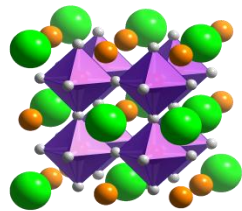


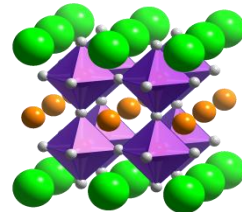
制御された格子欠陥を利用した 新規機能性物質の創製

機能創造理工学科
 桑原英樹、黒江晴彦
 物質生命理工学科
 板谷清司

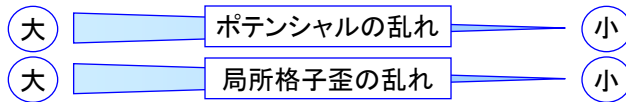
酸化物や窒化物の結晶格子には、格子不整合、元素の欠損、化学置換に起因する結晶構造の乱れなどの様々な格子欠陥が存在する。これらの格子欠陥は、酸化物、窒化物材料の電気・磁気特性、光学的特性に大きな影響を与える。従って、格子欠陥を意図的に制御することで、これらの機能性の改善や新たな機能の発現などが期待できる。



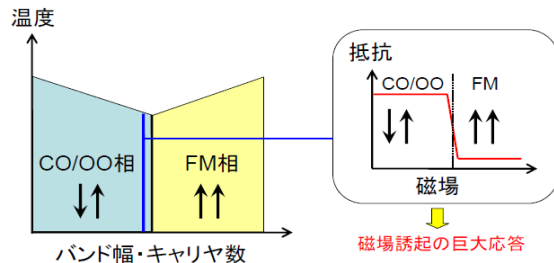
Aサイト無秩序型



Aサイト秩序型



強磁性金属相 (FM) と電荷・軌道整列絶縁体相 (CO/OO) の二重臨界状態の概念図



臨界点付近の絶縁体相に
磁場を印加

電荷・軌道整列絶縁体相から
強磁性金属相へと転移

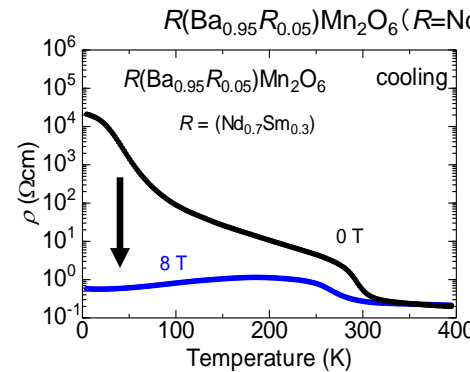
Aサイトの格子欠陥を利用したマンガン酸化物の機能性制御

本研究対象であるAサイト秩序型 $R\text{BaMn}_2\text{O}_6$ の電子相図においては、強磁性金属相 (FM)、電荷・軌道整列絶縁体相 (CO/OO)、A型反強磁性相 (AF(A)) が競合し室温付近で多重臨界的挙動を示す。また、それらの相転移温度が室温付近であるため記録デバイスなどへの応用化が期待されている。

格子欠陥を意図的に導入することにより、A型反強磁性相のみを破壊し、電荷・軌道整列絶縁体相と強磁性金属相の二重臨界状態を作り出す



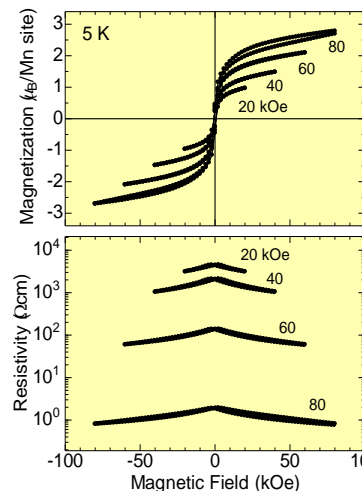
室温における磁場を利用した電荷・軌道整列絶縁体相から強磁性金属相へのスイッチング (室温巨大応答) の発現を期待



RサイトをNdとSmの2つの元素で構成することにより格子欠陥を精密に制御



室温付近での巨大応答の発現に成功 (特許出願中)



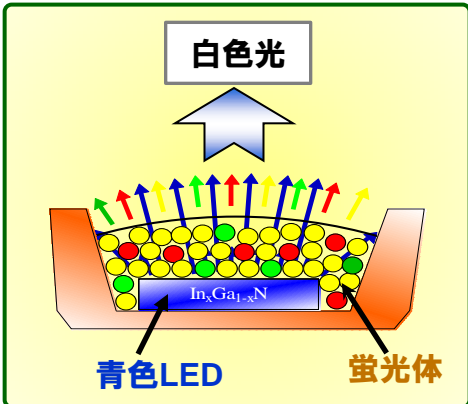
$R(\text{Ba}_{0.95}\text{R}_{0.05})\text{Mn}_2\text{O}_6$ ($R=\text{Nd}_{0.7}\text{Sm}_{0.3}$) の磁化および電気抵抗率のアニール磁場依存性

