

レーザーを用いて空気中で施工する チタン表面窒化プロセス

北見工業大学

工学部 地球環境工学科 先端材料物質工学コース

教授 大津 直史

2022年9月27日

<http://www.mtrl.kitami-it.ac.jp/~ohtsu/>

まずは説明者の自己紹介

名前: 大津直史 (おおつ なおふみ)

所属: 北見工業大学 工学部

地球環境工学科

先端材料物質工学コース 教授

略歴:

東京工業大学大学院理工学研究科修了

博士(学術): 東京医科歯科大学

東北大学 金属材料研究所

北見工業大学 工学部 (15年目)

専門分野:

- 金属表面処理
- 表面分析
- 医療材料
- 機械材料



大津研究室

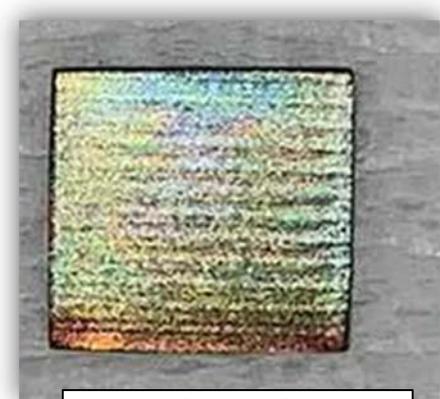
検索



ご紹介する新技術の概要

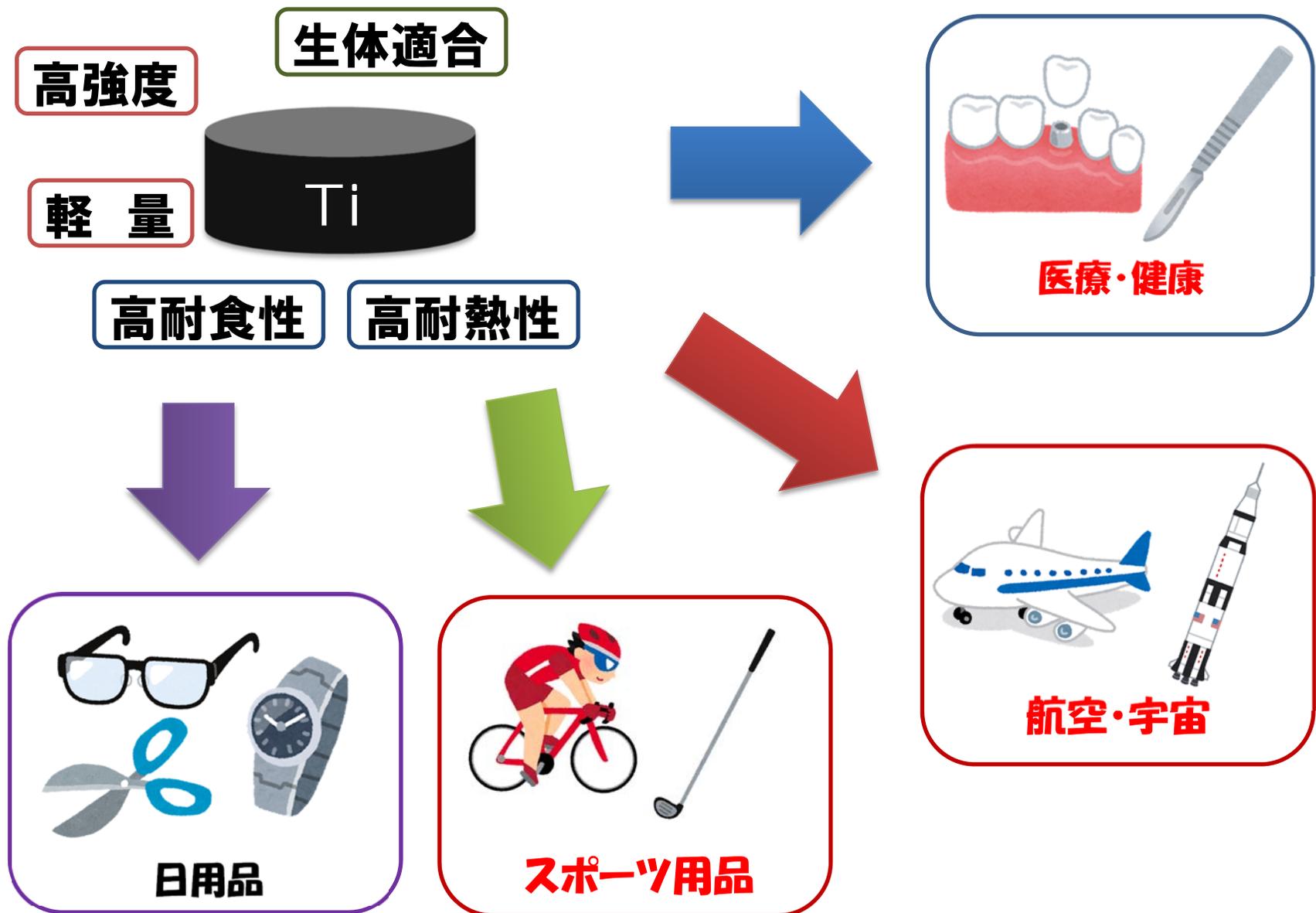
ご紹介する新技術は、
チタン材料の耐摩耗性・耐久性・耐食性の向上に資する
“窒化物層”を、“レーザー照射”を活用して、
任意の範囲のみに、迅速に、簡単に、
“空気中で施工する”、表面処理プロセスです。

