KNAP Wojciech Maciej

### (3) 相手国参加者（代表者は除く）

氏名	所属・職名（国名）	研究協力テーマ
Dominique COQUILLAT	CNRS-U. Montpellier・研究部長(仏)	プラズマ共鳴のテラヘルツ波検出応用
Jean-Louis COUTAZ	U. Savoie・教授(仏)	プラズマ共鳴素子のテラヘルツ帯評価技術
Frederic TEPPE	CNRS-U. Montpellier・主任研究員(仏)	プラズマ共鳴のテラヘルツ波検出応用
Jeremi TORRES	CNRS-U. Montpellier・助教(仏)	プラズマ共鳴のテラヘルツ波発生応用
DYAKONOVA Nina	CNRS-U. Montpellier・専任研究員(仏)	プラズマ共鳴のテラヘルツ波発生応用
CONSEJO Christophe	CNRS-U. Montpellier・研究員(仏)	プラズマ共鳴のコヒーレント制御技術
KLIMENKO Oleg	CNRS-U. Montpellier・ポスドク(仏)	プラズマ共鳴のテラヘルツデバイス応用
NADAR Salman	CNRS-U. Montpellier・Ph.D 学生(仏)	プラズマ共鳴のテラヘルツ波検出応用
VIDELIER Hadley	CNRS-U. Montpellier・Ph.D 学生(仏)	テラヘルツ電磁界解析技術

6. 研究実績概要（全期間を通じた研究の目的・研究計画の実施状況・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

本計画は、東北大学電気通信研究所・尾辻末光研究室（代表：尾辻泰一教授）と仏国 CNRS・モンペリエ第2大学半導体研究室（代表 K NAP Wojciech 研究部長）との間で、「テラヘルツ帯プラズマ電子波トランジスタ」に関する共同研究を推進するものである。初年度は、それぞれの機関が所有する独自構造のテラヘルツ帯プラズマ電子波トランジスタの特性評価に主眼を置いた。続く第二年度は、当該のテラヘルツ帯プラズマ電子波トランジスタの特性評価とそのイメージング応用、ならびに放射効率・検出感度を格段に向上しうるデバイス新構造を考案し、数値解析でその効果を確認し権利化を行った。これらの研究は、各々の機関が保有する特徴的な実験施設・環境を活用し、互いの独自開発のデバイスの特性評価をクロスオーバー的に実施した。

東北大学は、2重回折格子型ゲート電極を有する GaAs および InP 系プラズモン共鳴型テラヘルツ放射トランジスタを有している。本デバイスは、電磁波放射機能のみでなく、プラズモンの非線形応答に起因する電磁波検出能力も有している。初年度は、電磁波検出性能の検証を目的として、CNRS・モンペリエ大が所有する高出力高感度テラヘルツ帯光源・検出装置を含む低温試験環境を利用して、実験評価を実施した。第二年度は、東北大提案の縦型共振器構造の検出感度改善効果を、CNRS・モンペリエ大が所有する高出力高感度テラヘルツ帯光源・検出装置を含む低温試験環境を利用して、東北大博士課程学生を派遣して実験評価を実施し、その有効性を定量的に検証した。

本共同研究実施のために、初年度は、研究代表者：尾辻、博士後期課程学生：エルモアキル アミン、姜 顯澈が CNRS・モンペリエ大へ8月～9月にかけて渡航・滞在した。尾辻は、主に、研究打ち合わせ、研究討論会を用務として1週間、姜は、研究打ち合わせ、研究討論会、実験系立ち上げを用務として3週間、それぞれ滞在した。エルモアキルは、それらに加えて、実験実施を用務とし、約40日間滞在した。第二年度は、研究代表者：尾辻、博士前期課程学生：渡辺隆之、赤川啓介が CNRS・モンペリエ大へ9月～10月にかけて渡航・滞在した。尾辻は、主に、研究打ち合わせ、研究討論会を用務として3日間、渡辺、赤川は、研究打ち合わせ、研究討論会、実験評価解析を用務として3週間滞在した。本滞中に係り、渡辺、赤川の渡航・滞中に本経費を使用した。実験装置の運用に際しては、CNRS・モンペリエ大側の本プログラム参加メンバー：COQUILLAT、TEPPE、DYAKONOVA、SAKOWICZ、NADAR、VIDELIER、BOUBANGA の各氏より全面的な支援を受けた。

一方、CNRS・モンペリエ大は、GaAs 系および GaN 系 HEMT（高電子移動度トランジスタ）を用いて、低温から室温までの電磁波放射・検出の実験的検証を先導してきた。特に、ここ数年来開発のマルチゲート構造素子においては、特にプラズモンの寄生モード発振を効果的に抑制し、テラヘルツ波検出性能において、共鳴強度の大幅な向上を実現している。初年度は、マルチゲート構造の1種である東北大所有の2重回折格子型ゲート電極型トランジスタの電磁波検出能力の検証を目的として、東北大が所有する、フーリエ赤外分光計を利用して、CNRS・モンペリエ大より代表者の Wojciech K NAP 博士、研究員の Dominique COQUILLAT 博士、ならびにサヴォア大の Jean-Louis COUTAZ 博士を派遣して実験評価を実施した。第二年度は、CNRS・モンペリエ大より5～6月にかけて Research Associate：TEPPE Frederic、Assistant Professor：TORRES Jeremie が2週間、東北大に派遣滞在し、CNRS 提案の新型ゲート構造素子の電磁波放射能力の検証を目的として、東北大が所有する、電気光学サンプリング装置を利用して、実験評価を実施した。

以上の共同研究を通して、プラズマ共鳴という物理現象をテラヘルツ帯電磁波発生・検出手段として工学的に応用する技術開拓に日仏共同で多くの成果を上げることができた。本成果を礎として、平成22年度には、プラズモン共鳴デバイスのテラヘルツ帯無線通信技術の開発をテーマとして、JST-ANR 戦略的国際共同研究推進事業に採択され、本研究分野での日仏共同研究を更に強力に推進する枠組みの構築につながっている。