

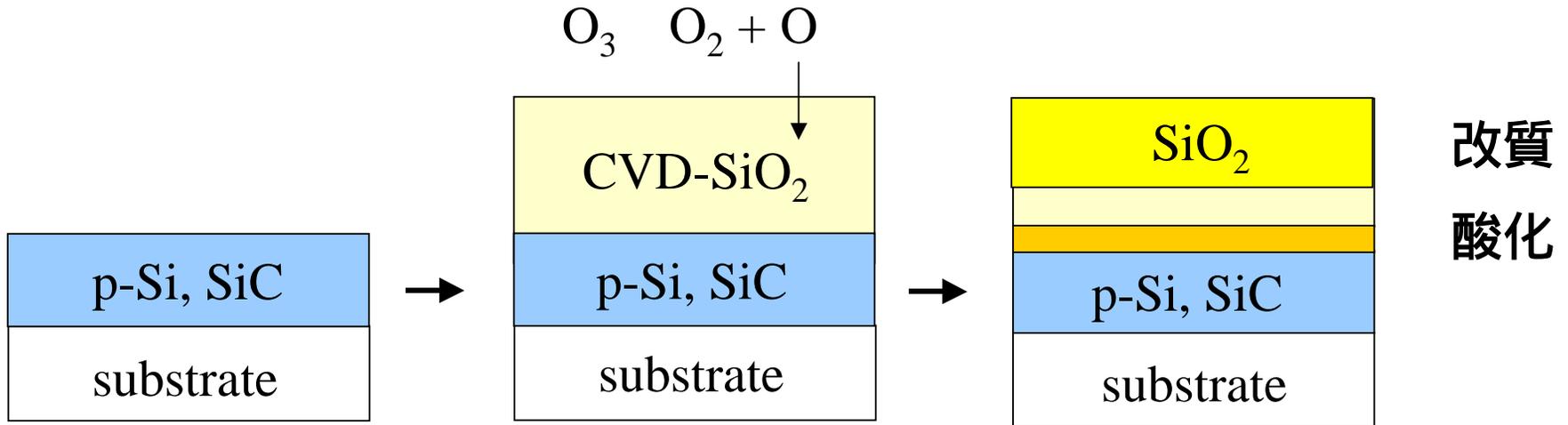
# 1. Introduction 各酸化膜形成方法の特徴とデバイス適用時の問題点

	密度	絶縁性	膜厚	温度	下地
熱酸化	高	高	任意	700 以上	c-Siのみ
オゾン酸化 ラジカル酸化	高	高	5 nm以下	任意	c-Si poly-Si
CVD	低	低	任意	任意	任意

CVD-SiO<sub>2</sub>膜のオゾン改質により,以下の要求を満たす酸化膜を形成する

1. 任意の下地上
2. 任意の膜厚
3. 高密度(高絶縁性)