ロボットアームでの
窒化物層の自動施工も
実現可能



チタン表面
施工例

チタン材料の用途



チタン材料への窒化物層形成の目的

窒化物層形成

硬い表面層をチタン材料に形成



- 耐摩耗性の向上
- 耐久性の向上
- 装飾性の付与

μmオーダーの皮膜



チタンという素材を、
より強くする！

チタン表面への窒化物層形成の問題点

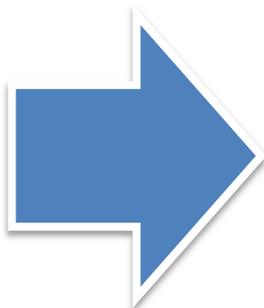
- チタン材料は、酸素との親和性が非常に高いため、窒素・酸素共存下では、酸素としか反応しない。
- 上記特性により、チタン材料表面には、化学的安定性が極めて高い酸化物層（主に二酸化チタン層）が形成してしまうため、化学的に不活性である。
- そのため、チタン材料への表面処理にはかなりの熟練技術を必要とする。
- 例えば、チタン材料への窒化物層形成は、鉄鋼系材料と比較して、難易度の高い技術として知られる。

チタンを硬化する技術への要望は高い

窒化物層形成法：従来技術①

(a) 窒化物皮膜の蒸着

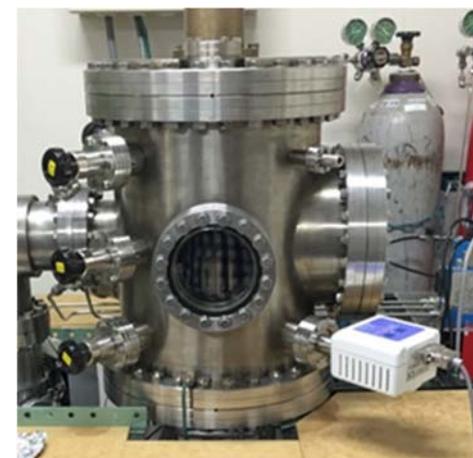
- ✓ 物理的蒸着 (PVD)
(イオンプレーティング)
- ✓ 化学的蒸着 (CVD)



真空中で窒化物を蒸発させて、その蒸気をチタン材料表面に凝結させて皮膜にする技術

欠点

- ✓ 真空が必要、装置高額
- ✓ 材料は真空容器のサイズで制限
- ✓ 位置選択性はない
- ✓ 処理に時間がかかる(数時間程度)

