

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                    |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--|
| 鹿児島工業高等専門学校                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                    | 開講年度                            | 令和04年度 (2022年度)                                |                                 | 授業科目                                                     | 半導体工学 I                                 |  |
| 科目基礎情報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                    |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 科目番号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0094                                                                                                               |                                 | 科目区分                                           |                                 | 専門 / 必修                                                  |                                         |  |
| 授業形態                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 講義                                                                                                                 |                                 | 単位の種別と単位数                                      |                                 | 学修単位: 1                                                  |                                         |  |
| 開設学科                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 電気電子工学科                                                                                                            |                                 | 対象学年                                           |                                 | 4                                                        |                                         |  |
| 開設期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 前期                                                                                                                 |                                 | 週時間数                                           |                                 | 前期:2                                                     |                                         |  |
| 教科書/教材                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 「改訂半導体素」 著者：石田 哲郎, 清水 東 出版社：コロナ社                                                                                   |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 担当教員                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 奥 高洋                                                                                                               |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 到達目標                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                    |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 半導体や半導体デバイスの基本的事項を習得することを目標とする。電子や原子等の基本的性質を理解し、金属や半導体の物性の理解に役立てるとともに、半導体の基本的性質を理解し、pn 接合の特性やトランジスタの動作原理等を説明できることを目指す。具体的には、以下に掲げる5つを目標とする。<br>1. 電子の性質に関する各種物理量やエレクトロンボルト等の定義を説明でき、単位換算等の計算ができる。<br>2. パウリの排他律を理解した上での原子の電子配置やボーアモデルに基づく原子構造を説明できる。<br>3. 固体構造等に関して、結晶やエネルギーバンドの形成を説明できる。半導体においては、フェルミ・ディラック分布と状態密度に基づいてキャリア密度を算出することができる。<br>4. 真性半導体と不純物半導体をエネルギーバンド図で説明でき、半導体中のキャリアの振舞に関する特徴的なパラメータについて算出できる。<br>5. pn接合ダイオード（半導体デバイス）の構造を理解し、その動作原理をエネルギーバンド図を用いて説明できる。 |                                                                                                                    |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 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                                                |                                         |  |
| 評価項目1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 電子の性質に関して、エネルギーを波長や温度等に換算できる。                                                                                      |                                 | 電子の性質に関する各種物理量やエレクトロンボルトの定義等を説明できる。            |                                 | 電子の性質に関する各種物理量やエレクトロンボルトの定義等を説明できない。                     |                                         |  |
| 評価項目2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ボーアモデルを理解し、原子構造における量子的なエネルギーや軌道半径等を求めることができる。                                                                      |                                 | パウリの排他律 及び 4つの量子数を理解し、原子の電子配置を説明できる。           |                                 | 原子の電子配置を説明できない。                                          |                                         |  |
| 評価項目3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | フェルミ・ディラック分布と状態密度に基づいて、半導体のキャリア密度等を算出することができる。                                                                     |                                 | 結晶やエネルギーバンドの形成を説明できる。                          |                                 | 結晶やエネルギーバンドの形成を説明できない。                                   |                                         |  |
| 評価項目4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 少数キャリア注入時におけるキャリアの振舞（少数キャリア連続の式）について理解し、注入キャリアの平均寿命や拡散距離等を算出できる。                                                   |                                 | 真性半導体と不純物半導体をエネルギーバンド図で説明でき、移動度やドリフト速度等を算出できる。 |                                 | 真性半導体と不純物半導体をエネルギーバンド図で説明できず、移動度等についても算出できない。            |                                         |  |
| 評価項目5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | pn接合ダイオードにおける内蔵電界の形成過程を理解し、拡散電位を算出できる。                                                                             |                                 | pn接合ダイオード（バイアスなし時）をエネルギーバンド図で説明できる。            |                                 | pn接合ダイオードをエネルギーバンド図で説明できない。                              |                                         |  |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                    |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 教育プログラムの学習・教育到達目標 3-3 本科（準学士課程）の学習・教育到達目標 3-c                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                    |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 教育方法等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                    |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 概要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 低学年次の電子基礎系科目での履修内容についての理解を、バンド図や数式を用いて深く掘り下げる。                                                                     |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 講義形式を基本とする。常に結晶内の電子のエネルギー状態を念頭において電子の振る舞いをイメージ的に掴み、電子の性質、原子や固体の構造、金属や半導体ならびに半導体デバイスを理解する。なお、本科目では中間試験および期末試験を実施する。 |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 注意点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 授業項目についての予習・復習はもちろん、レポート等の課題に取り組むなどして、毎回60分以上の自学自習必要である。                                                           |                                 |                                                |                                 |                                                          |                                         |  |
| 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 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                              | 電子の性質                                          |                                 | 電子の電荷量や質量、エレクトロンボルトの定義等を説明でき、単位換算等の計算ができる。               |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                    | 2週                              | 原子の構造①                                         |                                 | 原子の構造を説明できる。                                             |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                    | 3週                              | 原子の構造②                                         |                                 | パウリの排他律を理解し、原子の電子配置を説明できる。                               |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                    | 4週                              | 原子の構造③                                         |                                 | パウリの排他律を理解し、原子の電子配置を説明できる。                               |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                    | 5週                              | 固体の構造と、金属と半導体の違い①                              |                                 | 結晶やエネルギーバンドの形成を説明できる。金属と絶縁体の違いを、エネルギーバンド図を用いて説明できる。      |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                    | 6週                              | 固体の構造と、金属と半導体の違い②                              |                                 | フェルミ・ディラック分布と状態密度を理解し、キャリア密度等を算出することができる。                |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                    | 7週                              | 固体の構造と、金属と半導体の違い③                              |                                 | フェルミ・ディラック分布と状態密度を理解し、キャリア密度等を算出することができる。                |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                    | 8週                              | 半導体①                                           |                                 | 真性半導体と不純物半導体を理解し、エネルギーバンド図を用いて説明できる。                     |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2ndQ                                                                                                               | 9週                              | 半導体②                                           |                                 | 真性半導体と不純物半導体を理解し、エネルギーバンド図を用いて説明できる。                     |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                    | 10週                             | 半導体③                                           |                                 | 半導体中のキャリアの振舞について、ドリフト（移動度等）や拡散（平均寿命、拡散距離等）、再結合について説明できる。 |                                         |  |

