

軽元素系薄膜の特徴を利用したパワー 半導体パターン形成プロセスの開発

九州工業大学

若手研究者フロンティア研究アカデミー

特任助教 片宗 優貴

2019年12月10日

背景



出展) OSG株式会社
http://www.osg.co.jp/about_us/ir/about_osg/

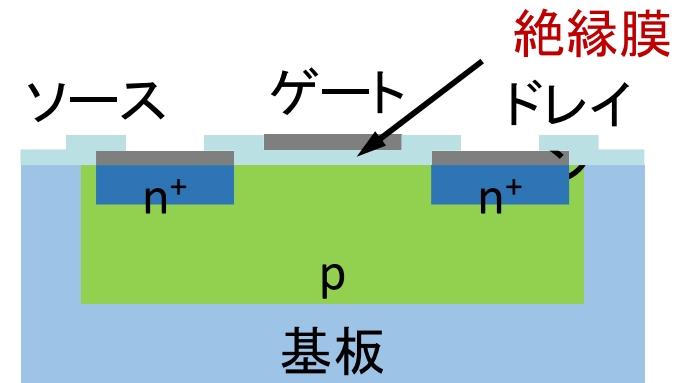
切削工具

金型



出展) Akros株式会社
https://www.akros.co.jp/alpha_coat/metal_coat.html

半導体



薄膜
母材

被膜による機能性の付与：
硬度，バリア性，導電性，絶縁性，
化学的安定性，光透過性など

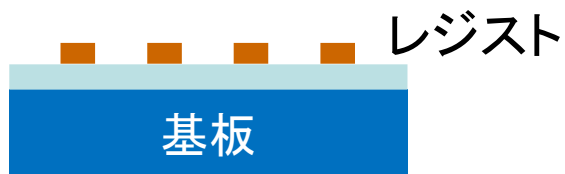
微細加工技術

エッチング

1. マスク形成



2. パターニング



3. エッチング+レジスト除去

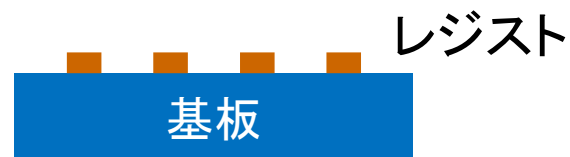


4. マスク除去



選択成長

1. パターニング



2. マスキング形成 + リフトオフマスク



3. 選択成長



4. マスク除去



薄膜を用いた選択成長技術

1. 基板



2. マスク材形成



3. 選択成長



4. マスキング材の除去



マスク材

- ・金属系 (Ti, Mo, Wなど)
- ・酸化物系 (SiO₂, Al₂O₃など)

ダイヤモンドやSiCなどワイドギャップ半導体の高温プロセスで、堆積物が生成せず、プロセスに耐える材料が好ましい。

選択成長後には、エッチングによるマスキング材の除去工程が必要。

軽元素(Si-C-N-O)系薄膜

- ・絶縁性
- ・高硬度
- ・パッシベーション
- ・耐腐食性
- ・組成制御



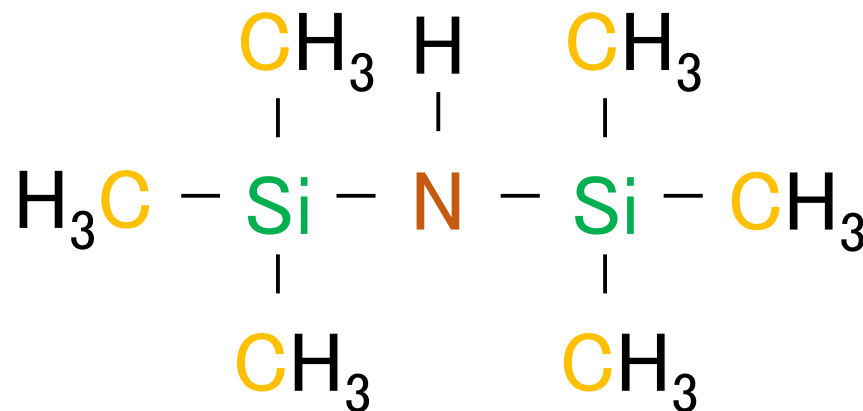
➔ パッシベーション膜, 絶縁層, 硬質皮膜,
MEMS, バリア膜, バッファ層

軽元素(Si-C-N-O)系薄膜

原料：ヘキサメチルジシラザン (HMDS)

- ・非爆発性
- ・低コスト
- ・蒸気圧が高い

(減圧によりガス化可能)



