



MAX相の革新的合成法

稲田 貢

システム理工学部 物理・応用物理学科
環境デバイス物理研究室

Point1

本研究の概要

ポストグラフェンとして様々な分野に応用が期待される二次元材料MXeneの前駆体である層状導電性セラミックスMAX相を安価に超高速で合成する装置を開発しました。

MXeneは大変注目されている材料でありながら国際的にも限られたグループで研究が勧められています。日本で販売しているのは1社のみで、他は海外のグループから購入するしかありません。これは一般にMAX層の合成には1500℃の高温で数時間の焼成や高圧などの特殊な装置が必要とされているからです。そこで本研究では誘電加熱と自己伝播高温合成を組み合わせることで、安価に、かつ、1分程度の短時間でMAX相が合成できる装置を開発しました。

Point2

応用可能な分野

MXeneは前周期遷移金属の炭化物または窒化物の総称で二次元ナノシート物質です。組成や表面の末端元素（分子）をカスタマイズすることで様々な分野への応用が期待されています。

エネルギー分野：二次電池電極、スーパーキャパシタ

環境分野：水素生成触媒、酸素生成触媒、浄水フィルタ、ガスセンサー

医療分野：バイオセンサー、制がん作用

基礎物理学分野：トポロジカル絶縁体、スピントロニクス

Point3

連携を希望する業種等

上記応用分野の事業を展開している企業との連携を希望します。また上記分野にこれから事業を展開する予定の企業とも連携によってMXeneの可能性の評価することを希望します。

また、本研究で開発したMAX相合成装置を改良し、ローコストで大量生産可能な合成装置の開発に関心のある企業との連携を希望します。

詳細な研究・技術シーズは次のページへ



MAX相の革新的合成法

用途・応用分野

- ・高温耐酸性、耐腐食性に優れた層状導電性セラミックス (MAX 相)
- ・ポストグラフェンと期待される二次元層状物質MXeneの前駆体材料
- ・スーパーキャパシタンス、バイオセンサー、環境センサー、水素ガス発生電極触媒材料

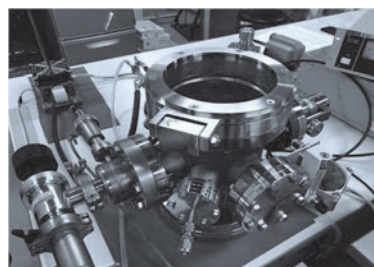
本技術の特徴・従来技術との比較

安価に且つ短時間でMAX相を合成できること、が本技術の特徴である。MAX相の合成には高温焼成炉や放電プラズマ焼結装置など高価な装置が必要とされており、このことがMAX相材料の普及や研究の妨げとなっていた。また合成時の長時間焼成による消費電力の大きさも課題となっていた。そこで安価で簡便な誘電加熱による自己伝播高温合成でMAX相を合成する装置を開発した。本合成法は装置が安価だけでなく、わずか1分未満の加熱でMAX相が合成できるため消費電力も小さい。

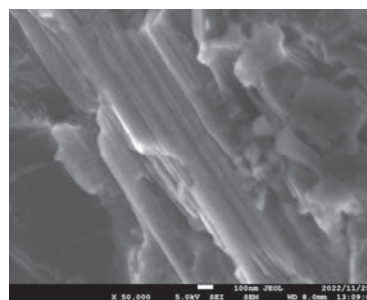
技術の概要

Ti_3AlC_2 や V_2AlC などの層状導電性セラミックスは原料粉末を 1500°C 程度で高温焼成することで合成されるが、 1500°C は簡単には達成できない温度である。しかし、急速加熱が可能な誘導加熱 (IH) 法を用いれば自己伝播高温合成で比較的簡単に合成できる可能性があることに気づいた。しかもIH法は一般家庭にも普及しており装置も安価に作製することができる。そこで、コイルと高周波発信器を組み込んだIH焼成チャンバーを作製した。この装置に調整・準備した試料をセットしMAX相の合成を試みたところ、IHの急速加熱により加熱開始からわずか1分たらずで自己伝播高温合成を引き起こすことに成功した。

生成した試料を分析したところ、典型的なMAX相である Ti_3AlC_2 や V_2AlC の合成が確認できたため、本手法が汎用性の高いMAX合成法になると考えている。



独自開発した合成装置



合成した Ti_3AlC_2 のSEM像

特許・論文

<特許>

「MAX相化合物の製造方法」
(特願2024-11249)

研究者

稲田 貢
システム理工学部 物理・応用物理学科
環境デバイス物理研究室