

高専用教材「新素材V・半導体材料編」第2巻のねらい

仙台電波高専 渡 辺 英 夫

◇はじめに

表記の「半導体編」は、当初、第1巻「半導体物性」、第2巻「半導体材料」の2巻で構成される計画であった。平成元年2月の第1回の打合せ会で、「半導体材料を一つの巻にすると、シリコンをどう扱えばよいか」という疑問が出された。検討の結果、

第1巻 半導体物性

第2巻 シリコン及びそのプロセス

第3巻 化合物半導体

の3巻の構成とし、私は第2巻を担当することになった。

シリコンのプロセス技術は、現在、電子工学のなかでもっとも進展の速い分野の一つである。その時の最先端技術を紹介しても、すぐ陳腐化してしまう恐れがある。しかし、技術の背景にある半導体の物理には、それほど急な変化はない。そこで、いくつかの重要なシリコンプロセスの持つ、物理的および技術的な意味を映像を通して理解してもらうことを第一の目的とした。

シリコンプロセスは、おおまかに分けると次の五つの部分より成る。

- (1) シリコンウェハの作成
- (2) フォトマスクの製作
- (3) 前工程
- (4) 後工程
- (5) 周辺技術

このように、プロセスに含まれる技術は広い範囲にわたっており、すべてをビデオ教材で説明することは不可能である。対象とする学生にも依るであろうが、標準として、2時間の授業の後ビデオ教材を視聴し、その後さらに1時間ほどの説明を加えれば、かなり理解が進むと思われる。

以下、この五つの部分について、そこでどのようなことを意図して製作したかについて説明する。

◇シリコンウェハの作成

ICの製作は、シリコンウェハといわれる厚さ0.5mmていどのシリコン単結晶の板を準備することから始まる。まず融けたシリコンをゆっくりと引き上げて固化させ、単結晶のロッドを得る。1本のロッドの直径は5-6inch あるいは最近では8inch もあり、長さは1m以上になる。ロッドをスライスして薄い板状にし、表面を鏡面状に研磨して、IC用のウェハが完成する。

ロッドに引き上げる技術にはいわゆるノウハウが多く、なかなかTVには撮らせてもらえない。今回は、NHKの資料映像を利用させて戴いた。これで、雰囲気は十分に伝えられたと考えている。鏡面研磨のプロセスは、映像として面白味が薄いと思われたので、割愛した。

◇フォトマスクの製作

どのような回路がシリコンウェハに実現されるかは、フォトマスクのパターンによって決定される。中規模以下のICでは、全体の回路設計が終了したのち、各プロセス毎の図面に分離して、それぞれの約100倍の原図を作る。これを用いて縮小カメラにより、約10倍の図面を乾板上に作り、これを露光用のマスクとする。大規模のICでは、CADシステムからの出力で電子描画装置を直接駆動して、乾板上にパターンを描く。

このプロセスの説明のために、電子描画装置の資料映像を入手したが、外部から装置を眺めるだけでは、メカニズムの理解には役立たない。詳しい説明は印刷教材へまわし、ビデオでは、フォトマスクの実物と回路パターンの拡大図を示すだけにした。

しかしながら、ビデオ教材が完成した後での反省として、電子回路からフォトマスクを作製する方法について、図面を用いるなどして説明を加える方がよい、ということが上げられた。

◇前工程

この工程は、シリコンプロセスの中で技術的にもっとも重要であり、背景となる学問の幅も広い。高専の授業では、このプロセスの基礎となっている物理学や化学の知識がまだ十分でないということから、簡単に触れるだけという傾向にある。また、かなり複雑な装置を使用するため、教科書の図面だけでは理解しにくいところがある。したがって、きちんとしたビデオ教材があれば、授業に大いに役立つことが予想される。

前工程は、設計されたICの回路をシリコンウェハ内に実現していくプロセスである。非常に微細な加工を行うため、チリ、ホコリに対して十分な配慮が必要であり、クリーンルームと言われる特殊な部屋が使われる。プロセスに必要な資材、人の入室は禁止されており、TV撮影は簡単でない。NHKなどの資料映像や、IC製造会社から入手できるPR用の映像はあるが、こちらで意図したような構成にはなっていない。