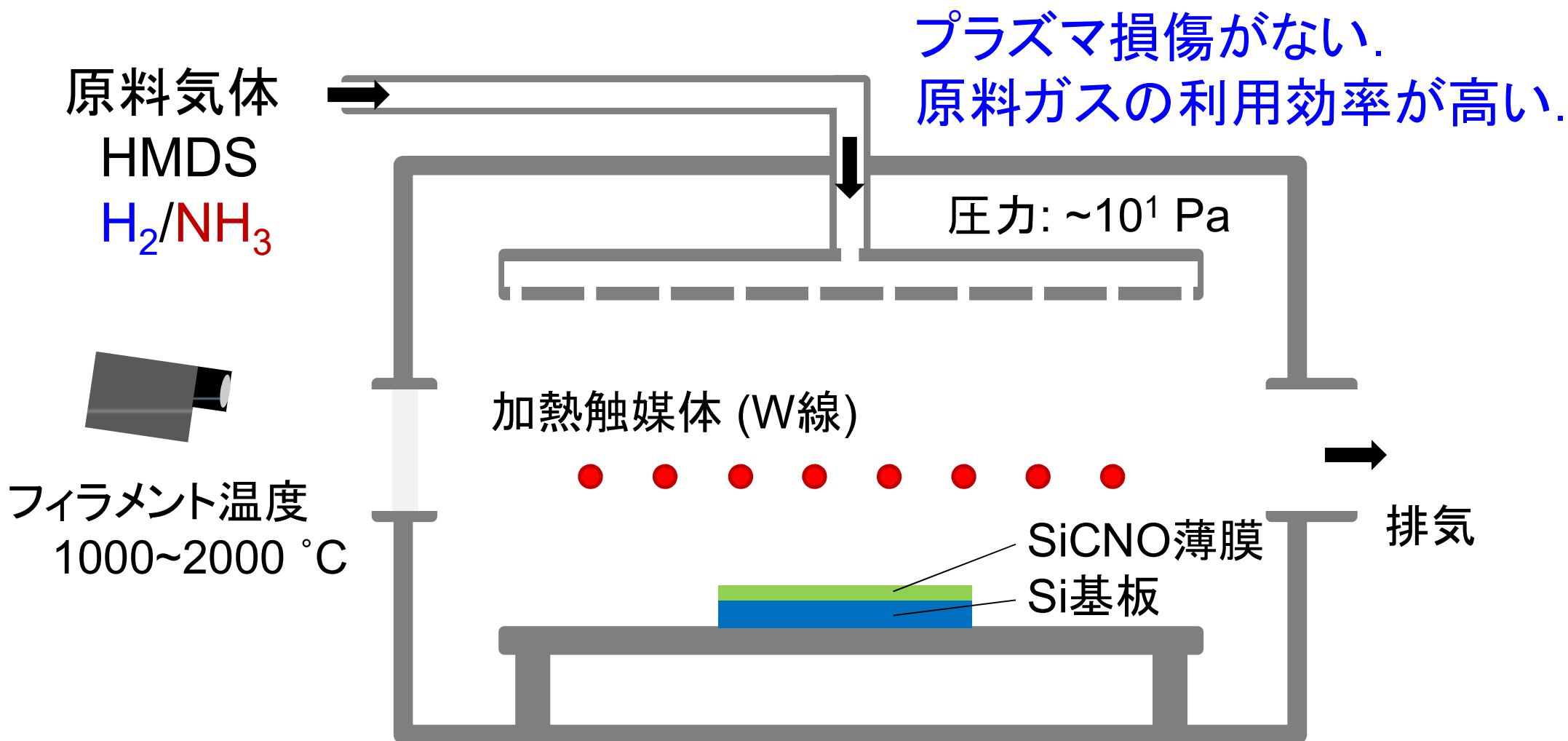
HMDSの分子式

従来法：**SiH₄**(シラン) + NH₃(アンモニア) + CH₄(メタン)
→ **毒性, 爆発性**

➡ 安全かつ安価に3元素の単一前駆体として利用可能.

