

高硬度，高熱伝導でかつ複雑形状 なダイヤ部品をめっきで作る

広島県立総合技術研究所

西部工業技術センター 材料技術研究部

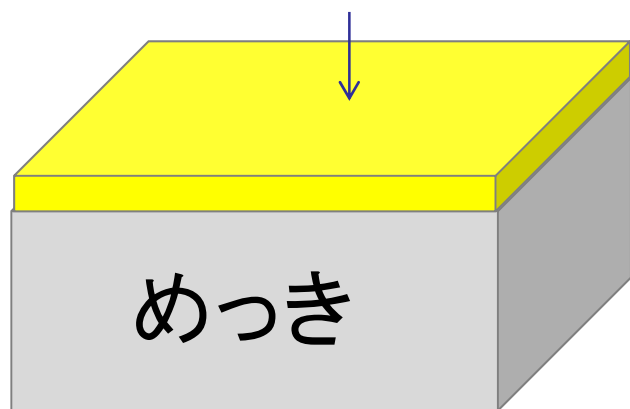
主任研究員 本多 正英

2020年10月20日

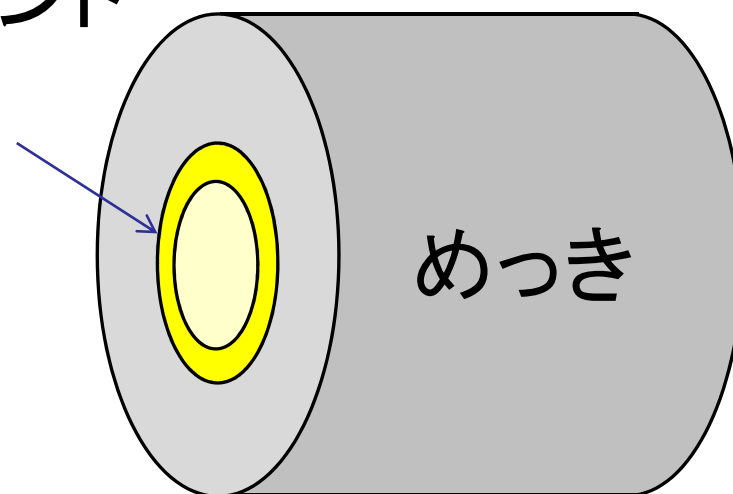
新技術の概要

めっきを利用して，最表層が**ダイヤモンド薄膜**である複合部品（自立体）を，短時間で作製する技術。

ダイヤモンド薄膜



ダイヤモンド薄膜



ダイヤモンド



高硬度

地球上で最も硬い
ビッカース硬度 約7000

高熱伝導率

地球上で最も高い熱伝導率
約2000 W / m·K

高耐摩耗性

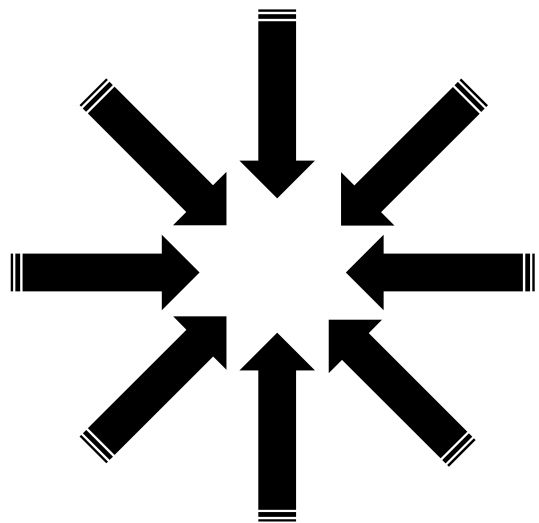
低摩擦（動摩擦係数 0.03）
極めて高い耐摩耗性

化学的安定

強酸や強アルカリ，有機溶
剤等にも不溶で腐食しない

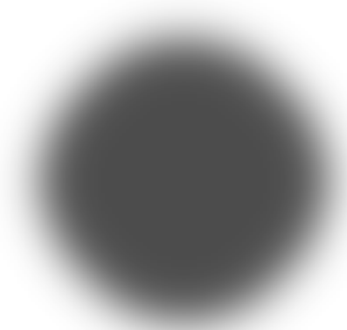
人工ダイヤモンド製造

超高压法 (HPHT)



10万気圧以上
2000°C以上

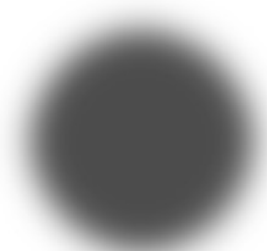
気相法 (CVD)



1気圧以下
1000°C程度

気相法 (CVD) によるダイヤモンド製造

気相法 (CVD)



