

平成21年度 シラバス	学年・期間・区分	5年次・通年・B群
	対象学科・専攻	電気電子工学科
電気電子材料 (Electrical and Electronic Materials)	担当教員	須田隆夫 (Suda, Takao)
	教員室	電気電子工学科棟3階 (tel 42-9070)
	E-Mail	suda@kagoshima-ct.ac.jp
教育形態 / 単位の種別 / 単位数	講義・演習(発表) / 学修単位[講義] / 2単位	
週あたりの学習時間と回数	〔授業(100分) + 自学自習(80分)〕 × 30回	
<p>〔本科目の目標〕多くの電気・電子材料それぞれについての知識を単に得ることより、むしろ物質の電気的性質(電気伝導、誘電性、磁性など)が発現する機構を、(1)比較的簡単な電磁気学的モデルから理解すること、さらに、(2)電子の波動性と物性との結びつきを理解すること、(3)それらの結果と現実の物質の特性との比較により、物質の電気的性質の本質を理解すること、を目標とする。また、身の回りの製品や自然科学現象へ普段から意識を向けること、それらについて資料を検索し調査する能力、調査結果をまとめ、人に伝える能力を発展させることを目指す。</p>		
<p>〔本科目の位置付け〕電気・電子工学において電子部品の特性を決定する材料の知識は重要であり、導電性材料、超伝導体、半導体、誘電体、磁性体について基礎的原理は必須と言える。本講義では別の科目で講義される半導体以外の各材料について、電気・電子工学的応用を視野に入れながら、原子や電子の古典的模型、粒子モデルを中心に、電子の波動性と粒子統計の結果を取り入れながら原理を学習する。力学及び電磁気学の基礎学力は必須である。</p>		
<p>〔学習上の留意点〕原理を理解するには、各種問題を自力で解くことが必要である。講義中に行った例題等については類題を小テストで行うので必ず復習すること。課題レポートは講義の中で出された課題を自学自習により解答し提出する。自由研究は、学生各自がテーマを設定し、参考書等を探索して調査結果をまとめ、3分程度の発表(ショートプレゼンテーション)とレポート提出を行なう。テーマは後期の当初に提出し、テーマの内容、調査方法等については個別に指導する。以上は全て評価の対称であることに留意する。</p>		
〔授業の内容〕		
授 業 項 目	時 限 数	授 業 項 目 に 対 す る 達 成 目 標
1. 電気電子材料で学ぶ内容と関連する基礎知識		
1.1 自由研究について	1	自由研究の意義、テーマの設定と研究の方向性、調査の手法について理解する。
1.2 新規電子デバイスと材料開発	1	青色LEDや、磁気抵抗素子など新規デバイスで使われている新材料と講義で学習する知識との関連を理解する。
1.3 電子と電磁波に関する基礎知識	2	電磁波の波動としての表現、進行波の合成、電磁波のエネルギーについて、また電磁波の粒子としての表現、黒体放射とプランクの量子仮説、アインシュタインの光電子理論の概要、 $E=h\nu$ であることを理解する。 ド・ブロイ波の概念を理解し、運動量をもつ電子の波長、波数が計算できる。
2. 電子の性質と物質の構造		
2.1 原子における電子	4	水素原子の単純なモデルに、ボーアの量子仮説と量子条件を適用して、電子が取り得る離散的なエネルギー状態を導出できる。 主量子数、方位量子数、磁気量子数、スピン量子数の意味、パウリの排他律を理解する。各量子数と周期表、s p d f軌道の関係、価電子について理解する。
2.2 固体における化学結合と電子のバンド構造	2	共有結合、イオン結合、金属結合、分子性結合、水素結合の性質、それぞれの結合からなる結晶や物質の名称、電気的な性質を理解する。 化学結合(ボンド)における価電子のエネルギー状態から固体におけるエネルギーバンドの概念を理解し、絶縁体と金属の電気伝導性について、ボンドとバンドそれぞれの観点から説明できる。
2.3 結晶構造と物質の性質	4	結晶構造 = 空間格子 + 単位構造であること、ブラベー格子、代表的な結晶構造について理解する。最密充填と原子充填率について理解する。 ミラー指数、X線回折法、ブラッグの条件について理解し、面指数から面間隔を計算できる。
--- 前期中間試験 ---		授業項目1.1~2.3について達成度を確認する。
3. 金属における伝導		
3.1 粒子の性質と統計関数	2	Maxwell-Boltzmann統計、Fermi-Dirac統計、Bose-Einstein統計の性質とそれぞれに従う粒子について理解する
3.2 金属中の自由電子	4	エネルギーバンドとフェルミレベル、フェルミエネルギー、仕事関数の関係を理解する。運動量(波数) - エネルギーによるバンドの表現を理解する。 運動量空間におけるフェルミ面とフェルミ速度、熱速度、電気伝導における平均速度の関係を理解する。 電子の波動性よりフェルミエネルギーと状態数の関係、状態密度を計算できる。
3.3 電気伝導	2	1粒子モデル、緩和時間近似モデルより電気伝導度の式の導出ができる。 衝突確率による統計的モデルより緩和時間と衝突時間が一致する事を理解する。
3.4 金属の固有抵抗と各種抵抗材料	4	電気抵抗の原因はポテンシャルの周期性の乱れであること、主要因は格子振動であり、温度により増大すること、Matthiessenの法則が成り立つことを理解する。 抵抗温度係数、導線材料の規格、抵抗用合金の種類について理解する。
< 次項へ続く >		< 次項へ続く >