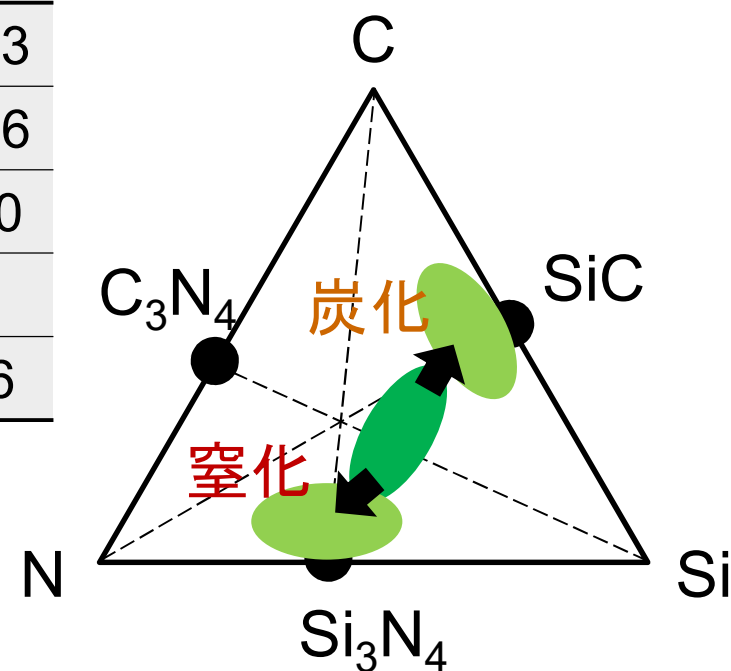
薄膜の形成手法

ホットワイヤー化学気相堆積 (CVD) 法



Si-C-N-O系薄膜の形成

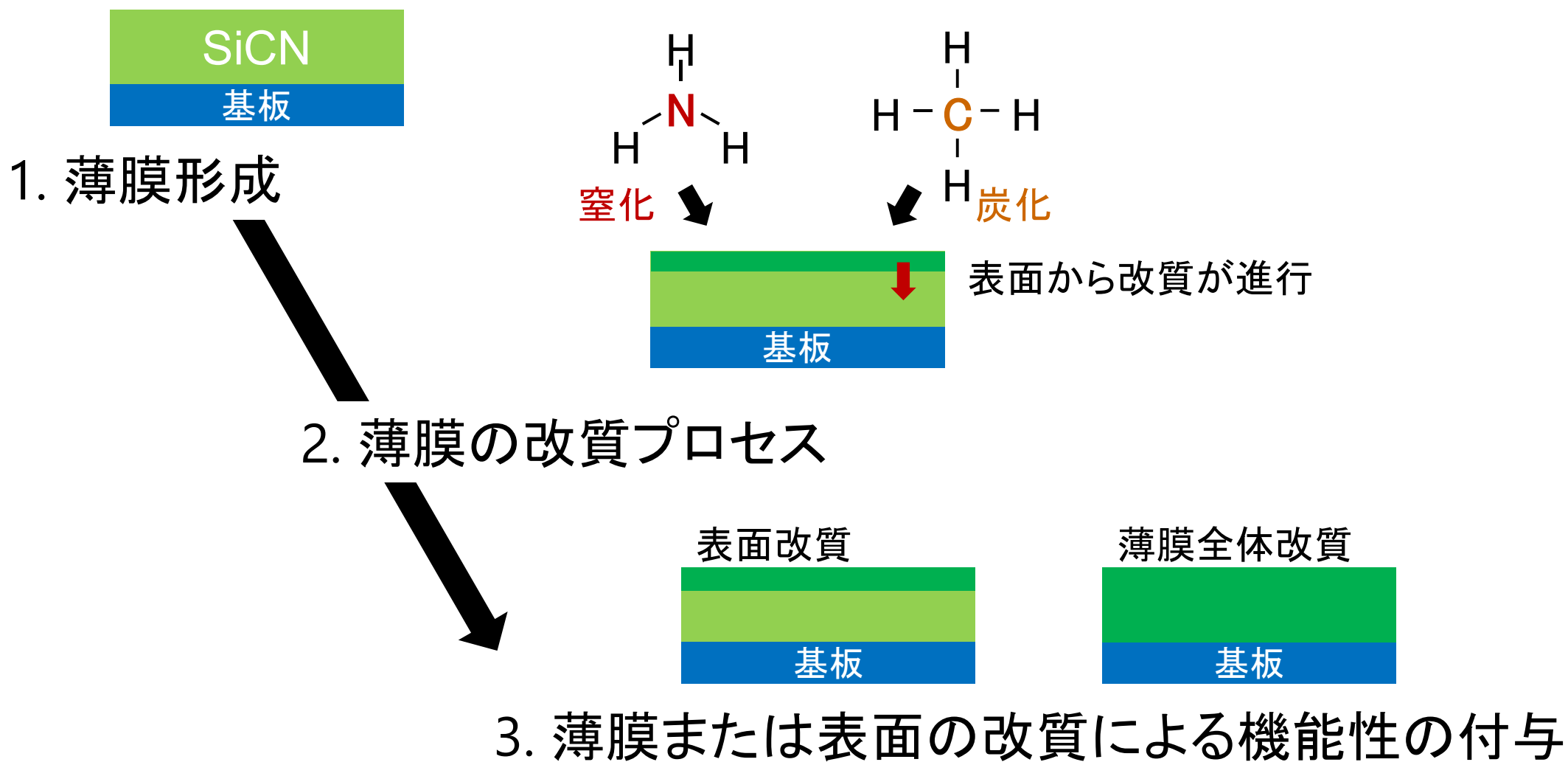
物質	ダイヤモンド	Si ₃ N ₄	SiC	Si
密度 (g/cm ³)	3.52	3.2-3.3	3.16-3.21	2.33
ビッカース硬度 (GPa)	96	14	10-30	10.6
ヤング率 (Gpa)	1086	290-300	400-700	190
靱性 (MPa m ^{1/2})	7.5	7	2-3	1
熱膨張係数 (10 ⁻⁶ /K)	1.1	2-3	3-6	2.6



