

|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       |      |                                            |         |                                                       |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------|--------|
| 明石工業高等専門学校                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                       | 開講年度 | 平成31年度 (2019年度)                            |         | 授業科目                                                  | 固体物性 A |
| 科目基礎情報                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                       |      |                                            |         |                                                       |        |
| 科目番号                                                                                                                                                         | 0021                                                                                                                                                                                                  |      | 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: 2 |                                                       |        |
| 開設学科                                                                                                                                                         | 電気情報工学科 (電気電子工学コース)                                                                                                                                                                                   |      | 対象学年                                       | 4       |                                                       |        |
| 開設期                                                                                                                                                          | 前期                                                                                                                                                                                                    |      | 週時間数                                       | 2       |                                                       |        |
| 教科書/教材                                                                                                                                                       | 参考図書：萩野俊郎「エッセンシャル応用物性論」朝倉書店                                                                                                                                                                           |      |                                            |         |                                                       |        |
| 担当教員                                                                                                                                                         | 大向 雅人                                                                                                                                                                                                 |      |                                            |         |                                                       |        |
| 到達目標                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                       |      |                                            |         |                                                       |        |
| 1) シュレーディンガー方程式を理解し、これを利用して原子内の電子状態を定量的に理解する。<br>2) 原子の化学結合について理解し、固体のバンド理論についてに知る。<br>3) ホール効果について定量的に説明できる。<br>4) p n 接合の電流電圧特性を定量的に理解する<br>5) 空乏層容量を導出できる |                                                                                                                                                                                                       |      |                                            |         |                                                       |        |
| 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]                                                                                                                                                      | シュレーディンガー方程式を深く理解し、これを利用して原子内の電子状態を定量的に十分理解する。                                                                                                                                                        |      | シュレーディンガー方程式を理解し、これを利用して原子内の電子状態を定量的に理解する。 |         | シュレーディンガー方程式を理解し、これを利用して原子内の電子状態を定量的に理解しない。           |        |
| 評価項目[2]                                                                                                                                                      | 原子の化学結合について深く理解し、固体のバンド理論についてに詳細に知る。                                                                                                                                                                  |      | 原子の化学結合について理解し、固体のバンド理論についてに知る。            |         | 原子の化学結合について理解し、固体のバンド理論についてに知らない。                     |        |
| 評価項目[3]                                                                                                                                                      | ホール効果について定量的に詳しく説明できる。                                                                                                                                                                                |      | ホール効果について定量的に説明できる。                        |         | ホール効果について定量的に説明できない。                                  |        |
| 評価項目[4]                                                                                                                                                      | p n 接合の電流電圧特性を定量的に深く理解する                                                                                                                                                                              |      | p n 接合の電流電圧特性を定量的に理解する。                    |         | p n 接合の電流電圧特性を定量的に理解しない。                              |        |
| 評価項目[5]                                                                                                                                                      | 空乏層容量を詳細に導出できる。                                                                                                                                                                                       |      | 空乏層容量を導出できる。                               |         | 空乏層容量を導出できない。                                         |        |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                       |      |                                            |         |                                                       |        |
| 学習・教育到達度目標 (D) 学習・教育到達度目標 (H)                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                       |      |                                            |         |                                                       |        |
| 教育方法等                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                       |      |                                            |         |                                                       |        |
