水蒸気を用いたプラズマ誘起原子層堆積法による Al_2O_3 膜の絶縁特性改善

Improvement of Insulating Property of Al_2O_3 Film Utilizing Water Plasma Oxidation for ALD

○梅原 智明、堀田 昌宏、吉嗣 晃治、石河 泰明、浦岡 行治（奈良先端大）

○Tomoaki Umehara, Masahiro Horita, Koji Yoshitsugu,

Yasuaki Ishikawa, and Yukiharu Uraoka (NAIST)

E-mail: umehara.tomoaki.uf5@ms.naist.jp

1. 背景・目的

近年Ⅲ族窒化物半導体である GaN を用いたヘテロ接合電界効果トランジスタ(HFET)において，ゲートリーク電流の大幅な抑制が期待できる MIS ゲート構造が主流である．ゲート絶縁膜材料として比誘電率や GaN とのバンド不連続の観点から Al_2O_3 が有望な材料の 1 つであり，膜厚均一性・制御性に優れた原子層堆積(Atomic Layer Deposition, ALD)法で Al_2O_3 を堆積する手法が注目されている[1]．一方，高絶縁性を実現する Al_2O_3 絶縁膜の報告は少ない．この原因として，ALD 法では 300ºC 程度の低温で堆積を行うため，反応活性が乏しく，膜中不純物の低減が困難であることが挙げられる．そこで本研究では, ALD 法において従来の酸化剤である H_2O や O_3, O ラジカル等と比較して，優れた反応性・酸化力を有する OH ラジカルに注目し，水蒸気プラズマに含まれる OH ラジカルを用いて Al_2O_3 膜を形成することを試みた．

2. 実験方法

作製した MIM キャパシタの構造図を Fig. 1 に示す．Si 基板に下部電極として Pt を蒸着した後，トリメチルアルミニウム($Al(CH_3)_3$, TMA)と水蒸気を用いたプラズマ誘起 ALD により，Al_2O_3 を堆積した. ALD における堆積条件は基板温度 300ºC, RF 電力 400 W とし，水蒸気導入時間を 0.2～0.5 s で変化させ，水蒸気導入時間全体で RF 電力を印加した．その後上部電極として Pt を蒸着した．電流-電圧測定は上部電極に正バイアスを印加することで行い，絶縁膜の堆積手法，水蒸気導入時間に対する特性への影響を検討した．また比較のため，プラズマを発生させない H_2O 熱 ALD での Al_2O_3 堆積も行い，同様に水蒸気導入時間を変化させた．

3. 結果・考察

Fig. 2 に MIM キャパシタにおける電流密度対電界強度(リーク電流) 特性を示す．熱 ALD 法による Al_2O_3 では，水蒸気導入時間に対するリーク電流特性の違いは確認できなかった．一方プラズマ誘起 ALD 法による Al_2O_3 では，水蒸気導入時間の増加に伴って，リーク電流を抑制する結果が得られた．プラズマ発光分光により，水蒸気プラズマの発光直後の過渡的変化を解析したところ，RF 電力印加時間が 0.3 s 以上で OH ラジカルの発光波長である 309 nm のピーク強度が増大しており, OH ラジカル密度が増加していると考えられる. RF 電力印加時間の増加とリーク特性の改善に相関があることから, OH ラジカルによる酸化がリーク特性改善に寄与する可能性が示唆される．

4. 参考文献

[1] Rathnait D.Long et al., Applied Physics Letters **101**, 241606 (2012).

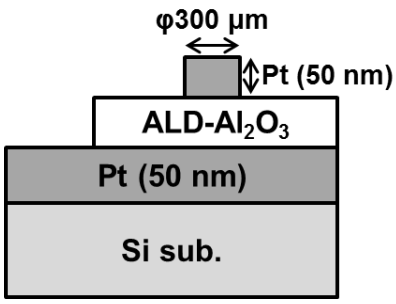

Fig. 1 作製した MIM キャパシタの構造図

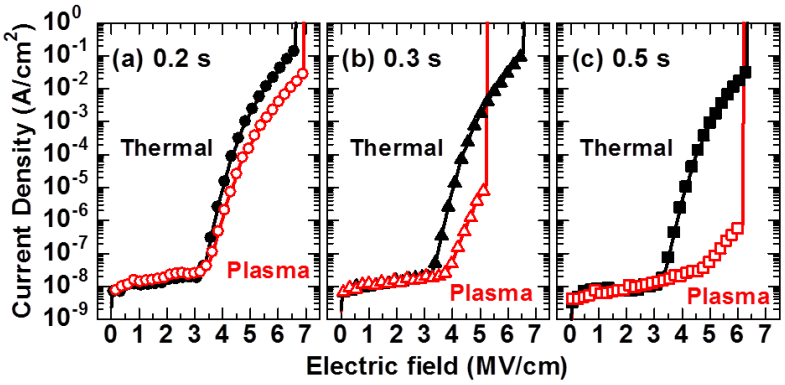

Fig. 2 ALD 堆積による Al_2O_3 膜を用いた MIM キャパシタの電流密度対電界強度特性 (水蒸気導入時間: (a) 0.2 s, (b) 0.3 s, (c) 0.5 s)

© 2015年 応用物理学会