

|                                                                                                                                                    |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--|
| 旭川工業高等専門学校                                                                                                                                         |      | 開講年度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 令和05年度 (2023年度)                |                                                            | 授業科目                                       | 固体電子工学                                                        |  |
| 科目基礎情報                                                                                                                                             |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 科目番号                                                                                                                                               |      | 0018                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                | 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                                                                                                                                               |      | 生産システム工学専攻                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                | 対象学年                                                       |                                            | 専1                                                            |  |
| 開設期                                                                                                                                                |      | 後期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                | 週時間数                                                       |                                            | 2                                                             |  |
| 教科書/教材                                                                                                                                             |      | 講義用プリントおよび演習用プリント配布                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 担当教員                                                                                                                                               |      | 吉本 健一                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 到達目標                                                                                                                                               |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 1. 固体の結晶構造・化学結合形式およびエネルギー帯構造を理解し、金属や半導体の物性や接触、pn接合の理解に利用できる。<br>2. 半導体の熱電的、光電的および磁電的諸現象・諸効果について、説明できる。<br>3. 半導体の諸現象・諸効果を利用した具体的な素子の動作原理や特性を説明できる。 |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 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 (D-1, D-2)                                                                                                                                   |      | 固体の結晶構造・化学結合形式およびエネルギー帯構造を理解し、金属や半導体の物性や接触、pn接合の理解に役立てられ、応用できる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                | 固体の結晶構造・化学結合形式およびエネルギー帯構造を理解し、金属や半導体の物性や接触、pn接合の理解に役立てられる。 |                                            | 固体の結晶構造・化学結合形式およびエネルギー帯構造を理解できず、金属や半導体の物性や接触、pn接合の理解に役立てられない。 |  |
| 評価項目2 (D-1, D-2)                                                                                                                                   |      | 半導体の熱電的、光電的および磁電的諸現象・諸効果について、エネルギーバンド図を用いて説明できる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                | 半導体の熱電的、光電的および磁電的諸現象・諸効果について、説明できる。                        |                                            | 半導体の熱電的、光電的および磁電的諸現象・諸効果について、説明できない。                          |  |
| 評価項目3 (D-1, D-2)                                                                                                                                   |      | 半導体の諸現象・諸効果を利用した具体的な素子の動作原理や特性を説明でき、その利用方法を理解できる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                | 半導体の諸現象・諸効果を利用した具体的な素子の動作原理や特性を説明できる。                      |                                            | 半導体の諸現象・諸効果を利用した具体的な素子の動作原理や特性を説明できない。                        |  |
| 学科の到達目標項目との関係                                                                                                                                      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 学習・教育到達度目標 (生産システム工学専攻の教育目標) 学習・教育到達度目標 (専攻科の教育目標)                                                                                                 |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 教育方法等                                                                                                                                              |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 概要                                                                                                                                                 |      | 基礎として、固体の結晶構造・化学結合形式・帯理論・電気伝導等を学習した後、その応用である半導体素子の構造、および特性に関する内容を修得する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 授業の進め方・方法                                                                                                                                          |      | 固体電子工学の基礎を学んだ後、金属と半導体の接触やpn接合のエネルギー帯構造を学び、半導体に関する基本特性を理解した上で、その応用である半導体素子（ダイオード、トランジスタ等）、半導体の熱電的（ゼーベック効果、ペルチェ効果等）、光電的（光導電効果、光起電力効果、発光効果）および磁電的（ホール効果）諸現象・諸効果について学ぶ。さらに、これらの効果を利用した素子（熱電対、半導体冷熱素子、CdS、太陽電池、発光ダイオード、半導体レーザ、EL発光素子、ホール素子等）の動作原理や特性を理解する。                                                                                                                                                    |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 注意点                                                                                                                                                |      | ・教育プログラムの学習・教育到達目標の各項目の割合は、D-1（60％）、D-2（40％）とする。<br>・自学自習時間（60時間）は、日常の授業（30時間）に対する予習復習、レポート課題の解答作成時間、試験のための学習時間を総合したものとする。<br>・評価については、合計点数が60点以上で単位修得となる。その場合、各到達目標項目の到達レベルが標準以上であること、教育プログラムの学習・教育到達目標の各項目を満たしたことが認められる。<br>・固体（金属・半導体）の基礎からその応用としての素子までを学ぶので、前後のつながりを考えながら学習すること。また、演習問題を通じて理解を深めて行くことも大切であるので、授業中随所に演習入れて行くが、授業以外でも時間を設けて演習問題を解いて理解を深めること。これらの演習課題等は評価につながるものであるため、提出期限を守り、必ず提出すること。 |                                |                                                            |                                            |                                                               |  |
| 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                                   |                                                               |  |
| 後期                                                                                                                                                 | 3rdQ | 1週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 結晶構造、結晶の化学結合形式、結晶の解析法          |                                                            | 結晶の構造・格子とその化学結合形式および結晶の解析法（X線回折法）について学ぶ。   |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    |      | 2週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 電子のエネルギー状態と軌道および帯理論            |                                                            | 固体内の電子のエネルギー状態・分布、また帯理論について学ぶ。             |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    |      | 3週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 金属・半導体・絶縁体                     |                                                            | 金属・半導体・絶縁体の違いを理解し、それぞれ説明できる。               |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    |      | 4週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 固体の表面分析法                       |                                                            | 電子のエネルギーを利用した固体の表面分析法（AES等）について学ぶ。         |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    |      | 5週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 金属と半導体の電気伝導                    |                                                            | 電気伝導機構における金属と半導体の違いとキャリアについて学び、導電率等を計算できる。 |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    |      | 6週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 半導体における少数キャリア                  |                                                            | 半導体のキャリア濃度や発生・再結合の機構を学ぶ。                   |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    |      | 7週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | キャリアの拡散現象                      |                                                            | 拡散現象を理解し、拡散方程式を導くことができる。                   |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    |      | 8週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 金属と半導体の接触および電圧-電流特性            |                                                            | 金属と半導体の接触について、接触面における状態や障壁をエネルギー準位図で説明できる。 |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    | 4thQ | 9週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | pn接合と電圧-電流特性                   |                                                            | 接合面における状態や障壁を理解し、バイアスによる効果や降伏現象等を説明できる。    |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    |      | 10週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 半導体素子①（ダイオード）                  |                                                            | ダイオードの素子としての動作原理や特性を説明できる。                 |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    |      | 11週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 半導体素子②（バイポーラトランジスタ、電界効果トランジスタ） |                                                            | バイポーラトランジスタの素子としての動作原理や特性を説明できる。           |                                                               |  |
|                                                                                                                                                    |      | 12週                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 半導体素子③（バイポーラトランジスタ、電界効果トランジスタ） |                                                            | 電界効果トランジスタの素子としての動作原理や特性を説明できる。            |                                                               |  |

