

令和 5 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 03001

研究開発課題名 共鳴トンネルダイオードを用いたテラヘルツ無線通信と映像伝送に関する研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発では Beyond5G で求められる超高速・大容量通信を実現するため、テラヘルツ波、特にトランジスタでは困難な 300 GHz を超える周波数の利用に着目する。300 GHz を超える周波数で基本波発振動作が可能な共鳴トンネルダイオードに着目し、その通信速度の向上を目指すとともに無線通信における未踏領域である 800 GHz を超える周波数での通信に挑戦する。その際、50 Gbit/s 級の通信を可能とする実装技術と、従来の金属配線を利用した集積プラットフォームでは課題となる損失問題を解決可能なシリコンプラットフォームの開発を進めるとともに、高速通信に必要な信号雑音比を得るため、共鳴トンネルダイオード発振器の飛躍的な出力増大をアレイ化で目指す。加えて、8K 映像機器から複数チャネルで入出力される情報信号をシングルリンク可能な信号へと変換する技術を開発することで非圧縮 8K 映像のシングルリンク伝送を目指すことを目的とする。

(2) 研究開発期間

令和 3 年度から令和 5 年度 (3 年間)

(3) 受託者

国立大学法人大阪大学<代表研究者>  
ローム株式会社  
国立大学法人東京工業大学  
アストロデザイン株式会社  
地方独立行政法人大阪産業技術研究所

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 3 年度から令和 5 年度までの総額 135 百万円 (令和 5 年度 35 百万円)  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 共鳴トンネルダイオードデバイスの研究開発  
1-1. 300 GHz 超共鳴トンネルダイオードの研究開発 (ローム)  
1-2. 超高周波動作共鳴トンネルダイオードの研究開発 (東工大)  
1-3. 共鳴トンネルダイオード実装集積技術の研究開発 (大阪大)  
1-4. シリコンプラットフォームの研究開発 (大阪技術研)  
研究開発項目 2 共鳴トンネルダイオード通信システムの研究開発  
2-1. 300 GHz 超通信システムの研究開発 (大阪大)  
2-2. 超高周波帯通信システムの研究開発 (東工大)  
2-3. 8K 映像伝送システムの研究開発 (アストロデザイン)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	12	3
	その他研究発表	83	38
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	2	2
	展示会	3	2
	受賞・表彰	5	2

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目1 共鳴トンネルダイオードデバイスの研究開発

1-1. 300 GHz 超共鳴トンネルダイオードの研究開発

300 GHz 帯を超え、400 GHz 帯で動作するシリコンプラットフォームを介して、WR2.2 帯 (330-500 GHz) 導波管へ実装可能な共鳴トンネルダイオード発振器を開発するとともに、研究開発項目1-2の知見を活かした1 mW 級動作デバイスを実現した。

1-2. 超高周波動作共鳴トンネルダイオードの研究開発

800 GHz を超える超高周波動作可能な高出力共鳴トンネルダイオードデバイスの実現に向けて、抵抗を介したスロット構造共振器によって、6 台までの発振器を結合させたデバイスを作製し、900 GHz 以上の周波数でのコヒーレントアレイ発振動作を得た。

1-3. 共鳴トンネルダイオード実装集積技術の研究開発

50 Gbit/s 級の通信に向けたWR2.2 帯実装のために試作した導波管筐体、シリコンテラヘルツ誘電体回路およびベースバンド実装基板を用いて、研究開発項目1-1で開発した共鳴トンネルダイオードを実装し、400 GHz 帯での発振を実現した。

1-4. シリコンプラットフォームの研究開発

フォトリソグラフィと反応性イオンエッチングによる加工プロセスを改良した400 GHz を超える周波数で動作可能なシリコンテラヘルツ誘電体回路の開発を行った。

研究開発項目2 共鳴トンネルダイオード通信システムの研究開発

2-1. 300 GHz 超通信システムの研究開発

新たに見出したテラヘルツ共鳴トンネルダイオードの増幅検波動作によって、オンオフ変調で従来を超える39 Gbit/s の伝送速度を得るとともに、送信方式として中間周波数に多値変調を行った信号を搬送させ、共鳴トンネルダイオードを受信器として用いる無線通信システムにおいて、50 Gbit/s を超える60 Gbit/s 級の伝送実験を実現した。

2-2. 超高周波帯通信システムの研究開発

研究開発項目1-2で開発した共鳴トンネルダイオードの実装プロセスを進め、800 GHz 超の超高周波数帯で動作するデバイスでのギガビット級無線通信実験を行った。

2-3. 8K 映像伝送システムの研究開発

8K 映像信号と共鳴トンネルダイオードデバイスを接続するための映像信号処理装置をFPGA を用いて開発することで、シングルキャリア無線伝送の映像信号として、これまでで最高のデータレートとなる32 Gbit/s の非圧縮超高精細映像 (フレーム周波数60 Hz 8K 4:2:0 方式に相当) のテラヘルツ無線伝送実験に成功した。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

- 映像伝送規格への展開に向けた同じボーレートで伝送レートが倍になる PAM-4 変調方式での映像伝送技術の開発
- 低遅延な超高精細映像無線伝送を活かす人工知能や機械学習を用いた画像解析分野への展開
- 様々なシーンで 8K 超高精細映像が非圧縮で無線伝送可能となる技術開発を継続することによって、遠隔会議、医療、外観検査、建設、自動運転、セキュリティ、eスポーツ、コスメティクスなど、多くの分野への応用展開
- テラヘルツ応用推進協議会や NICT との連携を活用した共鳴トンネルダイオードを利用した無線通信技術の標準化活動
- 変復調信号処理部分に関するシリコン CMOS とのハイブリッド集積化によるパッケージおよびシステム全体の小型集積化
- WRC-23 での 275-700 GHz を無線標定業務として WRC-27 の議題として提案することを受けたセンシングを含む様々な応用に向けた研究開発
- 無線通信で培われてきた高度な技術を活かしたセンシング、イメージングも含む新たな応用の開拓
- 無線通信とセンシングの融合を可能とする新たなデバイスシステム技術の研究開発
- 電子デバイスである共鳴トンネルダイオードとフォトニック構造との融合による新たな学術分野の開拓

などの研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望が考えられる。