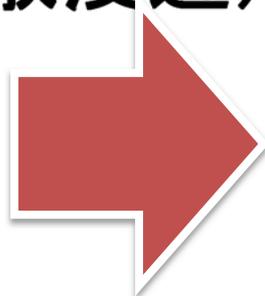


真空容器の例

窒化物層形成法：従来技術②

(b)窒化処理（窒素の拡散浸透）

- ✓ プラズマ窒化処理
- ✓ ガス窒化処理



窒素雰囲気中で、窒素原子を、チタン材料内部に拡散浸透させ、表面を窒化物に変える

欠点

- ✓ 窒素雰囲気が必要、装置高額
- ✓ 処理で材料を加熱する必要性
- ✓ 材料は真空容器のサイズで制限
- ✓ 位置選択性はない
- ✓ 処理に時間がかかる（1日以上）



プラズマの例

新技術の特徴

- 新技術は、レーザーを活用し、従来技術と全く異なる原理で窒化層を形成する。
- レーザーを照射した表面部位のみを、位置選択的に、窒化層に変えることが可能。
- 真空や窒素雰囲気は不要。空気中でチタン材料表面に窒化層を形成できる。
- 施工できる材料のサイズに制限はなし。
- レーザー光照射装置と光学系だけの簡単な装置構成。従来技術に比較して、装置は安価、熟練技術不要。
- ロボットアームに搭載可能。施工の自動化も可能。

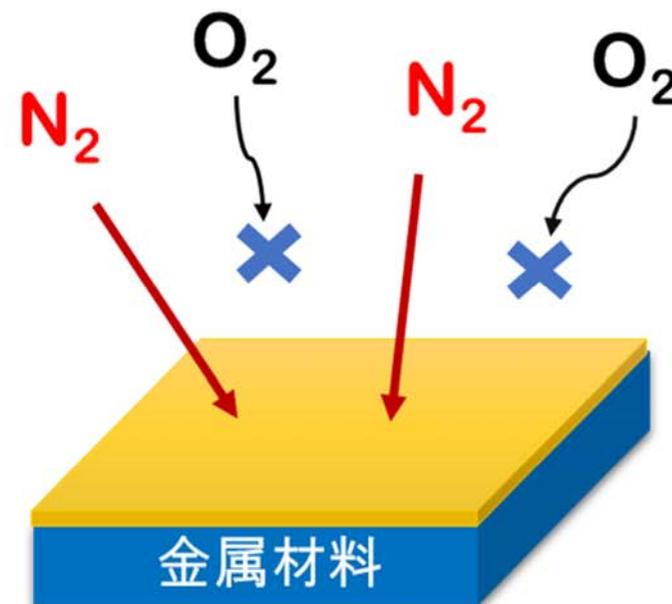
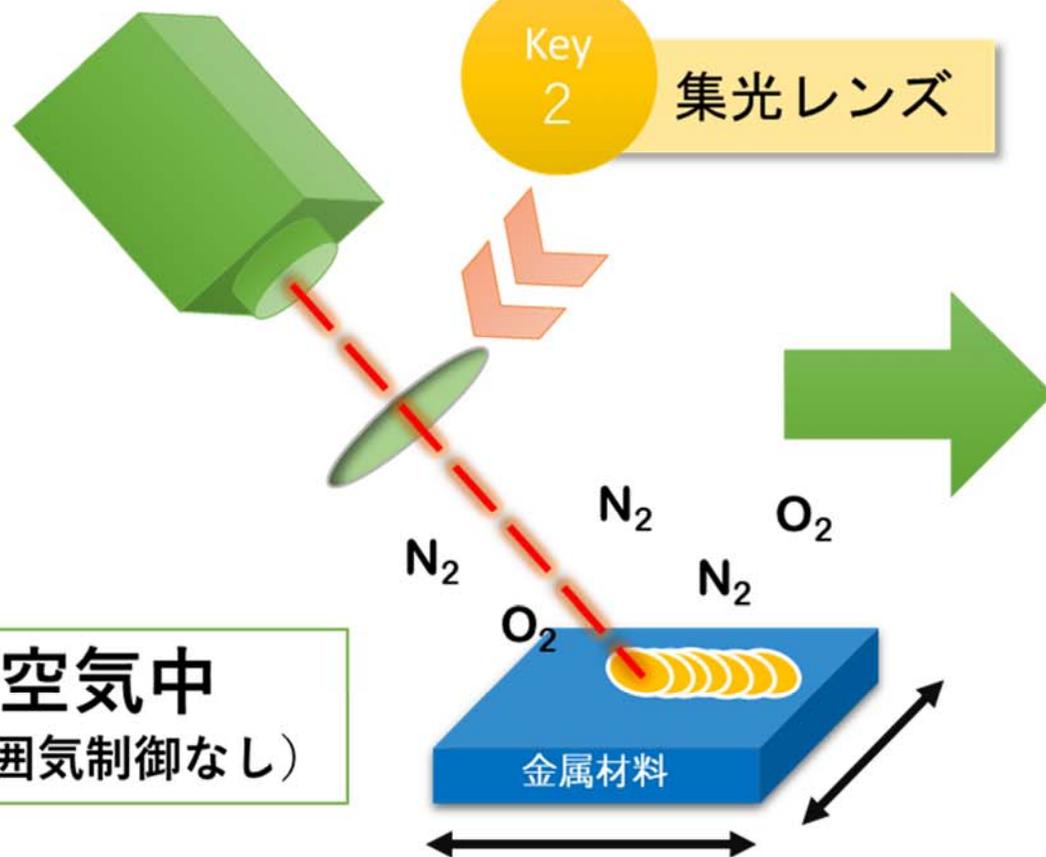
新技術のkey Technology