薄膜の組成を調整することで、
Si₃N₄とSiCの間の各種物性を制御できる。

ホットワイヤー法で困難な酸化プロセスも可能。

薄膜の改質について

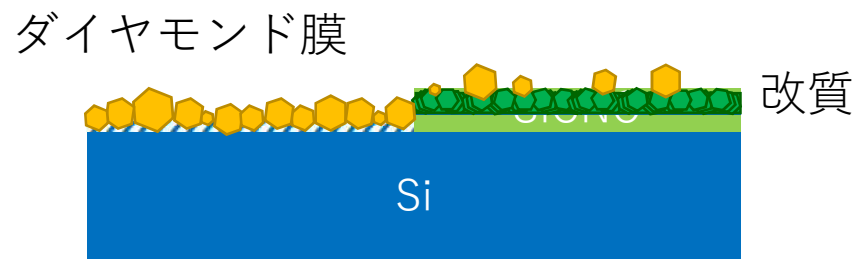


本技術の適用例

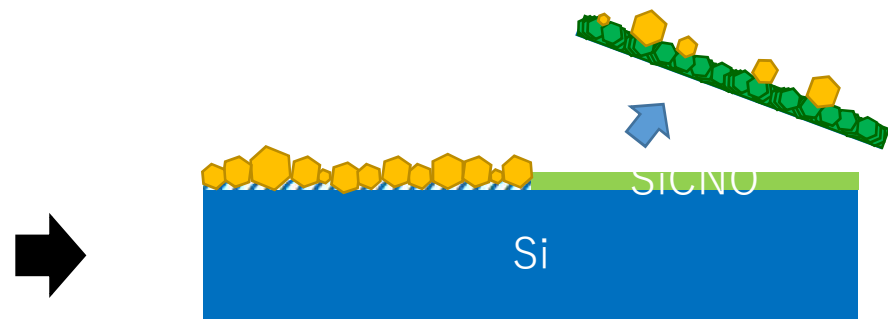
1. マスク材としての薄膜形成



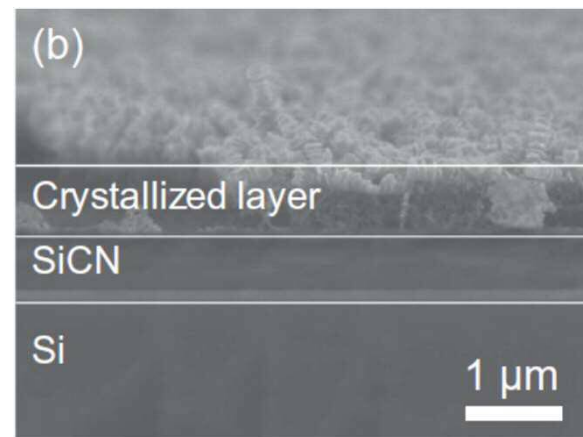
2. ダイヤモンド成長



3. 薄膜の改質を利用した脱膜



マスク材の除去プロセスが不要

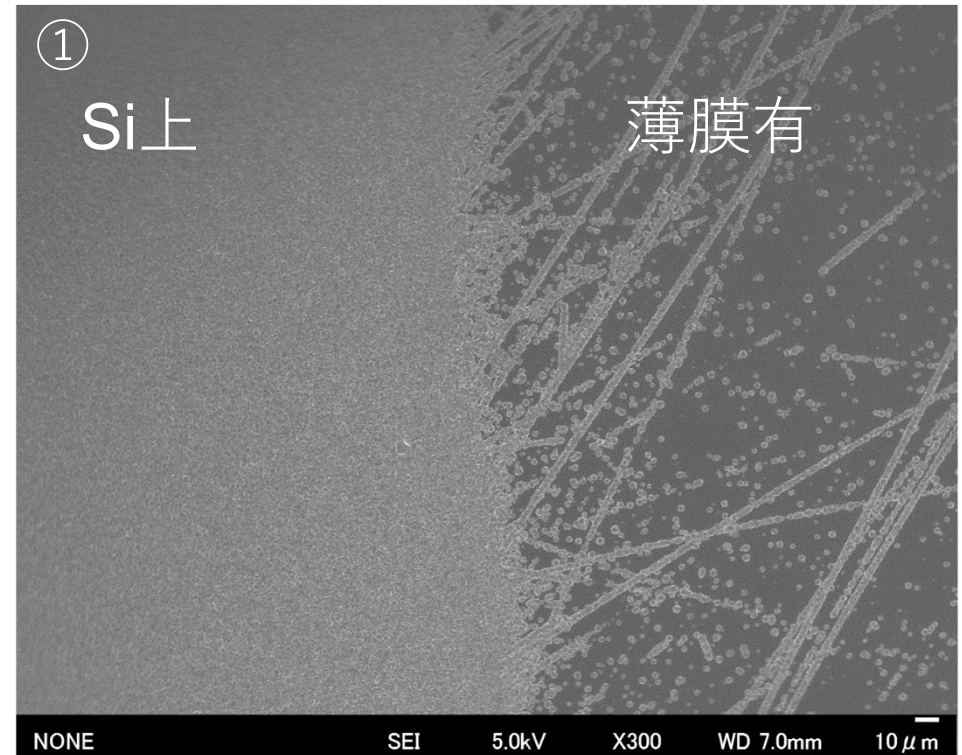
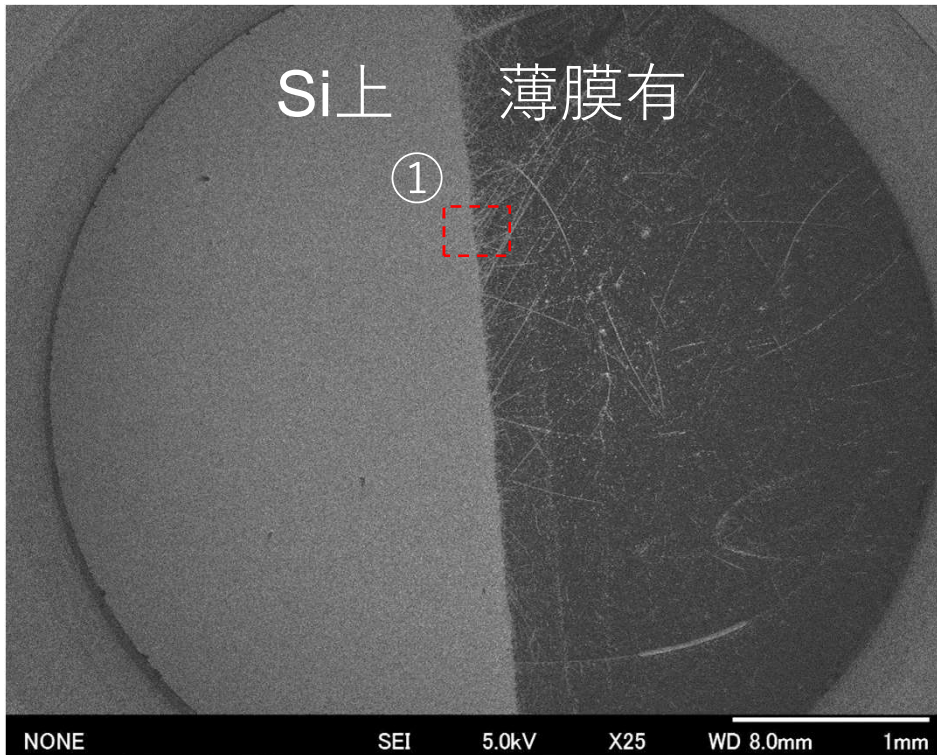