電荷・軌道整列絶縁体相と強磁性金属相の二相共存状態においてその分率をアニール磁場により制御



Aサイト格子欠陥の局所歪みに起因した強磁性金属クラスター量がアニール磁場で制御できる**磁気リラクサー**現象

格子欠陥を制御した新規蛍光体の開発



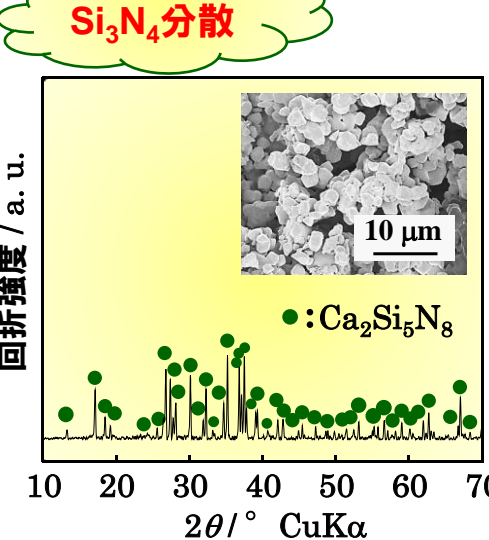
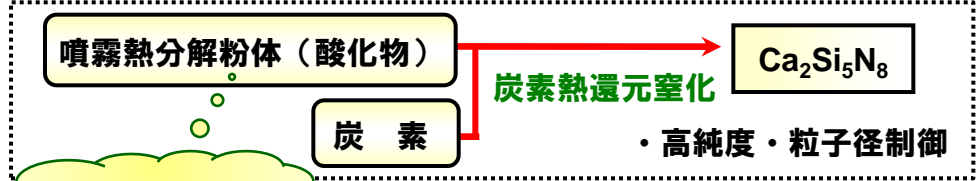
Ca₂Si₅N₈ : Eu²⁺

特徴 可視光吸収、長波長発光

問題点 高温処理に伴う焼結
形態、粒径の不均一性

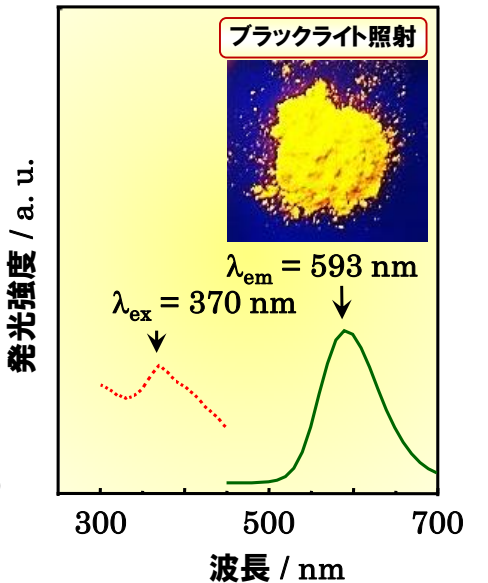
格子欠陥量の減少
(結晶性の向上)

新規合成法
粒子形態を制御した粉体の合成



噴霧熱分解-還元窒化により得た粉体のX線回折図とSEM写真

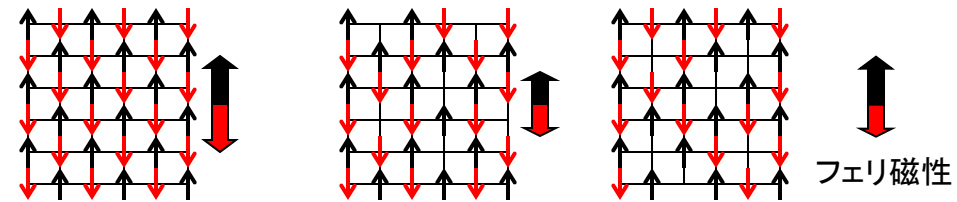
還元窒化条件: 2 h, N₂雰囲気



噴霧熱分解-還元窒化により得た粉体の励起・発光スペクトル

還元窒化条件: 1500°C, 2 h, N₂雰囲気

スピン欠陥のコントロール



反強磁性体

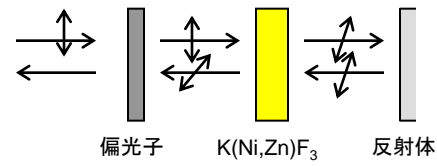
スピン欠陥のある反強磁性体

コントロールされたスピン欠陥のある反強磁性体

反強磁性体は同数の上向きスピンと下向きスピンがあるため磁化しない。スピン欠陥を導入してランダムにスピンを消した場合にも磁化しない。

スピン欠陥をコントロールして、下向きスピンだけを消すと、磁化が発現。この方法だと、「透明な強磁性秩序を持つ磁性体」の作成が可能で、光を一方方向に通す「光アイソレータ」への応用が期待される。

[Manaka et al., Appl. Phys. Lett. 92 (2008) 042501.]

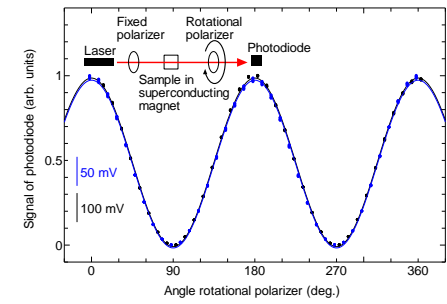


光アイソレータの原理
磁化した結晶を光が通過する際に光の偏光面が回転するため、反射光は偏光子によってカットされ、上流に戻らない。

ファラデー効果の観測系の試作

K(Ni,Zn)F₃ のファラデー効果を観測するために、光学測定用超伝導マグネットへの組み込みを前提にした、ファラデー効果の観測系を試作した。

測定に必要な角度分解能は 0.1° 程度である。これを実現させるために、装置の S/N 比を向上させることを試みたが、結局目標は達成できなかった。



ファラデー効果観測系の模式図と、得られたシグナル