1気圧以下
1000°C程度

原料

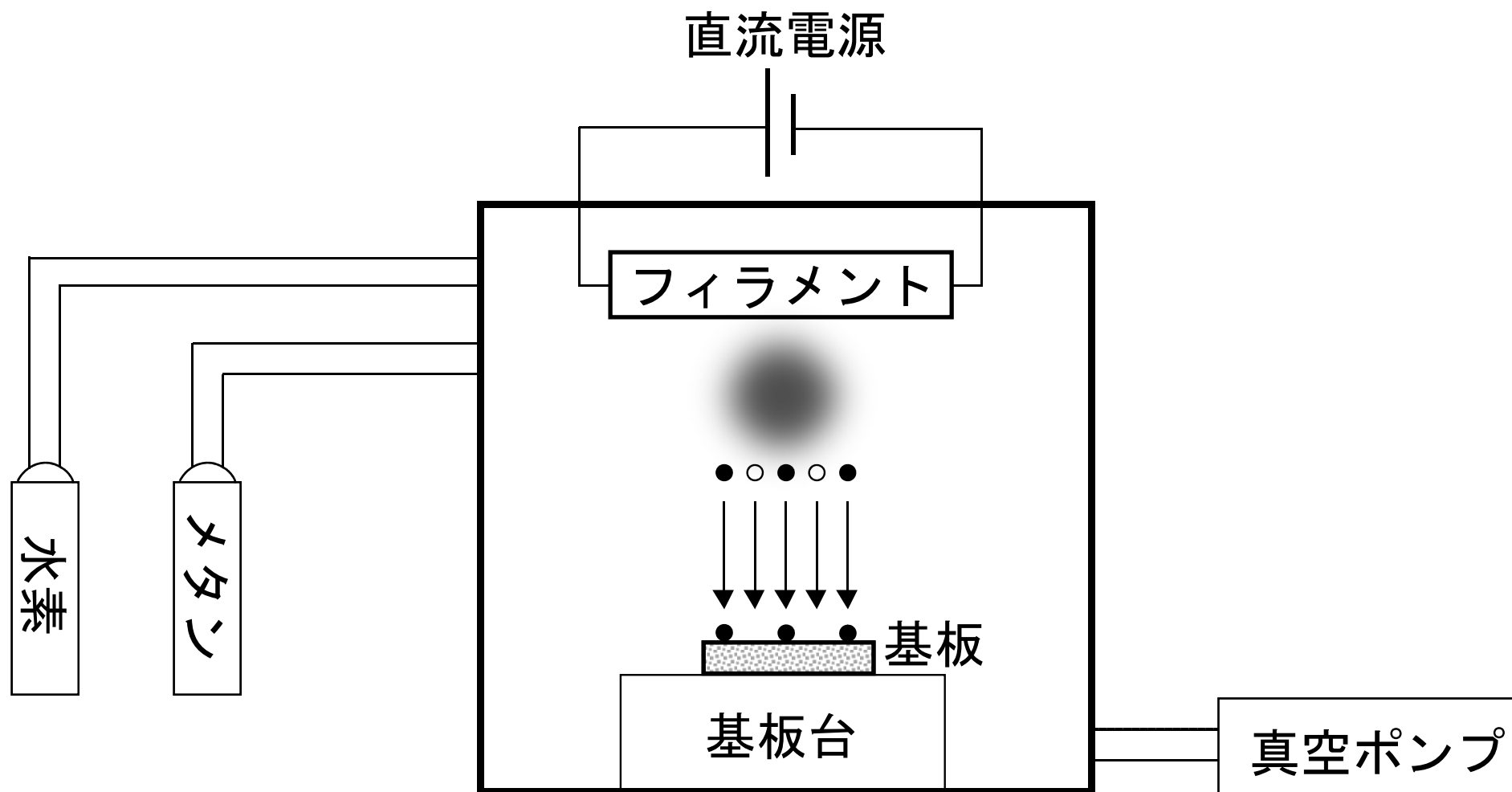
- 炭化水素やアルコールなど炭素を含む気体
- 水素

励起源

- マイクロ波
- 高周波
- アーク放電
- 燃焼炎
- 熱フィラメント

気相法 (CVD) によるダイヤモンド製造

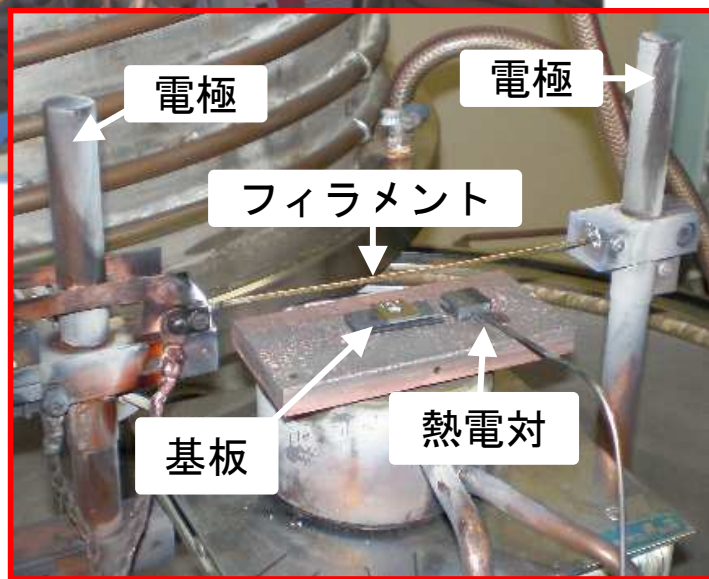
熱フィラメント法によるダイヤモンド製造



ダイヤモンドコーティング



熱フィラメント CVD装置



原料ガス

CH₄:3%, H₂:97%

成膜圧力

4 kPa

成膜温度

フィラメント温度:2000°C
基板温度:900°C

成膜速度

約2 μm / h

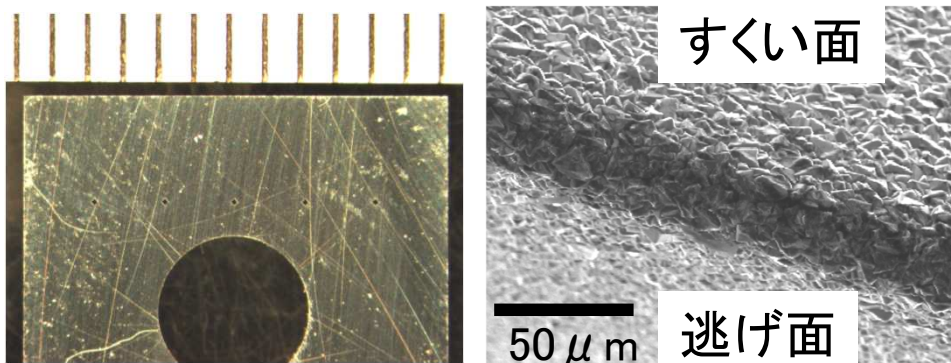
ダイヤモンドコーティング試作品

▶ 高硬度

▶ 高耐摩耗性

▶ 高热伝導率

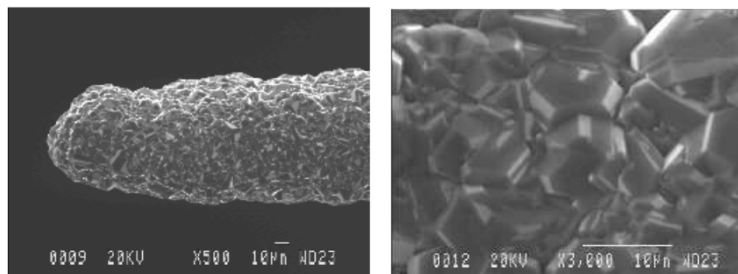
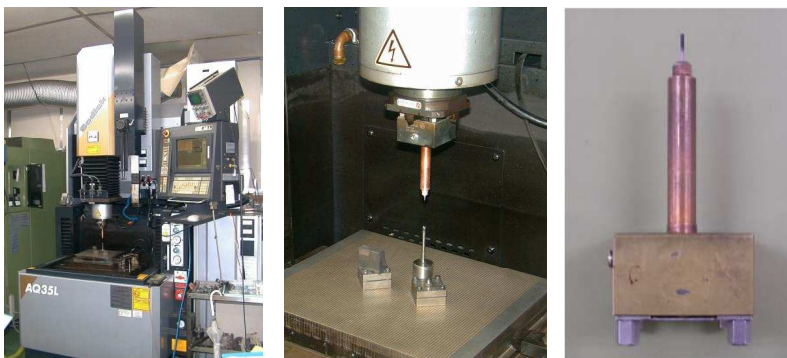
▶ 電気的特性



