

SiN 膜により導入された 歪の熱処理特性評価



明治大学

齊藤 博之、小瀬村 大亮、掛村 康人、吉田 哲也、
武井 宗久、小椋 厚志



東京エレクトロン

鴻野 真之、西田 辰夫、中西 敏雄



JASRI

廣沢 一郎、小金沢 智之

はじめに



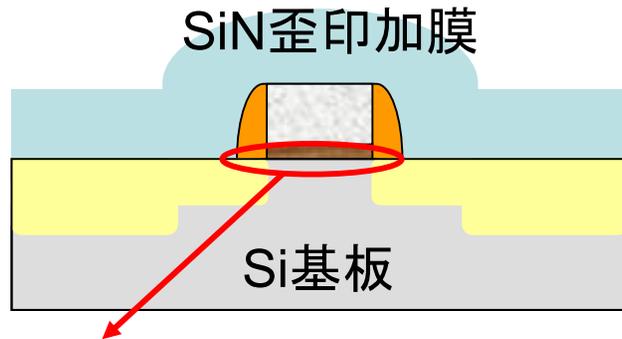
UVラマン分光測定によりSiN膜を堆積したSiの歪量の評価を行った。内部応力としてcompressiveおよび、tensileを持つSiN膜がそれぞれtensileとcompressiveの歪を導入することを確認した。またSiN膜の密度をXRRで測定し、SiN膜の内部応力は密度と強い相関があることがわかった。したがって導入する歪量はSiN成膜時のCVD条件によって制御可能である。さらに、アニールによる膜密度の上昇、歪量の変化を確認した。

概要



- 本研究の背景・目的
- 測定試料
- 測定装置・測定条件
- ■ XRR
- ■ ラマン分光法
- 実験結果・考察
- まとめ

本研究の背景・目的



歪誘起

歪Si技術

チャネル領域に歪を導入し、
電子/ホール移動度の向上を得る技術

ローカル歪技術

MOSFETのチャネル部にのみ歪を導入する手法

長所

- ・簡単な手法
- ・低コスト
- ・種々の基板との組み合わせ

歪誘起のメカニズムの解明は不十分

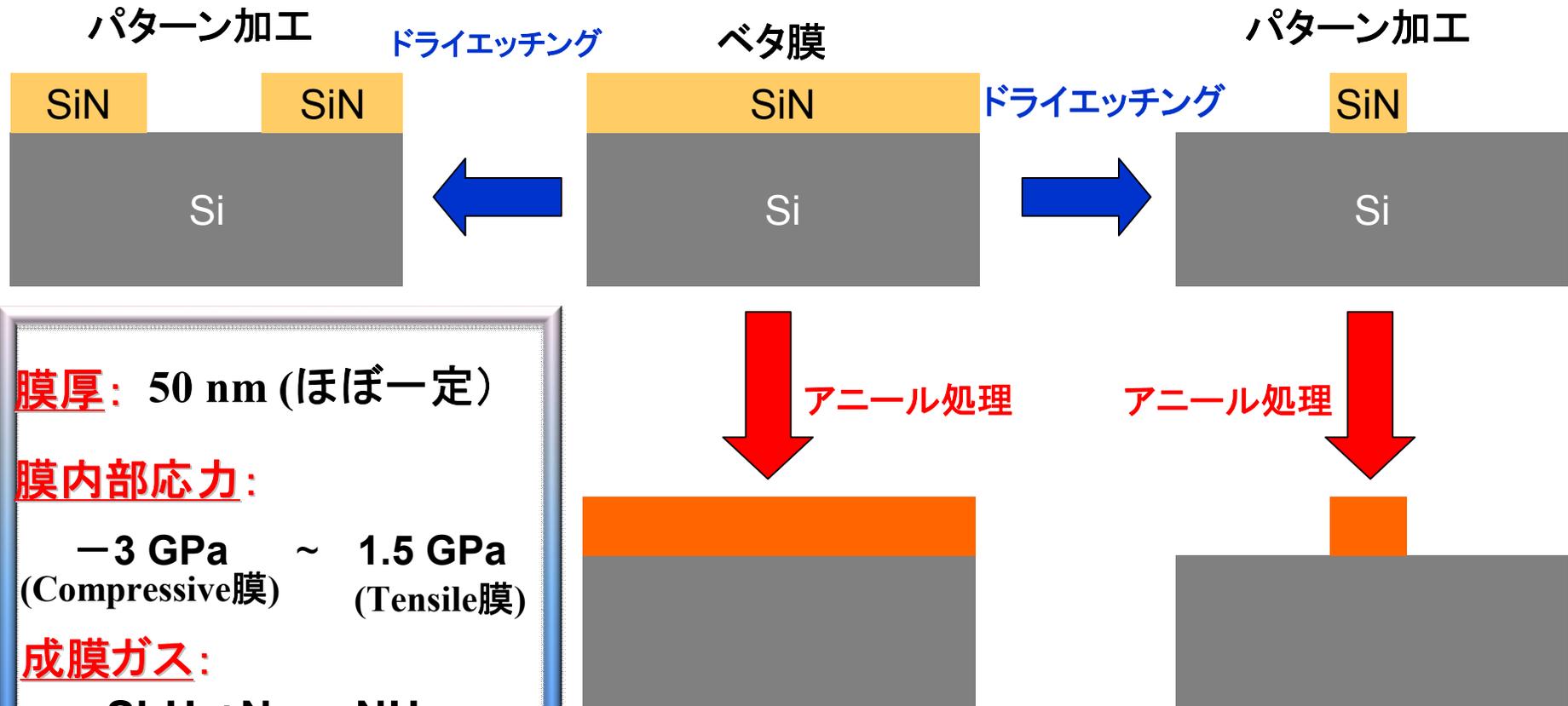
目的: Si歪導入のためのSiN歪印加膜について、SiN膜の物性と導入された歪の分布を測定し、歪導入のメカニズムを解明する。

