

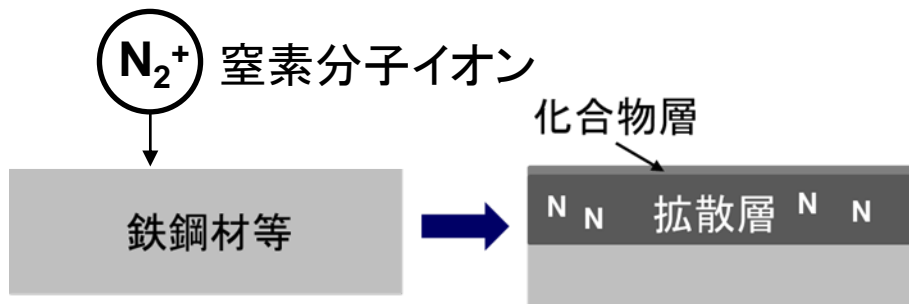
高繰り返しナノ秒パルスグロー放電を用いた 金属材料のラジカル窒化処理

菊池 祐介

兵庫県立大学 大学院 工学研究科 電気物性工学専攻

課題と目指す姿(研究背景)

窒化処理: 鉄鋼材等の材料表面に窒素の化合物層、拡散層を形成させ耐摩耗性、疲労強度を向上させる表面処理の一つ

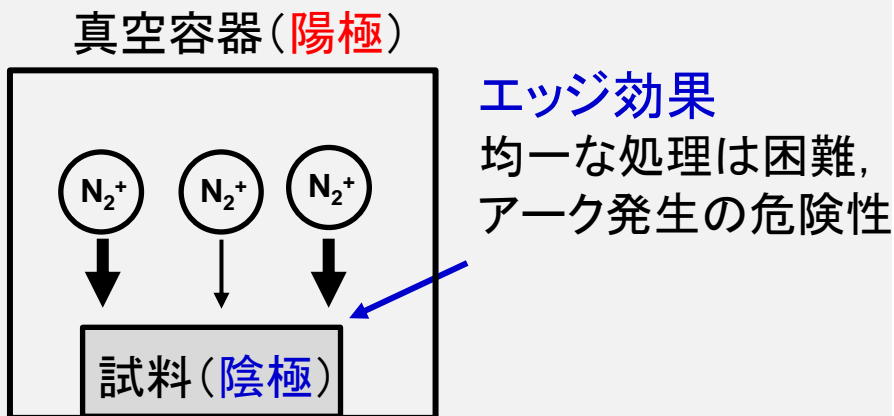


■ イオン窒化

ガス窒化と比較して

- 処理時間が短い
- 処理温度が低い
- 部分的な処理が可能

従来のイオン窒化



目標:

- エッジ効果がないこと。
- アークフリーであること。

課題解決の考え方

(1) エッジ効果の抑制

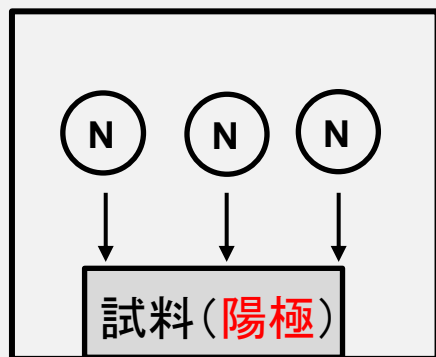
試料を陽極とし、正イオン照射ではなく、**窒素原子ラジカル照射**による窒化処理を行う。

(2) アークフリーの実現

ナノ秒パルス電源を用いることで、グローからアークへの遷移を抑制する。

窒素原子ラジカル窒化

真空容器(陰極)



正イオン照射ではなく、中性の窒素原子ラジカル照射によりエッジ効果を抑制する。

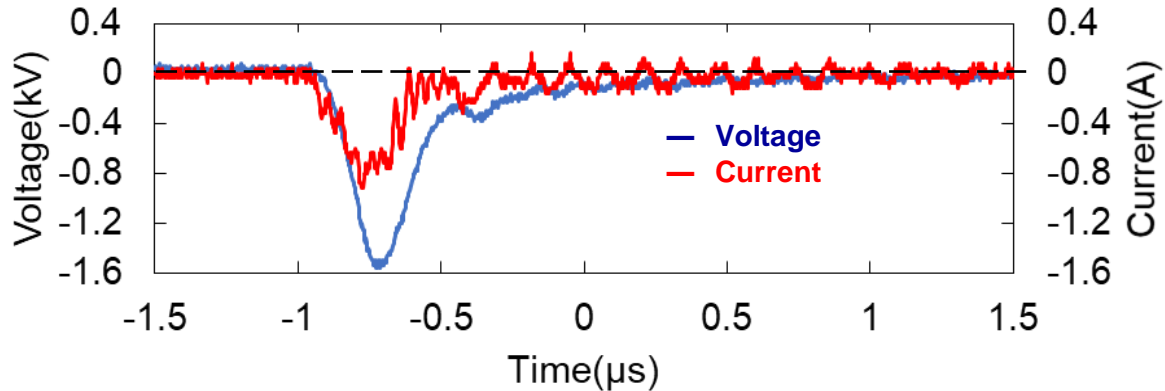
研究開発内容:

- ・高密度窒素原子生成
- ・窒化効果の検証

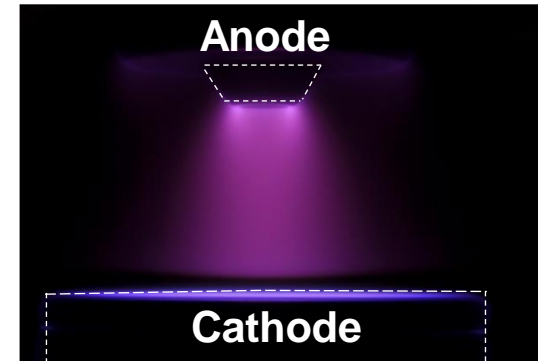
高繰り返しナノ秒パルスグロー放電

SiC-MOSFETインバータ電源を用いたプラズマ生成

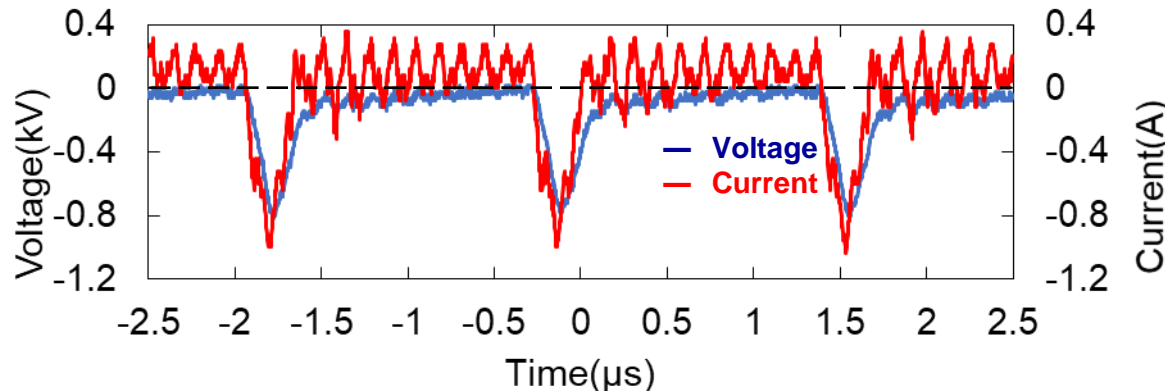
20 kHz



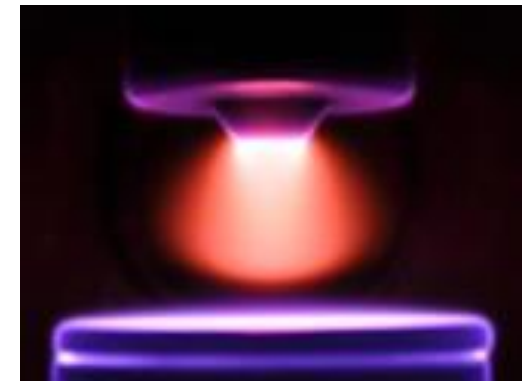
電圧: -1.56 kV 電流: -0.92A



600 kHz



電圧: -0.82 kV 電流: -1.04A



成果：窒素分子の解離度の測定

- ・アクチノメトリー法にて窒素分子の解離度を測定した。
- 高繰り返し周波数の正極性プラズマにて高い解離度が得られる。

	放電の 生成方法	ガス圧(Pa)	窒素分子の 解離度(%)	窒素原子密度 (m^{-3})
文献1	電子ビーム 励起プラズマ	0.4	0.29	2.9×10^{17}
文献2	誘導結合型 プラズマ	2.6	1.6	1.0×10^{19}
文献3	マイクロ波	2900	0.3	2.2×10^{21}
本実験	高繰り返し ナノ秒パルス	500	1.1	2.4×10^{20}