<p style="text-align: center;">＜前項からの続き＞</p> <p>3.5 ジュール熱と金属の熱伝導</p> <p style="text-align: center;">--- 前期末試験 ---</p> <p>4. 超伝導</p> <p>4.1 超伝導現象の概要</p> <p>4.2 第2種超伝導</p> <p>4.3 BSC理論の概要</p> <p>4.4 超伝導応用技術</p> <p>5. 誘電体</p> <p>5.1 静電界における分極と誘電率</p> <p>5.2 交流電界における誘電体</p> <p style="text-align: center;">--- 後期中間試験 ---</p> <p>5.3 強誘電体</p> <p style="text-align: center;">自由研究 ショートプレゼンテーション</p> <p>6. 物質の磁性</p> <p>6.1 磁性の種類とその原因</p> <p>6.2 強磁性体の性質</p> <p>6.3 反強磁性・フェリ磁性</p> <p>6.4 磁性体の応用</p> <p style="text-align: center;">--- 後期期末試験 --- 試験答案の返却・解説</p>	<p>4</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>2</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>	<p style="text-align: center;">＜前項からの続き＞</p> <p>1粒子モデルによるジュール熱の導出が出来ること。一般的なモデルによる比熱と熱伝導度の関係を理解する。電子比熱の意味を理解し、格子振動と電子による熱伝導があり、電子による伝導が支配的である理由と、Wiedemann-Franzの法則を理解する。 授業項目3.1～3.5について達成度を確認する。 *** 自由研究のテーマ提出 ***</p> <p>抵抗消失、完全反磁性（マイスナー効果）を理解する。温度、磁界と超伝導領域、臨界温度、臨界磁界について理解する。</p> <p>第1種と第2種の違い、上部臨界磁界、下部臨界磁界、渦糸構造、磁束の量子化について理解する。 超伝導体内への磁界の侵入と、渦糸の状態と侵入長について理解する。コヒーレンス長の意味、侵入長とコヒーレンス長の比と第1種、第2種超伝導の関係について理解し、コヒーレンス長から上部臨界磁界を計算できる。 2流体モデルとロンドン方程式について理解する。</p> <p>クーパーペアの形成とBose凝縮の概要について理解する。 超伝導ギャップとトンネル効果、ジョセフソン接合について理解する。</p> <p>超伝導マグネット、磁気浮上、ジョセフソン素子、SQUID等の概要を理解する。磁束の流動とピン止めの重要性を理解する。 高温超伝導体の発見から現在に至る状況について理解する。</p> <p>電気双極子モーメントと分極の関係、非線形、異方性について理解する。電磁気学的モデルにより電子分極率を導出できる。 配向分極を持つ物質を知り、統計熱力学モデルからランジュバン関数が導出されることを理解する。イオン分極、界面分極を定性的に理解する。 ローレンツの局所場理論により均一物質の内部電界定数=1/3を理解する。 Clausius-Mossottiの式を導出できる。</p> <p>分極の発生に遅れがある場合、複素比誘電率で表わされることを理解する。 電子分極、イオン分極、配向分極それぞれの周波数依存性（共鳴型モデル、緩和型モデル）と、追従できる周波数の上限が異なることを理解する。 誘電体損を理解し、誘電正接と複素誘電率の関係から、等価回路による表現ができる。 授業項目4.1～5.2について達成度を確認する。</p> <p>強誘電体のED特性、自発分極の発生、誘電体の磁区構造について理解する。 キュリー温度とキュリーワイスの法則について理解する。 代表的な強誘電体の性質と応用例について理解する。</p> <p>口頭発表における各種留意点、スライド作成の留意点など理解する。</p> <p>反磁性、常磁性、強磁性、反強磁性、フェリ磁性の特徴と代表的な物質を理解する。ボーア磁子、電子のスピン、核磁子、フントの規則による原子の磁気モーメントの決定を理解する。古典原子モデルによる反磁性、ランジュバン、パウリの常磁性の概要を理解する。</p> <p>磁区と磁壁、磁壁の移動と磁化曲線との関係、残留磁束密度、保持力を理解する。 強磁性が発現する原因である交換相互作用の意味ならびにキュリー温度と強磁性の消失について理解する。</p> <p>反強磁性、フェリ磁性材料の構造とその特性を理解する。 軟磁性、硬磁性材料とその応用について理解する。磁気記録の原理について理解する。 授業項目5.3～6.4について達成度を確認する。 各試験において誤った部分を理解する</p>
<p>[教科書] 酒井善雄著「電気物性学」(森北出版)</p> <p>[参考書・補助教材] 川辺・平木・岩見著「基礎電子物性工学」(コロナ社) 阿部龍蔵著 「電気伝導」(培風館)、一ノ瀬昇著「電気電子機能材料」(オーム社)</p>		
<p>[成績評価の基準] 中間・期末試験(50%) + 小テスト(20%) + 課題レポート(10%) + 自由研究(20%) 自由研究の評価は発表(ショートプレゼンテーション)と自由研究レポートを合わせたものとする。</p>		
<p>[本科(準学士課程)の学習教育目標との関連] 3-c [教育プログラムの学習・教育目標との関連] 3-3 [JABEEとの関連] (d)(1)</p>		