測定試料



測定試料: Si(001)基板上にSPAを用いて成膜したSiN膜とパターン加工したもの、アニール処理したサンプルを用意した

形状: 2種類



膜厚: 50 nm (ほぼ一定)

膜内部応力:

-3 GPa ~ 1.5 GPa
(Compressive膜) (Tensile膜)

成膜ガス:

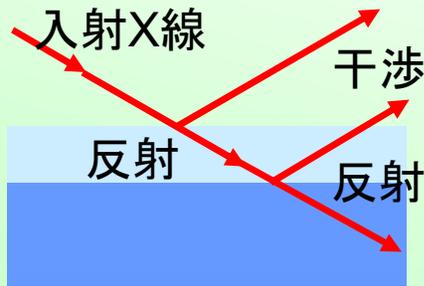
$\text{Si}_2\text{H}_6 + \text{N}_2$ or NH_3

測定装置・測定条件



• SiN膜について

XRR



SPring-8 (#BL46XU2007A1216)

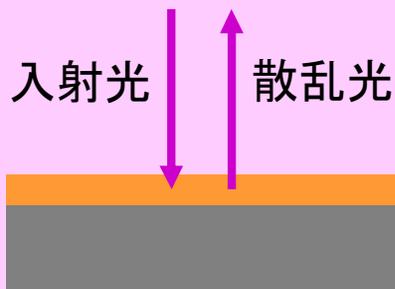
得られる物理量

- 膜厚
- 密度
- 粗さ

- エネルギー: 12.4keV
- X線源: シンクロトン放射光
 $\lambda = 0.1033(\text{nm})$
- Si(111)2結晶モノクロメーター
- Scanstep 0.01°
- Scanrange: $0^\circ \sim 8^\circ$
- Scan speed 200sec/ $^\circ$