# 予想されるCVD-SiO<sub>2</sub>膜のオゾン酸化改質の効果



改質 (Si - Oネットワーク再構成)  
下地の酸化

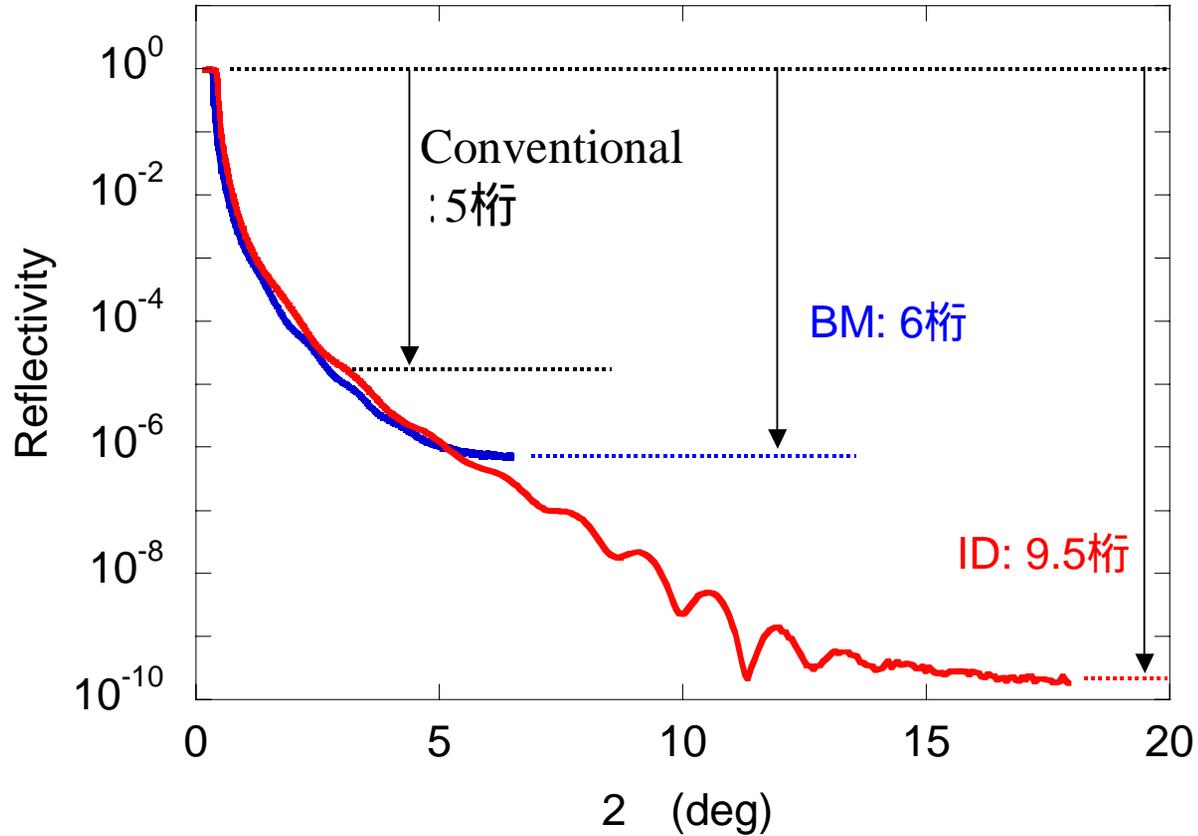
SiO<sub>2</sub>膜中の密度深さ分布評価が必要



X線反射率解析

# ダイナミックレンジの光源依存性

ラジカル酸化膜 ~ 7 nm



7 ~ 13 degで出現する特徴的な振動を検出するためには, 9桁以上のダイナミックレンジが必要

## 2. Experiments

### (1) Sample preparation

	HF etching	(p-Si(100) substrate)
	CVD SiO <sub>2</sub>	(3, 6, 10 nm)
┌	O <sub>3</sub> treatment	(wet O <sub>3</sub> , 450 °C, 30 min)
└		

### (2) Measurements

- **X-ray reflectivity (XRR)** (密度, 膜厚, 表面ラフネス)
  - Beam line : SPring-8 BL16XU (産業界専用)
  - Energy : 8 keV, Cu filter

