The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | 大規模集積回路（ULSI）における非破壊故障診断技術の開発 |
| Author(s) | 小山, 徹 |
| Citation | 大阪大学, 2002, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/43381 |
| 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</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

【4】

| | |
|---|---|
| 氏　　名 | 小山　徹（こやま　とおる） |
| 博士の専攻分野の名称 | 博　士（工　学） |
| 学　位　記　番　号 | 第　16977　号 |
| 学位授与年月日 | 平成14年3月25日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当<br>工学研究科物質・生命工学専攻 |
| 学　位　論　文　名 | **大規模集積回路（ULSI）における非破壊故障診断技術の開発** |
| 論文審査委員 | （主査）<br>教　授　梅野　正隆<br>（副査）<br>教　授　横山　正明　　教　授　高井　義造　　教　授　金谷　茂則<br>教　授　福住　俊一　　教　授　宮田　幹二　　教　授　柳田　祥三<br>教　授　伊東　一良 |

## 論文内容の要旨

本研究では、ULSIの高性能化ならびに生産性の向上に資することを目的として、デバイス構造の微細化、多層化に対応する新たな故障診断技術、ならびに診断の効率化に焦点を当てた故障診断技術の開発を行いその成果を論文にまとめた。

序論では、高性能、高信頼性を有するULSIデバイスを実現する上でのデバイス開発、生産性向上における課題を明確にし、それを実現する上での故障診断における重要性と課題を述べると共に、本研究の背景と意義を明らかにした。

第2章では、レーザー光による熱電効果を利用した新たな多層配線評価技術（NB-OBIC）について述べた。レーザー光照射の際に配線構造で発生する微弱な起電流を検出することにより、ボイド等の初期的な抵抗増大箇所を非破壊で且つノンバイアス状態で検出可能であること、ならびにその原理が熱電効果に基づくことを実証した。

第3章では、集束イオンビーム（FIB）で形成したPN接合断面において、低エネルギービームによる電子ビーム誘起電流（EBIC）を検出することにより、任意局所断面における拡散構造を高空間分解能で可視化できること、さらに断面薄膜化により低濃度ウェル層の可視化が可能になることを見い出しそのメカニズムを解明した。

第4章では、近赤外光を利用したSi基板裏面からの新たな非破壊故障診断技術（IR-OBIC）として、ショットキー接合の光励起による光電効果を原理としたシリサイド層ならびに活性領域における電流リーク箇所の可視化技術について述べた。

第5章では、Si基板裏面からの直接的な評価技術として開発した裏面電子ビームテスティング（Backside-EBT）について述べた。被観測箇所をSi基板裏面から高精度、短時間で露出させる手法を確立し、Si基板裏面からの電子ビームテスティングを実現した。そして特にSOI（Silicon On Insulator）デバイスにおいて、拡散層の観測による素子レベルでの効率的な故障診断が可能になること及び、SOI特有の問題であった基板浮遊効果（Floating Body Effect）の直接観測が可能であることを初めて実証した。

6章では、ウエハレベルでの高効率な故障診断技術として、メモリーデバイスとロジックデバイス各々に対応した故障分布検出技術について述べた。メモリーに対しては、エキスパートツール概念の導入による電気的テストからの故障原因別分布の検出技術、ロジックに対してはIddq（Quiescent Power Supply Current）テスト＋エミッション解析（EMS）によるウエハ面内、チップ内における故障分布の検出技術を開発し、それらをベースとして開発した

システムの有効性を検証した。

第7章では、本研究によって得られた成果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

ULSIデバイス構造の微細化、複雑化により故障解析はますます困難になってきており、膨大な三次元微細構造を有するULSIデバイス内部の故障箇所を特定するための有効な故障診断技術の確立が望まれている。本研究では、光、荷電ビームを用いた新しい原理による新規技術の検討ならびに従来技術をベースとした新たな応用技術の検討により、ULSIの故障診断における課題、特に要求に応える新たな非破壊故障診断技術の研究ならびに故障原因判別システムの開発を行っている。

本研究の主な成果は以下の通りである。

(1)レーザー光照射の際に配線構造部で発生する起電流を検出することにより、従来困難であった故障に至らないボイド等の初期的な抵抗増大箇所が、非破壊で且つ電圧印加せずに検出可能であることを見出し、その検出原理が熱電効果に基づくことを基礎実験およびシミュレーションによって実証している。

(2)集束イオンビームで形成した局所断面が電気的には非破壊であること、また、その場所で電子ビーム誘起電流を検出することにより任意局所断面における不純物拡散構造を高空間分解能で可視化できることを実証している。さらに、断面を薄膜化することにより、誘起キャリアの滞留が生じ、低濃度ウェル層が可視化されることを実験ならびにシミュレーションによって実証している。

(3)サリサイド構造を持つSi基板表面の活性領域における欠陥箇所を、近赤外レーザービームを利用したSi基板裏面からの光誘起電流解析により非破壊で検出可能であることを見出し、それが内部光電効果によるショットキー接合部の可視化という新たな検出原理に基づくことを実験ならびに実故障への適用によって実証し、新たな故障診断技術を開発している。

(4)高精度な位置決め、高速、低ダメージの配線露出加工方法を構築し、被観測配線をチップ裏面から短時間に電気的に非破壊で露出可能にする技術を確立している。さらに、露出配線に対する裏面からの電子ビームテスディングの結果、高品質な電位波形の観測が可能であることを実デバイスにおいて実証している。また、SOIデバイスに対しては、拡散層の電位波形観測による素子レベルでの効率的な故障診断が可能になることを実証すると共に、デバイス性能を左右する基板浮遊効果の直接観測に初めて成功し、観測結果の正当性をシミュレーションならびに観測実験によって実証している。

(5)ULSIの生産性向上に寄与するウエハレベル故障診断技術として、メモリーおよびロジックデバイス各々に対応した診断の自動化システムを開発し、ウエハ面内およびチップ内の故障分布、さらには故障原因の推論をも可能にし、原因解析の効率化を実現している。

以上のように本論文では、光や荷電ビームによる物理的電気的刺激により故障箇所で発生する極微弱な起電流、光、電位変化等を直接あるいは間接的に検出することにより、故障箇所を非破壊で可視化する新たな故障診断技術の開発に関して多くの成果を得ている。これらの成果は、高い信頼性を有する高性能なULSIデバイスの実現および生産性の向上に貢献するものであり、応用物理学ならびに電子工学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があるものと認める。