• Si界面の歪量について

ラマン分光装置

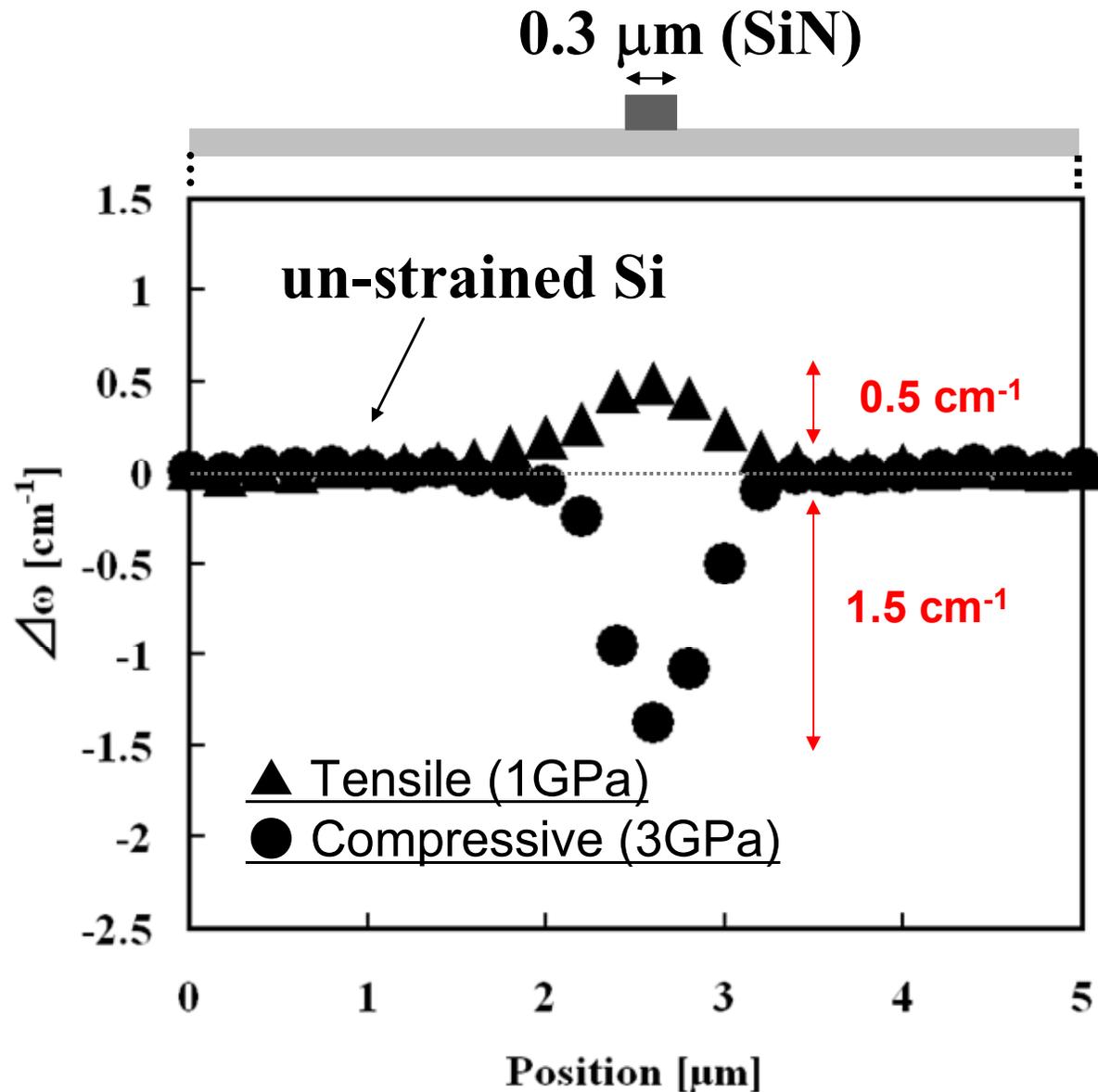


得られる物理量

- ポイント測定 歪量
- 擬似線状測定 1次元歪分布

- 測定モード: 顕微ラマン
- Ar⁺レーザー波長: 364 nm
- 空間分解能(ライン測定): $0.2 \mu\text{m}$
- レーザーパワー: 0.15 mW
- 露光時間: 10 min.

