

無機固体化学

講師：神谷利夫

所属：東京工業大学 応用セラミックス研究所
住所：〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259
メールボックス R3-4
居室：すずかけ台キャンパス J1 棟 6 階 615
電話：045-924-5357
E-Mail: tkamiya@mssl.titech.ac.jp
ホームページ：http://lucid.mssl.titech.ac.jp/

最初に確認：材料科学・材料工学の目的

・物質と材料の違い：

人に役に立ってはじめて「材料」

趣味の研究：物質科学、固体物理学

材料の研究：材料工学、材料科学、物質工学

「役に立つ製品・道具」を作るのに必要な材料をつくるための技術・知識を創り出す

授業のねらい・目的

目的：機能セラミックス材料の開発(設計)および化学合成に必要な基礎知識を習得する。

内容：セラミックスの化学結合、結晶構造、電子のエネルギー準位と電気・磁気機能との関係について学習する。

- ・セラミックスの多機能性：階層的な構造
 - ・最も小さい構成要素であるイオンの種類
 - ・それらを結ぶ化学結合
 - ・イオンが集まって構成する結晶構造
 - ・結晶が集まって形成する微構造

授業予定

- 4/7 第1回 セラミックスとその内部にある結合と性質
- 4/14 第2回 化学反応と簡単な相図の見方
- 4/21 第3回 結合の種類と結晶構造
- 4/28 第4回 結晶構造とマーデルングポテンシャル
- 5/5 祭日
- 5/12 第5回 X線回折と結晶構造解析
- 5/19 第6回 電気伝導特性Ⅰ
- 5/26 清陵祭準備日
- 6/2 第7回 電気伝導特性Ⅱ
- 6/9 第8回 誘電特性Ⅰ
- 6/16 第9回 誘電特性Ⅱ
- 6/23 第10回 磁気特性Ⅰ
- 6/30 第11回 磁気特性Ⅱ
- 7/7 第12回 その他の物性：超伝導特性など

7/14 第13回 まとめ

7/21,28 予備日、試験(未定)

成績の評価原則

(i) 毎回出席を取ります。

(ii) 毎回レポート課題を出します。

用紙：A4 用紙 1 枚

書式：所属学科、学年、学籍番号、氏名を上部に書く。

課題：第1問：講義の終わりに出された課題

第2問：講義に関する質問、意見、感想、要望など

評価：要点を簡潔に記述していることを重要視。冗長な記述は減点。

第1問に関しては、講義に関連するが講義外のことについて調べたものに対して加点する。

- ・講義の最初に前回のレポート課題を集め、出席簿の代わりにします。

正当な理由のない遅刻は認めません。

(iii) 全講義終了後、試験を行うか、あるいは全講義内容に関するレポート課題を出します。

成績は、(i)~(iii)の総合点から評価します。

(i)~(iii)のすべてで合格点を満足してください。

第1回 セラミックスとその内部にある結合と性質 (イントロダクション：セラミックスの機能)

セラミックス材料の区分例 1

1. 構造セラミックス

- ・ 製品の形態を維持する (広義では、これも「機能」であるが・・・)
コンクリート、鉄骨、ガラス

2. 機能セラミックス

- ・ 形態をつくるだけでなく、付加的な機能(電気・磁気・光)を持つ
- 受動機能素子： 電気を流す、電気をためる、光を通すなど、それ自体では新しい作用を引き起こさない
 - ・ 電線、静電容量、光ファイバ
 - 金属、絶縁体(酸化チタン)、透明材料(ガラス)
- 能動機能素子： 新しい作用を引き起こす機能
 - ・ 圧電素子、トランジスタ、ダイオード、センサ
 - 強誘電体、圧電体(チタン酸鉛)、半導体(シリコン、ガリウム砒素、酸化すず)

多くの機能デバイスが半導体を使って作られている

- トランジスタ (CPU, メモリーetc.) : Si
- ダイオード、発光素子、光センサー : Si, GaAs, InP, GaN
- 太陽電池 : Si, SiGe, GaAs, CuInSe
- 光触媒 : TiO₂
- 半導体の多く : 共有結合性 (あるいは強い共有結合性)
- 酸化物の多く : 構造材料
- 透明導電体 : 酸化物 (例 In₂O₃:Sn (ITO), SnO:F, ZnO:(Al,Ga))

- Q1: なぜ半導体がさまざまな機能をもてるのか?
- Q2: なぜ使われている多くの半導体は共有結合性なのか?
- Q3: なぜ酸化物には構造材料が多いのか? (<=本当か?)
- Q4: なぜ透明電極は酸化物なのか?

