18p-D1-3

高温アニールによる原子層堆積(ALD) Al_2O_3 膜絶縁耐圧の向上

Enhanced dielectric strength of high-temperature annealed ALD-Al_2O_3 films

早稲田大学理工学術院 °車 一宏，齊藤 達也，大長 央，平岩 篤，川原田 洋

Waseda University, °K.Kuruma, T.Saito, A.Daicho, A.Hiraiwa, H.Kawarada

E-mail: todoroki-kazu@fuji.waseda.jp

1. 緒言　水素終端ダイヤモンド表面に誘起される 2 次元正孔ガス(2DHG)はパワー素子等のドリフト層として有望であり、これを外部環境の影響から保護する上で ALD(atomic layer deposition)法により H_2O を酸化剤として 450℃にて Al_2O_3 を保護膜として形成するのが効果的である[1]。同膜にはリーク電流の多いという問題があったが、我々は上記 H_2O を用いた Al_2O_3 膜上に O_3 を酸化剤に用いた Al_2O_3 膜を積層することによりこれを解決してきた[2]。しかし、絶縁破壊耐性は向上しなかったので、その改善法を検討してきた。ここでは、Al_2O_3 成膜後の高温アニールの効果について報告する。

2. 実験方法　比抵抗 0.002-0.004 Ω･cm の p 型(100)Si 基板上に、トリメチルアルミニウムと H_2O を交互供給する ALD 法により 450℃にて Al_2O_3 を 33nm 成膜した。その後、高温(600-1100℃)の Ar 雰囲気中で 1 時間アニールした。さらに、スパッタリング法を用い Ti/Au をマスク蒸着することにより上部電極を形成しキャパシタを完成させた。上部電極面積は 2.5×10^{-3} - 5.6×10^{-3} cm^2 である。リーク電流は、Si 基板が蓄積状態となるように上部電極に負の電圧を付加しながら測定した。

3. 結果　アニールにより ALD-Al_2O_3 膜のリーク電流が減少するのみならず（図 1）、絶縁破壊電界強度も向上する（図 2）。また、アニール温度が高い程その効果が大きく、1100℃のアニールを行った場合には従来[3]のほぼ 2 倍である 18MV/cm もの高い絶縁耐性を実現した。これにより ALD-Al_2O_3 膜に秘められた高い電気的絶縁能力を発掘することができた。ただし、同時に絶縁耐性のばらつきが顕著となっているので、その改善と絶縁耐性を維持しながら低温化を図るのが今後の課題である。

4. 結論　H_2O を酸化剤とした ALD 法により堆積させた Al_2O_3 膜を高温アニールすることにより、絶縁耐性を従来の約 2 倍へと向上させることに成功した。現状では絶縁耐性のばらつきが大きいものの、これを改善し本技術を水素終端ダイヤモンド表面の保護膜に適用することで、同ダイヤモンド素子の更なる高温高耐圧化が可能との見通しを得た。

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。

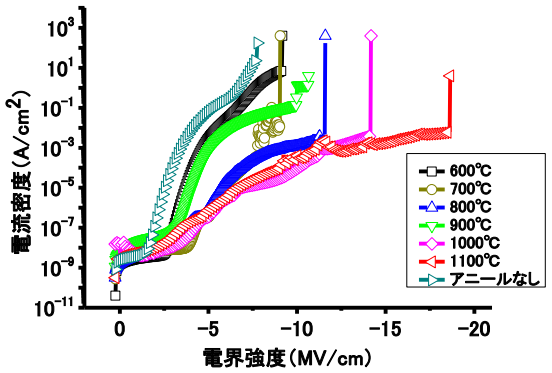

図 1.　アニールした ALD- Al_2O_3 膜の電流電圧特性

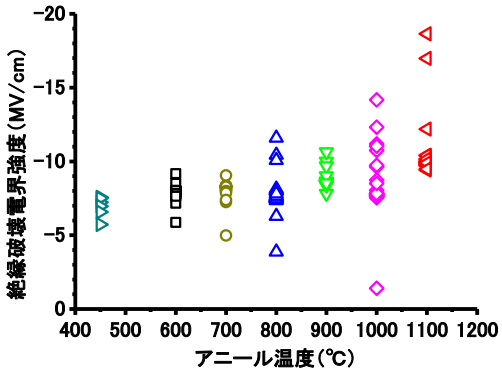

図 2.　ALD-Al_2O_3 のアニール温度と絶縁破壊電界強度の関係

[1] A. Hiraiwa, A. Daicho, S. Kurihara, Y. Yokoyama, and H. Kawarada, J. Appl. Phys. **112** (2012) 124504.

[2] 齊藤 達也，大長 央，平岩 篤，川原田 洋 春季第 60 回応用物理学会 27-A6-9 (2013)

[3] A. C. Kozen, M. A. Schroeder, K. D. Osborn, C. J. Lobb, and G. W. Rubloff, Appl. Phys. Lett. **102** (2013) 173501.

© 2013 年　応用物理学会