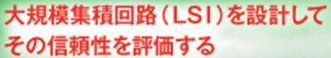


集積システム講座小林研究室の紹介



電子システム工学部門 小林和波研究室





小林教授 ディジタル電子回 路,集積回路工学 担当



古田准教授@岡山 県立大学 2024/4/1に異動

シリコン半導体(LSI)は産業の米

- ・ 半導体不足で自動車が作れない
- ETC車載器すら不足
- 半導体工場の相次ぐ火事や停電で品不足に拍車
 - 2020/10 旭化成, 2021/3 ルネサス, TSMC火災
 - 2021/1-3 米国テキサス州オースチンの大停電
- ・半導体不足でゲーム機が作れない
- PS5の品不足で転売屋横行
- 日米が相次いで半導体支援・増強策
- 経産省が2nmに向けて700億円の補助金で Rapidus設立
- TSMCが熊本に工場、デザインセンター設立
- インテルが2兆円を投資して新工場建設





先端半導体の国産化目指す 「Rapidus」北海道 千歳に工場 建設へ (NHKニュースより)

TSMC熊本工場「1期生」に125人、地元大学からも シリコンアイランド

シリコンアイランド + フォロー

日経新聞より

2023年4月3日 15:30





TSMCが大阪に新拠点、新卒も積極採用で 26年に国内社員を400人に倍増

A 保田 龍之か 日経カロステック / 日経エレクトロニクラ

過半導体

コンセントに刺さるもので半導体が載っていないのは 安いトースターのみ

Yahoo Newsで取り上げられました



京都工繊大学教授の小林和淑さんから「過半導体」という言葉を広めてほしいと言われた。この半導体不足のご時世に「過ぎたる半導体」とは何だろうか、と思った。同氏に問い合わせてみると、コンセントに差す電気製品は全て半導体を使っているという意味だという。半導体がいっぱいあるということを表している。確かに、コンセントや電池を使う電化製品にはほぼ100%半導体が入っている。

ルネサスの車載半導体売上高が大幅増、 ADASと電動化がけん引

小島 郁太郎 日経クロステック/日経エレクトロニクス

2022.02.15

売上収益 四半期推移



一方で、なんにでも半導体(「コンセントに刺さるもので半導体が載っていないのは 安いトースターのみ」**)**の弊害が... 「**過半導体**による半導体不足」

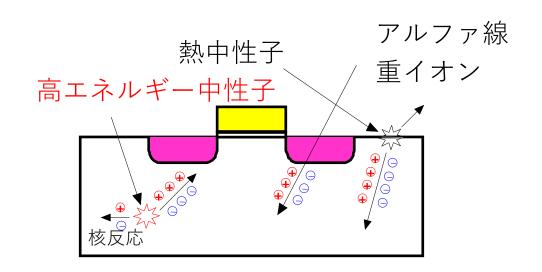
2022/3の学振165委員会での講演スライドより

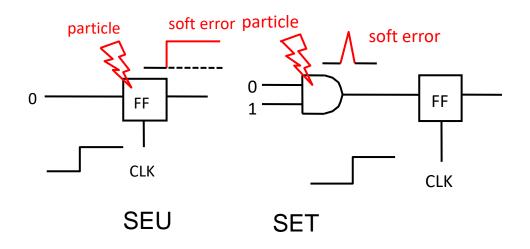
テーマー覧

- •集積回路の一時故障
 - ソフトエラーを評価するためのデバイスシミュレーション環境の構築
 - 耐ソフトエラー回路の設計と実測評価
- •集積回路の長期信頼性
- 集積回路の経年劣化を測定する回路の設計と実測評価
- 量子コンピュータ
 - 量子コンピュータを制御・エラー訂正するための集積回路
- ・(ワイドギャップ半導体向け電力変換回路)

ソフトエラーとは?

- ・放射線がLSIに衝突
 - α線
 - 放射性不純物より
 - 重イオン
 - ・ 宇宙で問題
 - 高エネルギー中性子
 - 宇宙より
 - 航空機では影響大
 - 熱中性子
- LSIが一時的に誤動作
 - スーパコンピュータ(京)ではす でに対策済





ソフトエラーで大損!

