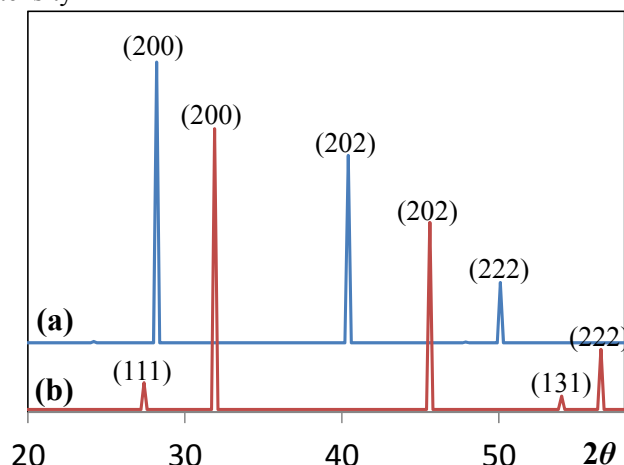


(1) 右図(a), (b)は同形構造を取る NaCl あるいは KCl

の粉末 X 線回折データの模式図である。(a), (b)それぞれ、NaCl と KCl のどちらのデータであるか、(i)現れているピークの数と構造因子、(ii)同じミラー指数を持つピークの 2θ 角の大小とブラッグの条件 $2d \cdot \sin \theta = n\lambda$ の関係の二つの観点から根拠を述べたうえで、正しい組み合わせを答えなさい。(15 点)



(a) 構造因子の観点からは、異種の原子からなる周期構造を考えた場合、一般的には原子 A が形成する面からの散乱と原子 B

が形成する面からの散乱が、強め合う条件と弱めあう条件とが存在するが、KCl の場合は K^+ と Cl^- が等電子構造のため、概ね電子数に依存する散乱強度は、 K^+ と Cl^- でほぼ等しくなってしまう、弱めあう条件の時にほとんどピークが消失してしまう。よって同形構造だとしても、NaCl に比べて見かけ上のピーク数は減少する。よって、(b)と比べていくつかのピークが消失している(a)は KCl と考えられる。

(b) 同じミラー指数の散乱同士を比べると、(a)のピークは(b)よりも低角側にピークがある。ブラッグの条件式から、一次回折を取ることにして $n=1$ 、さらに X 線の波長 λ が一定とすると、面間隔 d は $\sin \theta$ に反比例する。すなわち、 θ が小さいということは、同種の面間隔が大きいことを示唆する。よって低角側の(a)は、原子半径の大きさを反映して面間隔が大きいと考えられる KCl と結論できる。

(2) 以下の文脈の「半導体」を 2 種類に分類し、どのような観点で分類したか説明しなさい。(10 点)

- (a) 金属伝導体、半導体、超伝導体の伝導機構は各々異なっている。
- (b) スマートフォンは半導体の塊だ。
- (c) 日本の半導体は近年世界市場で苦戦している。
- (d) 半導体的挙動において、抵抗率は低温になるにしたがって増加する。
- (e) PN 接合で形成される半導体は電流を一方向に流す性質がある。

- ・ (a)(d) : 物理的性質として、伝導機構のひとつを指している。
- ・ (b)(c)(e) : 工学的な半導体素子を指している。

- (3) 表の上部に書いてある磁性体について、左端の要素・性質を通常持つあるいは示す場合は「○」、持たないあるいは示さない場合は「×」、無関係だったり必ずしもどちらかに決まらなかったりする場合は「△」と書いて表を完成させなさい。ただし講義で紹介した以外の知識を前提に解答する場合は、そのように判断した根拠も説明すること。(15 点)

	反磁性体	常磁性体	強磁性体	反強磁性体
磁気履歴現象	×	×	○	×
自発磁化	×	×	○	×
スピン間相互作用	×	×	○	○
配位子場分裂	△	△	△	△
不対電子	×	○	○	○

- (4) チタン酸バリウム(BaTiO_3)や亜硝酸ナトリウム(NaNO_2)は、「変位型」あるいは「秩序-無秩序型」といった別々の機構で強誘電性を示す。二つの機構を簡単に説明し、各々の物質と強誘電機構を対応させなさい (15 点)。

BaTiO_3 : 正負の各イオンが、常誘電の平衡位置から互いに逆にずれることで生じる、変位型の強誘電挙動を示す。

NaNO_2 : 常誘電時にはランダムな方向に配列している、永久双極子モーメントを持つ NO_2^- が、転移温度以下でモーメントを整列させる形で同じ向きに配向することで生じる、秩序-無秩序型の強誘電挙動を示す。

- (5) (ア)～(オ)に当てはまる用語を選択肢から選び、正しい文を完成させ、「(ア) 引力的」のように解答しなさい。

「超伝導現象は、2 つの電子同士に (ア) を介した (イ) な相互作用が働くことで、電子が (ウ) を形成し集団的に凝縮することで起こると考えられている。特徴的な振る舞いとして、ゼロ抵抗や (エ) (マイスナー効果) が見られる。 (エ) は大きな磁場によって消失するが、 (オ) では渦糸状態を形成し、比較的高磁場まで超伝導状態が持続する」

用語：引力的、完全反磁性、軌道反磁性、キュリー定数、クーパー対、結晶格子、斥力的、第一種超伝導体、第二種超伝導体、超常磁性、電子間反発、ミラー指数、臨界磁場、ワイス温度 (10 点)

「超伝導現象は、2 つの電子同士に (ア) 結晶格子 を介した (イ) 引力的 な相互作用が働くことで、電子が (ウ) クーパー対 を形成し集団的に凝縮することで起こると考えられている。特徴的な振る舞いとして、ゼロ抵抗や (エ) 完全反磁性 (マイスナー効果) が見られる。 (エ) 完全反磁性 は大きな磁場によって消失するが、 (オ) 第二種超伝導体 では渦糸状態を形成し、比較的高磁場まで超伝導状態が持続する」