

科目		固体デバイス工学 (Solid-state Devices)	
担当教員		西 敬生	
対象学年等		電子工学科・5年・通年・必修・2単位	
学習・教育目標		工学複合プログラム	A4-2(100%)
		JABEE基準1(1)	(d)1,(d)2-a,(d)2-d,(g)
授業の概要と方針		半導体固有の物性や、半導体集積回路の原理、製造方法、DRAM等への応用を通し、その機能性を理解することを目指す。集積回路が先端技術の粋の集積であることを知るとともに、いかなる経過でそれらの高度技術が実現されたのかを紹介する。また新聞等の切り抜きをスクラップし最新技術に関する興味を増進させることを目指す。	
		到達目標	達成度
		到達目標毎の評価方法と基準	
1	【A4-2】pn接合を用いた種々のデバイスの動作原理を簡単に紹介できる。		pn接合を用いた種々のデバイスの動作原理について、レポートにまとめるとともに、前期中間テストでもいくつかのデバイスの原理について説明する問題を出題し評価する。
2	【A4-2】MOS構造およびMOSトランジスタの動作原理や特性を説明できる。		MOS構造およびMOSトランジスタの動作原理や特性について簡単にまとめたレポートを提出させるとともに、中間試験では他のFETとの違いについて問う。
3	【A4-2】モノリシックICの構造や製造方法を簡単に紹介できる。		モノリシックICの構造や製造方法に関する問題を前期定期試験において出すことで評価する。
4	【A4-2】IC上で受動素子やダイオード、トランジスタなどをどのように実現するか簡単に説明できる。		IC上で受動素子やダイオード、トランジスタなどをどのように実現するか、前期定期試験および後期中間試験でそれぞれについて説明させ、評価する。
5	【A4-2】インバータやNAND、NORなどをMOSFETをもちいて表現できる。		後期定期試験において真理値表や論理記号から、MOSFETを使って種々の論理回路を表現させる問題を出すことで評価する。
6	【A4-2】DRAMを中心とした半導体メモリの記憶方式を紹介できる。		各種メモリに関する動作原理をまとめたレポートを出すとともに、後期定期試験において構造や用いられる技術に関して問う、評価する。
7	【A4-2】ASICやシステムLSIについて、簡単に紹介できる。		ASICやシステムLSIについて、後期定期試験でその内容を問うことで評価する。
8	【A4-2】現在の半導体産業を取り巻く状況について、新聞記事などを用いて紹介できる。		毎回の授業で1～2人ずつこの授業に関連した話題を新聞やWebページから持ち寄り、10分程度発表させることによって評価する。発表された内容を定期試験で問う。
9			
10			
総合評価		前後期の中間試験で40%、前後期の定期試験40%、授業中の小テストやレポート20%で評価する。	
テキスト		「半導体素子」：石田哲朗、清水東（コロナ社） 「改訂 集積回路工学(1)」：柳井久義、永田穰（コロナ社）	
参考書		「演習 集積回路工学」：永田穰、川邊潮（コロナ社） 「半導体・ICのすべて」：菊地正典、高山洋一郎、鈴木俊一（電波新聞社） 「集積回路設計の基礎」：佐野芳昭、中野富男、水戸野克治（森北出版）	
関連科目			
履修上の注意事項		関連科目：半導体工学(4年)、応用物理(4年)、電気材料(4年)その他、電磁気学I(3年)、電気回路I(2年)、II(3年)、電子回路I(4年)の内容は理解しているものとして授業を進める。	

授業計画 1 (固体デバイス工学)