宇宙線の影響で30億円の特損計上、横河電の4~6月期

企業決算 十 フォローする

2019年8月6日 20:30





降り注ぐ宇宙線が業績にも影響——。横河電機は6日発表した2019年4~6月期の連結 決算で、宇宙線中性子が原因とみられる半導体部品の不具合に関する対策強化費用と して30億円を特別損失に計上した。同社が顧客企業に販売するシステム制御機器に 組み込む半導体部品が微細になったことで、宇宙線中性子の影響による不具合が生じ るケースがあるという。

不具合は「ソフトエラー」と呼ばれる一過性の異常で、半導体に記憶されたデータが 乱れて誤作動を起こすことがある。データを書き換えると正常な動作に戻る。横河電 は顧客企業のソフトエラー対策などに関する費用を4~6月期に引き当て、純利益は 前年同期比38%減の21億円となった。

売上高は1%増の902億円、営業利益は37%増の65億円だった。中東などの顧客企業の 設備投資が旺盛で、主力のプラント関連の制御機器が好調だった。

20年3月期通期の業績見通しは据え置いた。売上高は前期比4%増の4200億円、純利 益は2%増の290億円を見込む。米中貿易摩擦については「現時点で受注に影響は出て いない! (同社) としている。

電子機器の不具合で大変





https://mainichi.jp/articles/20160322/k00/00e/040/131000c

4.8万人に影響、ネットワーク SWのLSIが故障原因

2016年3月 ANA 予約システムダウン





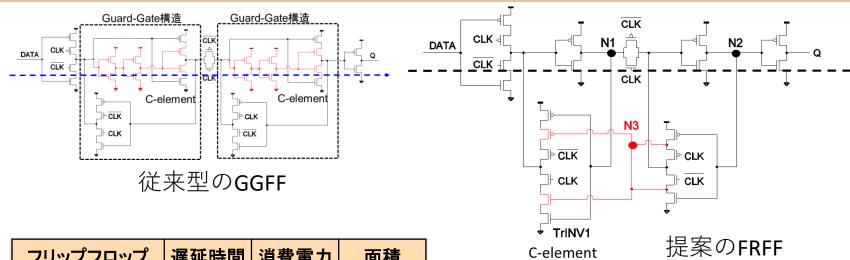
なんと, 2023/4/3にも発生

ANAシステム不具合 復旧も運航に大幅な遅 れ 50便余が欠航も

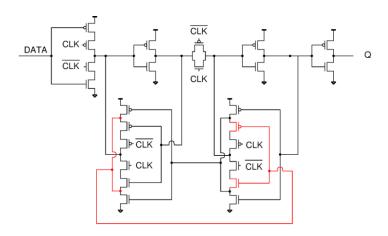
2023年4月3日 19時13分 IT・ネット

3日午後2時すぎ、全日空の国内線のシステムに不具合が発生し、1時間ほど予約や搭乗手 続きができない状況になりました。各地の空港では運航に大幅な遅れが出ているほか、 50便余りの欠航が出るなど影響が続いています。

耐放射線フリップフロップ



フリップフロップ	遅延時間	消費電力	面積
一般的なFF	1	1	1
Stacked FF	1.76	1.05	1.24
	(1)	(1)	(1)
GGFF	2.20	1.06	1.47
	(1.25)	(1.01)	(1.19)
FRFF (提案FF)	1.06	1.03	1.06
	(0.60)	(0.98)	(0.85)
FRADFF(改良型FF)	1.08	1.02	1.12
	(0.61)	(0.97)	(0.90)



提案改良型FRADFF

ソフトエラー耐性評価実験

・地上での耐性評価

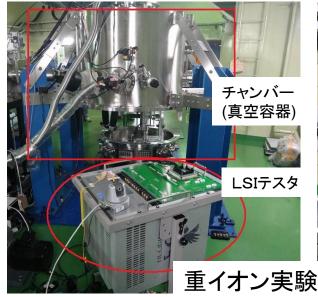
- α線:研究室内

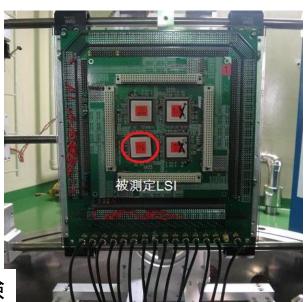
- 中性子線: 阪大RCNP, 群馬大医学部他

- 重粒子: 群馬大学医学部

・宇宙での耐性評価

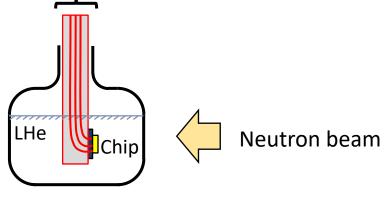
- 重イオン線: QST加速器(JAXA所有のチャンバーにて)





