東京都市大学　工学部　エネルギー化学科
固体材料化学研究室（無機材料化学）

強く、スマートなセラミックス材料を創り出す。

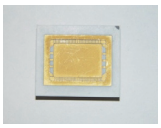
研究室のメンバー（2016年度）
- 講師: 小林 亮太
- 大学院生: 1名, 学部生: 5名, 研究生1名

★ 窒化アルミニウム（AlN）セラミックスの低温・短時間焼結と高信頼性化

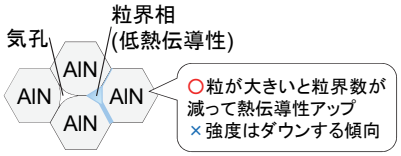
熱を良く伝えて電気は通さない高強度なセラミックスを省エネルギープロセスで製造する。

AlNの特徴と課題

- 熱伝導率が高い・・・金属アルミニウム並み
- 電気絶縁性に優れる・・・1 mm厚で1万Vに耐える
  - 半導体デバイス用の放熱絶縁基板に応用
- 酸化イットリウム(Y_2O_3)など焼結助剤を少量添加して焼結・・・1800℃の高温で数時間の焼結が必要
  - 低温・短時間焼結で熱伝導性や強度を出せるか？



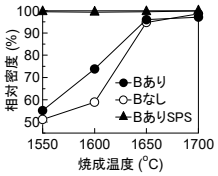
AlNセラミックス基板



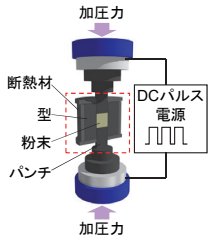
AlNセラミックスの内部構造と熱伝導性への影響

AlNの超低温・短時間焼結

- Y_2O_3-CaO系に微量のホウ素(B)を添加した低温焼結助剤を新たに開発
  - 従来より約200℃低温の1600~1650℃でも緻密化が可能
- 放電プラズマ焼結(SPS)を利用すると、1550℃以下でも完全に緻密化



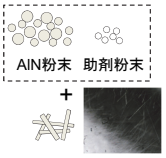
低温焼結助剤の効果



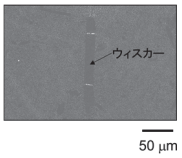
SPSの概略図

AlNセラミックスの組織制御

- 高純度で欠陥が少なく、強度や熱伝導性が高いAlNウィスカーを合成、原料に添加して焼結
  - 低温・短時間焼結でも熱伝導性を発揮
  - セラミックス全体の強度や信頼性も向上
- AlNウィスカーの方向を揃えることで、熱伝導性をある方向に高めることも可能



組織制御の方法



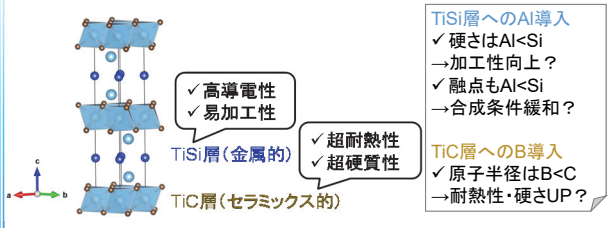
作製されたセラミックスの電子顕微鏡写真

★ 複合非酸化物セラミックスの創製と新規構造・機能材料への応用

三種類以上の元素を組み合わせ、高い耐環境性と特異な機能を持つ非酸化物材料を創る。

層状炭ホウ化物セラミックスの作製

- 層状炭化物Ti_3SiC_2・・・セラミックスだが金属的な性質も同居
  - ホウ素(B)など他元素を入れてさらに特性アップできる？
- 良質な試料の作製は意外に難しい・・・TiCやTi-Si合金が副生
  - 遊星ボールミルの使用、低融点のAlの添加、SPSの活用により解決可能



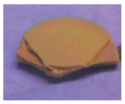
層状炭化物Ti_3SiC_2の構造と特性制御の方法

遊星ボールミル装置

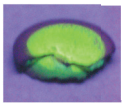
酸炭化物系蛍光体の合成

- 酸炭化アルミニウム(Al_2OC)・・・AlNのNをOとで置き換えた構造
  - 耐火物としてわずかに研究例があるのみ
- AlNと同様、構造中にユーロピウム(Eu)など発光イオンを導入することで、新たな蛍光体として展開することが可能
  - 構造の違いによる発光特性の変化(青色から緑色、一部試料は橙色)も確認

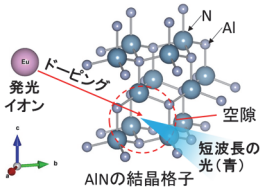
AlN蛍光体



AlN-Al_2OC蛍光体

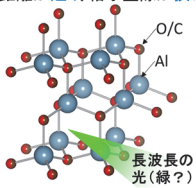


Al_2OC蛍光体



AlNの結晶格子

結合距離が短く、格子空隙が狭い



Al_2OCの結晶格子

結合距離が長く、網目空間が広い

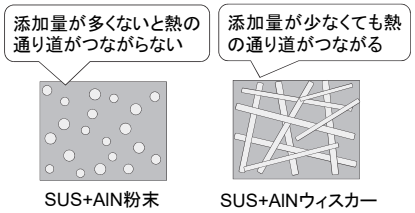
Al_2OCの結晶構造と蛍光体への応用

★ セラミックス-金属複合材料の開発と応用

セラミックスと金属をmmレベル～μmレベルで組み合わせ、両者の長所をあわせもつ材料を開発する。

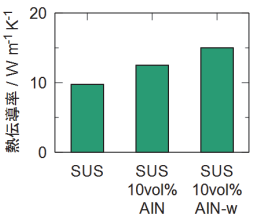
ステンレス-AlN複合材料の開発

- ステンレス(SUS)・・・強度や耐腐食性が高いが、熱伝導性は低い
- AlN・・・熱伝導性が高く、粉末・ウィスカーが入手可能
  - SUSにAlNをうまく分散させられれば、熱伝導性のアップが可能



SUS+AlN粉末　SUS+AlNウィスカー(AlN-w)

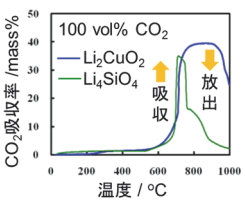
SUS-AlNコンポジットの微構造の模式図



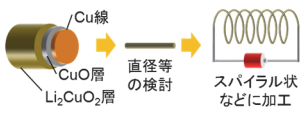
SUS-AlNコンポジットの熱伝導性

自己発熱型CO_2吸収材の開発

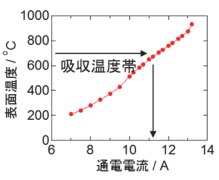
- リチウム銅酸化物(Li_2CuO_2)は1 gあたり0.4 gCO_2を吸収可能・・・CO_2吸収材として化学工業や医療分野で利用できる可能性あり
- 使用後は回収して電気炉で加熱・再生・・・手間がかかり電力も大量に消費
  - 通電発熱する金属Cu線上にLi_2CuO_2を形成させ、再生利用に適した形に



Li複合酸化物のCO_2吸収特性



自己発熱型CO_2吸収材の構造



Cu線(φ0.2)の通電発熱試験

メッセージ

開設されて3年目の比較的新しい研究室です。無機材料の中でも非酸化物セラミックス（炭化物や窒化物など）やセラミックス-金属複合材料の研究開発を中心に推進している、国内の化学系学科では珍しい研究グループの一つです。学内外との共同研究も積極的に進めており、所属する学生さんにも良い刺激となっています。