

電 気 材 料

目 次

第1章 電気材料の特質

| | |
|------------------------|---|
| 1. 1 電気材料の知識の必要性 | 1 |
| 1. 2 電気材料の特殊性 | 2 |
| 1. 3 電気技術者としての対策 | 2 |
| 1. 4 電気材料の分類 | 3 |
| 1. 5 摘 要 | 4 |
| 1. 6 問 題 | 4 |

第2章 電気材料の基礎

| | |
|------------------------|----|
| 2. 1 総 説 | 5 |
| 2. 2 ボーアの原子模型 | 5 |
| 2. 2. 1 物質の構成因子 | 5 |
| 2. 2. 2 原子構造の模型 | 5 |
| 2. 2. 3 水素原子の模型 | 5 |
| 2. 2. 4 エネルギー準位 | 6 |
| 2. 3 模型を用いない表現 | 7 |
| 2. 3. 1 量子数による表現 | 7 |
| 2. 3. 2 バウリの禁制律 | 8 |
| 2. 4 分子の形成 | 9 |
| 2. 4. 1 イオン結合 | 9 |
| 2. 4. 2 共有結合 | 10 |
| 2. 5 分子の形態 | 11 |
| 2. 5. 1 原子間隔 | 11 |
| 2. 5. 2 対称性と非対称性 | 11 |
| 2. 5. 3 結晶質と非晶質 | 12 |

| | |
|---|----|
| 結晶質—非晶質 | |
| 2. 5. 4 高分子化合物 | 14 |
| 2. 6 導体 および 抵抗体 | 15 |
| 2. 6. 1 気体の電気伝導 | 15 |
| 2. 6. 2 溶液の電気伝導 | 15 |
| 溶液と電離—電離度と比誘電率との関係—イオン絶体速度—イオン速度の温度係数—電解液の抵抗の温度係数 | |
| 2. 6. 3 固体の電気伝導 | 16 |
| 導体と絶縁物—金属の電気的性質 | |
| 2. 6. 4 接触面における電気伝導 | 25 |
| 接触抵抗 | |
| 2. 7 半導体 | 28 |
| 2. 7. 1 基礎的性質 | 28 |
| 半導体の定義—電子と正孔—半導体中の不純物—半導体のエネルギー準位図—キャリアとその運動 | |
| 2. 7. 2 整流現象 | 35 |
| 2. 7. 3 光電現象 | 39 |
| 内部光電効果—障壁光電効果—電界発光 | |
| 2. 7. 4 トランジスタ作用 | 41 |
| 点接触形トランジスター—接合形トランジスター | |
| 2. 7. 5 熱電気現象 | 43 |
| 2. 7. 6 磁界による効果 | 45 |
| 2. 8 誘電体 | 46 |
| 2. 8. 1 誘電体の電気伝導 | 46 |
| 固体誘電体を流れる電流—誘電体吸収—誘電体における電荷の移動—表面漏れ電流 | |
| 2. 8. 2 誘電分極 | 49 |
| 誘電体の分極現象—分極の機構—双極子分極 | |
| 2. 8. 3 強誘電体 | 52 |
| 強誘電体の分極—強誘電体の誘電率—反強誘電体—強誘電体の構造・性質 | |
| 2. 8. 4 誘電損 | 55 |

誘電損の定義—誘電損とその作用—誘電損の発生機構—複合誘電体における損失—誘電体が混在する場合

| | |
|--------------------------|----|
| 2. 8. 5 絶縁破壊 | 61 |
| 破壊電圧—気体絶縁物の破壊—固体絶縁物の破壊 | |
| 2. 9 磁性体 | 66 |
| 2. 9. 1 物質の磁性 | 66 |
| 2. 9. 2 強磁性の根源 | 66 |
| 原子の磁気モーメント—磁区—磁化による磁区の変化 | |
| 2. 9. 3 強磁性体の磁化 | 69 |
| 磁化特性 | |
| 2. 9. 4 鉄損 | 71 |
| 磁気ヒステリシス—うず電流損—粘性損 | |
| 2. 9. 5 強磁性半導体 | 73 |
| スピンの配列—フェライト | |
| 2. 9. 6 永久磁石 | 75 |
| エネルギー積—反磁化力 | |
| 2. 9. 7 磁気ひずみ | 77 |
| 2. 10 摘要 | 78 |
| 2. 11 問題 | 80 |

