

平成 22 年 5 月 1 日現在

研究種目： 特定領域研究
 研究期間： 2006 ～ 2009
 課題番号： 18063013
 研究課題名（和文） シリコンナノエレクトロニクスの新展開に関する総括的研究
 研究課題名（英文） Technology Evolution for Silicon Nano-Electronics

研究代表者
 財満 鎮明 (ZAIMA SHIGEAKI)
 名古屋大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号：70158947

研究成果の概要（和文）：

シリコン ULSI において、基本素子 MOSFET の「スケーリング則」による性能向上技術に限界が見えはじめ、デバイスにおける材料物性的限界、種々な揺らぎによる精度・性能限界、集積度増加による発熱量・消費電力の限界等が顕在化することで、デバイスのインテグレーションや高性能化が困難になりつつある。本研究領域の目的は、『ポストスケーリング技術』として、シリコン ULSI の技術開発に対し、従来存在しなかった全く新しい指導原理を導入するものであり、本研究では各研究項目に研究リーダーを置き、リーダーは適切に研究班を運営するとともに有機的な連携を図り、また、領域代表者はその総括を行った。

研究成果の概要（英文）：

Silicon ultra-large scale integrated circuits (ULSIs) are now being faced to various physical limits on the scaling. The aim of this research area is establishment of the basic science and technology in realizing nano-scale complementary metal-oxide-semiconductor devices (Nano-CMOS) with high performance, new functionality and large-scale integration. This project contributed to the innovation of future silicon nano-electronics with high performance, low power consumption and high flexibility.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	7,200,000	0	7,200,000
2007 年度	18,200,000	0	18,200,000
2008 年度	10,200,000	0	10,200,000
2009 年度	12,200,000	0	12,200,000
年度			
総計	47,800,000	0	47,800,000

研究分野：半導体工学

科研費の分科・細目： 応用物理学・工学基礎、薄膜・表面界面物性

キーワード： 電子デバイス、半導体超微細化、デバイス設計・製造プロセス・超薄膜、ナノ材料

1. 研究開始当初の背景

現代の情報通信技術の中核をなすシリコ

ン ULSI においては、基本素子 MOSFET の「スケーリング則」による性能向上技術に限

界が見えはじめ、デバイスにおける材料物性的限界、種々な揺らぎによる精度・性能限界、集積度増加による発熱量・消費電力の限界等が顕在化することで、デバイスのインテグレーションや高性能化が困難になりつつある。これに対して、本研究では、『ポストスケーリング技術』として、シリコン ULSI の技術開発に対し、従来存在しなかった全く新しい指導原理を導入する。ここでは、次世代のユビキタスネットワーク社会の実現に向けた、高性能・高機能、低環境負荷特性（低消費電力・低電圧）、及び柔軟性を兼ね備えた「人に優しい／生活に密着したエレクトロニクス」を構築するための総括的研究を行う。

2. 研究の目的

シリコン ULSI における基本素子 MOSFET の「スケーリング則」による性能向上限界を打破するために、『ポストスケーリング技術』として新しい指導原理を導入する。本総括班では、次世代ユビキタスネットワーク社会の実現に向けた、高性能・高機能、低環境負荷特性、柔軟性を兼ね備えた「人に優しい／生活に密着したエレクトロニクス」を構築するための総括的研究を行い、学識経験者と民間企業開発責任者からなる評価グループを設け、学術的、産業的立場からの評価や提言を行う。

また、各研究者は、サイエンスの確立と応用開発の両課題に対して相互に関連し学術的基礎の下で深く繋がる研究体制をとり、ポストスケーリング技術の具現化のために、それを「サイエンスに基づく機能化・極限集積化を実現し、性能・機能の革新的向上を目指すナノ CMOS (Nano-CMOS) 技術」と定義し、「Nano-CMOS の高性能・高機能化」と「ナノデバイスインテグリティの確立」を二本柱に各研究項目を遂行する。創出されたシリコンテクノロジーへの新概念と技術的価値によって、我が国における半導体産業再生の基礎固めに貢献し、人間生活・社会に深く関わるエレクトロニクスに対して、当該分野の専門家が一堂に会して本研究を遂行することは、社会的に意義が深い。