改質層

Y. Katamune, et al., Thin Solid Films 635 (2017) 53.

成長領域の選択性

ダイヤモンドの成長後

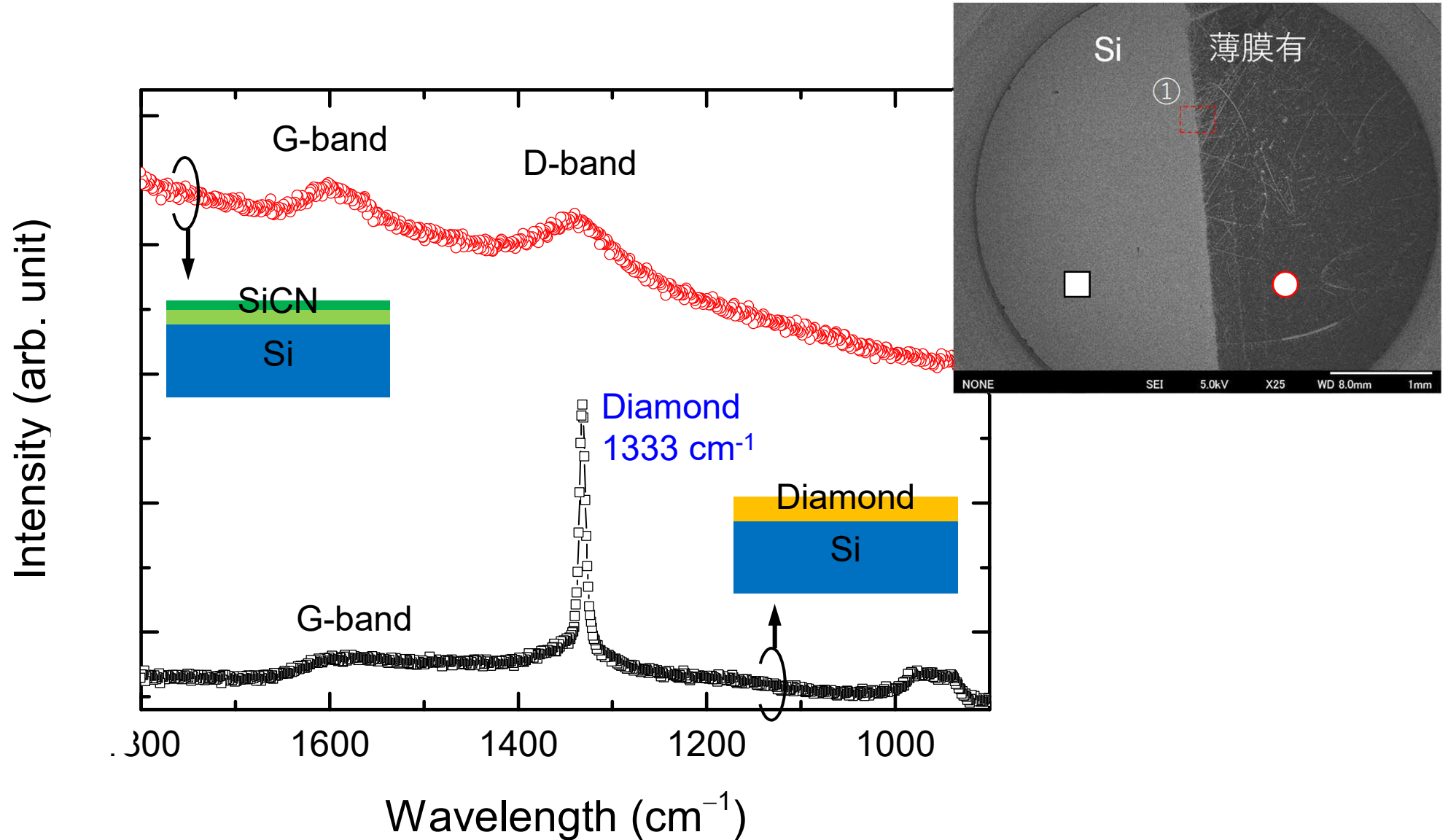