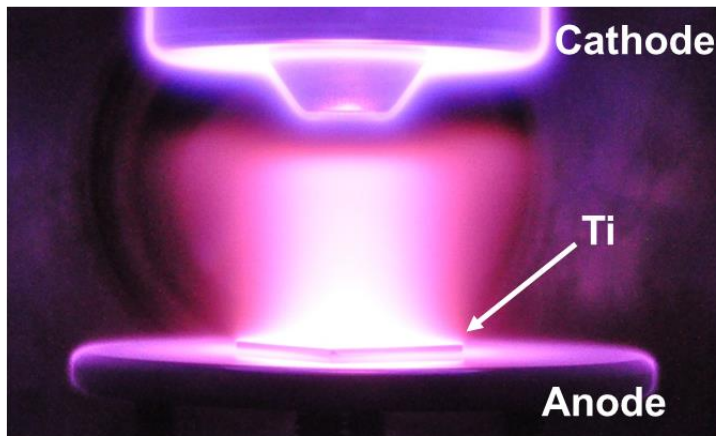
文献1: S. Tada et al., Jpn. J. Appl. Phys. (2017)

文献2: N.Kang et al., J. Korean Phys. Soc. (2011)

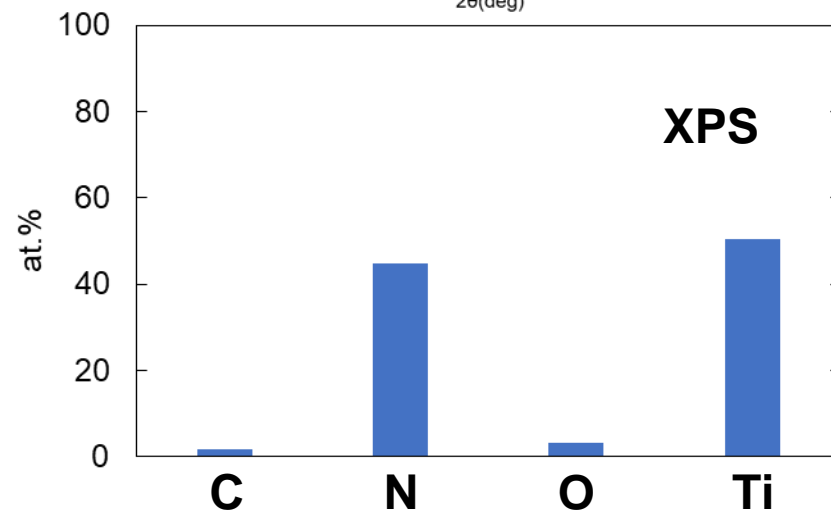
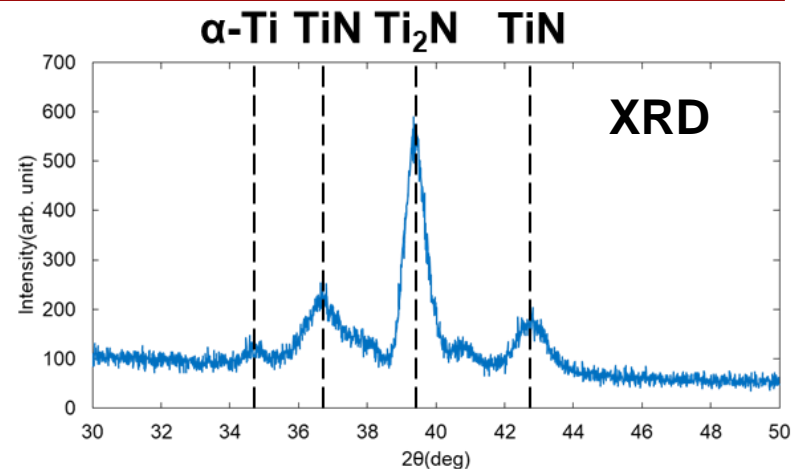
文献3: Et. Es-sebbar et al., J. Phys. D: Appl. Phys. (2009)

成果：窒素原子ラジカル窒化

正極性高繰り返しナノ秒パルスグロー放電



チタン試料を陽極上に設置



・XRD、XPS分析：窒化チタン形成を確認した。

・表面硬度：4.3 GPa(未照射)→22 GPa

➡ 窒素原子ラジカル照射による窒化効果が見られた。

おわりに

SiC-MOSFETインバータ電源を用いた高繰り返しナノ秒パルス放電は窒化処理以外のポテンシャルも有しています。
以下の**HP**も参照ください。

大学**HP**：

<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/faculty/ykikuchi/index.html>

連絡先 : ykikuchi@eng.u-hyogo.ac.jp