|  |  |     |                   |                                                                               |
|--|--|-----|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 13週 | 半導体の熱電的性質とその応用素子  | 熱電的効果について学び、この効果をエネルギー準位図で用いて説明でき、応用素子の原理や特性を理解する。                            |
|  |  | 14週 | 半導体の光電的性質とその応用素子① | 光電的効果（光導電効果・光起電力効果）について学び、これらの効果をエネルギー準位図で用いて説明でき、基本素子（CdS,太陽電池等）の原理や特性を理解する。 |
|  |  | 15週 | 半導体の光電的性質とその応用素子② | 光電的効果を応用した種々の素子（発光ダイオード、半導体レーザー、EL発光素子等）について、理解を深める。                          |
|  |  | 16週 | 期末試験              | 学んだ知識の再確認と修正ができる。                                                             |

#### 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 | 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（演習・レポート） | 合計  |
|---------|----|----|------|----|---------|--------------|-----|
| 総合評価割合  | 70 | 0  | 0    | 0  | 0       | 30           | 100 |
| 基礎的能力   | 10 | 0  | 0    | 0  | 0       | 10           | 20  |
| 専門的能力   | 60 | 0  | 0    | 0  | 0       | 20           | 80  |
| 分野横断的能力 | 0  | 0  | 0    | 0  | 0       | 0            | 0   |