3. 研究の方法

本領域においては、4 つの研究項目を設けて、ポストスケーリングシリコンテクノロジーにおける新概念の学術・技術的価値を随時打ち出すように研究を遂行した。各研究項目に研究リーダーを置き、リーダーは適切に研究班を運営するとともに有機的な連携を図り、領域代表者が総括した。領域代表者と研究分担者により、参画研究者への起案、本領域内の共同研究への対応、研究会・シンポジウムの企画実務等を行うと同時に、バーチャルラボとして機能するよう、領域内の共同研

究を積極的に進めた。また研究全体の内容と進行や公募研究の位置づけなどを評価するため、学識経験者と民間企業開発責任者からなる評価グループを設け、学術的、産業的立場から評価や提言を行った。

以下は各研究項目である。

研究項目 (A01) : ナノ物性／ナノ機能探索
従来のシリコン CMOS を超える高性能化と新機能化に関する研究

研究項目 (A02) : ナノ構造化プロセス／デバイス
ナノ構造の自己組織化プロセス技術の構築とナノ構造化による新機能性の付加に関する研究

研究項目 (A03) : ナノデバイスインテグリティ
Nano-CMOS や配線の揺らぎ／ばらつきの物理的解明とナノデバイスインテグリティ技術開発に関する研究

研究項目 (A04) : ナノシステム機能インテグレーション
Nano-CMOS のインテグレーション技術とデバイスの開発に関する研究。

4. 研究成果

次世代ユビキタスネットワーク社会の実現に向けた、高性能・高機能、低環境負荷特性、柔軟性を兼ね備えた次世代シリコンナノエレクトロニクスの実現を目指して、ナノスケール相補型 MOS デバイス (Nano-CMOS) の高性能化・高機能化・極限集積化を達成するための基礎科学と基盤技術を構築するための総括的研究を行い、学識経験者と民間企業開発責任者からなる評価グループを設け、学術的、産業的立場からの評価や提言を行う活動として、総括班会議、全体会議、成果報告会およびシンポジウムを開催した。総括班会議は総括班メンバーと評価委員から構成され、全体の研究指針や研究状況評価を定期的に行った。また、年度初めには各研究班の研究方針についての議論や研究班間での連携体制について議論を行った。年度末には、年度ごとの研究成果を広く公開する場として、成果報告会を行った。さらに、応用物理学会の学術講演会においてシンポジウムを主催し、毎回、特定領域研究に関連するテーマを設定し本研究領域メンバー以外の講師も招き、有意義な議論を行った。

以下に総括班会議、全体会議、成果報告会およびシンポジウムの開催記録を示す。

総括班会議

・平成 18 年 9 月 2 日、名古屋大学ベンチャ

ービジネスラボラトリー

- ・平成 19 年 4 月 28 日、名古屋大学
- ・平成 19 年 8 月 10 日、メルパルク NAGOYA
- ・平成 19 年 12 月 22 日、メルパルク NAGOYA
- ・平成 20 年 3 月 7、8 日、秋葉原コンベンションホール
- ・平成 20 年 8 月 7、8 日、KKR ホテル名古屋
- ・平成 21 年 1 月 28、29 日、東京大学武田先端知ビル
- ・平成 21 年 7 月 4 日、名古屋大学
- ・平成 21 年 8 月 6、7 日、メルパルク NAGOYA
- ・平成 22 年 1 月 19、20 日、秋葉原コンベンションホール

全体会議

- ・第一回 平成 18 年 9 月 2、3 日、名古屋大学ベンチャービジネスラボラトリー
- ・第二回 平成 19 年 8 月 9、10 日、メルパルク NAGOYA
- ・第三回 平成 19 年 12 月 21、22 日、メルパルク NAGOYA
- ・第四回 平成 20 年 8 月 7、8 日、KKR ホテル名古屋
- ・第五回 平成 21 年 1 月 28 日、東京大学武田先端知ビル
- ・第六回 平成 21 年 8 月 6、7 日、メルパルク NAGOYA

成果報告会

- ・第一回 平成 19 年 3 月 15、16 日、東京工業大学デジタル多目的ホール
- ・第二回 平成 20 年 3 月 7、8 日、秋葉原コンベンションホール
- ・第三回 平成 21 年 1 月 28、29 日、東京大学武田先端知ビル
- ・第四回 平成 22 年 1 月 19、20 日、秋葉原コンベンションホール

