

# レイアウトエディタを用いた半導体素子設計による技術者育成 ～演算増幅回路製作同好会学生教育用～

秋山正弘\*1 柄澤孝一\*1 大平祐介\*2 小林良太郎\*3

## Technology Training of Semiconductor Device Design Engineers by Layout Editor Software

AKIYAMA Masahiro, KARASAWA Koichi, OOHIRA Yusuke,  
and KOBAYASHI Ryotaro

キーワード：レイアウトエディタ，半導体素子設計，技術者育成，演算増幅回路製作同好会

### 1. はじめに

長野工業高等専門学校では、演算増幅回路製作同好会が平成 21 年 11 月発足した。この同好会は、元々 2 つの同好会（「オペアンプ同好会」「増幅回路同好会」）に分かれていたが、お互いに協力できる関係にあったため統合し、演算増幅回路製作同好会となった。そのため、活動内容も大きく 2 つに分かれている。1 つ目は、オペアンプコンテストに参加するためのオペアンプ製作を行う内容である。具体的にはソフトを使ったシミュレーションや、レイアウトの設計を行う。2 つ目は、電子工作が好きな人が集まって一緒に回路を組む内容である。

ここで、1 つ目の演算増幅器設計コンテストへ参加する事を考える。現在、長野高専のカリキュラムでは 4 年生で半導体工学を教わり、専攻科 1 年で集積回路の基礎を学ぶ。そのため、同好会活動で主力となる学生である 3,4 年生がオペアンプコンテストに参加するための基礎的な知識が不足している。特に、オペアンプ設計に用いるレイアウトソフトを利用するには専攻科 1 年生程度の知識が必要となる。

そこで我々は、演算増幅回路製作同好会の学生にオペアンプ設計に必要な基本的な知識・技術を習得してもらうために、自学自習できるテキストの作成

を考えた。テキストの内容は、レイアウトソフトを用いた半導体素子設計である。

### 2. ソフトウェア

利用した集積回路設計用ソフトは「MyCAD 社 Lay Edit Pro 2003SV」である。本ソフトは、教育用であるため機能が制限されているが、無償ソフトであるため、経済的な負担が無く、且つ扱いやすく集積回路教育の推進に適していると考えられる。この Lay Edit Pro 2003SV は、MyChip Station Pro 2003 SV の他のソフトと共に収録され、配布されている。

内容に関しては、基本的な描画ツールに加え、合成や切削、反転や回転、グループ化など有効に使用できるツールが揃っている。また、レイヤーについても C-MOS IC をレイアウトするために必要なものが揃っている。以上の点から、Lay Edit Pro を用いた。動作環境として、OS は Windows Vista と XP でインストールと、ソフトウェアの正常な動作を確認済みである。

### 3. テキスト

半導体工学教育用のための 5 つのテキストを作成した。作成したテキスト内容を以下に示す。

- 1:「集積回路設計用ソフトのインストールマニュアル」
- 2:「集積回路設計用ソフトの利用マニュアル」
- 3:「インバータの設計マニュアル」
- 4:「抵抗設計マニュアル」

\*1 電気電子工学科准教授

\*2 技術室 第二技術班

\*3 豊橋技大 情報・知能工学系

原稿受付 2010 年 5 月 20 日

## 5 : 「ダイオード設計マニュアル」

「1」では集積回路設計ソフトが無い環境の学生が、各自でインストールできるように丁寧に解説した。

「2」では集積回路設計ソフトの利用方法をいくつかの課題を通して習得できるように工夫した。「3」では代表的な素子であるインバータを例として取り上げ、「2」の知識さえあれば設計できるように工夫した。「4」では代表的な素子である抵抗設計を例として取り上げ、「2」の知識さえあれば設計できるように工夫した。また、設計時に必要になる理論式、設計時に必要になるマスク等も理解を助けるために示した。「5」では代表的な素子であるダイオード設計を例として取り上げ、「2」の知識さえあれば設計できるように工夫した。また、設計時に必要になる理論式、設計時に必要になるマスク等も示した。上記テキストを作成するために、3つの点に留意した。1つ目として、ソフトウェアのインストール方法や各種設定方法についてまとめる。2つ目に、実際にレイアウトを行えるような内容にする。3つ目に、理解しづらいレイアウトと製造プロセスの関係について、わかりやすくまとめるという3点である。

