

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Dual-Layer Proton Irradiation on CMOS On-Chip Passive Devices for Sub-THz Circuit Performance Enhancement
著者(和文)	HERDIANHANS
Author(English)	Hans Herdian
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12920号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岡田 健一,廣川 二郎,徳田 崇,伊藤 浩之,白根 篤史,高野 恭弥
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12920号, Conferred date:2024/9/20, 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	Hans Herdian	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	岡田 健一	教授	白根 篤史	准教授
	審査員	広川 二郎	教授	高野 恭弥	東京理科大学 准教授
		徳田 崇	教授		
		伊藤 浩之	教授		

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Dual-Layer Proton Irradiation on CMOS On-Chip Passive Devices for Sub-THz Circuit Performance Enhancement (CMOS オンチップ受動素子のサブテラヘルツ帯性能向上のための二層プロトン照射)」と題し、英文 6 章からなっている。

第一章「Introduction (序論)」では、将来の無線通信技術に向けたサブテラヘルツ帯の利用の重要性について論じ、オンチップ受動素子の性能向上の必要性について述べている。オンチップ受動素子に求められる性能やシリコン基板へのイオン照射により性能改善が見込めることを説明している。

第二章「Analysis of Conventional Ion Irradiation (従来のイオン照射技術の解析)」では、シリコン基板の高抵抗化を目的とするイオン照射技術について、物理現象や電気特性の観点から詳細に解説している。イオン照射において、イオン種、照射エネルギー、照射量などの条件に対して、どのような物理現象により、照射後に得られる高抵抗領域の特性が決まるかを説明している。特に、欠陥生成効率と表面の寄生的伝導現象について詳述し、従来方式の照射効率が低い原因について論じている。

第三章「Dual-Layer Proton Irradiation (二層プロトン照射技術)」では、プロトン照射の効率を向上させるための新しい照射方法を提案している。単一の照射ではなく、基板表層および基板深部へ照射深さを変えた二度の照射を行うことにより、シリコン基板表面の高抵抗化を実現しつつ、基板全体の高抵抗化を少ない総照射量で実現することにより、照射効率の向上を可能としている。イオン照射により欠陥が生成されるが、はんだづけ時のリフローで欠陥が回復することを考慮し、照射条件を実験的に最適化している。その結果、従来よりも総照射量を 60%削減し、マスクの余剰被覆距離を 50 $\mu\text{m}$  から 22 $\mu\text{m}$  に減少させている。また、金属配線へのイオン照射の影響を実測により評価し、抵抗率の変動が測定誤差以下であることを示している。

第四章「300GHz-Band CMOS On-Chip Vivaldi Antenna (300GHz 帯 CMOS オンチップビバルディアンテナ)」では、提案する二層プロトン照射技術を用いて、サブテラヘルツ帯 CMOS オンチップアンテナの性能が向上できることを示している。多層配線構造でのオンチップ実現が容易なビバルディアンテナを対象とし、二層プロトン照射技術により、アンテナ利得が 2dBi から 6dBi に向上し、放射効率が 32%から 87%に向上したことを示している。また、リフローを想定したアニール処理後も特性の劣化がないことを確認している。

第五章「300GHz-Band CMOS On-Chip Chip-to-Waveguide Transition (300GHz 帯 CMOS オンチップチップ導波管トランジション)」では、提案する二層プロトン照射技術を用いて、サブテラヘルツ帯 CMOS オンチップ導波管トランジションの性能が向上できることを示している。サブテラヘルツ帯では導体損失が大きくなるため、導波管による接続が利用されているが、シリコン基板の抵抗率が低く、CMOS 基板上に設けた導波管トランジションでは挿入損失が大きくなるのがこれまでの課題であった。フリップチップ実装におけるパンプとプリント基板側の金属配線層で導波管トランジションを構成し、そこに二層プロトン照射を行うことで、挿入損失を 4.9dB から 2.8dB に低減することに成功している。

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、将来の研究展望として、プロトン照射技術の信頼性向上や条件最適化の必要性を論じ、本論文を締めくくっている。

以上を要するに、本論文は、サブテラヘルツ帯 CMOS 集積回路の性能に大きく影響する受動素子の性能をイオン照射技術により改善する方法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、東工大リサーチリポジトリ(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。