週	テーマ	内容(目標, 準備など)
1	種々のダイオード	エサキダイオードやガンダイオードなど種々のダイオードの特性について解説する。テキストは昨年時の半導体工学の「半導体素子」を用いる。予習としてp156～163までをよく読んでおくこと。
2	電力制御用pn接合デバイスI	サイリスタやGTOなど多段にpn接合が形成されたものは電力制御用素子として用いられている。これらの素子の動作原理について解説する。予習としてp163～168までをよく読んでおくこと。
3	電力制御用pn接合デバイスII	前回に引き続いて電力制御用pn接合素子について解説する。パワートランジスタなどにも触れる。先週の内容をよく確認し理解しておくこと。
4	電界効果デバイス：pn接合形	今回から電界効果トランジスタ(FET)について解説する。最初はpn接合が用いられ、空乏層が動作の重要な役割を果たす接合形電界効果トランジスタ(JFET)について解説する。予習としてp182～183をよく読んでおくこと。
5	電界効果デバイス：ショットキー形	JFETのpn接合ゲートをショットキー障壁に換えたショットキー障壁ゲート電界効果トランジスタ(SBFETまたはMESFET)について解説する。予習としてp186～187をよく読んでおくこと。
6	電界効果デバイス：MOS構造について	現在の集積回路のキーデバイスであるMOSトランジスタの解説の前にMOS構造における電圧印加時の特性について解説する。予習としてテキストのp93～95までをよく読み、MOS構造のわからないところを抜き出しておくこと。
7	電界効果デバイス：MOS形の原理と電流電圧特性	MOS電界効果トランジスタの動作原理、デプレッション形やエンハンスメント形、pMOSやnMOSの違い、電流電圧特性について解説する。予習としてp184～186までをよく読んでおくこと。
8	中間試験	これまでにできた各デバイスに関する動作原理や特徴について説明させる形式の問題を出す。
9	試験解答、電界効果デバイス：種々のMISトランジスタ	SOI (silicon on insulator)構造で作製したMOSFETや薄膜トランジスタ(TFT)などを紹介する。長所や応用分野などが内容となる。
10	電界効果デバイス：HEMT	超高速動作可能なトランジスタとして高移動度トランジスタ(HEMT)がある。このトランジスタの構造から動作原理について紹介する。
11	集積回路の歴史と本質、生まれる必然性	今回から半導体モノリシック集積回路に関する技術や理論が授業内容となる。テキストも「改訂 集積回路工学(1)」を使う。まず集積回路が生まれた経緯や必然性など、歴史や本質について解説する。予習としてテキストのp1～11までをよく読んでおくこと。
12	モノリシックICの構造	一つの石を意味するモノリシック。モノリシックICとは一つの石の上に回路が集積されているという意味である。このICの構造概要について、バイポーラトランジスタやMOSトランジスタの場合を例に挙げ、解説する。予習としてテキストp20～28をよく読んでおくこと。
13	モノリシックICの製造方法概要、バイポーラICプロセス	ウェーハと呼ばれる単結晶基板から前工程の処理が行われてICのチップができあがる。この工程概要を説明するとともに、pn接合分離型を採用するバイポーラICの構造やプロセス概要について説明する。予習としてテキストp28～32までを読んでおくこと。
14	モノリシックICの製造方法概要、MOSICプロセス	MOSICに関する構造やプロセス概要を説明する。特に、バイポーラICとの比較を行い、マスク枚数などについて検証する。予習としてテキストのp33～34を読んでおくこと。
15	アイソレーションとプレーナ構造	ICの中で使われる回路素子は一つの石上で形成されるため、抵抗やコンデンサなどは個別部品の特性と異なる。まずはこのIC上に素子を形成するプレーナ技術と、素子同士を分離するためのアイソレーションについて説明する。
16	試験解答、モノリシック抵抗	抵抗は非常に広く使用されている部品であり、最も理解しやすい部品である。これをIC上で実現するのにどのような技術が用いられているか解説する。
17	モノリシックコンデンサ	モノリシックIC用のコンデンサとしてはMOS容量とpn接合容量の2つが用いられる。これらの構造と特徴について解説する。
18	配線および交差点	モノリシックICの部品をそれぞれつなく配線をするための金属はなんでもいわけではない。いくつかの条件が要求される。配線材料やマイグレーションといった現象の紹介や、プレーナ構造でどのように配線を交差させるかなどを解説する。
19	MOSトランジスタの構造I	MOS集積回路の主要素子であるMOSトランジスタをIC上で実現した場合の特性や、パターン設計に要求されることなどについて解説する。
20	MOSトランジスタの構造II	MOSトランジスタをIC上に作る際、寄生素子に注意しなければならない。またこのトランジスタを形成する方法は一通りではない。これらについて解説する。
21	バイポーラトランジスタの構造I	バイポーラトランジスタはバイポーラICの主要素子であり、特にnpnトランジスタは重要である。IC上でのこのトランジスタの構造と特性について紹介する。pn接合分離型と酸化膜分離型の違いなどを解説する。
22	バイポーラトランジスタの構造II	前回に引き続いてバイポーラトランジスタを実際にIC上に設計する際のパターン設計とフォトリソグラフィや寄生素子とその影響などに関して解説する。
23	中間試験	IC上で作製される素子に関して、どのような特徴を持ち、パターン設計においてどのようなことが要求されるかなどを説明させるような問題がでる。
24	試験解答、モノリシックダイオード	IC上でダイオードを形成する場合、npnトランジスタの各接合部分を適当に接続することによって実現する。接続の仕方によって色々な特性のダイオードが得られることなどについて解説する。
25	CMOSインバータ、NAND、NORの実現	MOSFETを用いてインバータやNAND、NORなどの論理回路をどのように実現するかについて紹介する。
26	メモリI (DRAM)	代表的なICであるDRAMについて用いられている技術、記憶方法などの動作原理、現在の状況などについて解説する。
27	メモリII (SRAM、ROM)	DRAM以外に揮発性メモリとしてSRAM、また不揮発性メモリとして種々のROMについてその動作原理と用いられている技術について解説する。
28	メモリIII (フラッシュメモリ)	非常に我々の生活に身近になったフラッシュメモリについて、その動作原理と用いられている技術について紹介する。
29	ASIC	カスタムICとしてニーズの高いASICについて、その種類と高集積化の流れを紹介する。
30	システムLSI	システムまたはサブシステムの機能をワンチップで実現させるシステムLSIについて、機能構成や種類、応用例などを上げて解説する。
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中間試験を実施する。 ・ 定期試験を実施する。 	