

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 香川高等専門学校                                                                                                                                     |                                                                                                                                                        | 開講年度                                     | 令和05年度 (2023年度)                                                   |                                       | 授業科目                                                                  | 半導体工学                                              |
| 科目基礎情報                                                                                                                                       |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| 科目番号                                                                                                                                         | 7207                                                                                                                                                   |                                          | 科目区分                                                              |                                       | 専門 / 選択                                                               |                                                    |
| 授業形態                                                                                                                                         | 講義                                                                                                                                                     |                                          | 単位の種別と単位数                                                         |                                       | 学修単位: 2                                                               |                                                    |
| 開設学科                                                                                                                                         | 創造工学専攻（電気情報工学コース）<br>（2023年度以前入学者）                                                                                                                     |                                          | 対象学年                                                              |                                       | 専2                                                                    |                                                    |
| 開設期                                                                                                                                          | 前期                                                                                                                                                     |                                          | 週時間数                                                              |                                       | 2                                                                     |                                                    |
| 教科書/教材                                                                                                                                       |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| 担当教員                                                                                                                                         | 山本 雅史                                                                                                                                                  |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| 到達目標                                                                                                                                         |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| これまでにならなかった半導体についてさらに深い観点から説明することが出来る<br>pn接合における2次的効果についても説明することが出来る<br>BJTの特性についてベースにおけるキャリア分布から説明することが出来る<br>MOSFETについてバンド構造と絡め説明することが出来る |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| ルーブリック                                                                                                                                       |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 理想的な到達レベルの目安                             |                                                                   | 標準的な到達レベルの目安                          |                                                                       | 未到達レベルの目安                                          |
| 半導体の特性とPN接合の特性                                                                                                                               |                                                                                                                                                        | 半導体とPN接合について基本的な物理現象を数式を種々の問題に応用することができる |                                                                   | 半導体とPN接合について基本的な物理現象数式を用いて説明できる       |                                                                       | 半導体とPN接合について基本的な物理現象をすうっ式を用いて説明できない                |
| バイポーラトランジスタ（JBT）                                                                                                                             |                                                                                                                                                        | JBTの特性を数式を用いて説明することが出来る                  |                                                                   | JBTの特性を数式を用いて説明することが出来る               |                                                                       | JBTの特性を数式を用いて説明することが出来ない                           |
| MOSFET                                                                                                                                       |                                                                                                                                                        | バンド図や数式を用いてMOSダイオードやMOSFETの特性を説明することが出来る |                                                                   | バンド図を用いてMOSダイオードやMOSFETの特性を説明することが出来る |                                                                       | バンド図を用いてMOSダイオードやMOSFETの特性を説明することが出来ない             |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| 学習・教育目標 B-3                                                                                                                                  |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| 教育方法等                                                                                                                                        |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| 概要                                                                                                                                           | 今までに習った電子デバイスに関する知識を深める。後半では、バイポーラトランジスタおよびMOSFETにおけるキャリアの挙動を定量的に取り扱い、そこで起こっている現象を理解する。<br>この科目は企業等においてデバイス開発の実務経験のある教員により半導体技術の内容を含んだ授業内容を講義形式で実施される。 |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                    | はじめに量子論の基礎について講義を行い、その後学習内容にしたがってスライドを示し、講義を進めてゆく。また、授業ノートを作成し、授業後ノートを使って復習点を行い、次回の授業において疑問点を質問すること。                                                   |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| 注意点                                                                                                                                          | ・ 授業時間以外に、1週に4時間の自主学習が必要である。<br>・ 自主学習については定期試験により確認する。                                                                                                |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| 授業の属性・履修上の区分                                                                                                                                 |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| <input type="checkbox"/> アクティブラーニング                                                                                                          |                                                                                                                                                        | <input type="checkbox"/> ICT 利用          |                                                                   | <input type="checkbox"/> 遠隔授業対応       |                                                                       | <input checked="" type="checkbox"/> 実務経験のある教員による授業 |