Key 1
パルス・レーザー

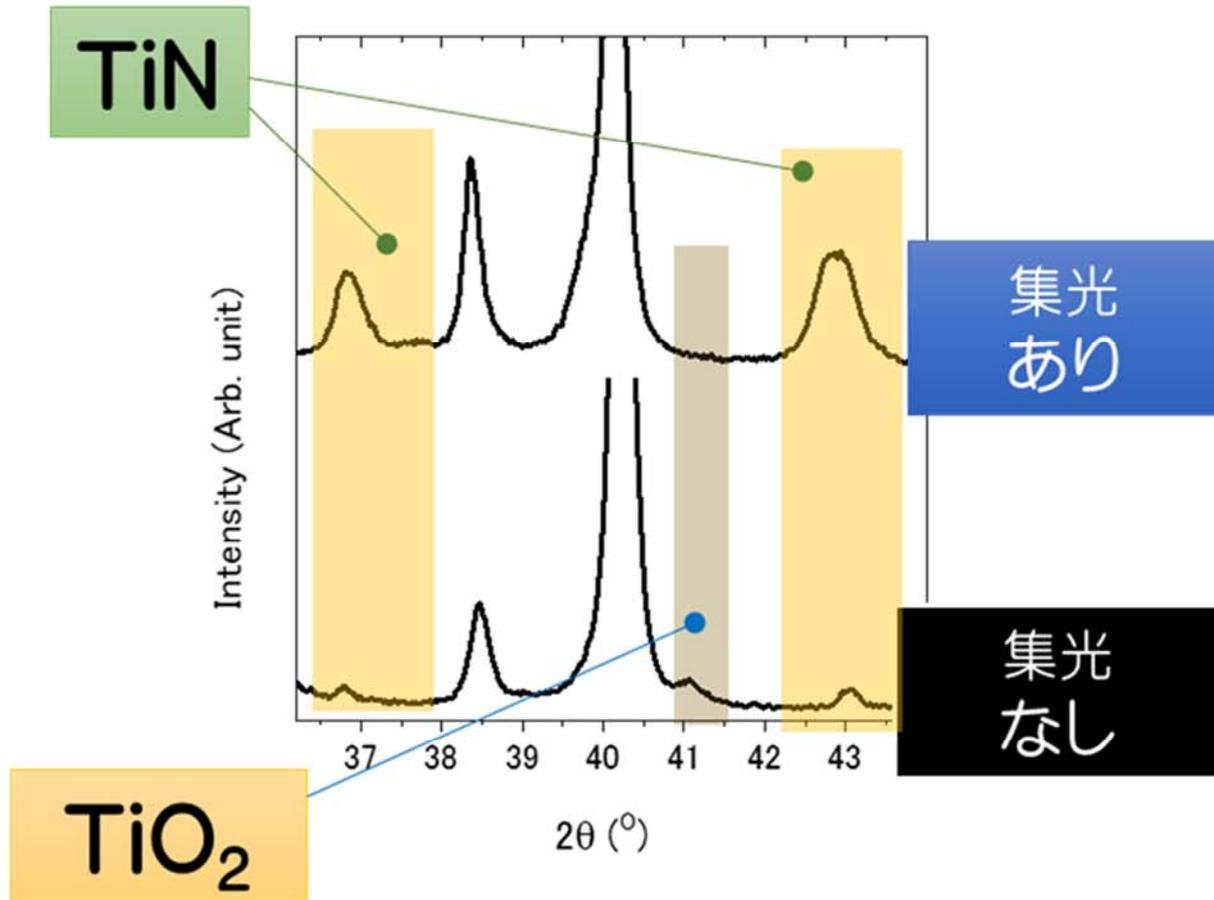
Key 2
集光レンズ

“空气中で”
窒化反応のみ進行
(酸化は起こらない)

空气中
(雰囲気制御なし)



新技術：集光レンズの効果(X線回折)