### 3. 1 集積回路設計用ソフトのインストールマニュアル

今回作成したテキストを利用するにあたって、Lay Edit Pro2003 SV のインストールは必須である。このインストール手順をまとめた。特別な知識を必要とせず、とても簡単にインストールできる。また、実際にレイアウトを行う以前に、必要な設定がいくつかある。これらについても、設定毎に区切りながら、まとめた。図1にインストールの一場面を示す。

### 3. 2 集積回路設計用ソフトの利用マニュアル

実際にレイアウトを行うには、基本的な描画ツールの使用方法を知らなければならない。また、単純な図形を描けるだけでは、複雑な図形を描くのは困難である。この際に必要となるのが、合成や切削を行うツールや、グループ化を行うツールである。これらについての使用方法をまとめた。また演習問題によって、実際に利用する過程を加えた。図2に演習問題の一例を示す。図形が描けるようになったら、次に知るべき内容はレイヤーに関する操作である。レイヤーの定義と共に、レイアウトの指定方法や、変更の仕方についてまとめた。



図1 インストールの一場面

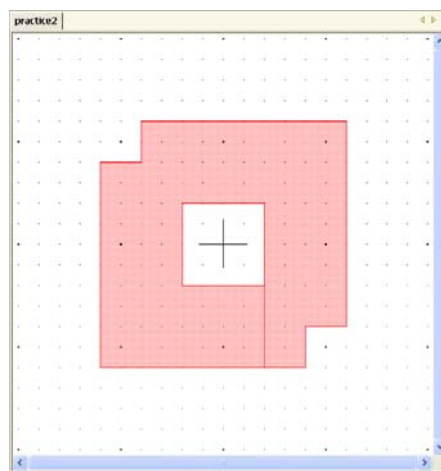


図2 演習問題の一例

### 3. 3 インバータの設計マニュアル

レイアウト対象としてC-MOS インバータを用いる。C-MOS 技術は、p-MOS や n-MOS と比べて、低消費電力で高速動作が可能のため、現在の IC 製作技術として広く用いられている。また、C-MOS インバータは、その技術を用いた最も単純な回路である。このため、C-MOS インバータのレイアウトを行うことで、ソフトウェアの操作やレイアウトの基本技術の学習に重点を置いて、実習が可能であると考えられる。また、一部のレイヤーに対しては、描く方法を示していない。これは、テキストの使用者が自信で考え、自身でレイアウトを行えるようにするためである。図3にインバータ設計の一場面を示す。

### 3. 4 抵抗設計のマニュアル

「抵抗」は集積回路を構成する重要な素子の一つである。「抵抗」には「拡散抵抗」「ポリシリコン抵抗」等様々な抵抗があるが、ここでは、比較的良く利用されているポリシリコン抵抗を例に用いる。ま

た、テキストには設計時に必要になる理論式、設計時に必要になるマスク等も参考のため示した。図4にポリシリコン抵抗(1K $\Omega$ )のレイアウト図を示す。図5にポリシリコン抵抗の断面イメージ図を示す。

### 3. 5 ダイオードの設計マニュアル

「ダイオード」も同じく集積回路を構成する重要な素子の一つである。「ダイオード」には「階段接合ダイオード」「傾斜ダイオード」等があるが、ここでは「片側階段接合ダイオード」を例として取り上げた。また、テキストには設計時に必要になる理論式、設計時に必要になるマスク等も示した。図6にダイオードの断面イメージ図を示す。図7にダイオードに用いるマスク例(メタル)を示す。図8にダイオードのレイアウト例(逆方向飽和電流  $I_s=100\text{pA}$  で設計したレイアウト)を示す。不純物濃度やプロセス(p-well プロセス)、設計ルール( $\lambda=1\mu\text{m}$ )はあらかじめ設定してある。学生には  $I_s$ (逆方向飽和電流)の値を与え、その値に適した「断面積」を計算し設計ルールに従ってレイアウトを完成させる。