### 3. Results X線反射率によるCVD-SiO<sub>2</sub>のオゾン酸化改質評価

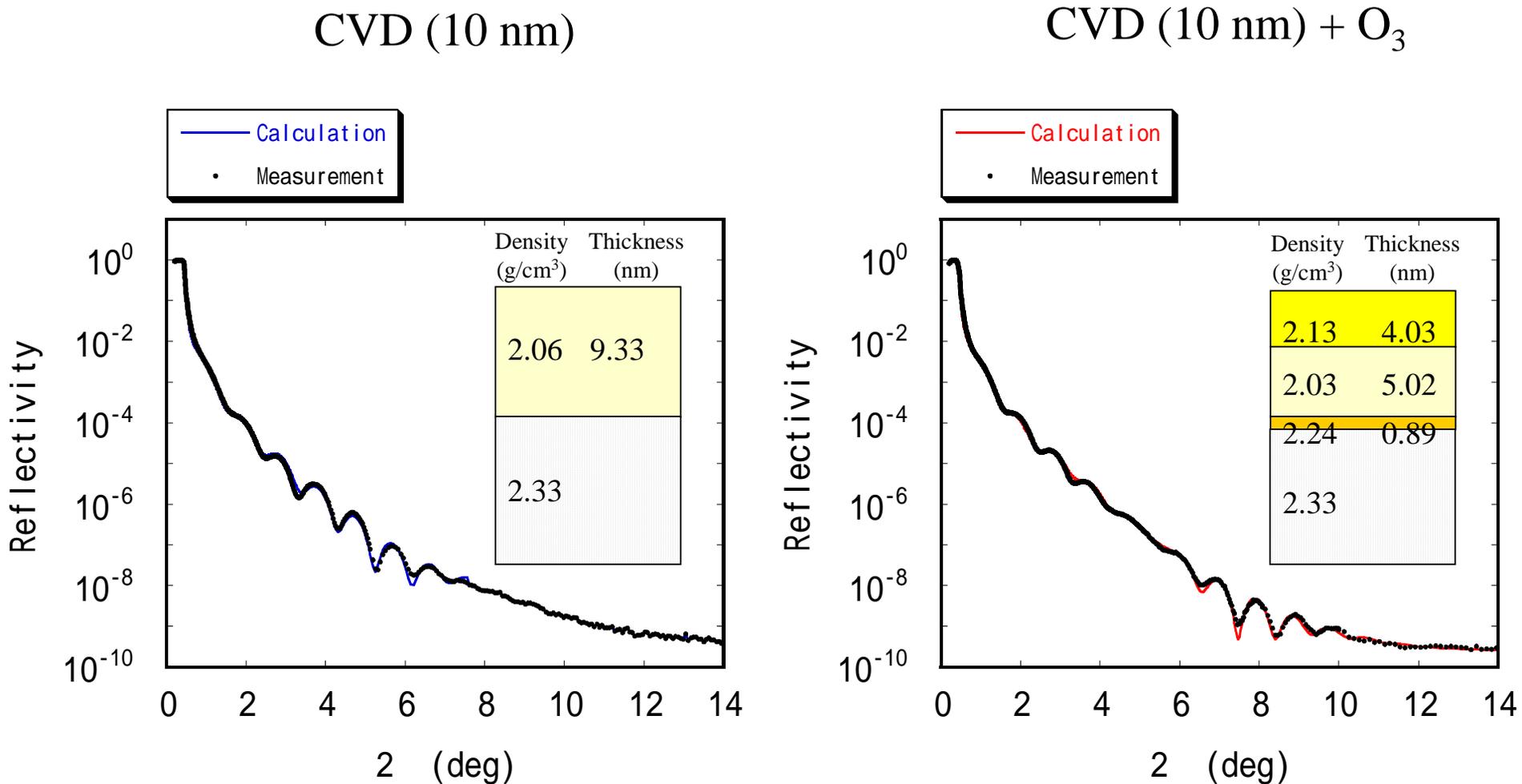
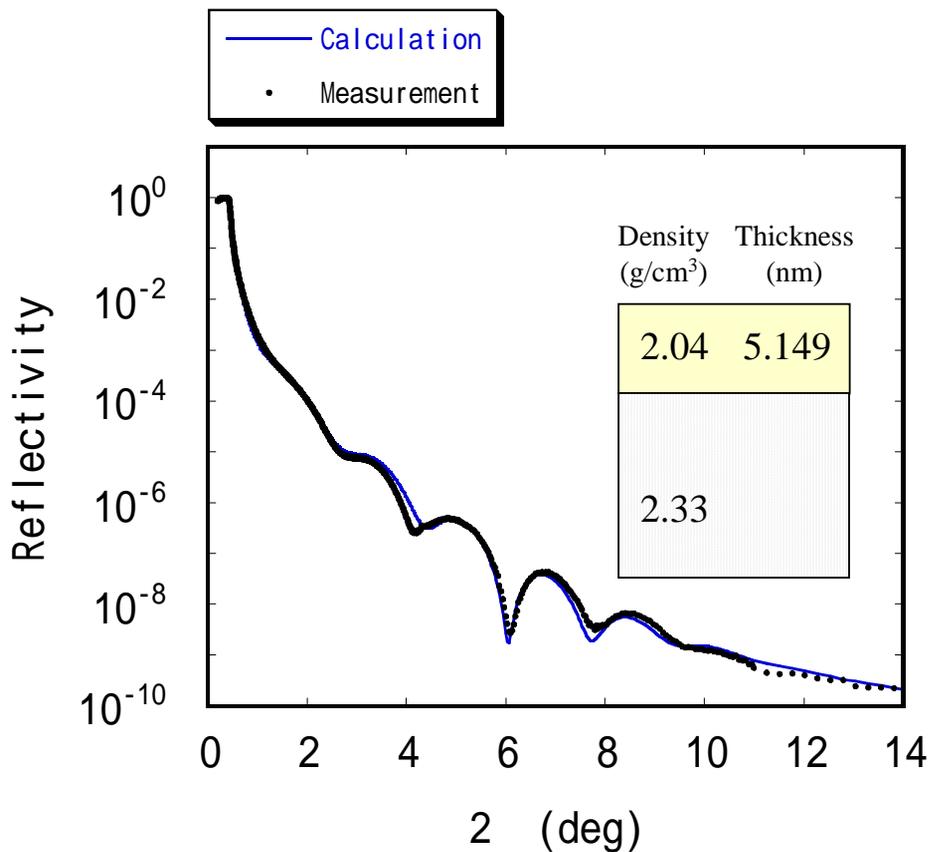


