

(1) 金属と半導体の違いをバンド構造の概念を用いて説明しなさい。

ポイント：

- ・電子がフェルミ粒子であるために、様々なエネルギー状態を持つ電子の集合体を考える。
- ・物質中で自由電子と見なせる場合、電場がない状態ではあらゆる方向の運動量を持つ電子の集合なので、平均的に電荷の移動は無いが、電場を加えた場合はそれが無限小の電場であっても電場方向の運動量成分を持つ電子が増加し、電荷の移動即ち電流の生成が見られる→金属
- ・物質中の電子が、イオン殻の周期ポテンシャルを受ける場合には電子波動関数のエネルギーが分裂し、電子が存在できない禁制帯が生じる。半導体の場合は禁制帯の下にある価電子帯に電子が完全に詰まっており、わずかな電場では禁制帯への励起しかできないため、事実上、電子の運動量の電場方向成分は増加しない。そのため、電気伝導は見られない。ただし、この禁制帯を超えるような熱や光エネルギーを加えることにより、電子が伝導体へと励起され伝導性が表れる→半導体（絶縁体）

(2) 金属酸化物や有機物など、通常は伝導性がないと考えられる物質に対して伝導性を発生させる方法について、具体例を挙げて説明しなさい。

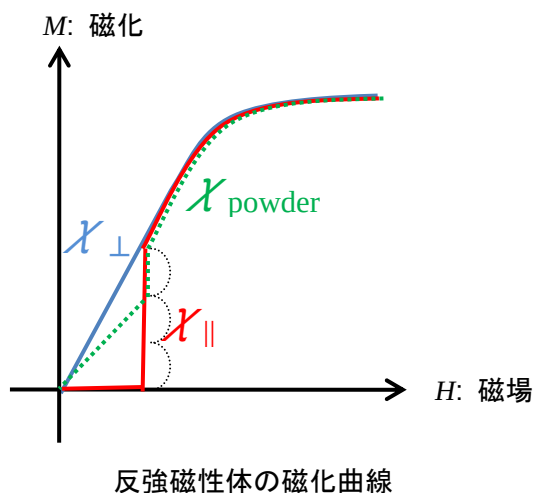
ポイント：

- ・酸化インジウムスズ (ITO) など、酸化物に対するドーピング
- ・ダイヤモンドに対するドーピング
- ・ヨウ素に対する高圧印加による金属伝導性発現
- ・有機伝導体における部分酸化

(3) 反強磁性体は、反強磁性磁化の向きに対する磁場の方向に依存して、磁場の強さと磁化の大きさの相関が決まることを講義で述べました（右図）。このとき、もしもサンプルが粉末で、磁化が磁場に対して完全にランダムに並んでいる状況だったら、総合的な磁化の磁場依存性はどのような挙動になるか、右図を参考に考察しなさい（講義では話していません）。

ポイント：

- ・3次元空間では反強磁性磁化の向きに対して、平行成分は1成分、垂直成分は2成分ある（例えば磁化がz軸を向いていれば平行がzの1成分、垂直がx, yの2成分）そのため、これらの足し合わせとなることが予想されるので、右図の緑破線の通り。



(4) レーザー発振の原理を説明しなさい。

ポイント：

- ・励起光で励起された電子が緩和した後、基底状態とは禁制の関係にあるトラップ準位にしばらくとどまる（反転分布とか負温度の概念が説明できるとなお良い）。
- ・そこにトラップ準位－基底準位間のエネルギーに等しい誘導光が入ると、誘導放射で電子が基底状態に落ちると同時に発光強度が増す。
- ・この過程を繰り返すことで、単一波長、単一位相の光の強度が増幅される

(5) 第一種超伝導体と第二種超伝導体の違いについて説明しなさい。

ポイント：

- ・第一種超伝導体では、臨界磁場を超えると突然超伝導性を失う。また、一般に臨界磁場は第二種超伝導体に比べて低い。
- ・第二種超伝導体では、下部臨界磁場と上部臨界磁場を持ち、下部臨界磁場を超える磁場下では部分的に超伝導相が破れて磁束を通過させることのできる常伝導相が現れ渦糸状態を形成し、超伝導相全体が破れることはない。この性質により上部臨界磁場に至るまで超伝導的性質を示し続ける。