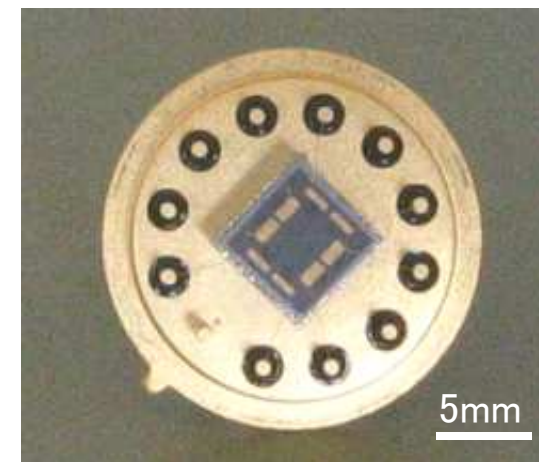
木工用工具



エアニッパ



放電加工機用電極



高温用
圧力センサー

従来のダイヤモンドコーティングの課題

素材, 部位

時間

×

高温下で成膜するため
低融点の素材には無理。
炭素原子と反応する鉄
系素材にも無理。

×

原料ガスやエネルギー
を供給しにくい細管内部
なども無理。

×

成膜速度が遅いため、
ダイヤモンド自立体を作
製するのに膨大な時間を
要する。

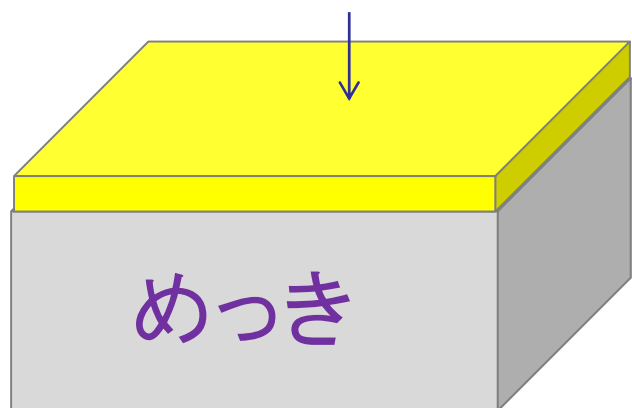
⇒めっき技術を利用して課題解決

課題の解決手段

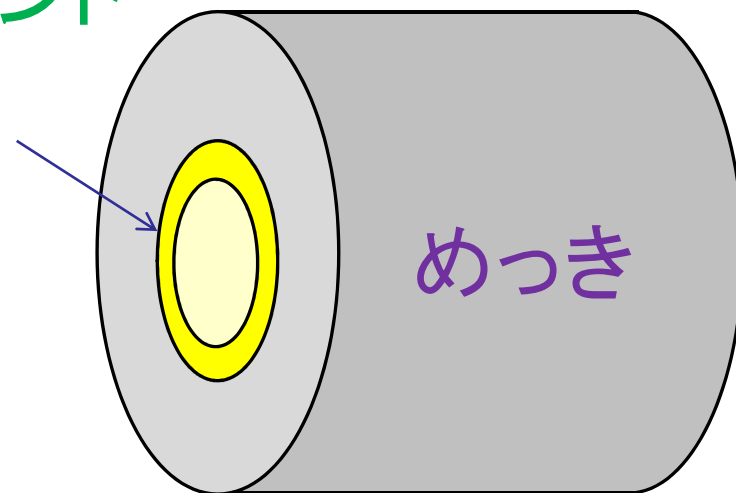
めっきを利用して，最表層がダイヤモンド薄膜である複合部品を作製する。

