

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Ultra-Low-Power Ka-Band CMOS Transceiver Using Mutually Coupled Inductors for Small Satellite System
著者(和文)	FuXi
Author(English)	Xi Fu
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12243号, 授与年月日:2022年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岡田 健一,白根 篤史,廣川 二郎,徳田 崇,伊藤 浩之,藤井 威生
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12243号, Conferred date:2022/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Fu Xi	
		氏名	職名	氏名	職名
論文審査 審査員	主査	岡田 健一	教授	伊藤 浩之	准教授
	審査員	白根 篤史	准教授	藤井 威生	電気通信大学 教授
		廣川 二郎	教授		
		徳田 崇	教授		

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Ultra-Low-Power Ka-Band CMOS Transceiver Using Mutually Coupled Inductors for Small Satellite System (相互インダクタンスを活用した小型衛星システム向け超低消費電力 Ka 帯 CMOS 無線機)”と題し、英文 6 章からなっている。

第一章“Introduction (序論)”では、将来の移動通信ネットワークに必要とされる衛星通信技術について説明している。低遅延かつ大容量伝送のためには、従来の静止軌道衛星ではなく、低軌道小型衛星を用いた衛星通信システムが必要であることを説明しており、その低軌道小型衛星向けの無線機に必要とされる性能について詳しく論じている。

第二章“Satellite System Considerations and Challenges (衛星システムの課題)”では、衛星通信システムにおける性能評価指標および要求仕様について、無線機のアーキテクチャを示しながら詳述している。特に、衛星通信用無線機において、消費電力、線形性、雑音等の性能を、温度や放射線といった厳しい環境条件で追求する必要があることが述べられている。

第三章“Direct Conversion Transmitter for Ground Base Station (地上局に向けたダイレクトコンバージョン型送信機)”では、地上局に用いる送信機について説明している。送信機のキーコンポーネントである電力増幅器において、バランを用いた 4 入力電力合成器を利用し出力電力の向上を実現している。CMOS 65nm プロセスを用いて試作した送信機は、電力増幅器をはじめ、周波数変換器、フィルタ等の地上局に必要な機能ブロックの集積化に成功しており、Ka 帯衛星通信のアップリンク用周波数帯である 27-31GHz において 20.1dBm の飽和出力電力を達成している。

第四章“Phase Shifter Design for Satellite Terminal (衛星搭載移相器の設計)”では、小型衛星に搭載されるフェーズドアレイ無線機において最も重要な回路ブロックである移相器の設計について説明している。衛星搭載用の移相器の課題として、位相誤差やトータルドーズ放射線耐性を挙げており、それらの劣化要因による位相変動がビームパターンに与える影響について論じている。これらの課題を解決するため、本論文では磁界チューニング型移相器を提案している。提案の移相器では、磁界結合したインダクタと可変抵抗として動作する MOSFET を用いて位相を変化させている。試作評価を通して、本回路構成を用いることで、従来のスイッチ型や反射型の移相器と比べ、高い位相精度および高放射線耐性を実現可能であることを示している。

第五章“Phased-Array Receiver for Satellite Terminal (衛星搭載フェーズドアレイ受信機)”では、第四章の移相器を含む衛星搭載用フェーズドアレイ受信機について説明している。受信機の低消費電力化を実現するために、マルチカップル型バランを用いた低雑音増幅器を提案し、受信機全体の消費電力として、従来のフェーズドアレイ受信機と比べて 1 桁以上低い 1 系統あたり 3.4mW の低消費電力を実現している。さらに、受信機全体の放射線耐性として、3Mrad 以上の非常に高いトータルドーズ耐性を放射線試験により実証している。CMOS 65nm プロセスによって試作した IC を 32 チップ用いて、256 素子のフェーズドアレイ受信機を作成し、ビームフォーミング特性および 256APSK 変調信号を用いた 12.8Gbps の無線通信特性の測定評価から、提案無線機の有効性を実証している。

第六章“Conclusion and Future Work (結論と展望)”では、本論文で得られた成果をまとめ、今後の研究の展望として、低軌道小型衛星での通信に必要な高速な位相制御技術や性能劣化の補償技術について論じ、本論文を締めくくっている。

以上を要するに、本論文は小型衛星システム向け Ka 帯 CMOS 無線機を実現するための回路技術について論じたもので、学術上、産業上貢献するところが大きい。よって我々は、本論文が博士(学術)の学位論文として、十分に価値あるものと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポータル(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。