

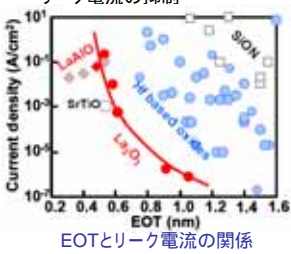
La₂O₃のALD成長のための原料選択: シクロペンタジエニル錯体とアミディネート錯体の比較

小澤 健児^{1,3} 幸田 みゆき^{1,3} 角嶋 邦之² Parhat Ahmet¹ 岩井 洋¹ 卜部 友二³ 安田 哲二³
東工大フロンティア研1, 東工大総理工2, 産総研3

本研究はNEDO「省エネルギー革新技术開発事業 第2世代超薄膜ゲート絶縁膜材料の研究開発」の委託により実施した

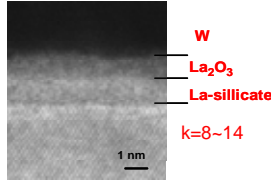
研究背景

- 高い誘電率(k=23.4)
- 広いバンドギャップ
- リーク電流の抑制



La₂O₃は次世代ゲート絶縁膜として有望視されている

Siに直接接合すると比較的高い誘電率を持つsilicate層を形成



ALDの必要性

量産にはCVDあるいはALDが適している

- 大面積ウエハに対して均一な成膜
- 原子層オーダーでの膜厚制御
- 深さ方向の合金組成制御
- 3Dチャネル構造へのゲート絶縁膜形成

La₂O₃のALDの現状と問題

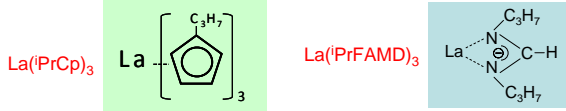
- 過去に研究は多数なされている
- La₂O₃が導入されるEOT<1 nmのゲートスタックに向けた原料の検討や成長条件の最適化が不十分

原料名	構造式	特徴等
ジケトン	La	・難分解性のためO ₃ が必要 低EOT化が困難 ・蒸気圧が低い
シリルアミド	La	・原料中にSiを含有 kが低く、低EOT化が困難
シクロペンタジエニル(Cp)	La	近年開発された材料 蒸気圧や安定性が高く、水との反応性が良い 扱いやすい原料
アミディネート	La	ALD条件・電気特性の検討が不十分

研究目的

シクロペンタジエニル錯体:La(PrCp)₃
アミディネート錯体:La(PrFAMD)₃を用いたLa₂O₃成長について
酸化剤:H₂O

- Self-limiting成長となるALD条件の明確化
- ALD膜の電気特性の評価



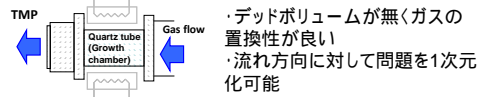
実験方法

MOSキャパシタ

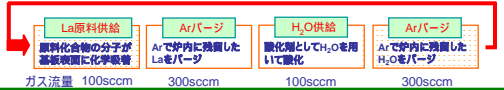
- n-Si(100)基板
- La₂O₃を約5 nm堆積
- ALD装置から大気に取り出し
- W電極形成
- F.G.(3%H₂)雰囲気中で500 30分の熱処理

- 成長温度(T_s)=125~250
- ソース温度 { La(PrCp)₃: 135, La(PrFAMD)₃: 80, H₂O: 室温

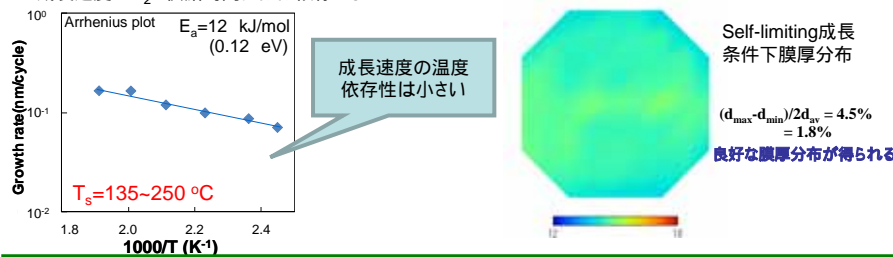
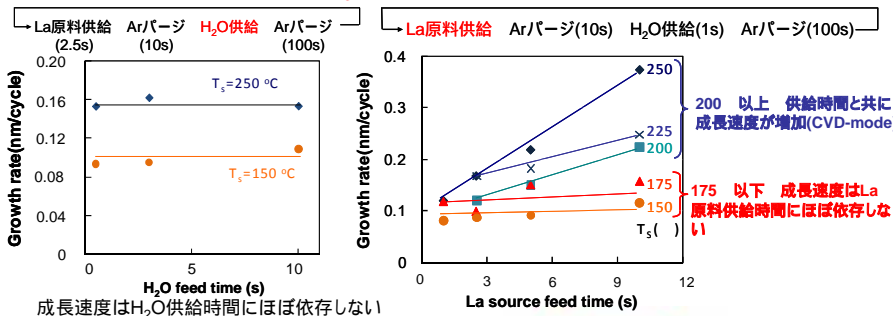
実験装置