硬さ・熱伝導共に最高だが，成膜速度が遅い

ダイヤモンド薄膜



ダイヤモンド薄膜



硬さ・熱伝導は劣るが，成膜速度が速い

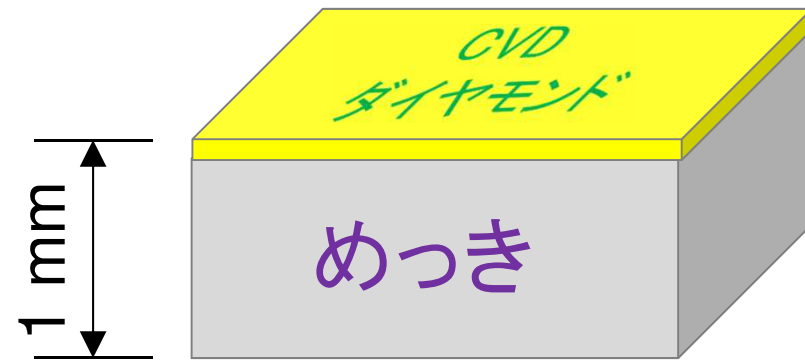
従来技術との比較

従来法 (CVDのみ)



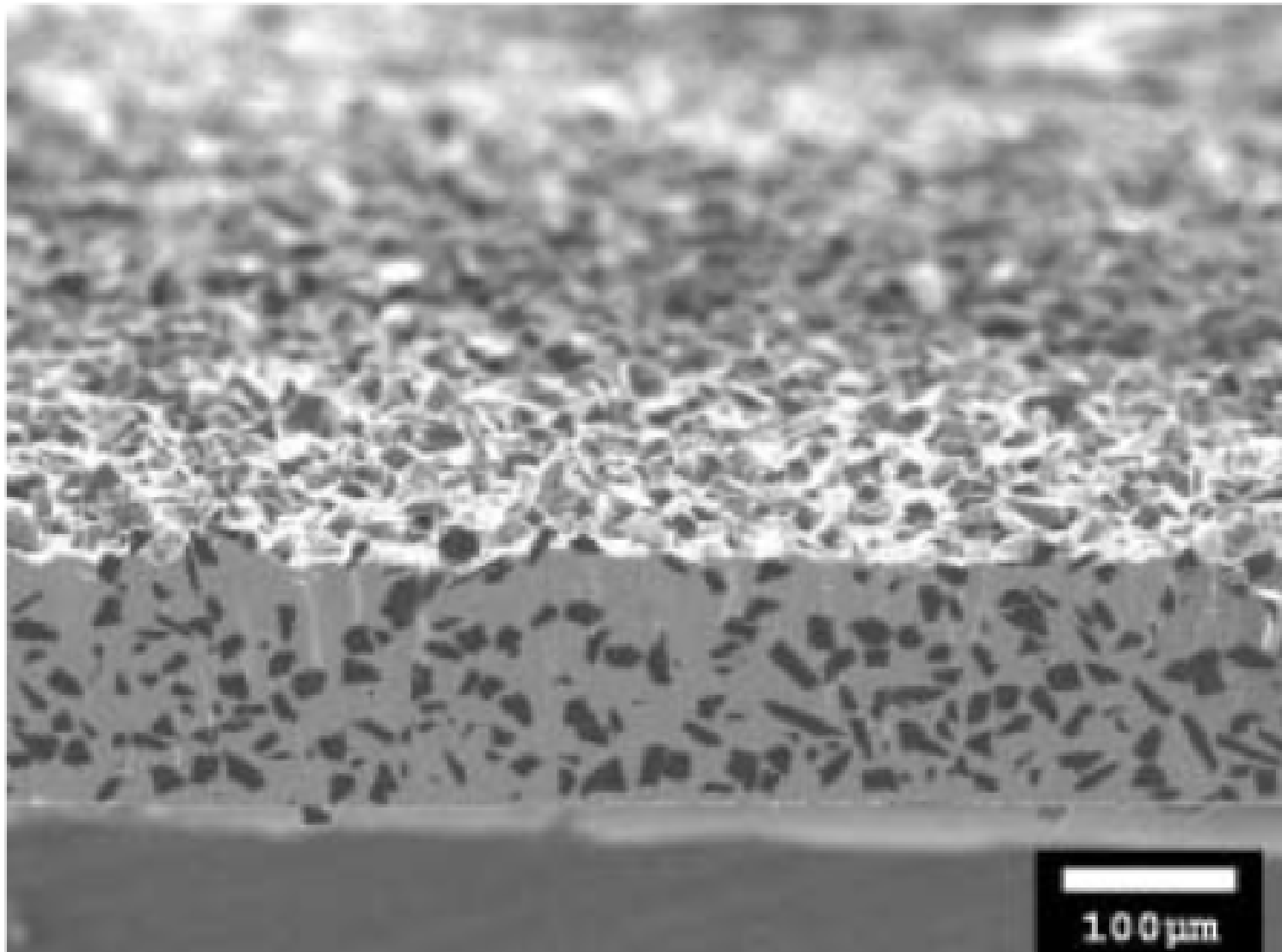
CVDの成膜速度を
2 μ m/hとすると
 $t=1000/2$ で
500時間かかる

CVD+めっき



めっきの成膜速度を
20 μ m/h, ダイヤ層の
厚さを10 μ mとすると
 $t=10/2+990/20$ で
54.5時間かかる

競合技術（ダイヤモンド複合めっき）



山岸憲史 氏 ; JUMP, 12, 8 (2014)