0.3 μm のSiN孤立パターン下のSi最表面の歪分布

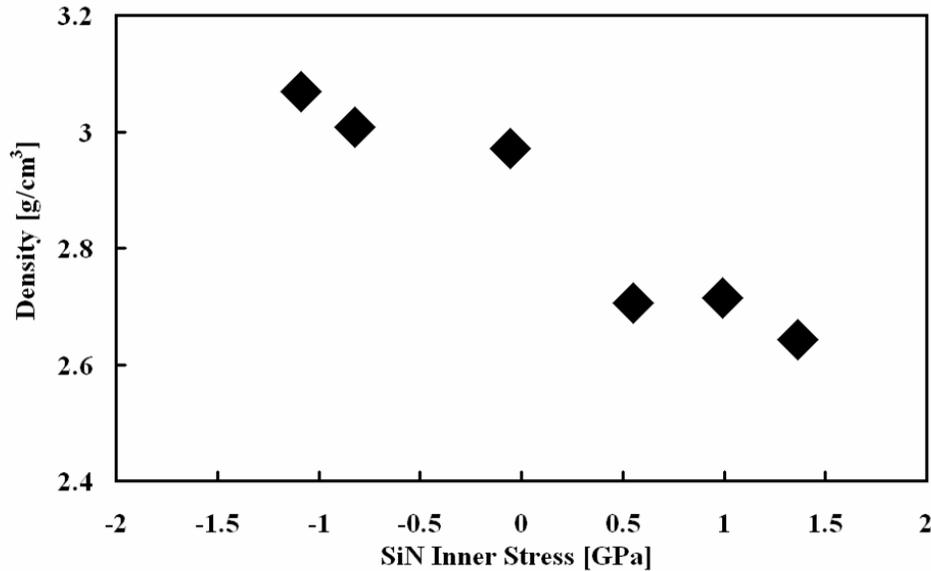


導入される歪量

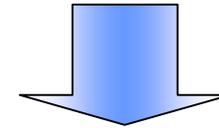
内部応力の大きさに比例

パターン加工前の数十倍

密度と応力の関係

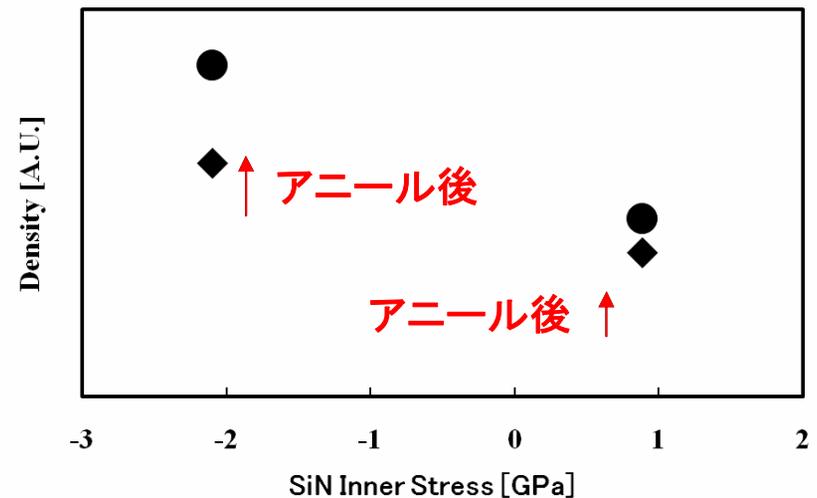


相関係数 -0.96

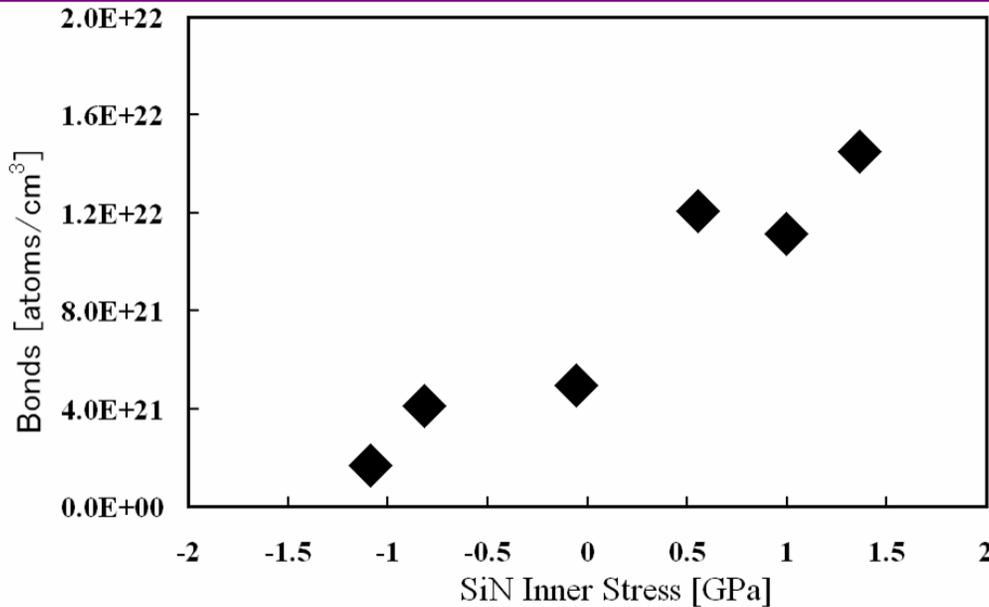


密度と応力の強い相関が確認できる