クリーンルーム内での撮影を許可してもらえそうな事業所を幾つか当たったところ、新日本無線株式会社川越事業所で協力して戴けることになった。ここでは、1週間ほどの夏休みの間に装置の点検を行い、休み明けにテストランを2、3日行うので、その時なら撮影が可能であるということであった。おかげで、新たに撮影されたテープをもとに編集作業を行い、始めに考えていた通りのストーリーを組み立てることができた。

現在のIC製造法では、プレーナプロセスが基本である。このプロセスでは、

- (1) 酸化膜の形成
- (2) フォトエッチングによる窓あけ
- (3) 不純物元素の添加

の3つのプロセスをくりかえして回路を構成していく。技術の進展により、そのメカニズムや使用する装置が変化しても、この3つのプロセスのくりかえしという点は変わらないことを強

調した。

◇後工程

シリコンウェハを各チップに切りわけて、最終的にデバイスの形にするまでが後工程である。技術の進展に前工程ほどの華々しさはないが、ICの実装密度を上げるための技術開発は、活発に行われている。技術の内容が異なることもあって、前工程と後工程とで工場を分けている場合が多い。

後工程では、前工程ほどのクリーン度は要求されない。しかし、各プロセスに付随するいわゆるノウハウが多く、TV撮影ではその点の制約を受けやすい。前出の、新日本無線川越事業所で前工程を終了したウェハを加工している、佐賀エレクトロニクス株式会社で撮影させて戴いた。

この事業所では、技術のいろいろな段階の装置が混在して稼働している。チップの動きがはっきりして分かりやすいのは、むしろ旧来の装置の方である。会社側では、できるだけ新しい装置を中心に撮影するよう希望していたらしいが、分かりやすさに主眼を置いて編集を行った。

◇周辺技術

ここまで、ICの製作工程をシリコンウェハの動きに沿って説明してきた。このいわゆるメインの流れを脇からサポートする技術をまとめて、ここでは周辺技術と呼んでみた。周辺技術として、次の3つが上げられよう。

- (1) 論理設計、回路設計、レイアウト設計などの設計技術
- (2) クリーンルームのレイアウト設計、化学薬品、ガスの清浄化などのクリーン化技術
- (3) 化学薬品、ガスなどの排出に伴う処理技術

設計技術に関しては、コンピュータを利用するいわゆるCAD設計と、個々のユーザの注文に応じて開発するカスタムICの重要性を取り上げた。CAD設計の撮影は、新日本無線株式会社の関連企業であるNJRセミコンダクタで行わせて戴いた。実際のアートワーク図を用いての作業も映像化されており、設計の雰囲気は表れていると思われる。

カスタムICの説明では、適当な映像が手に入らず、図面を用いるだけになった。ゲートアレイとスタンダードセルの2種類のタイプを説明したが、割り当ての時間が少なすぎた。最近のIC産業を眺めてみると、エンジニアの大多数はむしろこの設計部門に従事しており、学生の興味を喚起する意味からも、その重要性をさらに詳しく説明するべきであった。

クリーン化技術と排液・排ガス処理技術については、ICプロセスに付随する技術として最近では需要度が増しているが、あまり散漫になる恐れがあることから、今回は触れなかった。

◇おわりに（印刷教材について）

シリコンプロセスでは、物理学および化学の非常に広い範囲の知識を利用するため、それらをすべてビデオ教材で扱うわけにはいかない。ビデオ教材では充分説明できなかった事柄について、印刷教材で説明を加えた。それでも限られたページ数では、説明不足の事柄が残った。

印刷教材の末尾に演習問題を載せた。数値を用いて計算する問題がほとんどである。きちんと

と理解したかどうかは、このような問題を解くことで判断できる。自分で解いてみるよう、学生に勧めてほしい。