

はじめに

ここ数十年の間に、コンピュータや携帯電話をはじめとする様々な電子機器が新たに登場し、飛躍的な性能および機能の向上が進められてきた。また、それらの機器をつなぐネットワーク技術の発展も目覚ましく、現在では世界中の様々な機器が接続され情報がやり取りされることによって高度情報化社会が形成されている。これらの進歩を支えているのが半導体 LSI (Large Scale Integration) 技術であり、電子機器の進歩は LSI の進歩そのものであるといっても過言ではない。半導体素子を多数集積して作られる LSI は、微細加工技術の進歩によって指数関数的にその性能と規模が向上するという特長があり、今や世界中のあらゆる電子機器に用いられ、人類に多大な恩恵をもたらしている。LSI の適用範囲は極めて広く、様々な産業分野で使われているため、今後エンジニアを目指す人にとってその技術全般を把握しておくことは大変有意義である。

本書は、半導体 LSI 技術に関し、物性や素子に関する説明から始まり、大規模集積回路の設計および製造に至る技術全体を網羅している。LSI は、極めて広範な知識および技術を総動員して作られるものであり、現在もなお進歩し続けているが、本書では主要な技術ごとに、基本となる普遍的な事柄だけでなく最新技術や将来動向も交えながら、簡潔明瞭に分かり易く説明を行っている。本書を一通り理解すれば、半導体 LSI 技術全般の基礎的な知識を得ることができるとともに、その最新動向を知ることができる。

本書の構成は以下の通りである。

まず第 1 章においては、半導体 LSI 技術の全体像を掴むために、「LSI とはなにか」と題して LSI の歴史や種類、および応用分野について述べ、LSI を概観する。続く二つの章では半導体の物理的側面について説明する。第 2 章においては、半導体の結晶構造から半導体中のキャリアの動きに基づく電気特性について述べる。第 3 章では pn 接合ダイオード、バイポーラトランジスタ、ショットキーダイオードの各種半導体素子について動作原理と電気特性を述べ、さらに現在の LSI の大半を構成する MOS (Metal Oxide Semiconductor) 型電界効果トランジスタの構成、原理および電気特性について説明する。第 4~8 章の五つの章では LSI の設計技術について述べる。まず、第 4 章において MOS トランジスタを組み合わせる任意のデジタル回路を構成する手法について説明し、第 5 章において、さらにそれを進めて、与えられた機能から論理式を作成して最終的に CMOS デジタル回路として実現する方法について説明する。第 6 章では、現在大規模で複雑な LSI を設計する際に実際に用いられている設計フローについて紹介し、CAD (Computer Aided Design) ツールによる自動化を駆使することによって複雑な LSI がど

のように設計されるかについて述べる。また、LSI 設計の中核をなす RTL (Register Transfer Level) 設計について実例を交えて紹介する。第 7 章では、設計した回路を物理的な LSI チップの形に実現するレイアウト設計について説明し、さらに設計の最終段階で性能をチェックするために行われるタイミング検証技術について説明する。第 8 章では、LSI の性能指標であるスピードと消費電力についてその原理を明らかにするとともに、性能向上のための手法を紹介する。続く第 9 章以降は LSI の製造技術について説明する。まず、第 9 章において多額の開発投資を伴う半導体製造産業の特徴について述べるとともに、LSI 製造工程の概要について説明し、LSI 製造技術全体を概観する。次に第 10 章において、LSI 製造の元となるシリコンウェーハの製造技術ならびに高品質化技術について説明する。第 11 章においては、微細加工を実現する主要な要素技術として、リソグラフィ技術、エッチング技術および洗浄技術について説明する。さらに第 12 章においてトランジスタの形成技術、第 13 章において配線の形成技術について詳しく述べ、シリコンウェーハ上にどのようにして LSI が形成されるかを順次説明する。第 14 章では、LSI をパッケージに収めて製品として完成させるためのパッケージング技術について述べ、最近の LSI パッケージの動向について紹介する。最後に第 15 章において、LSI の安定生産ならびに高信頼性の実現に必須となる製造ラインにおける計測・検査・評価技術とクリーン化技術について説明する。

本書では、各章の最初において、その章の主旨や意義を述べ、狙いを箇条書きにまとめることで、読者に内容を分かり易く伝え、目的意識を喚起するようにしている。またキーワードを列挙して、その章で用いられる主要な語句を明確にしている。さらに各章末において演習問題を出題しており、読者の理解度をチェックできるようにしている。

本書は、半導体 LSI 技術全般について、基礎的かつ汎用的な事柄から最先端の知識に至る実践的で幅広い内容が書かれたものであり、これから電気、電子、情報系のエンジニアを目指す大学生だけでなく、幅広い分野で活躍されている技術者にとっても有意義な一巻となっています。是非とも幅広い分野の人々にご活用いただけることを切に願っております。

最後に、本書を作成するにあたってひとかたならぬご協力を賜りました、“未来へつなぐデジタルシリーズ”編集委員長の白鳥則郎先生、編集委員の水野忠則先生、高橋修先生、岡田謙一先生、編集協力委員の松平和也先生、片岡信弘先生、村山優子先生、山田園裕先生、吉田幸二先生、宗森純先生、ならびに共立出版編集部の島田誠氏、他の方々には深く御礼申し上げます。

2012 年 1 月

牧野 博之
益子 洋治
山本 秀和