Fig. 4. XRR spectra of 10 nm thick CVD-SiO<sub>2</sub> film after O<sub>3</sub> treatment.

### CVD (6 nm)



### CVD (6 nm) + O<sub>3</sub>

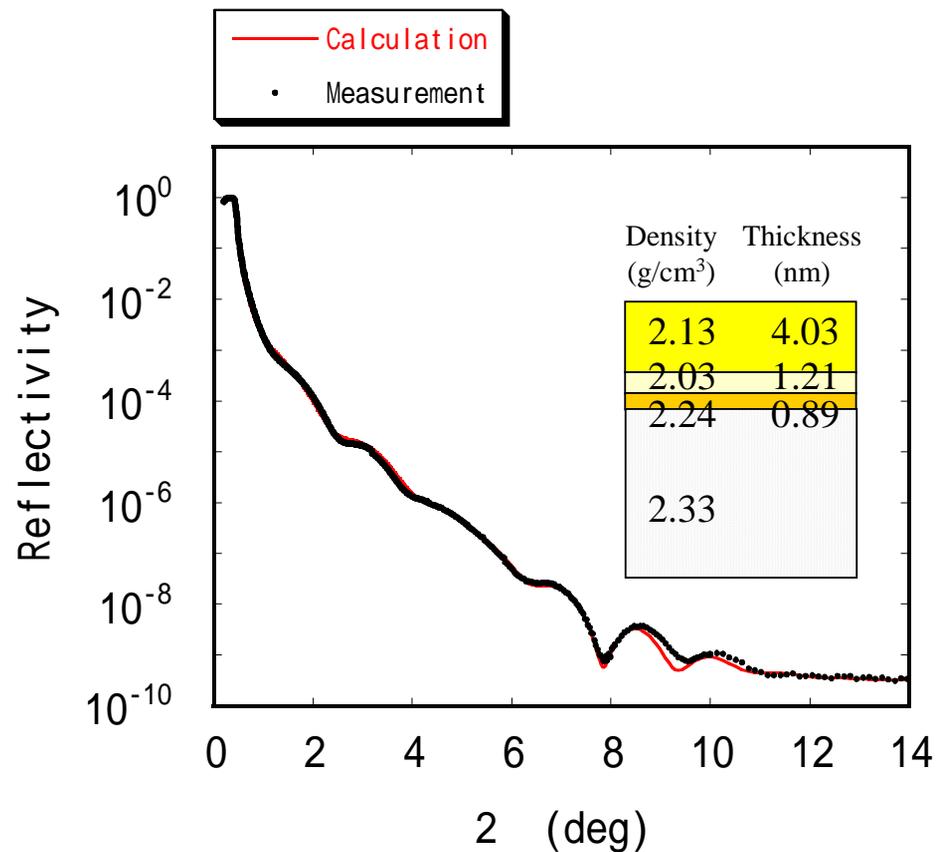
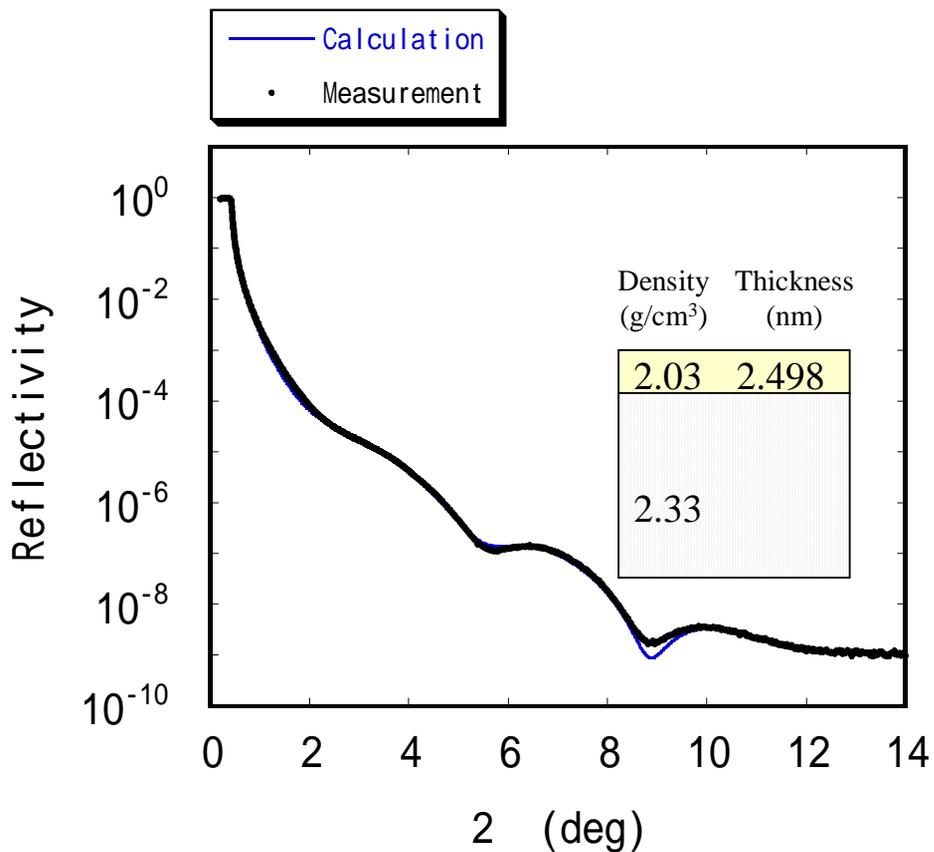


Fig. 5. XRR spectra of 6 nm thick CVD-SiO<sub>2</sub> film after O<sub>3</sub> treatment.