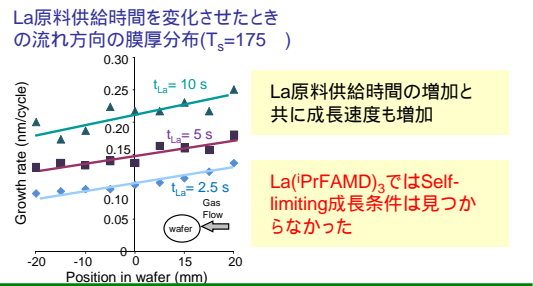
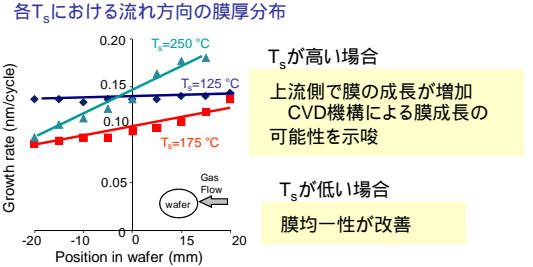
ALDにおけるガス供給シークエンス



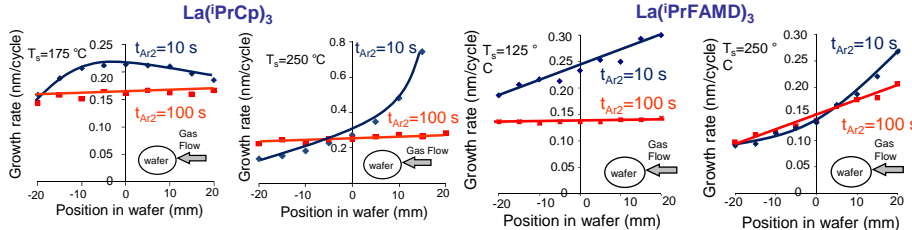
実験結果及び考察 La(PrCp)₃を用いたALD成長特性



La(PrFAMD)₃を用いたALD成長特性



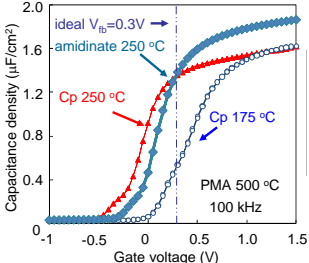
H₂O供給後のバージ時間の重要性 Arバージが10sと100sの場合のガスの流れ方向の成長速度分布



La(PrCp)₃:
・Self-limiting成長の条件であるT_s=175の場合でも100sの長時間バージが必要
・250では短時間バージでは上流側の成長速度が急増 ウェハ 表面自体(175)あるいはリアクター上流の内壁(250)から脱離するH₂OとLa(PrCp)₃原料とが気相で反応してCVD機構の成長が起きる

La(PrFAMD)₃:
上記と同様の結果が観測された
酸化剤としてH₂Oを用いる場合の本質的な問題と考えられる

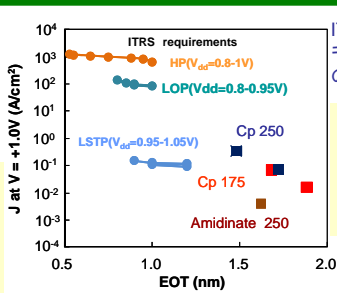
MOSキャパシタ電気特性比較



Growth rate (nm/cycle)	Thickness (nm)	EOT (nm)	k	V _{fb} (V)	
Cp (Ts=175)	0.15	5.2	1.68	-12	0.26
Cp (Ts=250)	0.17	5.5	1.73	-12	-0.26
Amidinate (Ts=175)	-	-	-	-	-
Amidinate (Ts=250)	-0.14	-	1.45	-	-0.09

リーク電流のため測定不可

La(PrCp)₃を用いた175成長させたもののV_{fb}の理想値に一番近い
低いk値 ゲート電極形成中の大気暴露が一因



まとめ

La(PrCp)₃についてはSelf-limiting成長の実現条件を確定

電気特性についてはリーク電流特性等La(PrFAMD)₃の方が良好な点がある

ゲート電極形成前の大気暴露が無い条件での両原料の得失を検討中