

Title	SOI基板を用いた車載制御用システムのLSI化設計に関する研究
Author(s)	川本, 和則
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43425
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	かわもと かずのり 川 本 和 則
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 5 3 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 13 年 9 月 28 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科情報システム工学専攻
学 位 論 文 名	SOI 基板を用いた車載制御用システムの LSI 化設計に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 白 川 功 (副査) 教 授 村 上 孝 三 教 授 藤 岡 弘 教 授 西 尾 章 治 郎 教 授 赤 澤 堅 造 教 授 薦 田 憲 久 教 授 下 條 真 司

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、SOI 基板を用いた絶縁物分離構造を持つ車載制御用システムの 1 チップ LSI 化設計について述べたものであり、以下の 6 章により構成した。

第 1 章は序論であり、車載制御用システムへの要求やその背景を明らかにするとともに、システムの LSI 化設計に関する本研究の目的、研究内容、成果について概説した。

第 2 章では、制御システムの 1 チップ LSI 化に適する SOI 基板を用いた絶縁物分離ウエーハ工程について述べた。まず、シリコン酸化膜上に張り合わされたシリコン層を持つ SOI ウエーハに、素子を分離するための絶縁物分離溝を形成する方法や構造を示した。次にその分離された各島にバルクシリコンと同等の特性をもつ素子を実現するウエーハ工程を明らかにした。

第 3 章では、LSI 内に組み込まれた出力素子、LDMOS (Lateral Double-diffused MOS) の静電気破壊耐量を画期的に向上する方法とその実施結果を述べた。提案した LDMOS においては、破壊耐量が従来の LDMOS に比べ約一桁向上し、静電気保護回路が省略できることを示した。

第 4 章では、制御システムを 1 チップに効率よく集積できる独自に考案したディジタル回路の設計について述べた。まず、車載制御システムに特化した RISC コアを構成し、従来に比べ必要な論理トランジスタの数を 1/3 に減らし、性能は 4 倍に向上した。次に、クロック回路を集積化するために、CR 発振器と周波数高通倍回路を組み合わせた新規なシステムクロック回路を設計した。

第 5 章では、エアバッグ制御システムを実例にして、2 - 4 章で述べた技術を適用した 1 チップ LSI 化設計を実施し、それを試作、評価した結果を示した。絶縁物分離された LSI 内の各回路ブロック、出力素子は、車載用 LSI に要求される広い範囲の電源電圧や温度にわたり、安定して目標性能を満たし、制御機能を果たした。現在この IC は量産されている。

第 6 章は、本研究で得られた成果を要約した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、車の安全性向上や排気ガス浄化に要求される車載制御用システムの高機能化、高信頼性化、小型軽量化を実現するため、1チップLSI化設計に関する研究開発を世界に先駆けて行い、ウエーハ工程からLSI回路設計に至るまでの広範な先端的技術分野において、以下に述べるような主要な結果を得ている。

(1) SOI基板を用いた絶縁物分離ウエーハ工程の研究開発

車載制御用システムの1チップLSI化設計では、パワー素子、リニア回路、マイクロコンピュータ、メモリなどの多種類の半導体素子や回路を複合して集積化する必要がある。車載環境の高温、高ノイズの悪条件下で、これらの各素子の理想的な電気的分離を実現するために、独自のSOI基板を用いた絶縁物分離ウエーハ工程における以下の技術課題について、有用な研究成果を得ている。

- i SOI基板ウエーハのSOI層最適構造の構築
- ii 絶縁物分離溝(Trench dielectric-isolation)の加工方法の考案
- iii SOI基板を用いた複合ICウエーハ工程の開発。

(2) 車載制御用システムの1チップ化に適した高ESD破壊耐量LDMOSの設計

1チップLSIに集積される出力パワー素子は、微細加工工程に馴染みやすく、電流駆動時にオン抵抗を低くできる横方向2重拡散MOSトランジスタ、LDMOS(Lateral Double-diffused MOS)が用いられ、本研究では、静電気放電、ESD(Electrostatic discharge)破壊耐量を従来のものに比べ格段に強くできる、新規な構造のLDMOSを考案している。まず、従来素子のESDによる破壊過程を、回路レベルシミュレーションとデバイスレベルシミュレーションを関連付ける解析手法を用いて、放電時の大電流がLDMOSの一部分に集中することにより熱的に破壊していることを定量的に明らかにし、放電補助回路を具備するLDMOSの構成を考案している。さらに、このLDMOSの有効性をシミュレーションによって確認すると共に、実験によりESD破壊電圧25kVを確認している。この破壊耐量は従来素子より約一桁強く、最も厳しい仕様を満たすので、LSIの出力端子の静電気保護回路が不要になり1チップ化設計に大きく貢献している。

(3) 車載制御用システムの1チップLSI化に適した回路設計

システム性能やLSIの集積規模に最も影響の大きいマイコンを対象とし、車載制御に適したマイクロコンピュータ・コアと集積可能なシステムクロック回路を構成している。新しく車載制御専用に設計した32ビットRISCコアの特徴は、車の制御に必要な十分な命令セットに特化して、五段のパイプラインやバスラインを単純化し、制御用プログラム短縮に有効なビット操作を可能とする演算機能を付加している。この新規なマイクロコンピュータは、従来用いられていたCISC(Complex instruction set computer)方式に比べ、プログラム長は変わらず、素子数は1/3、実行速度は4倍という著しい成果を上げている。さらに、温度変化の少ない低周波領域のCR発振器と、新たに考案した除算を用いた周波数高逓倍回路、DDPLL(Dividing digital phase-locked loop)を組み合わせて、安定したシステムクロック回路を構成し集積化している。

(4) エアバッグ制御システムの1チップLSI化設計

1チップ化の設計技術を統合して、エアバッグ制御システムのLSIの実装設計を行っている。このLSIには、センサ信号処理入力回路、電源回路、クロック回路、RISCコア、電氣的プログラム可能なROM(EPROM)、電流駆動用パワー素子LDMOS等が、およそ11mm四方のチップに集積されている。評価結果から、集積された回路、素子は、車載環境として要求される温度範囲および電圧範囲において、目標性能を達成していることが確認された。さらに、本研究で確立された技術は、エアバッグ制御システムのほか、多くの車載制御用システムのLSI化設計に応用される。

以上のように、本論文は車載制御用システムのLSI化設計に対して多くの有用な研究成果をあげている。中でも世界に先駆けて研究開発に着手し、実用化に成功したSOI基板を用いた絶縁物分離ウエーハ工程は、車載用LSIの基盤技術として極めて有用なものであり、車載用集積回路技術の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。