### CVD (3 nm)



### CVD (3 nm) + O<sub>3</sub>

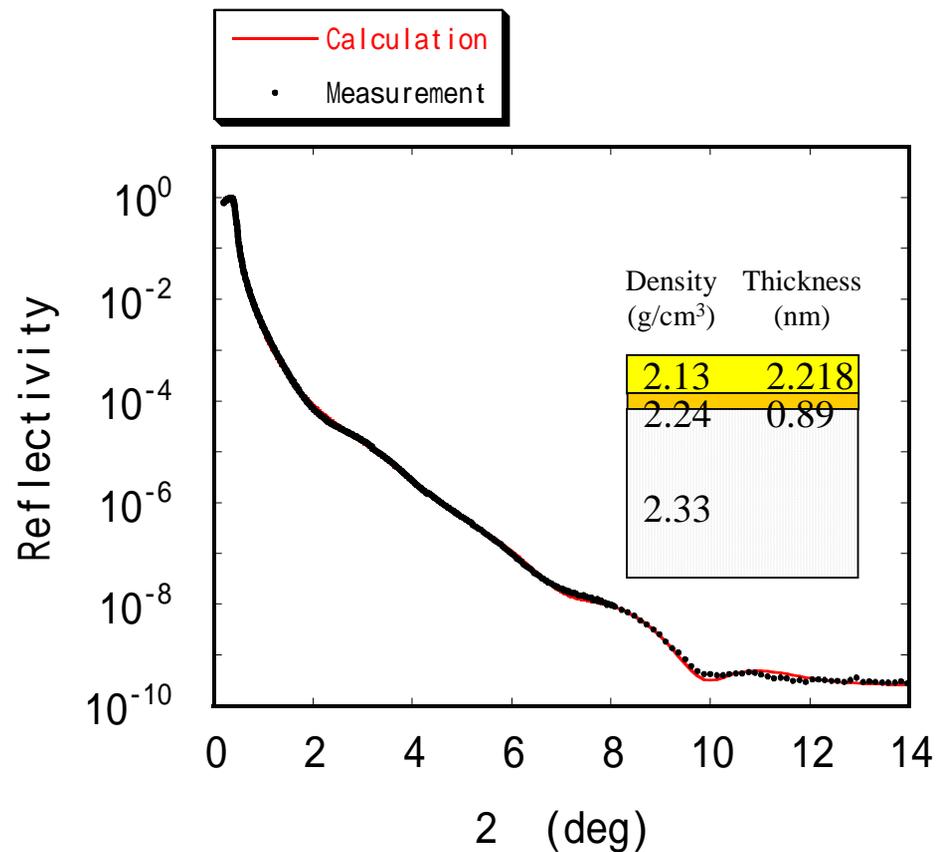


Fig. 6. XRR spectra of 3 nm thick CVD-SiO<sub>2</sub> film after O<sub>3</sub> treatment.