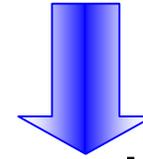
850°C30分のアニール処理後、
0.05~0.4 g/cm³程度密度上昇



FT-IR測定結果



tensile膜



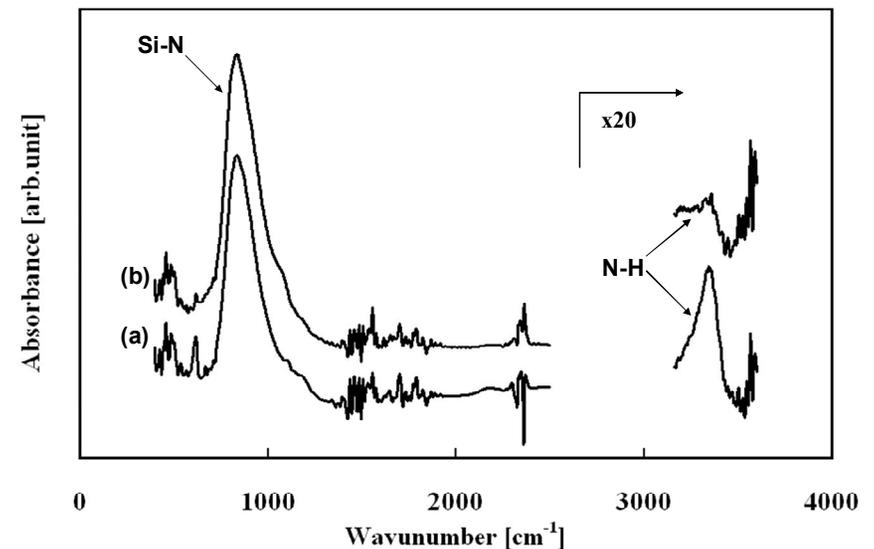
compressive膜より
N-H量が1桁多い

N-H結合数が主でSi-H結合は
ほとんど検出されなかった

0.9 GPa tensile膜

アニール処理

- ➡ N-H結合の減少
- ➡ Si-N結合の増加