成長容易

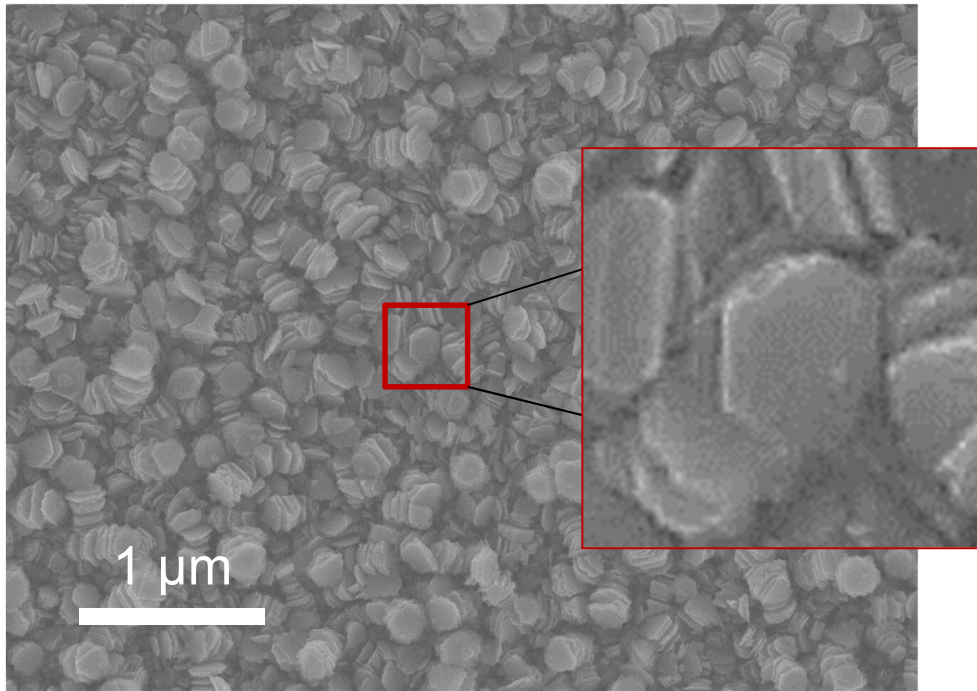
成長困難

SiCN膜を形成することでダイヤモンドの核生成が抑制される。

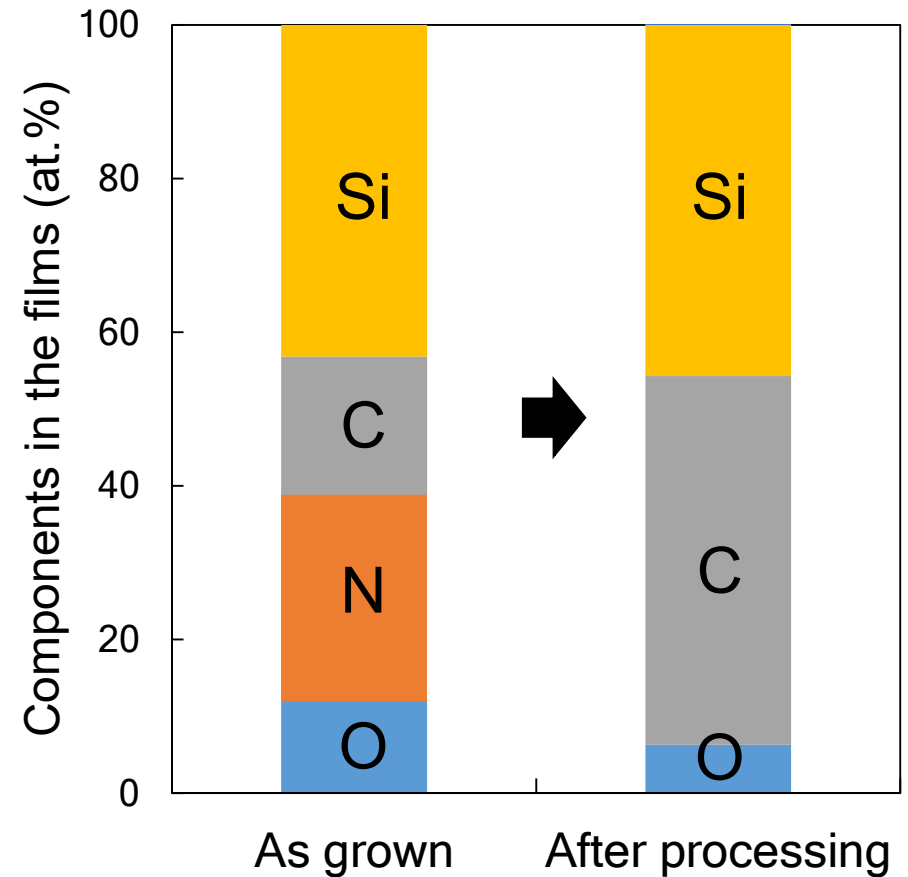
