

令和 6 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 06201

研究開発課題名 屋内 CP 空間連携に向けた先端半導体ーメタサーフェス融合技術の実証実験

(1) 研究開発の目的

現在主流のアクティブ制御に基づく IRS (Intelligent Reflecting Surface) に対し、本研究では先端半導体ーメタサーフェス技術の融合によって、一般家庭の屋内電波環境をパッシブで整えることのできる通信基盤インフラの構築ならびに普及を目指す。本研究の狙いは、単に科学的なトップデータを達成することだけではなく、B5G通信環境を電波の非専門家である一般家庭へと普及することにある。このため、ユーザの実利用まで想定した形態での新規電波環境構築デバイスを開発する。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 6 年度 (3 年間)

(3) 受託者

国立大学法人名古屋工業大学<代表研究者>

国立大学法人京都大学

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 4 年度から令和 6 年度までの総額 300 百万円 (令和 6 年度 100 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 2 多端末評価

2-c. 半導体の超高周波化 (国立大学法人京都大学)

2-d. 紙を用いた評価 (国立大学法人名古屋工業大学、国立大学法人京都大学)

研究開発項目 3 大規模空間評価

3-b. テープを用いた評価 (国立大学法人名古屋工業大学、国立大学法人京都大学)

(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	1	1
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	12	6
	その他研究発表	15	7
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	1	1
	展示会	0	0
	受賞・表彰	3	2

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目 1 単一端末評価

1-a. 端末でのマルチパスカット

本項目ではマルチパスによる電磁干渉の抑制を目標とした。ここでは到来方向によらず、マルチパスを抑制する新たなメカニズムおよび構造を新規考案した。提案構造は実証実験において 10

dB 以上の抑制効果があることを確認した。本成果を取りまとめた論文は Physical Review Letters 誌にて採録が決定し、Editors' suggestion に選定された。

1-b. 半導体の低電力化

本項目では半導体ダイオードの低電力化を目標とした。独自にカスタマイズしたダイオードを設計・製作することにより、動作閾値電圧の低減を達成した。12nm FinFET CMOS プロセス/22nm CMOS プロセスの採用と独自のカスタマイズにより、200mV 程度まで閾値電圧を低減することに成功した。

研究開発項目2 多端末評価

2-b. メタサーフェスの超高周波化

本項目では壁面からの反射波を制御して、電波環境の改善に貢献することを目標とした。具体的には、ビームフォーミング可能なメタサーフェスを紙基材上で設計し、動作周波数を最終的に数百 GHz 帯まで向上させることを目指した。2022年度は数 GHz 帯での評価を中心に実施し、2023 年度には数十 GHz 帯への周波数帯へと利用周波数帯を向上させた。数値解析ならびに実証実験において、金属板と比較して、メタサーフェスを用いることで 28 GHz 帯電波の反射率を 20 dB 以上向上させることに成功した。さらに、最終年度には同設計コンセプトに基づくメタサーフェスを 100 GHz 帯で設計し、一般的な導電性表面を超える反射率を達成できることを確認した。

2-c. 半導体の超高周波化

本項目では半導体ダイオードの超高周波化を目標とした。独自にカスタマイズしたダイオードを設計・製作することにより、超高周波化を達成した。ダイオードを最小化したうえでアレイ化することで、超高周波化を図った。12nm FinFET CMOS プロセス/22nm CMOS プロセスの採用と独自のカスタマイズにより、30GHz 以上での動作可能性を実証することに成功した。

2-d. 紙を用いた評価

本項目では電波の非専門家にとって容易に移動・再設置可能な紙を基材とした、壁紙型メタサーフェスを開発することを目標とした。半導体を壁紙型メタサーフェスへと実装する手法を確立することを目標とした。

研究開発項目3 大規模空間評価

3-a. 表面波による有線伝送

本項目では超高周波信号を表面波として有線伝送するための基礎的な評価を実施し、有線伝送の評価手法を確立することを目標とした。なお、当初計画では表面波の減衰率評価に広く利用される一般的な手法を用いる予定であった。しかしながら、提案されるメタサーフェスでは微細構造のカップリングの影響により、従来手法を利用できないことが分かった。そこで、本項目ではカップリングの影響を抑制した、新たな減衰率の評価手法を考案することに至った。

3-b. テープを用いた評価

本項目では電波の非専門家にとって容易に移動・再設置可能なテープを基材とした、テープ型メタサーフェスを開発することを目標とした。2023 年度までの数値目標として、数十 GHz 帯における動作実現を目指した。数値解析に基づいてテープ型メタサーフェスを設計し、実証実験においても提案構造を用いることで、28 GHz 帯電波の伝送効率を 100 倍程度向上できることを確認した。さらに、2024 年度の数値目標として動作周波数帯を数百 GHz 帯に向上させることに成功した。また、半導体をテープへと実装するために必要な電氣的接続手法として、50 μm 程度のサイズの I/O PAD に金蒸着バンパを用いる手法を確立した。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

本研究では主に3つの電波環境構築デバイスを新規に考案し、評価する内容であった。これらデバイスの実現可能性や有効性は既に掲載済みの学術論文11篇等で十二分に裏付けされている。

提案デバイスに対する追加での概念実証実験も必要となるものの、今後は主に“社会実装”に焦点を当てることで本研究を一層推進することに繋がると考えられる。本研究を通して強化された国内企業との協力体制を基盤として、提案された紙やテープを基材としたメタサーフェスデバイスを展開することを計画している。一例として、メタサーフェスデバイスを“機能性のあるインテリア”などとして利用することで、一般家庭への普及を計画している。