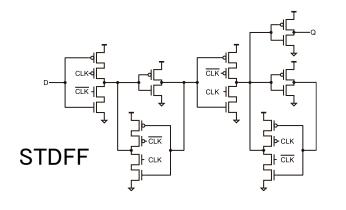


群馬大学医学部での 重粒子照射実験

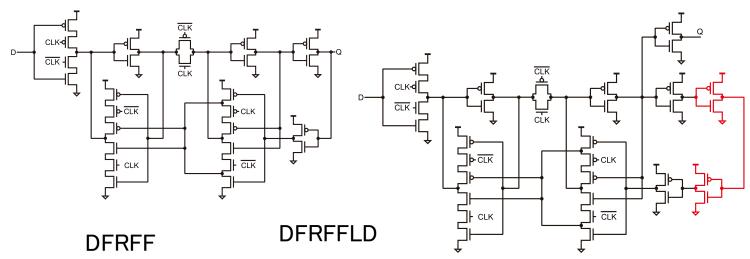


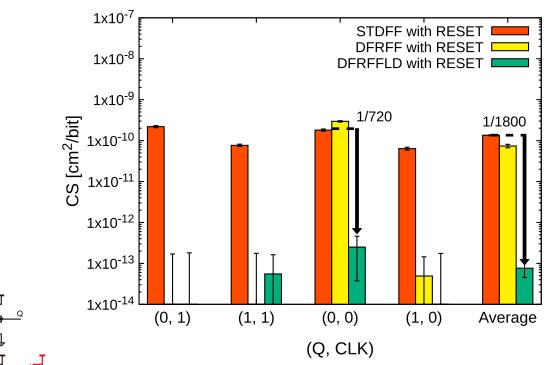
極低温でのソフトエラー測定(予定)

重イオンでの測定結果



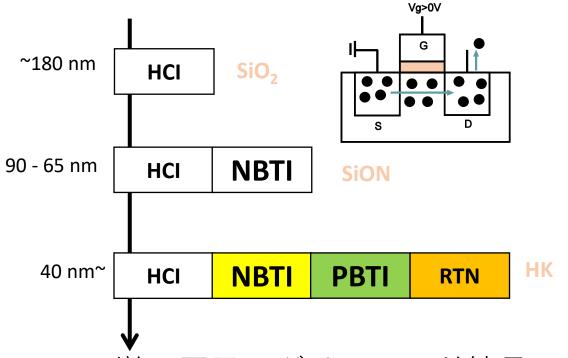
- STDFF
- 通常のFF
- DFRFF
- 耐ソフトエラーFF
- DFRFFLD
- 改良版





DFRFFLDでは通常FFの1800倍の耐性

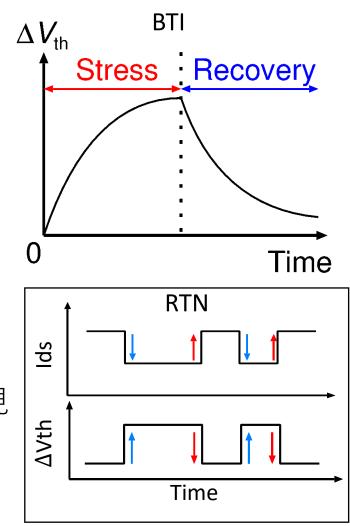
ゲート酸化膜起因の信頼性低下



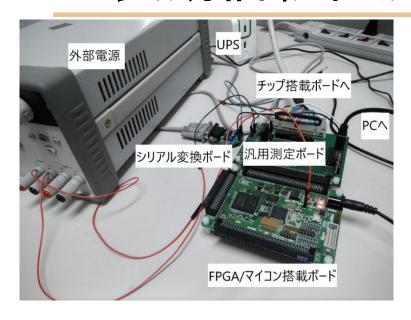
• Siは単一原子のダイアモンド結晶のため, 欠陥は少ないが欠陥起因の劣化現象が起こる.