ダイヤモンド複合めっきの課題

素材, 部位, 時間

特性

●めっきがつく所であれば, 基本的には適応可能

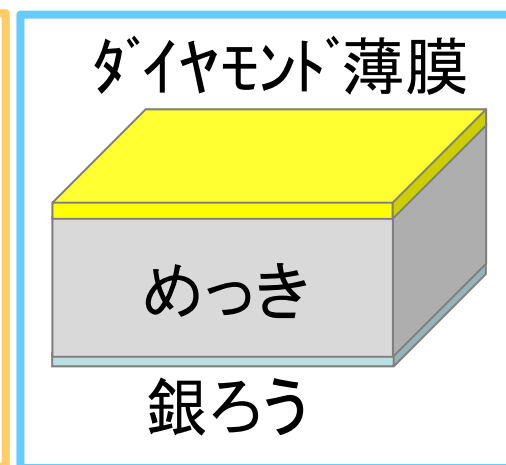
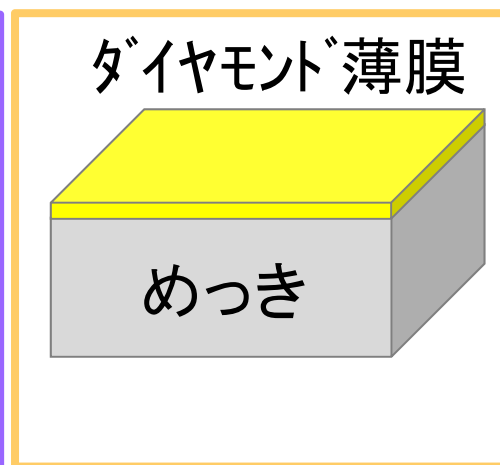
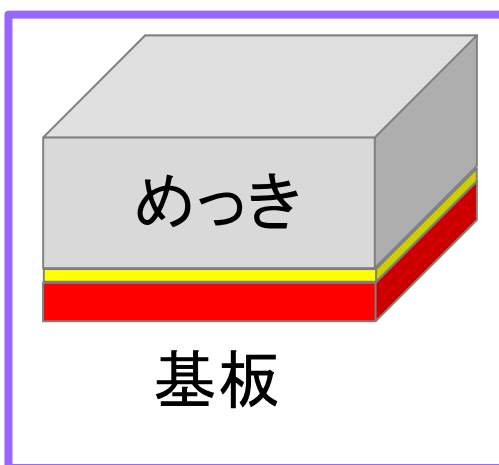
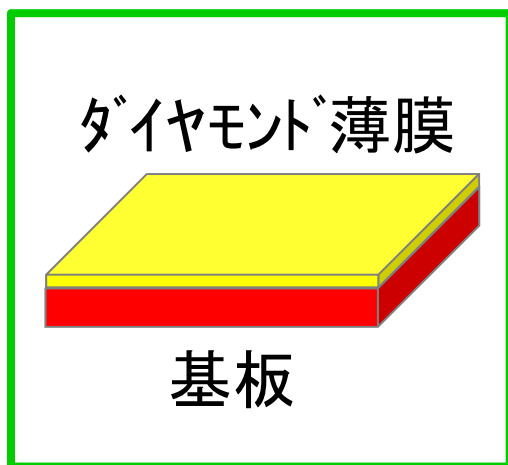
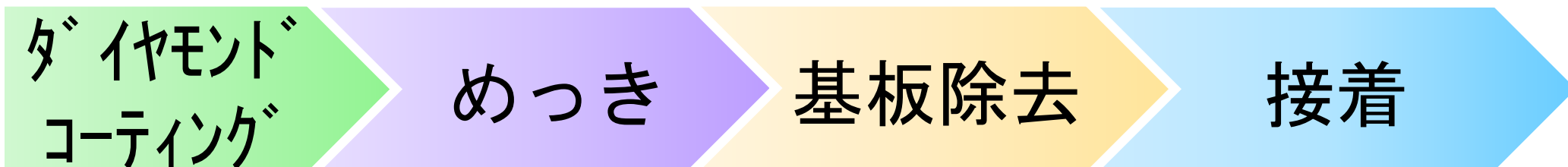
●比較的短時間で作製可能