| 概要                                                                                                                                                           | 電子デバイスの中で固体の役割は極めて大きい。本講義では電子の基礎となる前期量子論から固体中の電子状態について学び、金属および半導体内での電子の挙動を基本的な観点から定量的に学ぶ。                                                                                                             |      |                                            |         |                                                       |        |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                                    | 最初に講義ノートに基づいて概略を説明したあと、各自が自主学習を行う。最後に小テストを行う。                                                                                                                                                         |      |                                            |         |                                                       |        |
| 注意点                                                                                                                                                          | 色々な現象を定量的に扱うため、3年までの数学的基礎が不可欠である。また、新しい内容が次々と出てくるため、毎回復習を欠かさないようにすること。本科目は授業で保証する学習時間と、予習、復習および課題レポート作成に必要な標準的な自己学習時間の総計が90時間に相当する学習内容である。小テストが満点でない場合は課題レポートがさらに追加される。<br>合格の対象としない欠席条件(割合) 1/3以上の欠課 |      |                                            |         |                                                       |        |
| 授業計画                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                       |      |                                            |         |                                                       |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 週    | 授業内容                                       |         | 週ごとの到達目標                                              |        |
| 前期                                                                                                                                                           | 1stQ                                                                                                                                                                                                  | 1週   | 量子論、シュレーディンガー方程式                           |         | 光および電子の波動性と粒子性について理解しシュレーディンガー方程式を導出できる。              |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 2週   | ボーアの理論と原子軌道                                |         | ボーアの理論を導出して軌道半径と軌道のエネルギーを算出できる。原子軌道の種類を知る。            |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 3週   | 共有結合とエネルギーバンド                              |         | 共有結合の起源および混成軌道について知り、多数の原子が集まるとエネルギー準位がバンドになることを知る。   |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 4週   | 電気伝導、位相速度と群速度                              |         | 電気伝導を示すドゥルーデの理論を導き出せ、位相速度と群速度の定義を知る。                  |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 5週   | 分散関係と有効質量とブリルアンゾーン                         |         | 光と電子の分散関係を導出し、有効質量を導出できる。正孔の概念を理解する。ブリルアンゾーンについて知る。   |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 6週   | 自由電子論、状態密度                                 |         | シュレーディンガー方程式を解いて運動量の量子化を導ける。また電子の状態密度の計算を行える。         |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 7週   | ホール効果と移動度                                  |         | ホール効果を定量的に知り、ホール効果の実験結果と導電率から移動度を算出できる。               |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 8週   | 中間試験                                       |         | 60点以上を取得する。                                           |        |
|                                                                                                                                                              | 2ndQ                                                                                                                                                                                                  | 9週   | 半導体内のキャリア統計 I                              |         | 半導体内のキャリア密度を定量的に導出できる。有効状態密度の概念を理解する。                 |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 10週  | 半導体内のキャリア統計 I I                            |         | NP積の性質を理解する。キャリア密度の温度依存性に3種類の領域があることを知る。              |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 11週  | 半導体と金属の接触                                  |         | 半導体と金属が接触したとき、2種類の状態が実現されることを定性的に理解する。                |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 12週  | アインシュタインの関係式                               |         | 拡散係数と移動度の関係を示すアインシュタインの関係式を導出できる。さらに少数キャリア注入の式を導出できる。 |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 13週  | PN接合のI－V特性                                 |         | PN接合のI－V特性を定量的に導出できる。                                 |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 14週  | 空乏層の容量                                     |         | PN接合における空乏層の容量を定量的に導出でき、拡散電位を実験で求める方法を知る。             |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 15週  | 復習                                         |         | これまでの内容を復習し頭を整理する。余裕があればドリフトトランジスタについて知る。             |        |
|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                       | 16週  | 期末試験                                       |         | 60点以上を取得する。                                           |        |

| 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                    | 電子の電荷量や質量などの基本性質を説明できる。                                 | 4       |     |     |
|                       |          |          |                         | エレクトロンボルトの定義を説明し、単位換算等の計算ができる。                          | 4       |     |     |
|                       |          |          |                         | 原子の構造を説明できる。                                            | 4       |     |     |
|                       |          |          |                         | 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       |     |     |
|                       |          |          |                         | 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       |     |     |
|                       |          |          |                         | 金属の電氣的性質を説明し、移動度や導電率の計算ができる。                            | 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       | 発表       | 相互評価                    | 態度                                                      | ポートフォリオ | その他 | 合計  |
| 総合評価割合                | 85       | 15       | 0                       | 0                                                       | 0       | 0   | 100 |
| 基礎的能力                 | 0        | 0        | 0                       | 0                                                       | 0       | 0   | 0   |
| 専門的能力                 | 85       | 15       | 0                       | 0                                                       | 0       | 0   | 100 |
| 分野横断的能力               | 0        | 0        | 0                       | 0                                                       | 0       | 0   | 0   |