成長領域の選択性



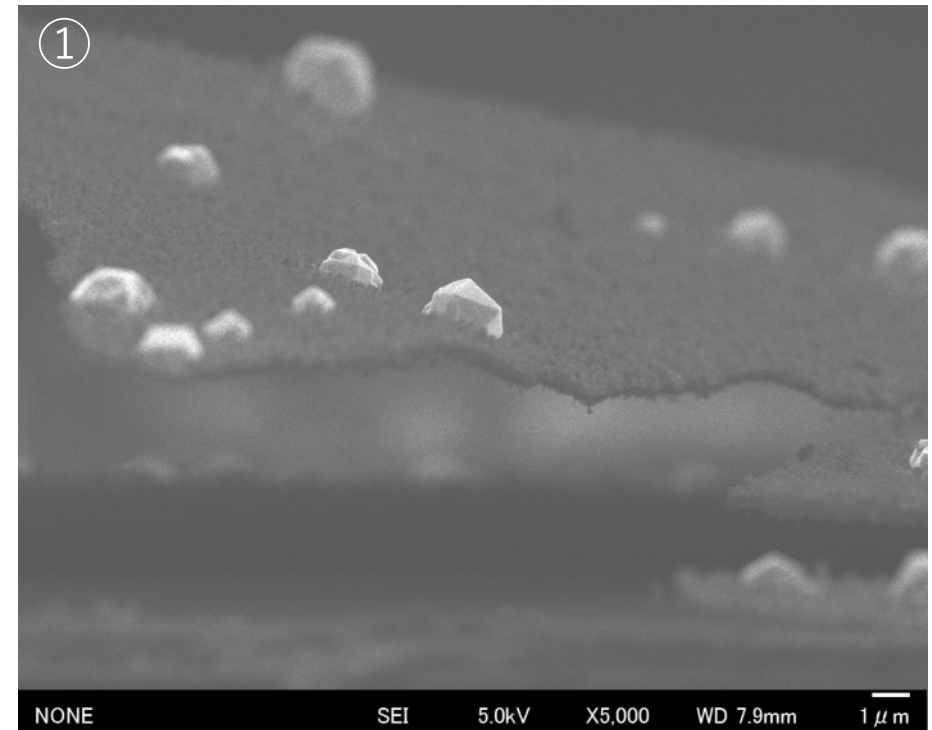
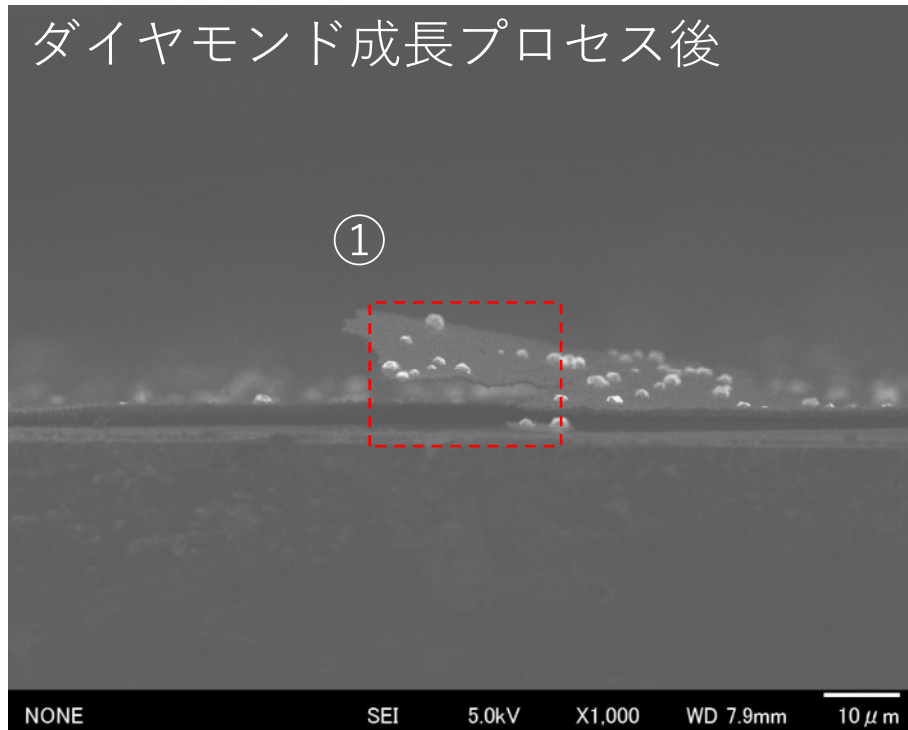
薄膜の表面改質処理