×

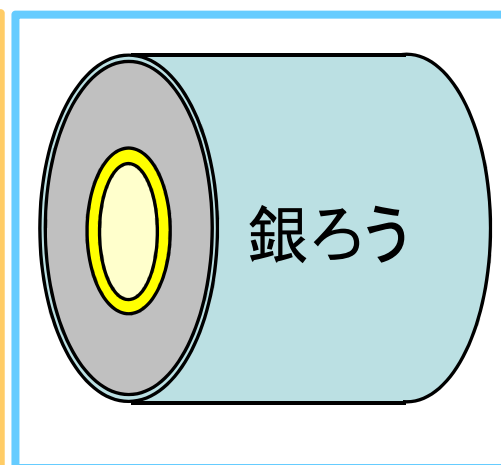
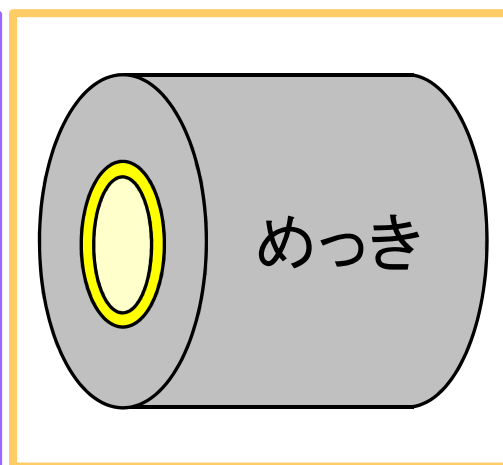
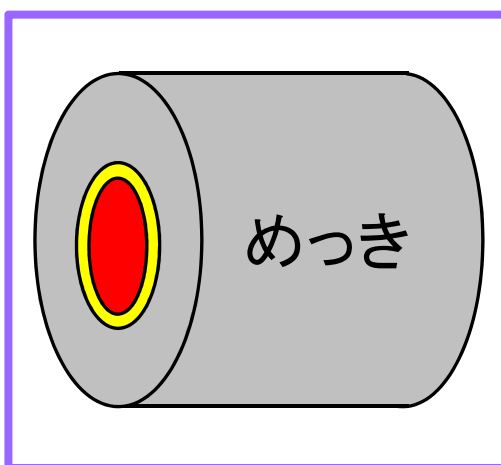
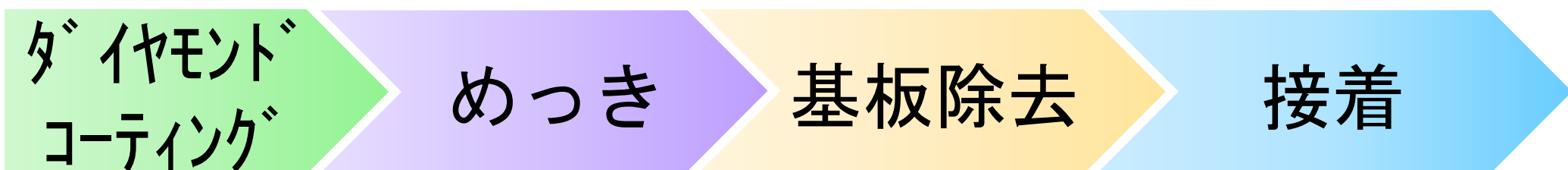
最表層がダイヤモンドのみではないため, 硬さや耐摩耗性, 耐食性などの特性はやや劣る

