

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------|
| 長岡工業高等専門学校                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 開講年度                            | 令和03年度 (2021年度)                     |                                 | 授業科目                                                        | 電子物性工学                                             |            |
| 科目基礎情報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
| 科目番号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0004                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                 | 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 電子機械システム工学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 | 対象学年                                |                                 | 専1                                                          |                                                    |            |
| 開設期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 後期                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                 | 週時間数                                |                                 | 2                                                           |                                                    |            |
| 教科書/教材                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 小長井 誠、電子・情報工学講座8 半導体物性、培風館、1992年                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
| 担当教員                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 島宗 洋介                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
| 到達目標                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
| (科目コード：A1140, 英語名 Physical Properties of Electronic Materials )<br>(本科目は第四学期に実施する。週に二回行うので十分注意すること。授業計画の週は、回と読み替えること)<br>この科目は長岡高専の教育目標の(D)と主体的に関わる。<br>この科目の到達目標と、各到達目標と長岡高専の学習・教育到達目標との関連を、到達目標、評価の重み、学習・教育目標との関連の順で次に示す。<br>①固体のバンド理論について理解する。35%(D1)<br>②半導体の電気的特性の基本を理解する。30%(D1)<br>③半導体の電気伝導機構について理解する。35%(D1) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
| 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                        |                                 | 最低限の到達レベルの目安                                                |                                                    | 未到達レベルの目安  |
| 評価項目1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 固体のバンド理論について詳細に理解して説明できる。                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 | 固体のバンド理論について理解する。                   |                                 | 固体のバンド理論について概ね理解する。                                         |                                                    | 左記に達していない。 |
| 評価項目2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 半導体の電気的特性の基本を詳細に理解して説明できる。                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 | 半導体の電気的特性の基本を理解する。                  |                                 | 固体のバンド理論について概ね理解する。                                         |                                                    | 左記に達していない。 |
| 評価項目3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 半導体の電気伝導機構について詳細に理解して説明できる。                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 | 半導体の電気伝導機構について理解する。                 |                                 | 固体のバンド理論について概ね理解する。                                         |                                                    | 左記に達していない。 |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
| 教育方法等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
| 概要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 今日の情報化社会の基礎をなしている各種エレクトロニクス機器は、半導体素子を中心に構成されている。トランジスタ、ダイオード、発光受光素子の動作を理解するには、固体中の電子の振る舞いを理解する必要がある。固体材料の物性を理解するには、量子力学や統計力学などの現代物理学の知識が必要である。この講義では、半導体の性質を物性的な視点から解説する。また、本科目は企業で大規模集積回路(LSI)のプロセス開発に従事した教員が、その経験を活かし、実際に使用される半導体素子や電子回路における電子の物性について講義形式で授業を行うものである。<br>○関連する科目：物性科学（前期履修）、半導体デバイス（次年度履修） |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | この授業は学修単位科目のため、事前・事後学習として「週ごとの到達目標」欄に示す課題などを実施する。                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
| 注意点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 電子工学、物理、化学の基本的事柄について知識が必要である。特に現代物理（量子論）に関する基本事項については理解しておく必要がある。なるべく直感的に分かり易い説明をするので、式の誘導などは各自確認する必要がある。関連する科目として、「物性科学」、「半導体デバイス」があり、これらも履修することが望ましい。本科目は原則、面接授業として実施するが、感染症拡大状況によっては必要に応じ遠隔授業として実施する場合がある。                                                                                                |                                 |                                     |                                 |                                                             |                                                    |            |
| 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 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                                                    |                                                    |            |
| 後期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3rdQ                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1週                              | 固体電子論の考え方                           |                                 | 固体電子論の考え方を理解できる。<br>課題「固体電子論の基本的な問題、量子論の考え方」                |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2週                              | 固体のバンド理論（1）<br>固体のバンド理論の定性的な説明      |                                 | 固体のバンド理論の定性的な説明ができる。<br>課題「固体中の電子に関する復習」                    |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3週                              | 固体のバンド理論（2）<br>深いポテンシャルの井戸と金属内の自由電子 |                                 | 深いポテンシャルの井戸と金属内の自由電子について説明ができる。<br>課題「ポテンシャル中の電子に関する復習」     |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4週                              | 固体のバンド理論（3）<br>状態密度                 |                                 | 状態密度について説明できる。<br>課題「状態密度の計算」                               |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5週                              | 固体のバンド理論（4）<br>有効質量、正孔              |                                 | 有効質量、正孔について説明できる。<br>課題「有効質量に関する復習」                         |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6週                              | 半導体の電気物性（1）<br>真性半導体のキャリア濃度         |                                 | 真性半導体のキャリア濃度について説明できる。<br>課題「半導体中の電気伝導に関する計算」               |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 7週                              | 半導体の電気物性（2）<br>不純物ドーピングとp形・n形半導体    |                                 | 不純物ドーピングとp形・n形半導体について説明できる。<br>課題「不純物添加の方式の検討、イオン化エネルギーの計算」 |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 8週                              | 半導体の電気物性（3）<br>金属の電気伝導と散乱機構         |                                 | 金属の電気伝導と散乱機構について説明できる。<br>課題「電気伝導に関する基本的な計算」                |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4thQ                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 9週                              | 半導体の電気物性（4）<br>導電率と移動度              |                                 | 導電率と移動度に関する計算ができる。<br>課題「移動度に関する計算」                         |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10週                             | 半導体の電気物性（5）<br>ホール効果                |                                 | ホール効果の計算ができる。<br>課題「ホール効果の計算」                               |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 11週                             | 半導体の電気伝導機構（1）<br>ドリフト電流と拡散電流        |                                 | ドリフト電流と拡散電流について説明できる。<br>課題「半導体中の電流の計算」                     |                                                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 12週                             | 半導体の電気伝導機構（2）<br>多数キャリア注入と少数キャリア注入  |                                 | 多数キャリア注入と少数キャリア注入について説明できる。<br>課題「少数キャリア注入に関する復習」           |                                                    |            |

|  |  |     |                               |                                                  |
|--|--|-----|-------------------------------|--------------------------------------------------|
|  |  | 13週 | 半導体の電気伝導機構（３）<br>キャリアの再結合過程   | キャリアの再結合過程について説明できる。<br>課題「キャリア再結合の復習」           |
|  |  | 14週 | 半導体の電気伝導機構（４）<br>少数キャリア連続の方程式 | 少数キャリア輸送について理解できる。<br>課題「少数キャリアの輸送に関する復習」        |
|  |  | 15週 | 半導体の電気伝導機構（５）<br>少数キャリア連続の方程式 | 少数キャリア連続の方程式について理解できる。<br>課題「少数キャリア連続の方程式に関する復習」 |
|  |  | 16週 | 期末試験<br>17週：試験解説と発展授業         | 試験時間 50分間                                        |

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 |
|-------|------|----|------|------------------------------------|-------|-----|
| 基礎的能力 | 自然科学 | 物理 | 力学   | 物体の質量と速度から運動量を求めることができる。           | 4     |     |
|       |      |    |      | 運動量保存則を様々な物理量の計算に利用できる。            | 4     |     |
|       |      |    | 波動   | 波長の違いによる分散現象によってスペクトルが生じることを説明できる。 | 4     |     |
|       |      |    | 電気   | 導体と不導体の違いについて、自由電子と関連させて説明できる。     | 4     |     |

評価割合

|        | 定期試験 | レポート | 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 |