- RTN: 特性がランダムに変動

- NBTI/PBTI: 時間とともに特性が劣化



長期信頼性測定系

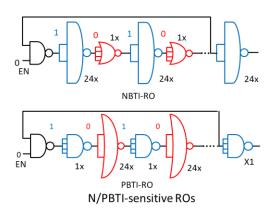


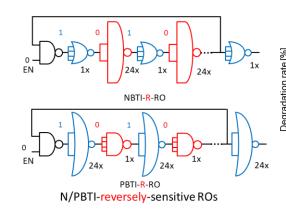
- ・テスタでは長期間の測定不可
- 共用+高電力+PC制御
- マイコンとFPGAで超長期測定
- 専用+省電力+マイコン制御
- マイコンプログラム+FPGA回路+定電圧源
- 7nm FinFETで試作されたLSIを測定
- リングオシレータの発振周波数を測定
- IRPS2023で発表
 - PC Watchで紹介

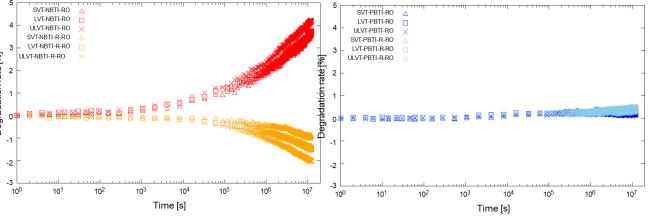
都工芸繊 Ultra Long-term 大学とル Measurement Results of BTI-サスエレ induced Aging Degradation on 7-nm Ring Oscillators 7nm技術で試作したリング発振器のBTI劣化を5カ月にわたって測定 (温度125℃、電源電圧 0.75以)。発振周波数は時間のn乗に比例して低下した。BTI(こよって捕獲準位が時間とともに増加する劣化モデルを構築

京都工芸繊維大学とルネサス エレクトロニクスは共同で、7nm技術で試作したリング発振器のBTI劣化を5カ月にわたって測定(温度125℃、電源電圧0.75V)してみせた(発表番号7A.1)。発振周波数は時間のn乗に比例して低下した。

PC Watch 2023/3/27 福田昭氏記事より







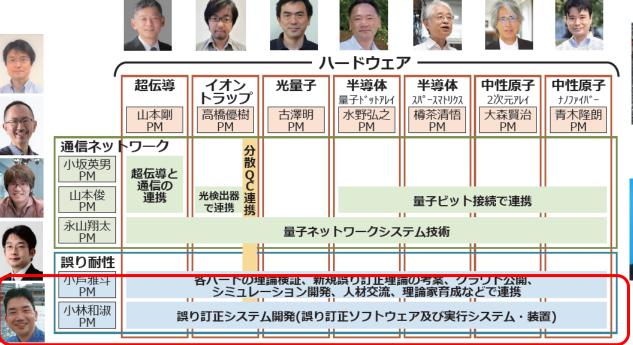
量子コンピュータ





- ・小林教授が ムーンショット目標6「2050年までに、経済・産業・安全保障 を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現」のプロ ジェクトマネージャ(研究代表者)(2022/8より)
 - 髙井先生, 新谷先生, 岸田先生(本学出身)も課題推進者