⇒最表層はダイヤモンドのみがベター

ダイヤモンド部品（板状）の製造工程

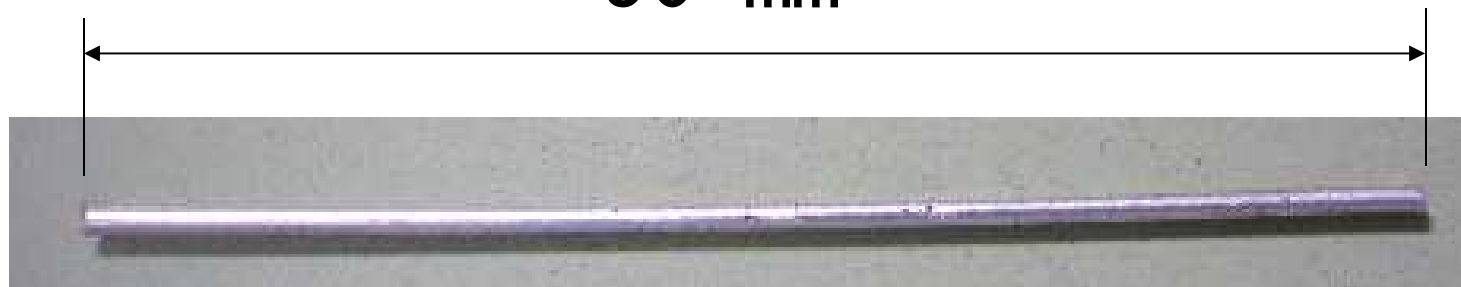


ダイヤモンド部品（管状）の製造工程

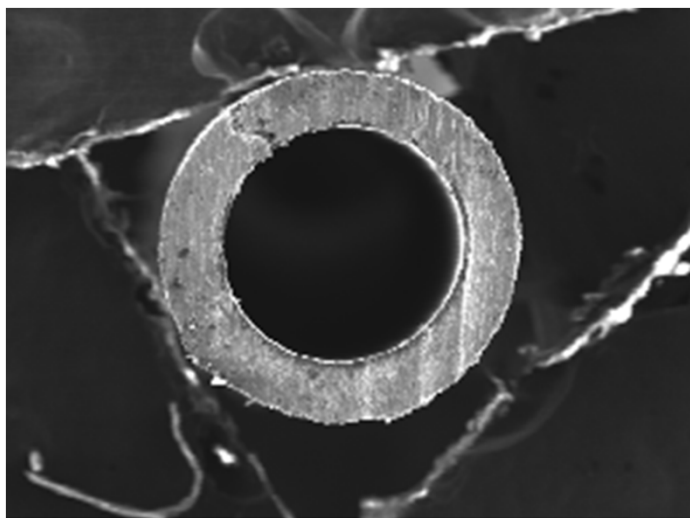


ダイヤモンド部品（管状）

50 mm

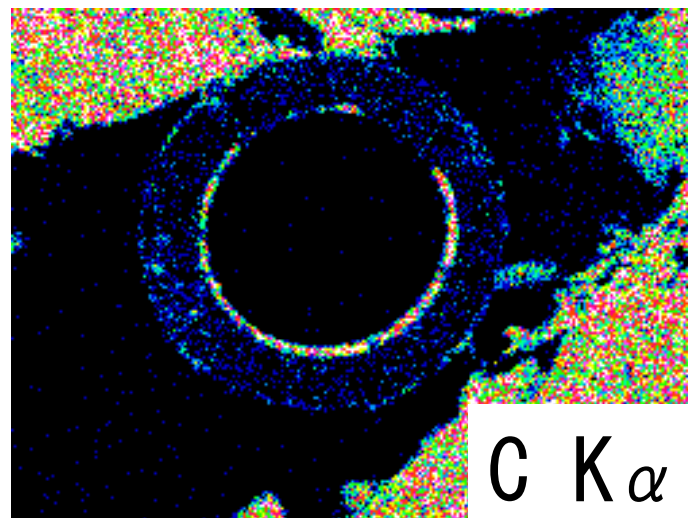


中空ダイヤモンドチューブ（ニッケルめっきで補強）

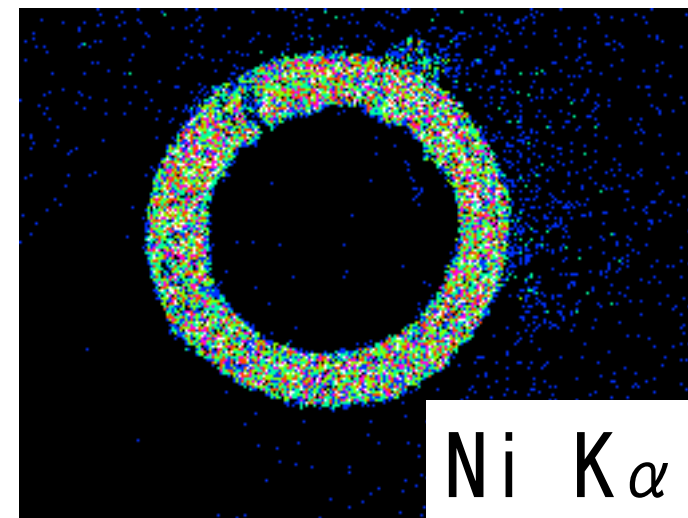


0.5mm

断面SEM像



C K α



Ni K α

元素マッピング像

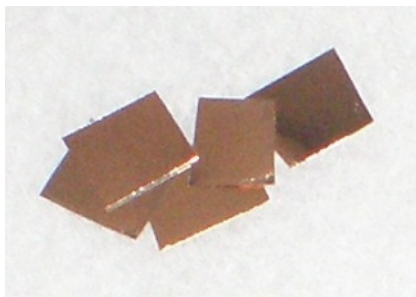
適用事例の紹介



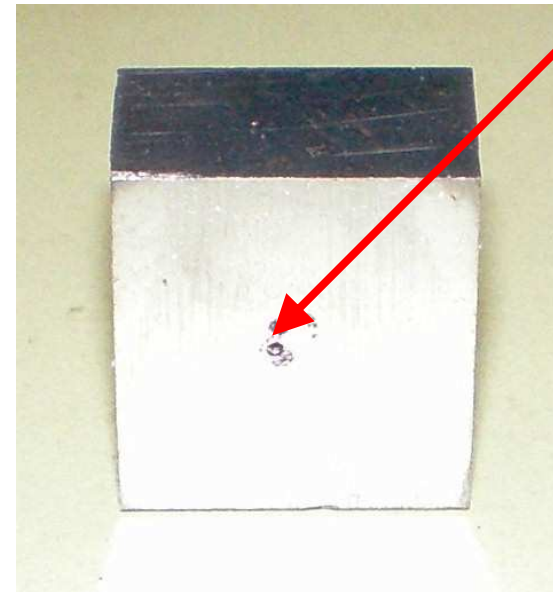
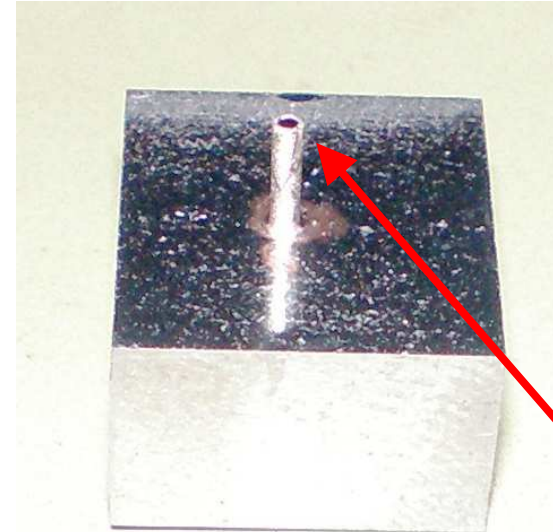
中空ダイヤモンドチューブ



