



マイクロ波化学の非鉄金属分野への展開

豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 藤井 知

研究背景&目的

これまでのマイクロ波高温還元反応の結果

Mg 精錬	M.W. R.T. 1000°C	C.H. 1200 °C
$2(\text{MgO} \cdot \text{CaO}) + \text{Fe-Si}(75\%) \rightarrow 2\text{Mg} + \text{CaO} \cdot \text{SiO}_3 + \text{Fe}$		
Cu 精錬	M.W. R.T. 44°C	C.H. 706 °C
$2\text{Cu}_2\text{O} + \text{C} \rightarrow 4\text{Cu} + \text{CO}_2$		
Sc 精錬	M.W. R.T. 660°C	C.H. 1100 °C
$\text{Sc}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{Mg}(\text{g}) + \text{Al}(\text{s}) \rightarrow \text{AlSc alloy metal} + \text{MgO}$		

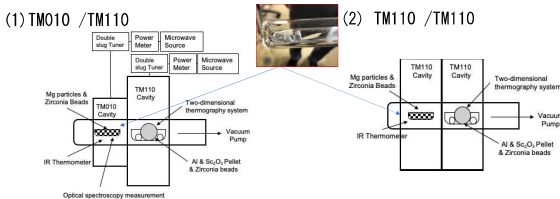
従来の熱平衡プロセスに比べ、マイクロ波では反応温度の低下

実験手法とその結果

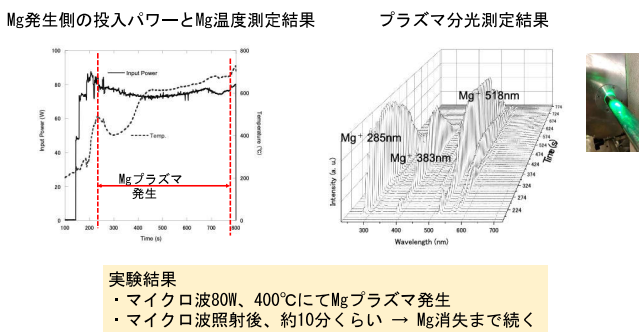
マイクロ波照射装置と実験内容

実験内容

- TM010電場 or TM110の磁場モード Mg蒸気発生
- 原料：Mg粉末(0.5g程度)とジルコニア粉末
- TM110磁場モードにて反応部加熱
- ペレット：Sc₂O₃粉末(0.3g, 45 μm) Al粉末(0.588g, 70 μm)
- 分光測定と温度測定



(2) TM110を用いたMg発生



まとめと今後

まとめ

- マイクロ波照射により生じたMgイオンにより低温還元が実現できると考え、積極的にMgイオンを発生させる装置を構築
- TM010キャビティの電場モードでは低パワー25W程度、300°CにてMgプラズマ発生、しかし、1分程度しかプラズマ維持できない。TM010モードを満たせず、プラズマにエネルギー供給されない。
- TM110キャビティの磁場モードではパワー80W程度、400°CにてMgプラズマ発生し、その後も安定にプラズマを維持
→ マイクロ波照射により直接励起し、維持できることを発見
→ Mgラジカル原子は還元反応に応用
- 還元反応は、共に、Al₂Sc₃ 約2~3%前後、反応時間10分くらいだった、短すぎ。→ 最適化すると収率はさらに向上することを確認済

本研究の目的

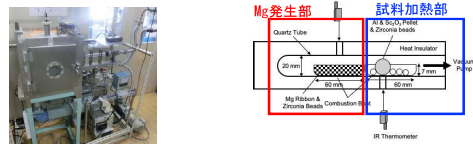
これまで、マイクロ波照射 Mgイオンにより低温還元が実現

研究目的

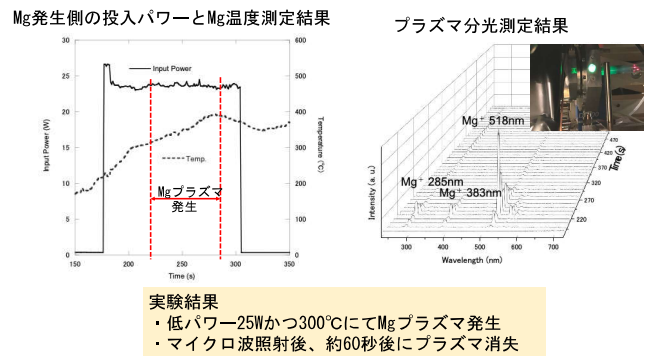
- Mgイオンを積極的に発生させ低温還元反応実現
- 仮説を検証し、装置大型化へ

手法：Mg発生部と試料加熱部をシングルモードを使い、検証

マルチモードアプリケーション



(1) TM010を用いたMg発生



磁場モードにおけるプラズマの発生と維持

仕事関数：Mg 3.6eV 小さい
蒸気圧：Mg 比較的高い
400~450°Cにて、電子・原子の放出

この領域(約8000S/m程度プラズマ)があってもTM110モードが崩れることはない。

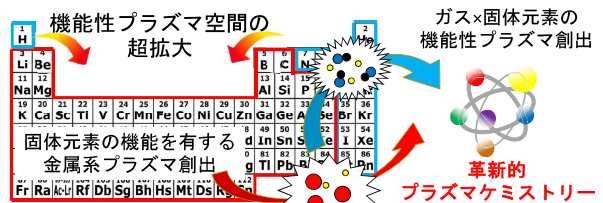
② 電子放出と回転
③と④ Mg原子放出と電子との衝突

発生過程

- 誘導電流にて融点近くまで加熱
- 仕事関数を超え、金属表面から熱電子放出と回転
- 400°C以上急激蒸気圧高くなりMg原子蒸発
- 電子は磁場で回転し、Mg原子と衝突 放電開始
- TM110モードはプラズマや石英ガラスにMg蒸着するが、導体は磁場が透過可能、周波数が変わるだけで、TM110モードの維持し、プラズマへエネルギー供給可

マイクロ波励起プラズマプロセスの展開

プロセスプラズマの暗熱の了解であった「プラズマ源はガス」という制限から脱却



本研究はJSPS科研費 21K04781と22H03779及び、NEDOマテリアル先端研究JPNP0622001の支援を受けて実施されました。

問合せ先：豊橋技術科学大学 研究推進アドミニストレーションセンター Tel: 0532-44-6975 Fax: 0532-44-6980 E-mail: tut-sangaku@office.tut.ac.jp



技術を究め、技術を創る

国立大学法人
豊橋技術科学大学