セラミックスの持つ機能

- 受動的な機能 : 絶縁体、静電容量、導電体
- 能動的な機能 : 圧電体、強誘電体(メモリー)、半導体(センサ)、光触媒、超撥水性
磁性体

- ・ 何が問題なのかを考えよう : 研究のモチベーション
- ・ どのような研究が進められているかを知ろう
- ・ どうやって解決していくのか
 - ・ 電気製品の動作原理を理解しよう : システム: 機械工学、電気工学
 - ・ 素子の動作原理を理解しよう : 電子デバイス: 電子工学
 - ・ 材料に必要なとされる特性を理解しよう : 電子デバイス: 材料工学、物質工学
 - ・ どうしたらより良い材料を使えるか考えよう : 材料設計: 材料科学、物質科学
- ・ 疑問を持とう
- ・ 発想を変えよう

材料の機能は何が決めているのか?

- ・ 構成元素?
- ・ 結晶構造、原子構造?
- ・ 微構造(結晶粒、粒界)?

想像しよう : おもしろいアプリケーションを見つけられますか?

疑問のまとめと答え（？）

- Q1: なぜ半導体がさまざまな機能をもてるのか？
金属、半導体、絶縁体の電子構造
- Q2: なぜ使われている多くの半導体は共有結合性なのか？
化学結合と電子構造（講義の範囲外）
- Q3: なぜ酸化物には構造材料が多いのか？（≦本当か？）
化学結合と機械物性（講義の範囲外）
- Q4: なぜ透明電極は酸化物なのか？
共有結合性半導体とイオン結合性半導体の電子構造
- Q7: なぜ構成元素が同じなのに、物性が全く違うのか
化学結合、結晶構造、電子構造と物性の関係
- Q9: なぜ組成、結晶構造が同じなのに、物性が違うのか
セラミックス（多結晶体）の微構造（講義の範囲外）

おわりに

- ・ いろいろなことに疑問を持つ
- ・ 疑問に思ったことを調べる : 学ぶ
- ・ 生活の中で不便に思うことを見つける
- ・ あったら面白い / 便利なものを考える : 想像
- ・ どうやったら改善できるか調べる : 学ぶ
- ・ 調べてもわからなかったら、新しいアイデアを試す : 研究
 - ・ 過去の本、論文、研究の歴史をきちんと学ぶ
 - ・ だが、鵜呑みにはしない : 疑う
 - ・ 基礎に立ち返って、自分の言葉で言いなおせるまで理解する

基礎(物理、化学、固体物理)をしっかり学びましょう。

第1回レポート課題

1.身の回りにある電気製品を一つ選び、次のことを調べなさい。

- ・その電気製品の中で 電気・磁気に関係する機能を担っている部品を探す。
- ・その部品の中で、部品の機能と主に関係する電気・誘電・磁気機能を担っている材料を選ぶ。
- ・その材料の機能とはどのような機能か、また、どのように、その材料の機能はその部品の機能を実現するために利用されているのか、述べよ。

発展問題(回答は不要。講義の中で答えが見つかるはず)

その材料の機能は、その材料のどのような構造(構成元素、結晶構造、電子構造など)に起因して発現しているものが、考えてみよう。

2. 講義に関する質問、疑問、感想、要望など

無機固体化学 第1回 出席簿 & 今日の問題

2006/6/7

所属学科、学年：

氏名：

問題（注意：簡潔に）

1. あなたの興味のある物質、材料はどのような種類のものですか。
また、それはなぜですか。
2. 物質、材料などについて疑問に思っていること、知りたいこと、あるいは、講義で取り上げて欲しいことがあったら書いてください（必須ではない）