鉄鋼ブロックの細穴

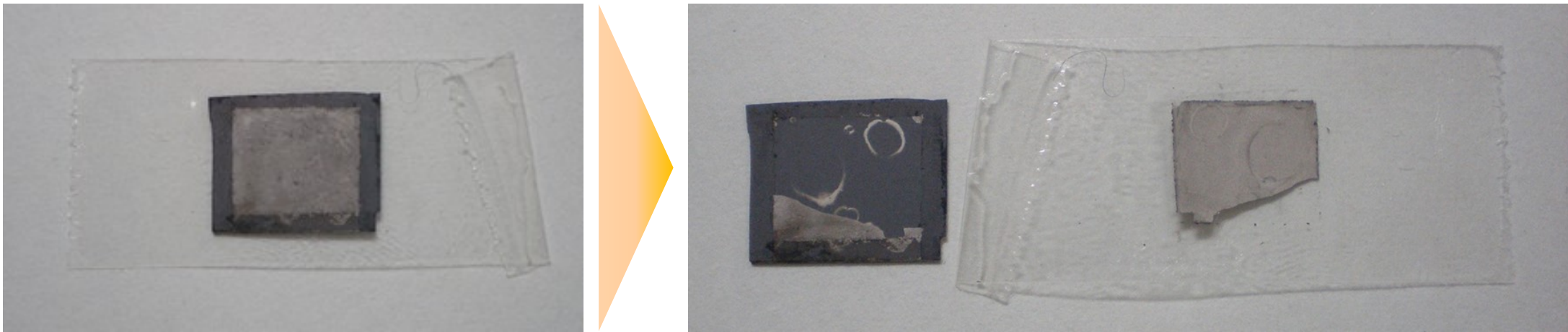


銀ろう



中空ダイヤモンド
チューブ

実用化に向けた課題



- ダイヤモンドとめっきの密着性
- ダイヤモンド部品の固定方法

実用化に向けた課題

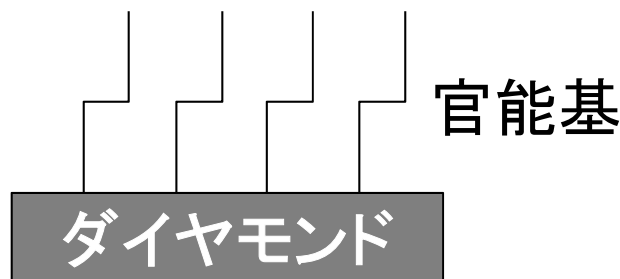
- ・ダイヤモンドとめっきの密着性改善

熱処理



・ダイヤモンドとめっき界面原子の相互拡散による密着性改善

化学修飾



・ダイヤモンド上に化学的に付与した官能基による密着性改善

プラズマ処理



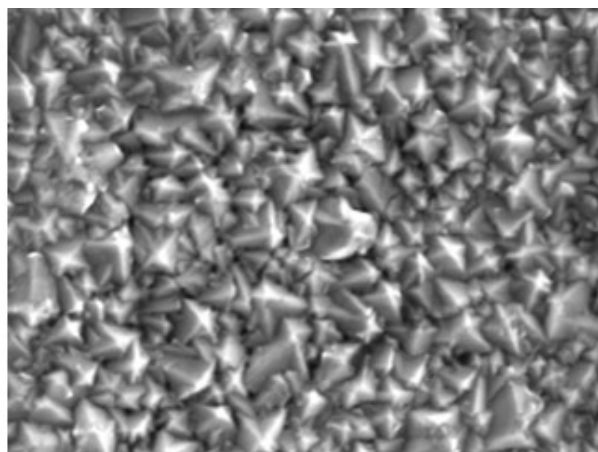
・ダイヤモンド表面の改質や清浄化による密着性改善

⇒いずれの方法でも、密着性は劇的には改善せず。

実用化に向けた課題

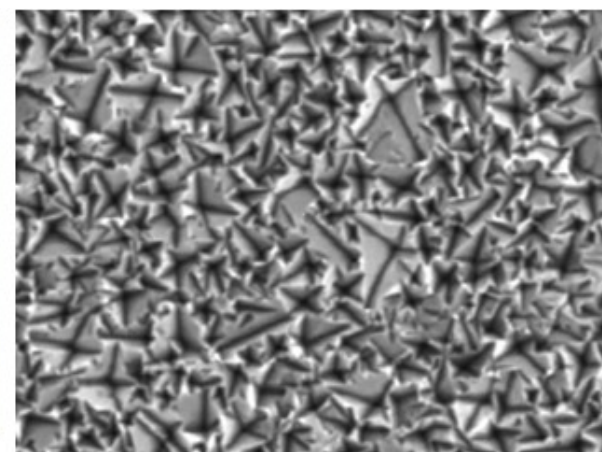
- ・ダイヤモンドとめっきの密着性改善

ダイヤモンド



SEM像 10 μ m

めっき



SEM像 10 μ m

⇒横方向のずれに対しては頑丈？

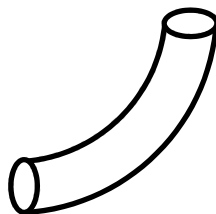
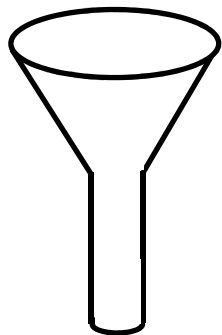
⇒管状のダイヤモンド部品なら実用化可能？

実用化に向けた課題

- ・ ダイヤモンド部品（管状）の固定方法

直管，テーパ

屈曲部，特殊形状



U S

⇒複雑形状の部品はできるが，内面に固定するのが難しい。

企業の皆様へ期待すること

メーカー

- 素材メーカー等
- 加工メーカー等
- 装置メーカー等

期待する技術

- ダイヤモンドとめっきの
高密着技術
- ダイヤモンド部品の固定
技術

想定される用途

プラント関連

細管内部
R部内部



金型関連

金型内部
水冷管内部

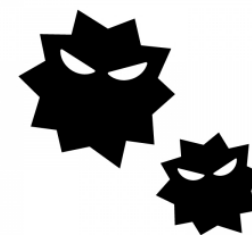


高硬度
高熱伝導率
高耐摩耗性
化学的安定

スロート部
ノズル先端



機械部品関連



PCRリアクター
サーマルサイクラー

医療関連

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : ダイヤモンド被膜体, ダイヤモンド被膜部品及びそれらの製造方法
- 出願番号 : 特願2013-26266
- 出願人 : 広島県
- 発明者 : 本多正英, 山本 晃, 大橋俊彦, 筒本隆博

お問い合わせ先

○ 最初の相談について

広島県立総合技術研究所 西部工業技術センター
技術支援部

TEL 0823-74-1151

FAX 0823-74-1131

e-mail wkcgijutsu@pref.hiroshima.lg.jp

○ 契約に関することについて

広島県立総合技術研究所 企画部

TEL 082-223-1200

FAX 082-248-7055

e-mail sgkkikaku@pref.hiroshima.lg.jp