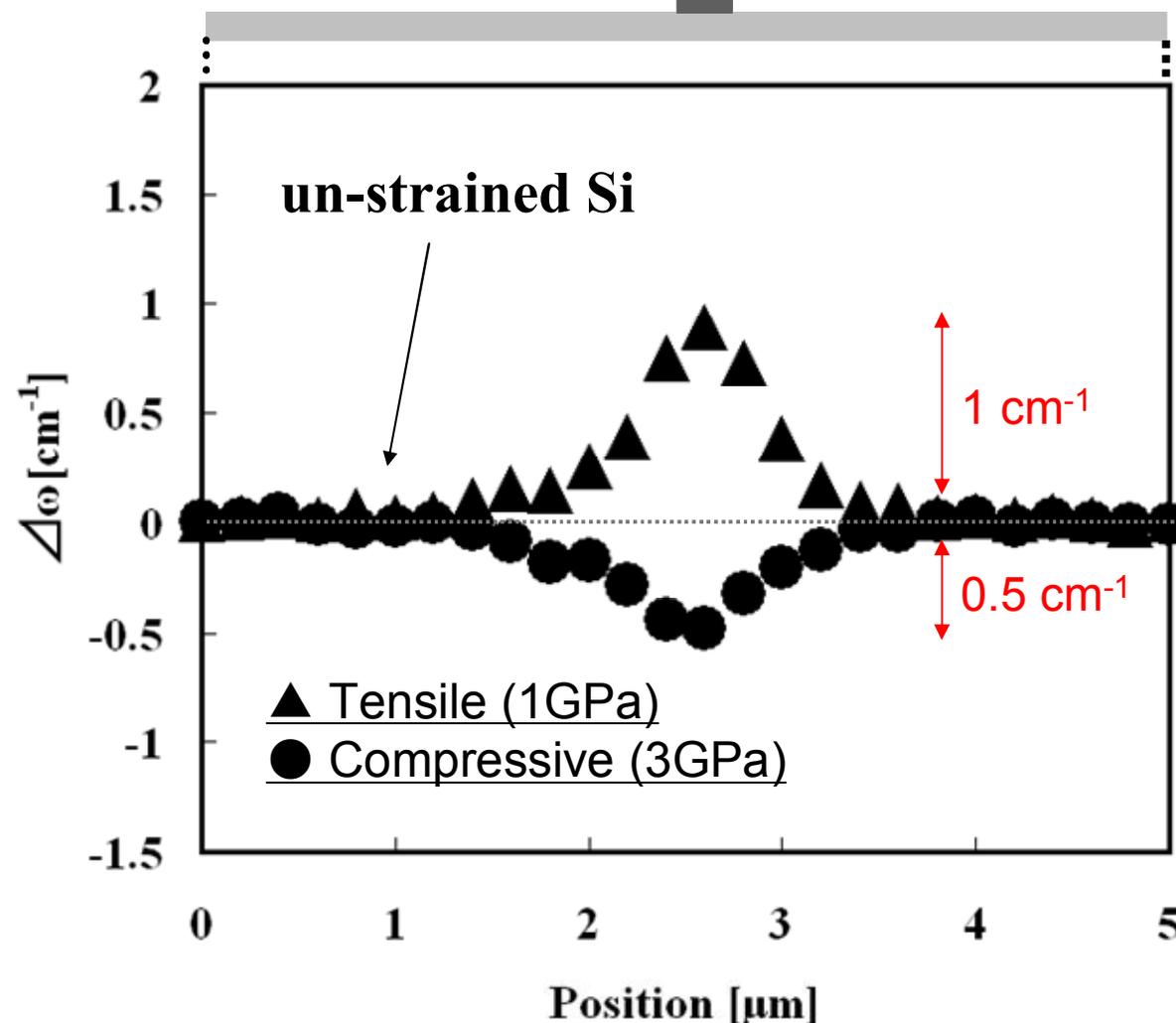


850°C30分の熱処理後の歪分布



0.3 μm (SiN)

アニール処理による密度の上昇より



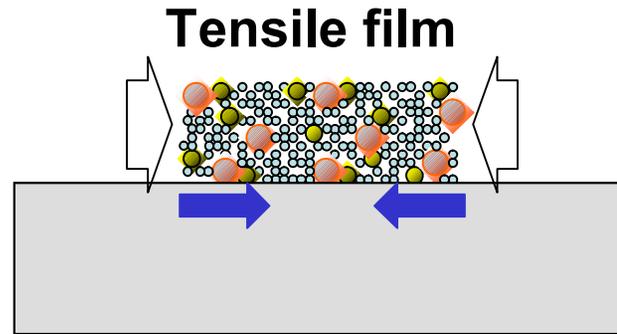
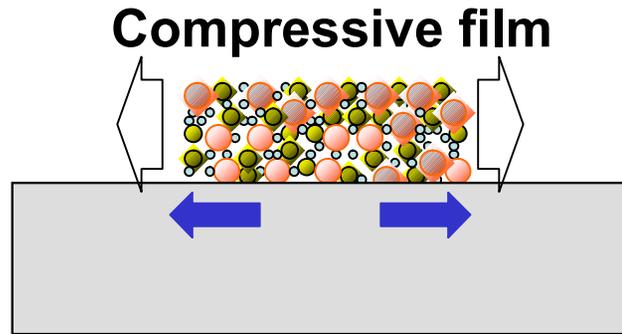
tensile膜

歪量の増加

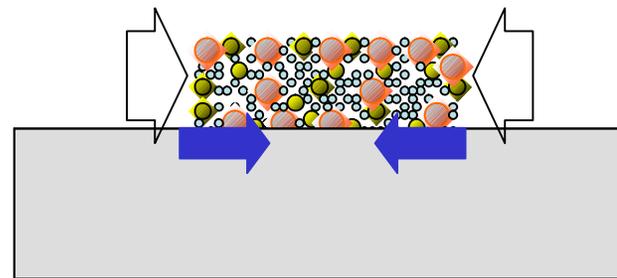
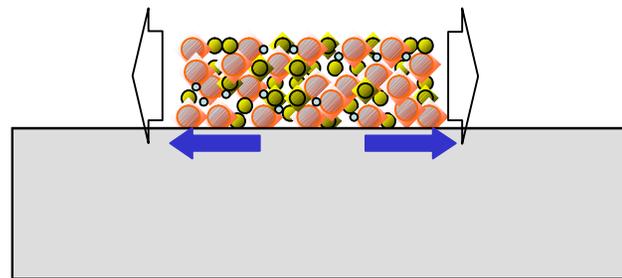
compressive膜