炭素雰囲気下での薄膜の改質
→ 炭化による表面の結晶化



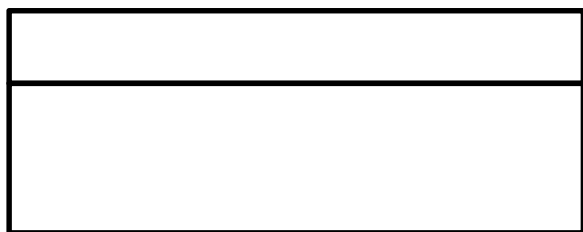
薄膜の改質を利用した脱膜



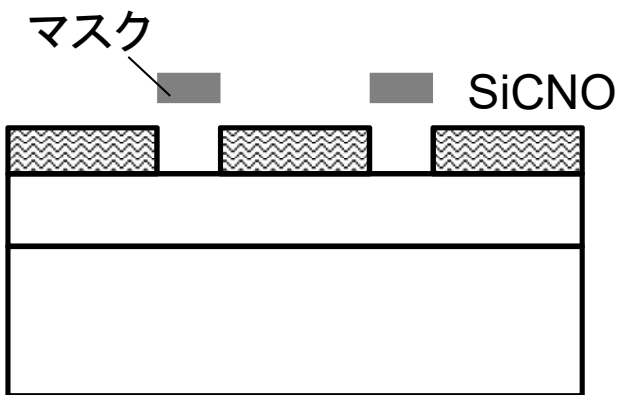
ダイヤモンド成長プロセスの炭化反応によって
薄膜が改質されることで、簡便な脱膜が可能。

本技術の適用例

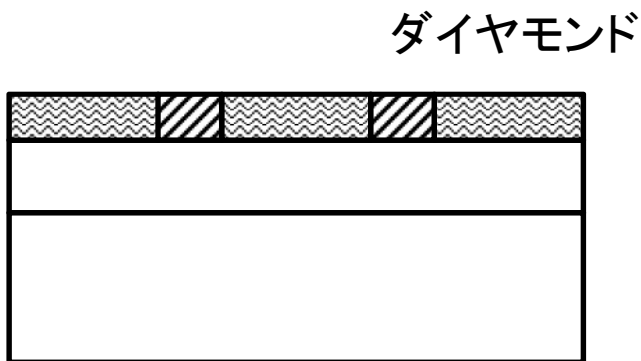
1. 基板



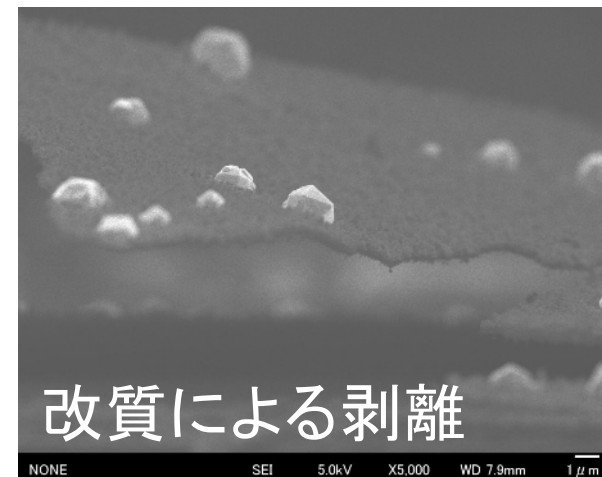
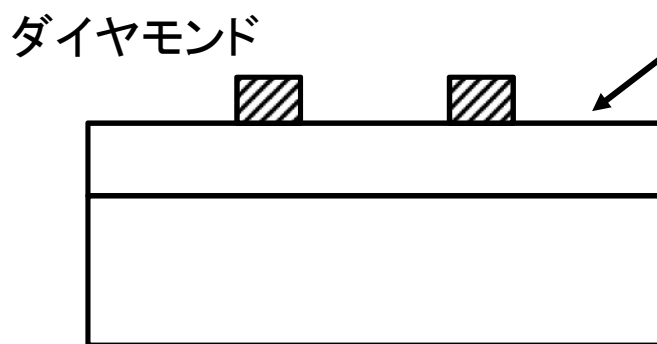
2. SiCNO膜形成



3. ダイヤモンド成長



4. 改質による脱膜



マスク材の改質を利用したパターン形成プロセスの簡略化.

新技術の特徴・従来技術との比較

- 薄膜の脆化現象を利用したパターン形成プロセスの簡略化，また表面改質による機能付与が期待できる。
- 半導体プロセスであるが，危険ガスの除外設備など必要なく，安全かつ簡便な装置構成で薄膜形成が可能である。

想定される用途

- 半導体などのプレーナー型の製造プロセス
- 炭素系薄膜のパターン形成プロセス
- 薄膜の表面改質を利用した表面構造設計

実用化に向けた課題

- 炭化プロセスによりSi-C-N-O系薄膜の改質が可能であることを確認している.
- 選択成長させる対象物によって、炭化・窒化雰囲気での薄膜改質のための条件を整える必要がある.
- 本研究の薄膜形成法 (ホットワイヤーCVD法) に特有の重金属 (W, Mo) の混入の影響の検証が必要.

企業への期待

- CVDコーティング技術をベースとしているため、高硬度や潤滑性など機能性薄膜としての展開が可能である。
- 薄膜の改質を利用することで、形成の難しいSi, C, N元素系材料の下地層としての適用の可能性を探りたい。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 半導体膜形成方法
- 出願番号 : 特願2017-039028
- 出願人 : 九州工業大学
- 発明者 : 片宗優貴、和泉亮

お問い合わせ先

九州工業大学

イノベーション推進機構グローバル産学連携センター

小柳 嗣雄

TEL 093-884-3499

FAX 093-884-3531

e-mail koyanagi-t@ccr.kyutech.ac.jp