## 4. 実施結果

実際に、これらのテキストを用いて増幅回路製作同好会学生に「集積回路設計用ソフトのインストール」から「ダイオードの設計」までを行ってもらった。その結果、全員が「集積回路設計用ソフト」を習得し「ダイオードの設計」までを行うことができた。これにより、レイアウトソフトを用いた半導体素子設計用テキストが完成できたと考えられる。図9に学生による実習の様子を示す。

## 5. まとめ

演算増幅回路製作同好会の学生にオペアンプ設計に必要な基本的な知識・技術を習得してもらうために、自学自習できるテキストの作成を行った。テキストの内容は、レイアウトソフトを用いた半導体素子設計である。具体的な内容は、学生が容易に自習できるよう、「インストールの手順」から「ダイオードの設計」まで、レイアウトを習得し、自ら学べる一連の流れをテキストにまとめることができた。本テキストによる実習効果は、演算増幅回路製作同好会での実施結果から良い結果が得られている。しかし、演算増幅器設計コンテストに参加するには他にも多くの知

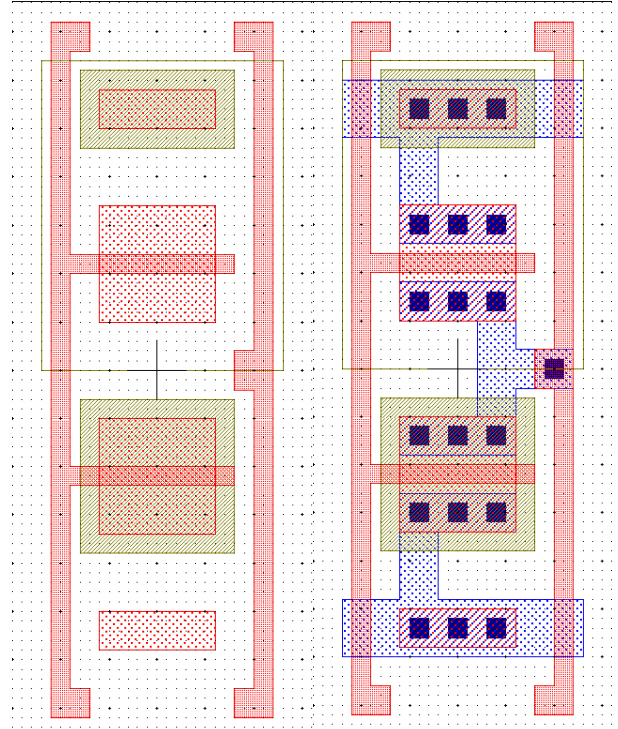


図3 インバータ設計の一場面

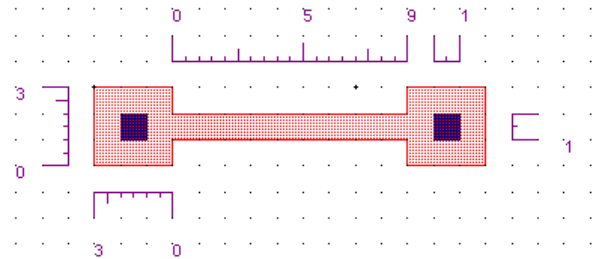


図4 ポリシリコン抵抗(1K $\Omega$ )のレイアウト図

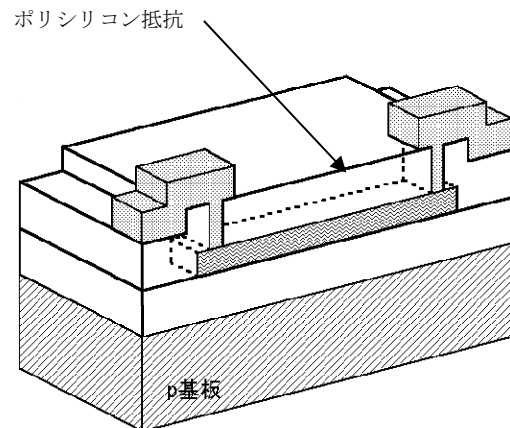


図5 ポリシリコン抵抗のイメージ図

識・技術が必要となる。今後は、高専連携プロジェクトで協力していただいている豊橋技術科学大学と共に、たくさんの技術や知識を学生が習得できるものにしていきたいと考えている。また、他高専では半導体素子や集積回路への理解を深めるためレイアウトソフト以外のツールも利用している[1-5]。このようなカリキュラムも今後考えていきたい。

