



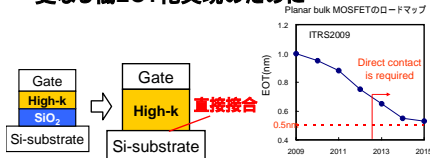
Flatband Voltage Shift of La-based Gate Oxides with Alkali-earth-elements Incorporation

†T. Koyanagi¹, K. Kakushima², P. Ahmet¹, K. Tsutsui², A. Nishiyama², N. Sugii², K. Natori¹, T. Hattori¹, H. Iwai¹

FRC¹, IGSSE², Tokyo Institute of Technology

研究背景

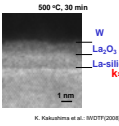
更なる低EOT化実現のために



Sub 0.5nm実現のためにはSi-subとの**直接接合**が必要

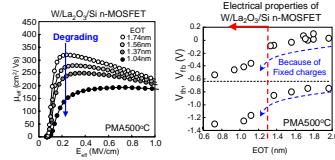
La₂O₃ ゲート絶縁膜の利点

- 高い誘電率 (ϵ_r : 23.4)
- 広いバンドギャップ ($E_g = 5.6\text{eV}$)
- 直接接合にて良好な電気特性を示す**



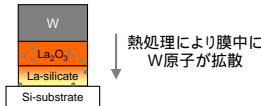
La₂O₃は次世代ゲート絶縁膜として期待

低EOT領域における問題点

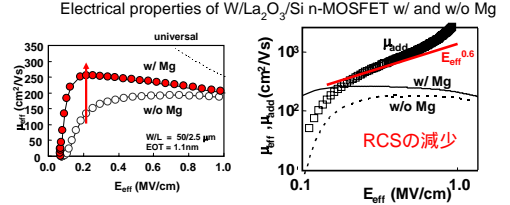


EOT=1.3nm以下から電気特性が悪化

絶縁膜中へのメタルの拡散により誘起される固定電荷の影響と思われる



Mg添加による電気特性の改善

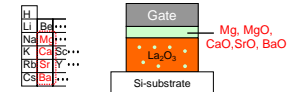


T. Koyanagi et al., Jpn. J. Appl. Phys., 48, 05DC02 (2009).

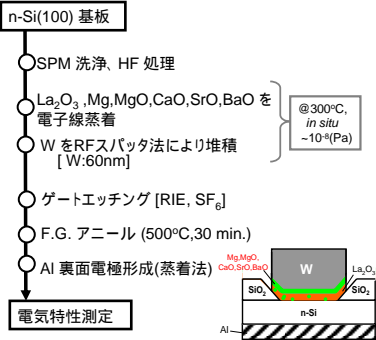
Mg (metal) 層の挿入により電気特性が改善

研究目的

La₂O₃絶縁膜を用いたMOSデバイスへのアルカリ土類元素添加の影響を考察する

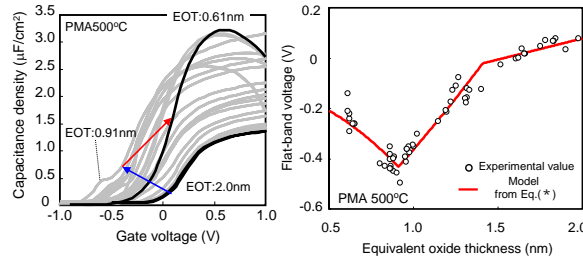


実験手順

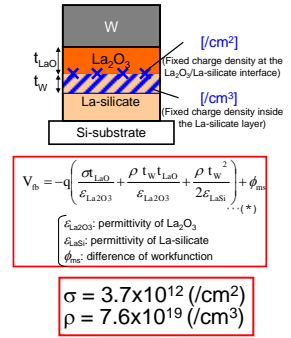


実験結果・考察

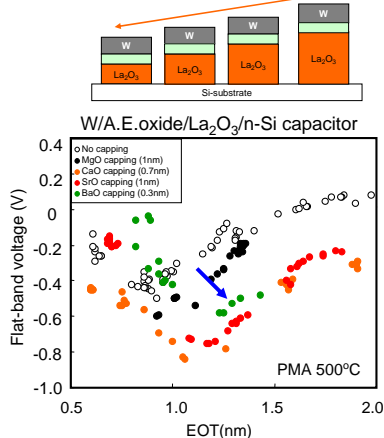
V_{fb}のEOT依存性に対するモデル化



La₂O₃/La-silicate界面とLa-silicate内の固定電荷量の変化によりV_{fb} roll-off, roll-upが発生すると考えられる



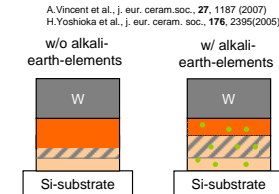
アルカリ土類化合物によるsilicate生成促進効果



Roll-off, roll-upが発生する点が変わる

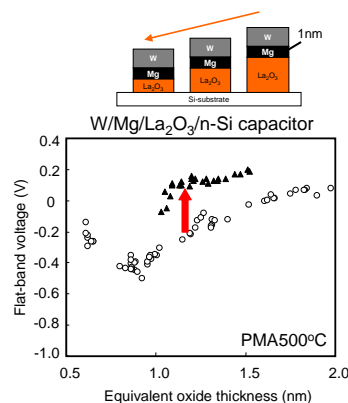
La-silicateの酸素イオン伝導率

Compound	Ionic conductivity (mS/cm) @700°C
La _{9.33} Si ₆ O ₂₆	0.3
La _{9.6} Si ₆ O _{26.4}	1.8
La ₉ Ca ₁ Si ₆ O _{26.5}	6.3
La ₉ Sr ₁ Si ₆ O _{26.5}	8.7
La ₉ Ba ₁ Si ₆ O _{26.5}	11.4

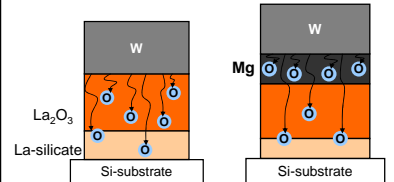


Silicateの生成量が増加し絶縁膜全体の誘電率が変化したため

Mg添加による固定電荷生成抑制効果



	w/o Mg	w/Mg	
σ (C/cm ²) [interface]	3.7×10^{12}	3.3×10^{12}	-18%
ρ (C/cm ³) [bulk]	7.6×10^{19}	1.3×10^{19}	-83%



La-silicate中の固定電荷密度が大幅に減少
Mg層挿入により絶縁膜中への過剰酸素供給の抑制が考えられる

結論

- ◆ MgO, CaO, SrO, BaO添加においてはV_{fb} roll-upが発生する点が変わりLa-silicateの生成促進効果に依るものと思われる

- ◆ Mg添加により絶縁膜中の固定電荷の生成が抑制 Sub-1nmのEOT領域におけるMOSFETの移動度等の評価を行う