歪量の減少

アニール処理による歪量の変化



After anneal



- Si原子
- N原子
- H原子

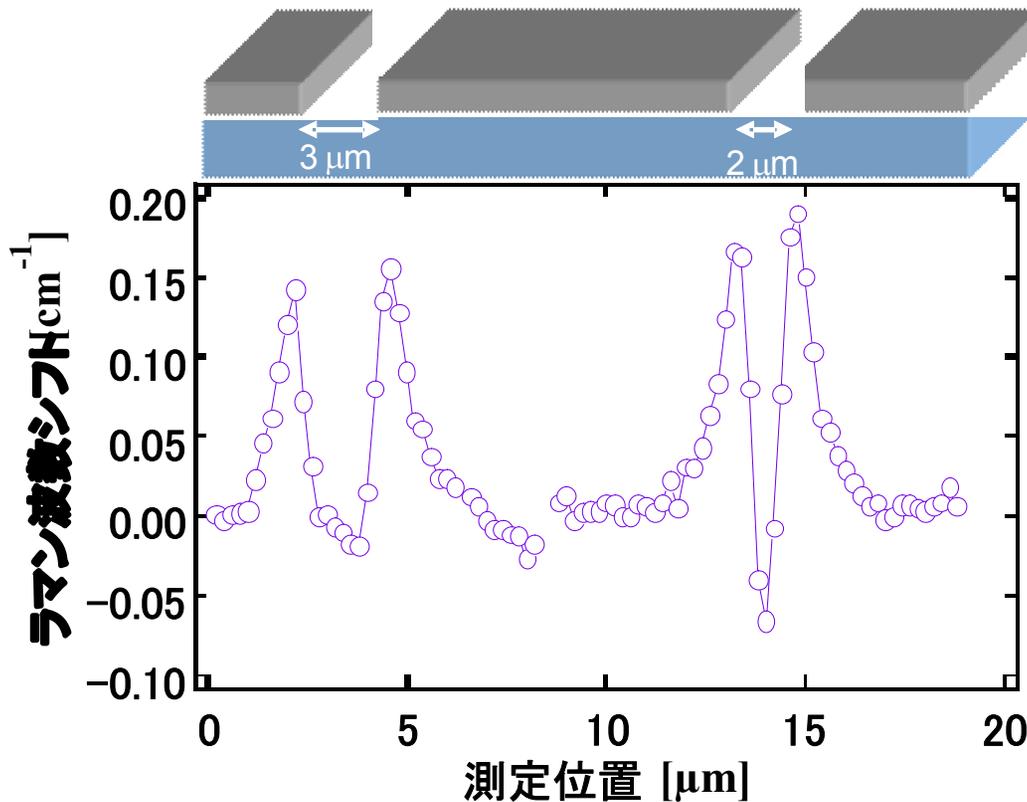
H原子が抜け
SiN膜のストレス緩和
↳ 歪量の減少

H原子が抜け
SiN膜のストレス向上
↳ 歪量の増加

SiN膜開口部の歪分布

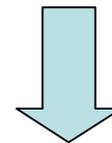


tensile膜 1 GPa



エッジ部分で
大きな歪が存在

開口部幅2 μm で大きな歪が導入



デバイスのゲート長が小さいほど
歪導入の効果が大きい

MOSFETにおける
歪導入のメカニズム

まとめ



FT-IR、X線反射率測定によりSiN膜の構造解析を行った。
またラマン分光法によりアニール前後の歪量の比較を行った。

- compressive膜の中心部分で逆方向の引っ張り応力の導入を確認した。
- CVD条件の制御によりHの取り込みを制御することでSiへ導入する歪量を制御することが可能である。
- MOSFETにおける歪導入のメカニズムを明らかにした。

- SiN膜の内部応力と歪量に強い相関がみられた。
- FT-IR測定結果よりアニール処理後、N-H結合が減り、Si-N結合の増加を確認した。
- 850°C30分のアニール処理で0.05~0.4 g/cm³の密度の上昇がみられた。
- SiN膜のエッジ部分で大きな歪を確認した。