Key
2

集光レンズ

窒化物層の形成には
“集光”が必須！

集光しないと、酸化物層が形成してしまう。

新技術：空気中での窒化物形成の原理

Key
1

パルス・レーザー

レーザー誘起プラズマ
エネルギー集中により発生

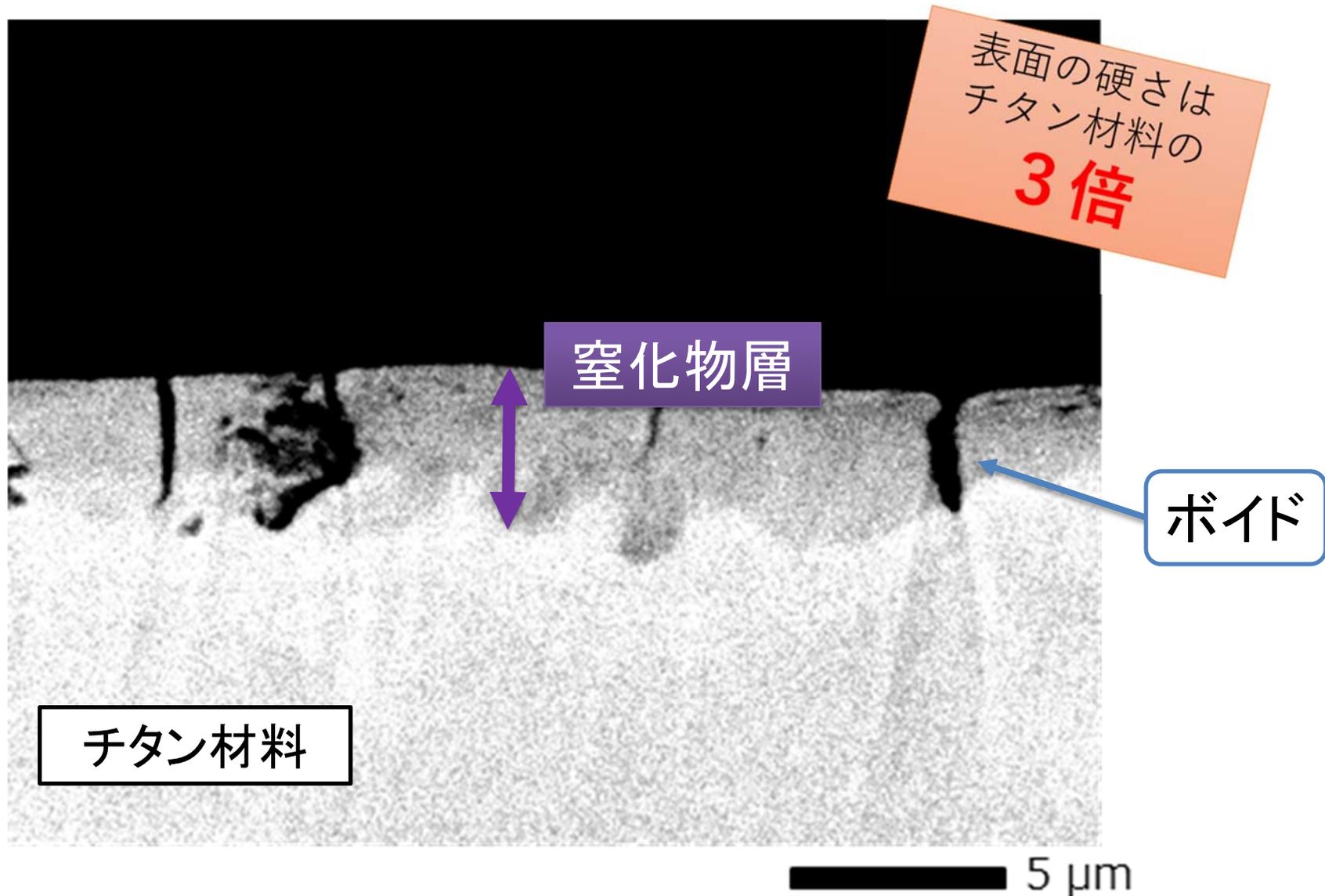
Key
2

集光レンズ

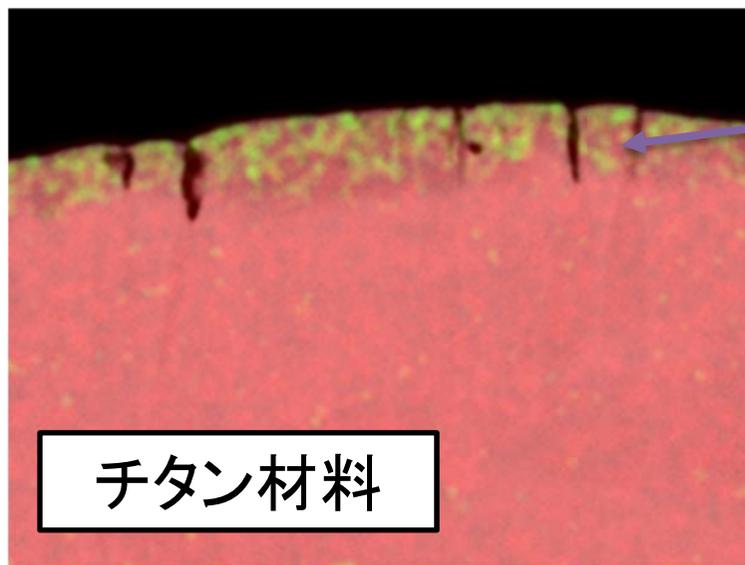
チタン材料

プラズマの作用により
チタン表面を瞬間的に溶融
窒素を浸透させる

新技術：施工済みチタン断面のSEM像



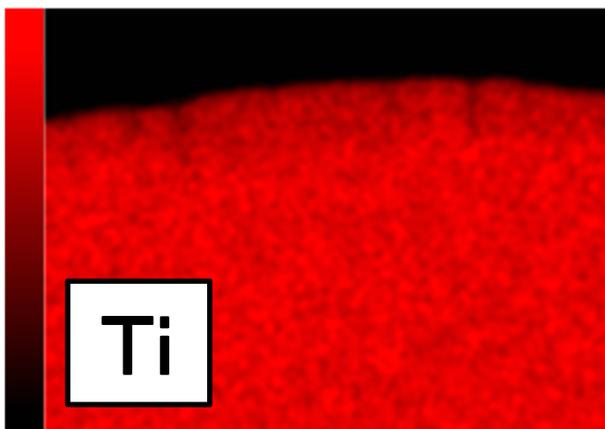
新技術：施工済みチタン断面の元素分布



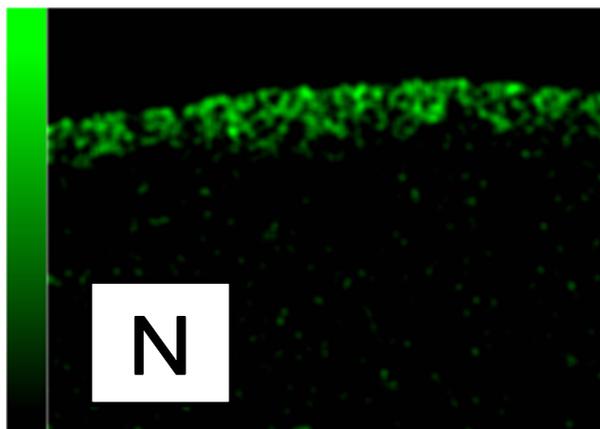
窒化物層

チタン材料

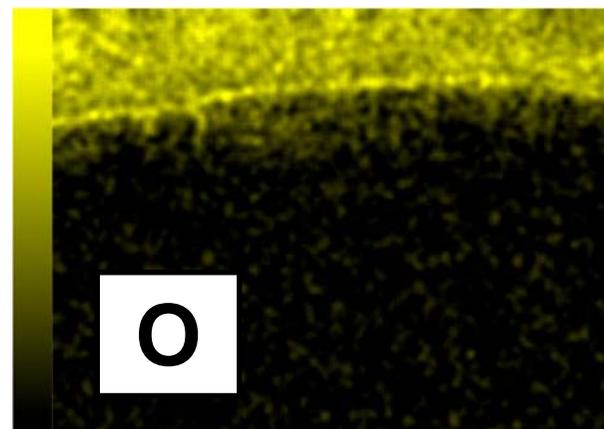
■ N-K ■ Ti-K



5μm



5μm



5μm

新技術と従来技術の比較

比較項目	新技術 レーザー窒化	従来技術 イオンプレーティング	従来技術 ガス窒化 プラズマ窒化
① 高気密容器	不要	必要	不要
② 処理の自動化の可能性	◎	×	×
③ 処理範囲の選択	◎	×	×
④ 処理に要する時間	1時間程度	数時間以上	24時間以上
⑤ 処理可能な材料サイズ	制限なし	真空容器サイズ 以下	窒素容器サイズ 以下
