

FPGA・自作半導体

粟井 裕貴 竹原 宏祥
丹下 慎太郎 西 康裕



図1 トレーナーボード

1. 研究概要

家電製品や携帯電話に使用され、最も身近なものになっている半導体に興味を持った。そして、ICT人材育成プロジェクトにより、クリーンブースや測定機器が設置された。それを利用して半導体製作を行った。ハードウェア記述言語 (HDL) を学ぶため FPGA を使用し、手順を覚えてサーボモータの制御を行った。

2. 研究内容

(1) FPGA について

- FPGA (Field Programmable Gate Array) とは、自由にプログラミングをすることができる LSI である。
- 短期間で開発ができて何度も修正が可能である。
- CPU 等の複雑な回路を実現するのに向いている。

■FPGA の動作確認

ザイリンクス社の WebPACK ISE とキットは FPGA トレーナーを使用し、全加算などの論理回路を設計した。そして動作確認を行った。(図1)

■サーボモータの制御

全加算などで HDL に慣れその応用としてモータを制御するための LSI を設計した。(図2)

サーボモータの稼働角度はモータで異なるので数値を求めなければならなかった。角度を変えるにはクロック周波数を変えればよいので何回も変えていき、実行した。そこから、右・左どちらに動くのかを記録しながら角度を求めていった。最終的にスイッチを ON にすると 180° 回転し OFF にすると逆に 180° 回転するプログラムができた。(図3)

```
17 // Revision 0.01 - File Created
18 // Additional Comments:
19 //
20 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
21 module denki3(CLK, RST, TERM, X, Y, Z);
22     input CLK;
23     input RST;
24     output TERM;
25     input X;
26     input Y;
27     input Z;
28
29     reg[22:0] Q;
30     assign t = (Q >= 49133);
31
32     always @(posedge CLK or posedge RST) begin
33         if(RST) Q <= 0;
34         else if(!t) Q <= Q+1;
35         else if(t) Q <= 0;
36     end
37 // assign TERM = (X & (Q <= 4000)) | (~X & (Q <= 1452));
38 // assign TERM = (Y & (Q <= 1452)) | (~Y & (Q <= 6600));
39 // assign TERM = CE & (Q <= 3500);
40 // assign TERM = CE & (Q <= 2500);
41 endmodule
42
```

図2 プログラム

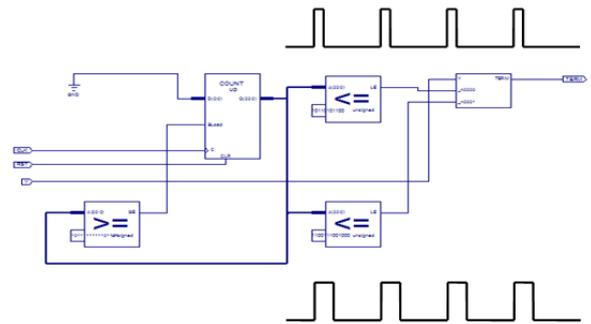


図3 回路図

(2) 自作半導体について

半導体を製造するには酸化膜の生成や金属を堆積させるために高価な装置と高度な技術が必要であり、高校で製作することは困難だった。しかし、ICT人材育成プロジェクトで企業や大学に訪問した際に SUMCO で酸化膜を生成してあるシリコンウェーハを取り扱っているのを知り使用した。

金属を堆積するには広島大学の教授からの助言で導電性ペースト「ドータイト」を使用し、前項の問題を解決した。これを使用し本当に半導体が製作できるのかを確認するため、構造が比較的簡単な MOS コンデンサを製作することにした。

■製作手順

岡工の校章やマスカットなど色々なマークのオリジナル MOS コンデンサを製作するためにデザイン科と協力してシルクスクリーンを作った。そして、シルク印刷しドータイトを塗布した。(図4)

乾燥は、化学工学科と協力し電気炉で加熱した。測定してみると、半導体の C-V 特性が出ており MOS コンデンサが完成した。(図5)(図6)

■試行錯誤した点

MOS コンデンサを製作するなかでは失敗もあった。初めは筆でドータイトを塗った。しかし、測定してみると特性がでていなかった。電極の部分が大きすぎ、特性が小さいのが原因だった。他にも筆に付いていた不純物が混入したことで特性がでなかったと思われる。

乾燥は、化学工学科と協力し電気炉で加熱した。測定してみると、半導体の C-V 特性が出ており MOS コンデンサが完成した。(図5)(図6)