## 6. 謝辞

今回のテキスト作成や実習を行うにあたり、平成22年度・豊橋技術科学大学・高専連携教育研究プロジェクト（課題名：ものづくりを重視した総合的実践的な情報教育システムの構築、及び、高専本科生向け短期集中型情報教育カリキュラムの構築）の経費より支出していただきました。ここに記し、深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 知念幸男, 総合的な LSI 回路集合教育システムの構築, 論文集「高専教育」, 第 30 号, 2007. 3, pp. 323-327
- (2) 原田寛治, OHP シートを用いたフォトマスクの作製, 論文集「高専教育」, 第 31 号, 2008. 3, pp. 85-88
- (3) 臼井敏男, 半導体デバイス教育の遠隔操作実験教材開発, 論文集「高専教育」, 第 22 号, 1999. 3, pp. 85-88
- (4) 宮井幸男, 集積回路技術の実験実習教育, 論文集「高専教育」, 第 19 号, 1996. 3, pp. 146-149
- (5) 葉山清輝, スパッタ法を用いた効率的半導体デバイス実験の実現, 論文集「高専教育」, 第 21 号, 1998. 3, pp. 137-142

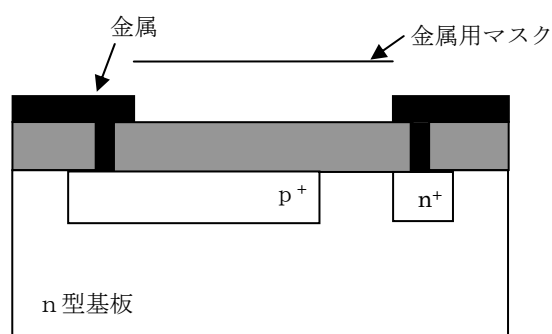


図6 ダイオードの断面イメージ図

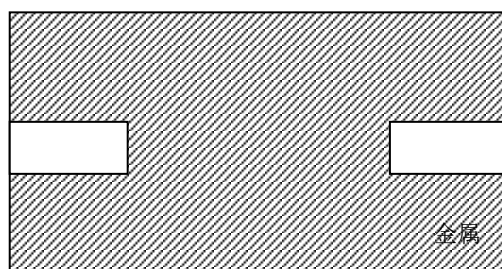


図7 ダイオードで利用するマスク例（メタル）

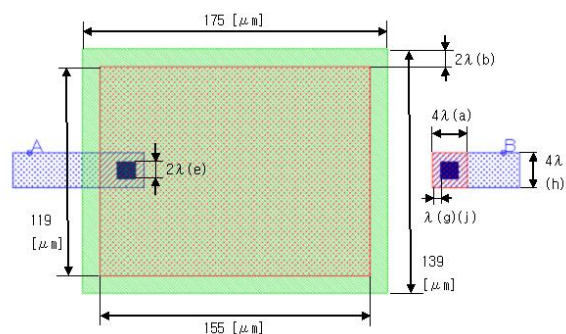


図8 ダイオードのレイアウト例（逆方向飽和電流  $I_s=100\text{pA}$  で設計したレイアウト）



図9 学生による実習の様子