⑥ 窒化層の厚さ	~5 μm	10μm以上可能	10μm以上可能

新技術の想定される用途

- チタン材料の耐摩耗性の向上
- チタン材料の耐久性の向上
- 上記用途を目的とする処理の低コスト化
- ロボットアーム搭載による上記処理の自動化
- ポータブル装置化による上記処理の現場施工
- チタン製品の後付け強化
- チタン製品の修復や補修

実用化に向けた課題

- 現在、十分な硬さを持つ窒化物層を形成できる。しかし表面層の中に**ボイド**等が散見され、これが表面層の剥離につながる可能性があるため、解決が必要。
- 今後、処理のパラメーターを最適化していくことで、クラックを含まない表面層を形成する技術の開発をおこなっていく。
- さらに、従来技術と比較して、**表面層の膜厚**が少し薄いので、膜厚向上できる技術の開発もおこなっていく。

企業への期待

**当該新技術の産業応用を見据えて、
プロジェクト全体を一緒に推進できる
共同開発のパートナーに期待**

- 実用化に向けた課題の克服
- 産業応用の観点からの用途開拓
- 商用レーザー窒化処理装置の共同開発
- ロボットアーム等への搭載の検討
- ポータブル装置化への検討

数年単位でお付き合い頂けることを希望！

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：窒化皮膜形成装置及び窒化皮膜形成方法
- 出願番号：特願2022-002934