|  |  |     |                     |                                                          |
|--|--|-----|---------------------|----------------------------------------------------------|
|  |  | 11週 | 半導体④                | 半導体中のキャリアの振舞について、ドリフト（移動度等）や拡散（平均寿命，拡散距離等），再結合について説明できる。 |
|  |  | 12週 | 半導体⑤                | 半導体中のキャリアの振舞について、ドリフト（移動度等）や拡散（平均寿命，拡散距離等），再結合について説明できる。 |
|  |  | 13週 | pn接合ダイオード（半導体デバイス）① | pn接合の構造を理解し，エネルギーバンド図を用いて説明できる。                          |
|  |  | 14週 | pn接合ダイオード（半導体デバイス）② | pn接合の構造を理解し，エネルギーバンド図を用いて説明できる。                          |
|  |  | 15週 | 試験答案の返却・解説          | 試験において間違った部分を自分の課題として把握する（非評価項目）。                        |
|  |  | 16週 |                     |                                                          |

| 評価割合    |    |            |     |
|---------|----|------------|-----|
|         | 試験 | レポート / 演習等 | 合計  |
| 総合評価割合  | 80 | 20         | 100 |
| 基礎的能力   | 0  | 0          | 0   |
| 専門的能力   | 80 | 20         | 100 |
| 分野横断的能力 | 0  | 0          | 0   |