課題推進者一覧







佐野









小林

三好

髙井

門本

長名







新谷

塩見

宮原

佐藤

今川

五十嵐 岸田

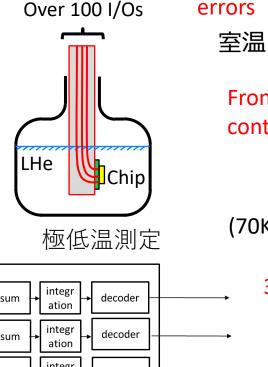
量子ビット制御、計算機アーキテクチャ、集積回路の 専門家で構成

極低温環境での超伝導量子ビット制御回路の設計

FPGAに実装されている回路の一部をLSIに実装して、極低温で測定

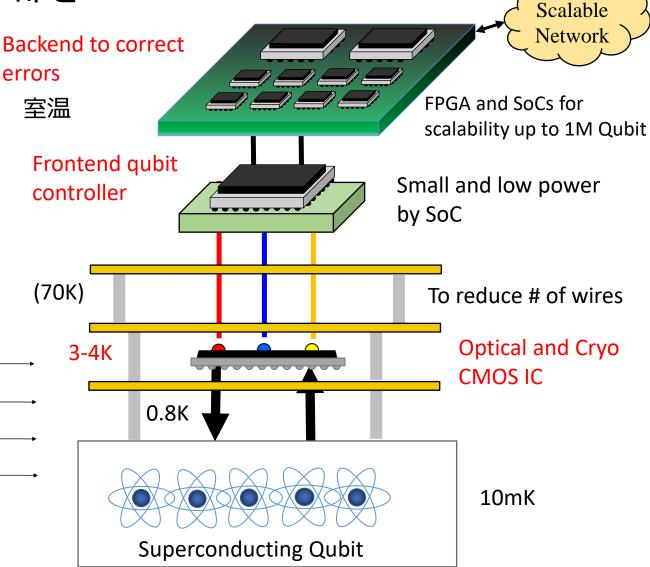


Quel社の量子コンピュータ制御器



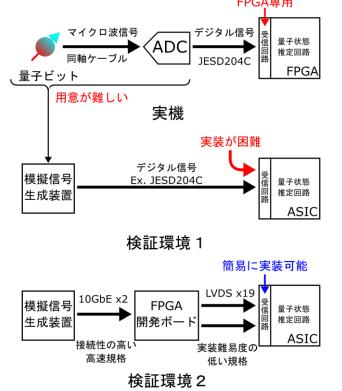
Acquisition and decoding module wind decimat Control/status decimat decimat wind integr decoder ow ation From ADC decimat wind integr 4-qubits response decoder ation

回路ブロック図



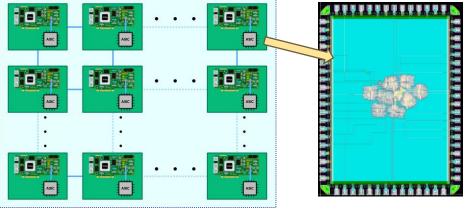
量子コンピュータを制御・エラー訂正する集積回路

- FPGA実装済の量子ビットの位置推定用ディジタル回路をLSI化
 - LVDS(高速シリアルインタフェース)からの受信回路を新規設計
- ・エラー訂正するディジタル回路をLSI化
- RISC-Vプロセッサと同梱してSoC (System-on-a-chip)化



量子ビット位置推定用 ディジタル回路(160万 ゲート)





誤り訂正用FPGAクラ スタ

エラー訂正用SoC

2023年度研究実績

詳細はホームページの論文、受賞に

- 学術論文 4件
- •国際会議発表 5件
- 国内会議発表10件
 - うち4回生3名発表
- •受賞7件

受賞一覧

- デザインガイア優秀ポスター賞
 - "フローティングゲートおよびチャージトラップTLC NANDフラッシュメモリにおけるトータルドーズ効果のデータパターン依存性",小澤太希(2023年11月17日受賞)
 - "α線照射による65nm bulkプロセスにおけるPMOS及びNMOSトランジスタのSEU感度",吉田圭汰(2023年 1 1 月17日受賞)
- IEEE CEDA All Japan Joint Chapter Design Gaia Best Paper Award
 - "アルファ線と重イオンによるソフトエラー率の周波 数依存性の測定",杉崎春斗(2023年11月17日受賞)
- Excellent Student Paper Certificate of Honor of 2023 15th IEEE International Conference on ASIC
 - "Ring Oscillators with Identical Circuit Structure to Measure Bias Temperature Instability", Daisuke Kikuta, Ryo Kishida, Kazutoshi Kobayashi (2023年10月27日受賞) IEEE CEDA All Japan Joint Chapter Academic Research Award

- 他3件 15