シンポジウム

- ・「特性ばらつき解明とナノデバイスインテグリティ」、平成 19 年 3 月 28 日、第 54 回応用物理学関係連合講演会、青山学院大学相模原キャンパス
- ・「Ge MOS トランジスタ技術」、平成 20 年 3 月 28 日、第 55 回応用物理学関係連合講演会、日本大学理工学部船橋キャンパス
- ・「新材料導入によるシリコンプラットホームの超機能化」、平成 20 年 9 月 3 日、第 69 回応用物理学学会学術講演会、中部大学
- ・「ポストスケーリング時代をデバイス・物性物理から斬るーこれが半導体デバイスの未来像だー」、平成 21 年 4 月 1 日、第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学
- ・「CMOS デバイス高性能化・特性ばらつき抑制技術の最前線」、平成 21 年 9 月 10 日、第 70 回応用物理学学会学術講演会、富山大学

また、2010 年 6 月 3～5 日には、本特定領域が主催する国際会議（International Symposium on Technology Evolution for Silicon Nano-Electronics (ISTESNE)）を東京工業大学蔵前会館にて 4 年間の研究成果を兼ねて開催する。この国際会議では、海外から 4 名、国内から 6 名の招待講演者を予定している。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- ・財満鎮明、"シリコンナノエレクトロニクスの新展開-ポストスケーリングテクノロジー-、未来材料、第 7 巻、第 5 号、2007 年、pp. 62-66

〔学会発表〕（計 8 件）

- ・財満鎮明、"シリコンナノエレクトロニクスの新展開（招待講演）"、文部科学省ハイテク・リサーチ・センター整備事業、武蔵工業大学「シリコンナノ科学」研究プロジェクト、最終成果報告会、2008 年 7 月 7 日、武蔵工業大学。
- ・S. Zaima, "Challenges in Materials and Processing for Nano-Scaled CMOS (Invited)", 21th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, Oct. 27-30, 2008, Fukuoka, Japan.
- ・S. Zaima, "Challenges in Si Nanoelectronics: Materials and Processes (Invited)", The 2nd International Conference on Plasma-Nanotechnology & Science, Jan. 22-23, 2009, Nagoya, Japan.
- ・財満鎮明、"シリコンナノエレクトロニクスの新展開（招待講演）"、文部科学省私立大学ハイテク・リサーチ・センター整備事業「ナノ格子新技術開発研究センター」第 7 回シンポジウム、2009 年 3 月 13 日、豊田工業大学。
- ・S. Zaima, "Technology Evolution of Silicon Nano-Electronics (Invited)", 216th ECS Meeting, Oct. 4-9, 2009, Vienna, Austria.
- ・財満鎮明、"超大規模集積回路の限界に挑む"、第 13 回名古屋大学 VBL シンポジウム、2009 年 11 月 9-10 日、名古屋大学。
- ・財満鎮明、"シリコンナノエレクトロニクスの新展開（招待講演）"、日本学術振興会半導体界面制御第 154 委員会 設立 20 周年記念シンポジウム、2009 年 11 月 20 日、アジュール竹芝、東京
- ・財満鎮明、"シリコンナノエレクトロニクス

スの新展開と新材料技術”、JAXA きぼう利用
フォーラム名古屋セミナー新材料の創製と
「きぼう」利用の可能性を探る一、2010年
1月21日、名古屋工業大学

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

新聞掲載

・財満鎮明、“ULSIにおけるプロセスと材料”、
日刊工業新聞、2009年7月17日

・財満鎮明、“次世代不揮発性メモリー開発
の課題と展望”、日刊工業新聞、2010年2月
25日

ホームページ

[http://alice.xtal.nagoya-u.ac.jp/post_s
caling/index.html](http://alice.xtal.nagoya-u.ac.jp/post_scaling/index.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

財満 鎮明 (ZAIMA SHIGEAKI)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：70158947

(2) 研究分担者

堀 勝 (HORI MASARU)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：80242824

(3) 連携研究者

高木 信一 (TAKAGI SHINICHI)
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・

教授

研究者番号：30372402

益 一哉 (MASU KAZUYA)
東京工業大学・精密工学研究所・教授
研究者番号：20157192

宮崎 誠一 (MIYAZAKI SEIICHI)
広島大学・大学院先端物質科学研究科・教
授

研究者番号：30372402

平本 俊郎 (HIRAMOTO TOSHIRO)
東京大学・生産技術研究所・教授
研究者番号：20192718

田畑 仁 (TABATA HITOSHI)
東京大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号：30372402