図4 シルク印刷

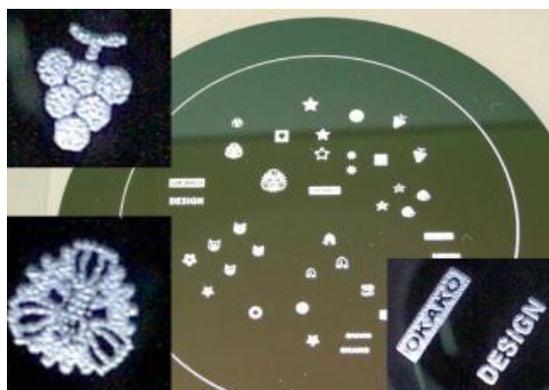


図5 完成図

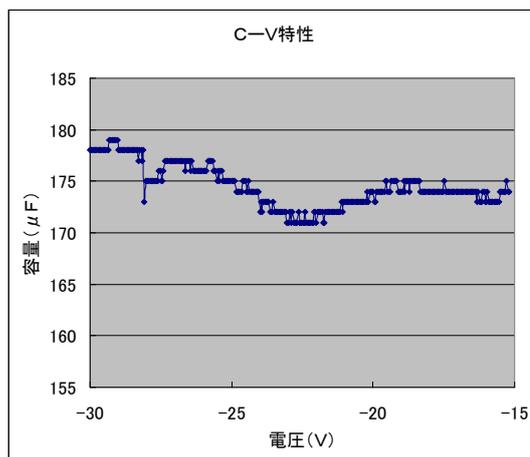


図6 測定結果

3. 研究のまとめ

(1) FPGA のまとめ

HDL を学ぶため FPGA トレーナーを使用し、全加算などの簡単なプログラムを設計した。

その後、ロボット制御が目的だったためサーボモータを動作させる回路の設計を始め、そしてサーボモータの回転角度を自由に变化でき、ロボットの関節が制御できることを確認した。

(2) 自作半導体のまとめ

半導体の構造を学ぶために比較的簡単に構造が理解できる MOS コンデンサについて勉強した。その後、実際に MOS コンデンサを作った。作る時に電極形成のため「ドータイト」を使用した。大きさが違うマークなどを作りそのたびに C-V 特性の変化などを調べた。そして半導体としての動作を確認した。高校生では困難だと言われていたが、全国で初めて成功した。

4. 研究を振り返って

栗井 裕貴

1年からの ICT 人材育成プロジェクトを通じて関西大学で2年の時に MOS コンデンサを作り学校のクリーンブースで半導体を作りたいと思って目標にしました。困難な事もありましたがいろんな大学の先生などに助言をいただき工夫をして上手く完成にたどりつけ良かったと思いました。出来た時に C-V 特性が綺麗に出た時はとても

も感動しました。山陽新聞などにも載り大変良い経験が出来良かったと思います。ICTの発表と自分の課題研究の発表を東京大学の先生の前で出来た事がとても印象に残っています。3年間で半導体の知識が深められました。大学進学後にこの滅多に出来ない経験をした事を活かして行きたいと思います。

竹原 宏祥

私は、2年生の時にICT人材育成プロジェクトのメンバーになり、それを通じて企業見学や大学訪問に行きました。その際、クリーンルームに入らせていただき半導体を製造する装置などを見せていただきました。そして、半導体に興味を持つようになり課題研究で半導体をテーマにしました。

3年生では課題研究と並行してICTの講義を受け、半導体の知識を深めていきました。そして課題研究では自作半導体を製作するという高校で普通では経験できない貴重な体験もできて、とても印象に残っています。このような体験ができたのもICTに指定されたからだだと思います。

今の家電製品や携帯電話に入っている半導体についての勉強や実習ができたことは生涯忘れられない出来事です。

この経験を活かし将来に役立てたいと思います。

丹下 慎太郎

この課題研究を通して半導体についての知識を深く学ぶことができました。中でも学校内での半導体自作はとても印象に残っています。また大学や企業に見学や実習に行かせていただくなど普段できない貴重な経験をしました。

西 康裕

私はICTの関係から、課題研究でも半導体というテーマを選びました。ICTでは半導体に関する講義を受けたり、企業・大学の訪問などを行いました。課題研究では「半導体を自作する」という滅多に無い経験をすることができ、FPGAについて

も少しですが勉強することができました。その中でも関西大学での実習はとても印象深いものでした。

私の行く大学の内容とは違うものですが、半導体という電子機器全般の根底にあるものを勉強したということで、それを発展させたものを作っていけたらと思います。

参考文献

ドータイト

<http://www.fkkasei.co.jp/business/product/dotite/index.html>

FPGA

<http://japan.xilinx.com/>

HDL入門

http://cai.int-univ.com/sugsi/Lecture/HDLlec/Chapter_5/logic_op_5_1.html

Ohmsha 社

二足歩行ロボット製作超入門

浅草ギ研 著

秀和システム

半導体の基本と仕組み

西久保靖彦 著