第3章 電気材料概論

| | |
|-----------------------------------|----|
| 3. 1 導電材料 | 82 |
| 3. 1. 1 導電材料概説 | 82 |
| 導電材料の定義—導電材料の電気的性質—導電材料として具備すべき条件 | |
| 3. 1. 2 銅 | 85 |
| 3. 1. 3 銅合金 | 87 |
| 銅カドミウム合金線—銅—すず合金線—銅ニッケル—けい素合金線 | |
| —銅ベリリウム合金線—その他の銅合金線 | |
| 3. 1. 4 アルミニウム | 89 |
| 3. 1. 5 アルミニウム合金 | 90 |

| | |
|--|-----|
| 3. 2 抵抗材料 | 91 |
| 3. 2. 1 抵抗材料概説 | 91 |
| 3. 2. 2 金属抵抗材料 | 91 |
| 銅を主成分としたもの—ニッケルを主成分としたもの—鉄を主成分としたもの—その他の金属抵抗材料 | |
| 3. 2. 3 非金属抵抗材料 | 98 |
| 水—炭素—炭化けい素 | |
| 3. 2. 4 薄膜抵抗材料 | 100 |
| 金属薄膜—炭素皮膜 | |
| 3. 3 半導体材料 | 101 |
| 3. 3. 1 概説 | 101 |
| 半導体材料の種類—精製—単結晶の作成 | |
| 3. 3. 2 特殊抵抗材料 | 105 |
| サーミスタ材料—パリスタ | |
| 3. 3. 3 整流体材料 | 107 |
| 多結晶整流体—単結晶整流体 | |
| 3. 3. 4 光電材料 | 112 |
| 光伝導材料—障壁光電池—電界発光材料 | |
| 3. 3. 5 ワンジスタ材料 | 113 |
| ダイオード—点接触形トランジスター—接合形トランジスタ | |
| 3. 3. 6 热電効果材料, 磁界効果材料など | 115 |
| 热電効果材料—磁界効果材料 | |
| 3. 4 絶縁材料 | 117 |
| 3. 4. 1 概説 | 117 |
| 絶縁材料の分類—絶縁材料の特性—温度の電気的特性—湿度と電気的性質—耐熱性と寿命 | |
| 3. 4. 2 気体絶縁材料 | 123 |
| 空気—水素—窒素—アルゴン—フレオン—六ふっ化いおう | |
| 3. 4. 3 液体絶縁材料 | 125 |
| 液体絶縁材料の分類—植物性油—鉱油 | |
| 3. 4. 4 無機固体絶縁材料 | 128 |

| | |
|--|-----|
| 天然無機固体絶縁物—人造無機固体絶縁物 | |
| 3. 4. 5 有機固体絶縁材料 | 139 |
| 天然有機固体絶縁物—人造有機固体絶縁物 | |
| 3. 4. 6 混成絶縁材料 | 151 |
| 有機液状混成材料—有機固体混成材料 | |
| 3. 5 磁気材料 | 158 |
| 3. 5. 1 総説 | 158 |
| 概説—磁気材料の分類—磁気特性値の相互関係 | |
| 3. 5. 2 鉄および鋼 | 160 |
| 純鉄—炭素鋼・铸鐵—合金鋼 | |
| 3. 5. 3 けい素鋼 | 163 |
| けい素鋼の性質—熱圧延けい素鋼板—方向性けい素鋼帶 | |
| 3. 5. 4 圧粉心 | 169 |
| 圧粉心の意義—圧粉心に用いられる金属材料—圧粉心の性質 | |
| 3. 5. 5 フェライト | 172 |
| 分子式—製法—用途 | |
| 3. 5. 6 高透磁率材料 | 173 |
| 3. 5. 7 永久磁石材料 | 175 |
| 永久磁石材料として具有すべき条件—磁石の安定性—磁化（着磁）—永久磁石材料 | |
| 3. 5. 8 その他の磁気材料 | 183 |
| 定透磁率材料—長方形ヒステリシス曲線材料—整磁材料—磁気ひずみ材料—磁気録音材料—非磁性鉄鋼材料 | |
| 3. 6 特殊材料 | 188 |
| 3. 6. 1 物理現象を電気現象にかえる材料 | 188 |
| ボロメータ材料—熱電気材料—光電材料—熱電子放射材料—二次電子材料—感磁気材料—圧電材料 | |
| 3. 6. 2 電気現象を物理現象に変える材料 | 195 |
| 発熱材料—発光材料 | |
| 3. 6. 3 調節材料、保安材料 | 201 |
| ヒューズ材料—バイメタル材料—避雷器材料 | |
| 3. 6. 4 接着材料・気密材料・排気材料 | 204 |

| | |
|---|-----|
| ガラスと金属との接着—磁器と金属との接着—金属間の接着—パッキン材料—ゲッター—真空油 | |
| 3. 6. 5 機械素子材料 | 207 |
| 開閉接触材料—すり接触材料—電極材料—プリント回路—保護管—耐アーケーク材料—消アーケーク材料—冷却材料—防湿材料—ばね材料—軸受材料 | |
| 3. 7 摘 要 | 216 |
| 3. 8 問 題 | 222 |