# 密度深さ分布のベース膜厚依存性

10 nm

6 nm

3 nm

CVD

CVD + O<sub>3</sub>

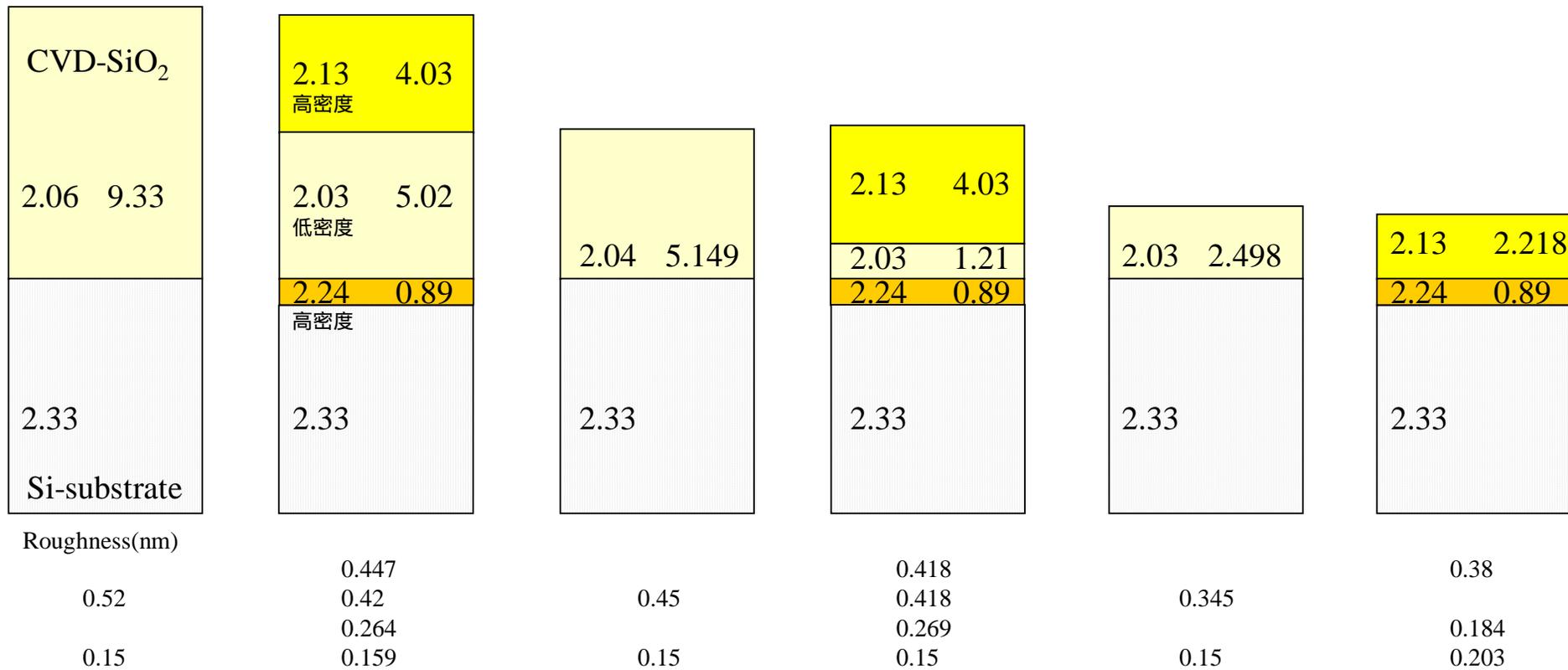
CVD

CVD + O<sub>3</sub>

CVD

CVD + O<sub>3</sub>

Density  
(g/cm<sup>3</sup>)    Thickness  
(nm)



