

H₂O 形成 ALD-Al₂O₃ 膜によるダイヤモンド表面保護効果の同位体解析Isotope analysis of diamond-surface passivation effect of H₂O-grown ALD-Al₂O₃ films早大ナノ理工¹, 早大理工²; [○]平岩 篤¹, 齊藤 達也², 大長 央^{2,*}, 松村 大輔², 川原田 洋^{1,2}INN, Waseda Univ.¹, Fac. Sci. Eng., Waseda Univ.²; [○]A. Hiraiwa¹, T. Saito², A. Daicho^{2,*}, D. Matsumura²,H. Kawarada^{1,2}

E-mail: hiraiwa@aoni.waseda.jp

1. 緒言 ダイヤモンドには表面を水素化すると *p* 型伝導層 (2DHG) を生ずるという特徴があり、これをドリフト層に用いた高速もしくは高耐圧の横型 MISFET が開発されている[1]。さらに、450℃という高温にて H₂O を酸化剤に用い ALD (atomic layer deposition) 法により Al₂O₃ をゲート絶縁膜として形成すると、上記 2DHG の信頼性および自身の電氣的絶縁性が向上する[2]。他方で、同膜には高電界ストレスにより帯電量 (結果として MISFET のしきい値電圧) が変化するという問題がある。これら電氣的絶縁性およびストレス耐性のさらなる向上を図るため、その劣化要因として懸念される膜中不純物について検討した。

2. 実験方法 Al₂O₃ 膜中には水素が少なからず存在する[3]。これが Al 前駆体である TMA (trimethyl aluminum) もしくは酸化剤である H₂O のいずれに起因するかを明らかにすべく、H₂O に代えて D₂O を用い ALD 成膜を行い、SIMS (secondary ion mass spectroscopy) 法により膜中不純物 (H、D、C) の深さ分析を行った。併せて、ダイヤモンド表面終端水素の安定性についても検討した。なお、ALD 成膜は上記 450℃以外に MISFET 作成に用いられることの多い 100℃にても行い比較した。

3. 結果 100℃形成膜中 H の 85% は TMA に起因する。C 含有量との比が約 3 であるため、TMA のメチル基がそのまま混入したものと考える。他方、450℃形成膜においては H の 90% が H₂O に起因する。H、C 含有量は 100℃形成膜の各々 1/20、1/30 であり、これにより保護能力が向上しているものと推定する。450℃成膜後においてはダイヤモンド表面終端 H の約 1/3 が H₂O 中の H もしくは OH と置換される。2DHG のシート抵抗が Al₂O₃ 膜形成によりほとんど変化しないので、表面終端 H の少なくとも一部は詳細釣合により H₂O 中の H に置換されながらも残存すると推測する。なお、2DHG 出現に関与するとされる H₂O が Al₂O₃/ダイヤモンド界面付近に残存する痕跡はなかった。

4. 結言 H₂O を用いて形成した ALD-Al₂O₃ 膜においては、成膜の高温化により Al 前駆体を構成するメチル基の脱離が促進され、H、C 含有量が低温形成膜の 1/20 以下へと低減される。これが 2DHG 保護能力の向上に貢献しているものと考える。

【謝辞】 本研究遂行にあたり JST 先端的低炭素化技術開発 (ALCA) の助成を得た。

【参考文献】 [1] H. Kawarada, et al., submitted.

[2] A. Hiraiwa, et al., *J. Appl. Phys.* **114** (2013) 034506.

[3] M. D. Groner, et al., *Chem. Mater.* **16** (2004) 639.

*) 現在の所属: ローム(株)

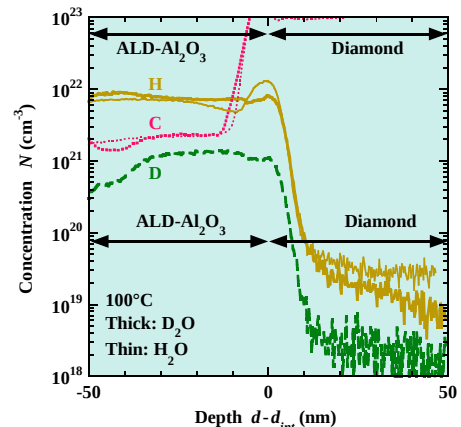


図1. 100℃形成 Al₂O₃ 膜中不純物の深さ分布

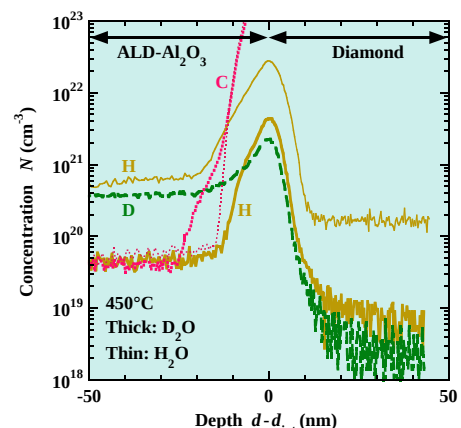


図2. 450℃形成 Al₂O₃ 膜中不純物の深さ分布

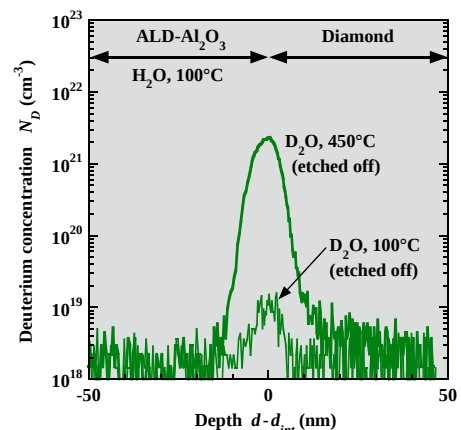


図3. D₂O 形成 Al₂O₃ 膜除去後のダイヤモンド表面近傍における D の深さ分布
H₂O を用い 100℃にて Al₂O₃ 膜を再度形成。