第4章 機種別に見た電気材料の使われ方

| | |
|--|-----|
| 4. 1 電線およびケーブル | 227 |
| 4. 1. 1 裸電線 | 227 |
| 4. 1. 2 絶縁電線 | 229 |
| 絶縁電線の種類と性質—綿巻線・綿絶縁電線— 600V ゴム絶縁電線—屋内コード—キャブタイヤケーブル—600V ビニル電線—器具用ビニルコード—絶縁電線の許容電流 | |
| 4. 1. 3 電力ケーブル | 234 |
| 電力ケーブルの種類—電力ケーブルの性質—電力ケーブルの試験 | |
| 4. 1. 4 通信用ケーブル | 240 |
| 通信用ケーブルの種類—通信用ケーブルの性質—高周波電線の特性 | |
| 4. 2 電気機器材料 | 248 |
| 4. 2. 1 回転電機材料 | 248 |
| 継鉄—主磁極—補極—軸受—電機子—整流子—ブラシ保持器—ブラシ—歯車装置 | |
| 4. 2. 2 変圧器材料 | 252 |
| 内鉄形変圧器材料—外鉄形変圧器材料—巻鉄心形変圧器材料 | |
| 4. 3 真空管材料 | 254 |
| 4. 3. 1 陽極材料 | 254 |
| 陽極材料の具備条件—ニッケル—モリブデン—銅—黒鉛—タンタラム—鉄 | |
| 4. 3. 2 陰極材料 | 255 |
| 陰極材料の具備条件—タンクスチーン—トリウムタンクスチーン—酸化物陰極—その他 | |

| | |
|--------------------------------|-----|
| 4. 3. 3 格子材料 | 257 |
| モリブデン一タングステンニッケル・RG線・銀-銅合金線-黒鉛 | |
| 4. 4 摘要 | 257 |
| 4. 5 問題 | 258 |

第5章 材料試験法の原理

| | |
|---|-----|
| 5. 1 電気的試験 | 260 |
| 5. 1. 1 電気抵抗試験 | 260 |
| 電気抵抗試験の意義—導体材料の抵抗試験—抵抗材料の抵抗試験 | |
| 5. 1. 2 絶縁抵抗試験 | 263 |
| 絶縁抵抗試験の意義—電源および充電時間—試料および電極—代表的な絶縁抵抗測定法 | |
| 5. 1. 3 絶縁耐力試験 | 270 |
| 絶縁耐力試験の意義—試料と電極—固体試料の場合の周囲の媒質—電圧印加—試験回数 | |
| 5. 1. 4 誘電正接および比誘電率試験 | 272 |
| 誘電正接および比誘電率試験の意義—試料と電極—試験方法 | |
| 5. 1. 5 耐アーキ性試験 | 285 |
| 耐アーキ性試験の意義—試験方法 | |
| 5. 1. 6 金属抵抗材料の熱起電力試験 | 286 |
| 5. 1. 7 電熱線の寿命試験 | 287 |
| 5. 1. 8 絶縁材料の耐コロナ試験 | 287 |
| 耐コロナ試験の意義—試験方法 | |
| 5. 2 磁気的試験 | 289 |
| 5. 2. 1 磁気的試験の意義 | 289 |
| 5. 2. 2 磁力計による試験法 | 289 |
| 5. 2. 3 衝撃検流計または磁束計による試験法 | 291 |
| 衝撃検流計および磁束計—環状試料試験法—開磁路試験法—閉磁路試験法 | |
| 5. 2. 4 永久磁石材料の試験法 | 295 |
| 5. 2. 5 低透磁率材料の試験法 | 297 |
| 衝撃検流計による試験法—吸引力による試験法 | |

| | |
|---|-----|
| 5. 2. 6 直流自記磁束計による試験法 | 298 |
| 5. 2. 7 低周波の交流磁化特性および鉄損試験法 | 299 |
| 5. 2. 8 交流ブリッジによる試験法 | 300 |
| 5. 2. 9 交流ヒステリシス曲線の試験法 | 302 |
| ベクトル計による試験法—積分回路を用いる試験法 | |
| 5. 3 物理的試験 | 304 |
| 5. 3. 1 物理的試験の意義 | 304 |
| 5. 3. 2 各種試験 | 304 |
| 厚さ—比重—吸水量—水分—吸水度—透湿度—気密度—透気度—かたさ—粘度—針入度—流動性—粘着性—接着力—引張り強さと伸び—永久伸び—圧縮率—耐圧縮—曲げ強さ—衝撃—へき開—耐曲げ性—巻付性—マイカ含有量—液体の膨張係数—固体の熱膨張—耐熱性—耐湿熱性—耐燃性—粘着力—軟化点—流動点—耐寒性—引火点—不揮発分—灰分—蒸発減量—乾燥時間 | |
| 5. 4 化学試験 | 310 |
| 5. 4. 1 化学的試験の意義 | 311 |
| 5. 4. 2 各種試験 | 311 |
| 全酸価—よう素価—酸価—腐食性—耐油性—耐酸性—安定性—ポットライフ—塩素含有量—耐アセトン性—過マンガン酸カリウム消費量 | |
| 5. 5 摘要 | 314 |
| 5. 6 問題 | 314 |
| 索引 | 317 |