- 出願人：北見工業大学
- 発明者：大津直史、三浦公陽

産学連携(企業等共同研究)の経歴

- ・ 2013年-2016年 (株)JXエネルギーと共同研究実施
- ・ 2015年-2020年 エビナ電化工業(株)と共同研究実施
- ・ 2018年-2021年 中日クラフト(株)と共同研究実施
- ・ 2018年-2021年 北海道総合研究機構の重点プロジェクトに参加

他、共同研究3社、受託分析1社の実績あり

企業様や公設試との共同研究経験は豊富！

産学連携(JST等)の経歴

- ・ 2009年-2010年 JST シーズ発掘試験 課題採択
- ・ 2010年 イノベーション・ジャパン2010～大学見本市
- ・ 2011年-2012年 JST A-STEP FSステージ 課題採択
- ・ 2012年 JST 新技術説明会
- ・ 2015年 JST A-STEP FSステージ 課題採択
- ・ 2017年 JST 新技術説明会
- ・ 2021年-2022年 JST A-STEP トライアウト 課題採択
- ・ 2021年 イノベーション・ジャパン2021～大学見本市
- ・ 2022年-現在 JST A-STEP トライアウト 課題採択

産学連携を見据えた研究を実施！

お問い合わせ先

北見工業大学 知的財産センター(研究協力課)

TEL 0157-26-9152

FAX 0157-26-9155

E-mail chizai@desk.kitami-it.ac.jp