**表面改質層，界面酸化層の厚さ・密度は，ベース膜厚に依存しない。**

# 4. Discussion 表面高密度改質及び界面酸化層形成モデル

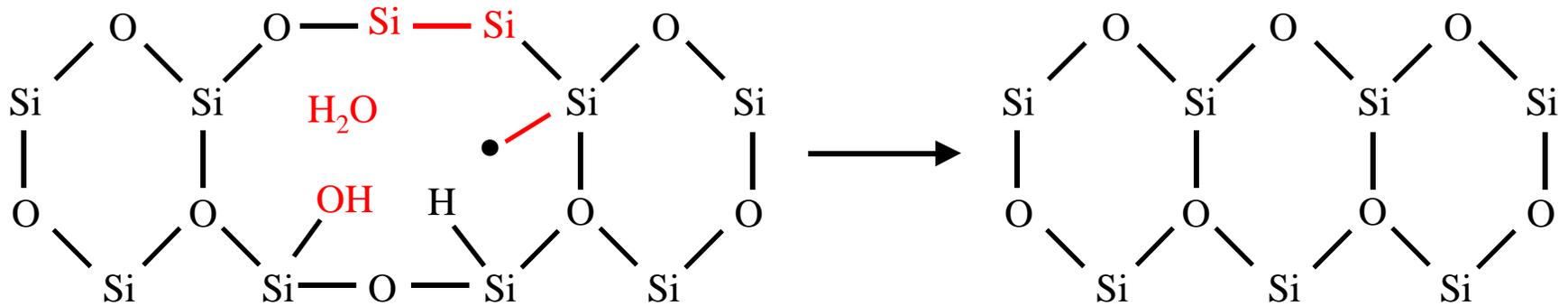
CVD

ネットワーク再構成

CVD + O<sub>3</sub>

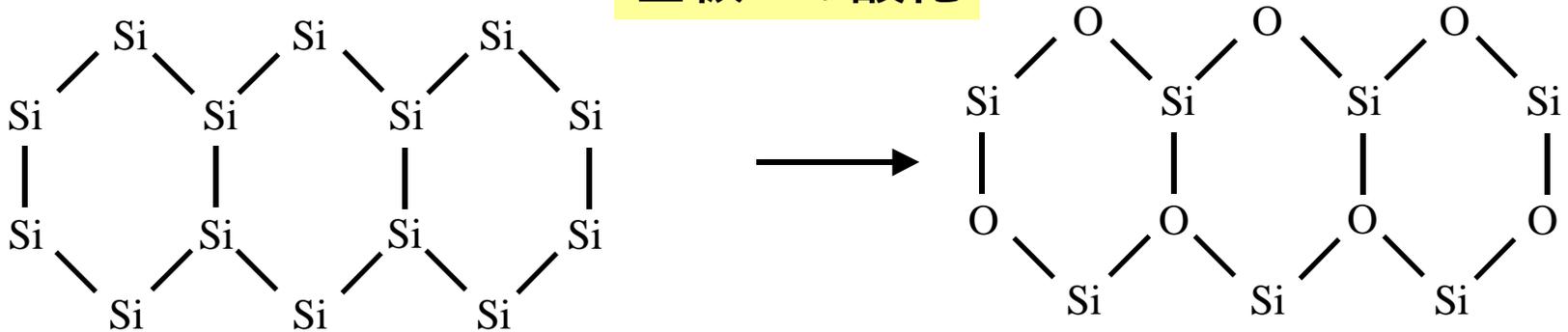
表面

- ・H<sub>2</sub>O, -OHの脱離
- ・Si-Si結合の酸化
- ・ダングリングボンドの酸化

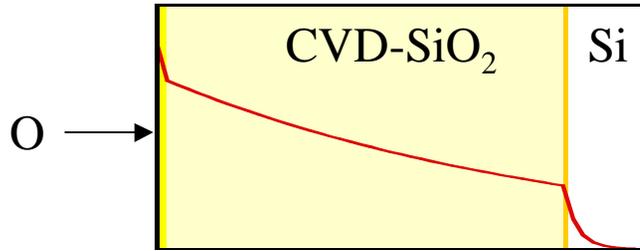


界面

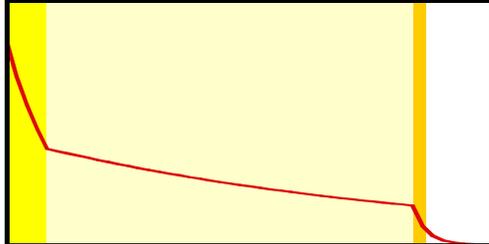
基板Siの酸化



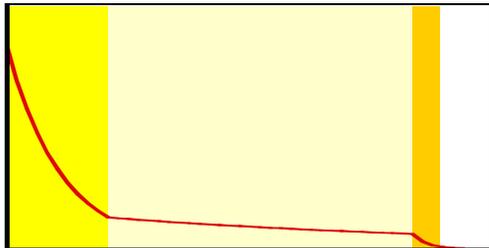
# 酸化種の拡散による表面高密度改質及び界面酸化層形成モデル



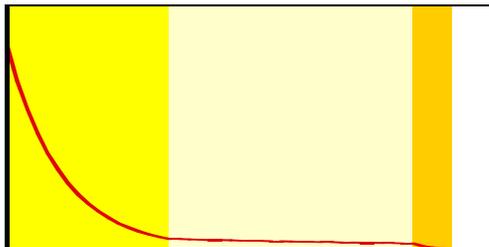
低密度なCVD-SiO<sub>2</sub>は酸化種の拡散長が大きく、  
界面が酸化。



表面は高密度改質された層が形成。  
界面は新たな酸化層(高密度)が形成



高密度改質された層により酸化種  
の拡散は抑制される。



一定の膜厚になると表面改質及び  
界面酸化は停止する。

表面改質層

界面酸化層

各層の拡散長を求め、適切な酸化条件を用いることにより膜全体を改質できる

## 5. Conclusion

オゾン酸化されたCVD-SiO<sub>2</sub>膜は、  
表面側ではSi-Oネットワーク構造が再構成され高密度化  
界面側では基板が酸化され  
**高密度/低密度/高密度の3層密度分布**構造を持つ。

表面側の高密度改質層、及び界面酸化層の厚さは、  
**ベース膜厚に依存しない**。CVD-SiO<sub>2</sub>中のOの拡散長は  
非常に長く、さらに厚膜でも改質効果が期待。

**界面と膜中の改質が同時に可能。**  
オゾン酸化+CVD-SiO<sub>2</sub>積み増しでは不可能。

酸化条件による拡散長制御により、**膜全体の改質**が期待  
できる。