| 授業計画                                                                                                                                         |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 週                                        | 授業内容                                                              |                                       | 週ごとの到達目標                                                              |                                                    |
| 前期                                                                                                                                           | 1stQ                                                                                                                                                   | 1週                                       | 深いポテンシャルの井戸に閉じ込められた電子と金属内の電子                                      |                                       | 深い井戸ポテンシャルに閉じ込められた電子の状態について理解する                                       |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 2週                                       | クローニヒベニーモデル                                                       |                                       | バンド構造が作られることをクローニヒベニーモデルを用いて理解する                                      |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 3週                                       | 正孔、金属と半導体、絶縁体のバンド構造、分布則、真性半導体のキャリア濃度、不純物ドーピング                     |                                       | 半導体中のキャリア分布について数式を用いて理解する                                             |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 4週                                       | p形,n形半導体のキャリア濃度、pn積、導電率と移動度、ホール効果、ドリフト電流と拡散電流、多数キャリアの注入と少数キャリアの注入 |                                       | キャリア分布の理解とキャリアの流れの要因について理解する                                          |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 5週                                       | キャリア再結合過程、少数キャリア連続の式、連続の方程式の応用例                                   |                                       | キャリアの再結合過程について理解する<br>キャリア連続の式について理解する<br>キャリア連続の式を用いてキャリアの分布状態が求められる |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 6週                                       | pn接合（エネルギー準位図、ポテンシャル分布、理想的な電流-電圧特性、実際の電流－電圧特性）                    |                                       | pn接合における物理を数式を使って理解する                                                 |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 7週                                       | pn接合（逆方向降伏特性、接合容量）、トンネルダイオードの物理、金属-半導体接触                          |                                       | pn接合における物理を数式を使って理解する                                                 |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 8週                                       | BJT動作の基礎、BJTの製作                                                   |                                       | BJTの原理についてバンド構造と関連づけ理解する                                              |                                                    |
|                                                                                                                                              | 2ndQ                                                                                                                                                   | 9週                                       | 少数キャリアの分布と端子電流                                                    |                                       | BJTのベース領域の置けるキャリア分布を求めそれから、単利電流の流れを理解する                               |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 10週                                      | バイアスの一般論                                                          |                                       | BJTトランジスタの等価回路を説明することが出来る                                             |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 11週                                      | スイッチング                                                            |                                       | ベース領域のキャリア密度の変化を基にスイッチング現象を理解する                                       |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 12週                                      | 2次的効果                                                             |                                       | BJTの2次効果について説明することが出来る                                                |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 13週                                      | トランジスタの周波数限界                                                      |                                       | BJTの周波数限界について説明することが出来る                                               |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 14週                                      | MOSダイオード                                                          |                                       | MOSダイオードの動作についてバンド図を用いて説明することが出来る                                     |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 15週                                      | MOSFET                                                            |                                       | MOSFETの動作についてバンド図と式を用いて説明することが出来る                                     |                                                    |
|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        | 16週                                      | 期末試験                                                              |                                       |                                                                       |                                                    |
| モデルコアカリキュラムの学習内容と到達目標                                                                                                                        |                                                                                                                                                        |                                          |                                                                   |                                       |                                                                       |                                                    |
| 分類                                                                                                                                           | 分野                                                                                                                                                     | 学習内容                                     | 学習内容の到達目標                                                         |                                       |                                                                       | 到達レベル 授業週                                          |

|        |          |          |      |                                                         |   |  |
|--------|----------|----------|------|---------------------------------------------------------|---|--|
| 専門的能力  | 分野別の専門工学 | 電気・電子系分野 | 電子工学 | 結晶、エネルギーバンドの形成、フェルミ・ディラック分布を理解し、金属と絶縁体のエネルギーバンド図を説明できる。 | 4 |  |
|        |          |          |      | 真性半導体と不純物半導体を説明できる。                                     | 4 |  |
|        |          |          |      | 半導体のエネルギーバンド図を説明できる。                                    | 4 |  |
|        |          |          |      | pn接合の構造を理解し、エネルギーバンド図を用いてpn接合の電流－電圧特性を説明できる。            | 4 |  |
|        |          |          |      | バイポーラトランジスタの構造を理解し、エネルギーバンド図を用いてバイポーラトランジスタの静特性を説明できる。  | 4 |  |
|        |          |          |      | 電界効果トランジスタの構造と動作を説明できる。                                 | 4 |  |
| 評価割合   |          |          |      |                                                         |   |  |
|        |          |          | 試験   | 合計                                                      |   |  |
| 総合評価割合 |          |          | 100  | 100                                                     |   |  |
| 半導体    |          |          | 30   | 30                                                      |   |  |
| JBT    |          |          | 40   | 40                                                      |   |  |
| MOSFET |          |          | 30   | 30                                                      |   |  |