



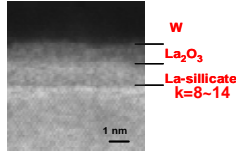
Self-limited growth of La oxides with ALD

Tokyo Tech. FRC¹, Tokyo Tech. IGSS², AIST³ Kenji, Ozawa^{1,3}, Miyuki, Kouda^{1,3}, Kuniyuki, Kakushima², Parhat, Ahmet¹, Hiroshi.Iwai¹, Yuji, Urabe³, Tetsuji, Yasuda³

研究背景

La₂O₃有用性

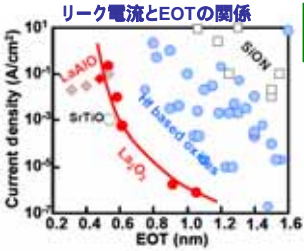
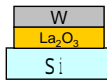
- ・Siに直接接合すると比較的高い誘電率を持つsilicate層を形成
- ・高い誘電率(k=23.4)
- ・広いバンドギャップ(E_g=5.6eV)
- ・リーク電流の抑制



La₂O₃

直接接合可能で、希土類酸化ゲート絶縁膜のベースとなる

EB蒸着にて成膜を行ったLa₂O₃で良好な特性



ALDの必要性

量産にはCVDあるいはALDが適している

特にALDには以下の利点

- ・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<1nm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

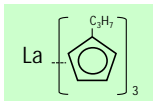
原料名	構造式	特徴等
ジケトン		・難分解性のためO ₃ が必要 低EOT化が困難 ・蒸気圧が低い
シリルアミド		・as depoでシリケート化 kが低く、低EOT化が困難
Cp		近年開発された材料 蒸気圧や安定性が高く、水との反応性が良い 扱いやすい原料
アミディネート		ALD条件・電気特性の検討が不十分

研究目的

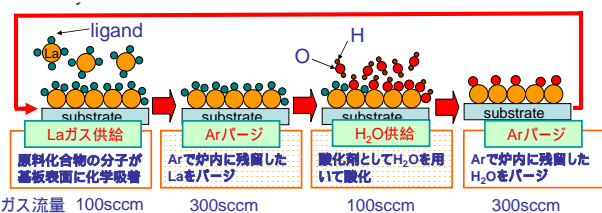
La (PrCp)₃とH₂Oを用いたLa₂O₃成長について

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

La (PrCp)₃



実験方法

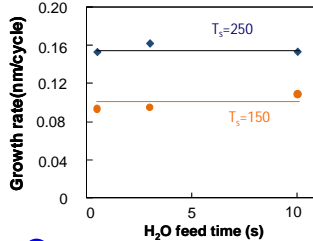


成長温度(T_s)=135-250
La source温度(T_s)=135
DHFで処理したSi基板を使用

実験結果

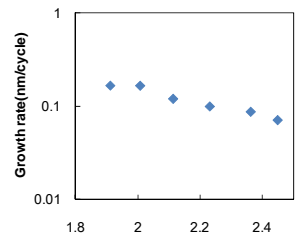
成長速度のH₂O供給時間依存性

Laガス供給(2.5s) Arパージ(10s) H₂O供給 Arパージ(100s)



- 成長速度のH₂O供給時間にほぼ依存しない

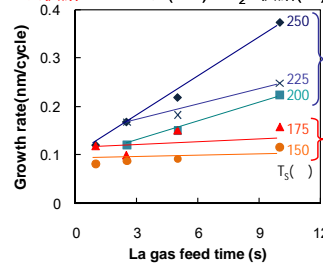
Arrhenius plot



- 成長速度の温度依存性は非常に小さい

成長速度のLaガス供給時間依存性

Laガス供給 Arパージ(10s) H₂O供給(1s) Arパージ(100s)



- 200 以上 供給時間と共に成長速度が増加(CVD-mode)
- 175 以下 成長速度はLaガス供給時間にほぼ依存しない

成長条件まとめ

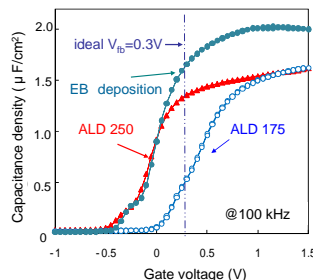
T_s<200
Laガス供給2.5s ~ 10s
の領域でSelf-limiting成長



Self-limiting成長条件下膜厚分布

(d_{max}-d_{min})/2d_{av} = 4.5% = 1.8%
良好な膜厚分布が得られる

MOS capacitor C-V特性

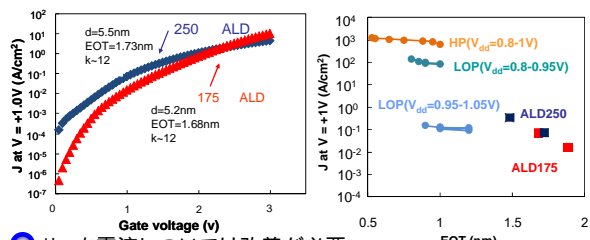


> EB: 真空一貫
> ALD: 成膜後、大気に出した後ゲート電極形成
> 500 °Cアニール(3%H₂/N₂, 30min)

	Thickness (nm)	EOT (nm)	k	V _{fb} (V)
EB deposition	5.0	1.31	~15	-0.19
ALD (T _s =175)	5.2	1.68	~12	0.26
ALD (T _s =250)	5.5	1.73	~12	-0.26

- 250 成長のALD膜はEBと同様なV_{fb}の負シフト
- 175 成長のALD膜はV_{fb}の負シフトは少ないがストレッチアウト
- kは~12でありEB膜(~15)より低い(大気暴露や残留炭素の影響)

MOS capacitor J-V特性



- リーク電流については改善が必要

まとめ

- La(PrCp)₃を用いて成長条件の明確化を行った
- T_s<200 の領域でSelf-limiting成長条件
- ALD, EB蒸着法で成膜したMOSCAPの電気特性の評価
- 175 のALDではV_{fb}の負シフトが無くなった
- 250 のALDでは界面特性がEB膜に近いk値とリーク特性については改善が必要