常圧非平衡プラズマを用いた新規な酸化物薄膜の化学気相成長プロセス

Novel chemical vapor deposition process of oxide thin films using nonequilibrium plasma generated near atmospheric pressure

○藤村 紀文¹、野瀬 幸則¹、木口 拓也¹、上原 剛²、吉村 武¹、芦田 淳¹ (1. 大府大工、
2. 積水化学工業 (株))

○Norifumi Fujimura¹, Yukinori Nose¹, Takuya Kiguchi¹, Tsuyoshi Uehara², Takeshi Yoshimura¹,
Atsushi Ashida¹, (1.Osaka Prefecture Univ., 2.Sekisui Chemical CO., LTD.)

E-mail: fujim@pe.osakafu-u.ac.jp

これまでに、誘電体バリア放電を用いて、比較的高い電子温度 (3000 K~) であるにもかかわらず低ガス温度 (~400 K) を実現できる非平衡窒素プラズマのグロー放電に成功し、高い反応性を有する分子状窒素活性種を用いた Si の直接窒化プロセスに応用してきた。この窒化プロセスは、1.8nm 程度で自己停止する反応であり高い反応性を有する活性種の表面反応律速であることが示唆された。また、窒化速度が温度に依存しないことから、反応過程についてラングミュア吸着モデルを用いて解析した。その結果、5~100 kPa の圧力において、窒化時間に対する膜厚の変化はラングミュア吸着モデルに従うことが明らかになった。得られた Si 窒化膜は、原子状窒素活性種を窒化源とする RF プラズマによって作成した同じ膜厚の Si 窒化膜と比較してリーク電流が 2 桁程度低いことも明らかにした。この窒素プラズマに 100 ppb 程度の微量酸素を添加することによって酸化反応が助長され、高密度な酸窒化膜が形成することも報告している。¹⁻⁵⁾

このような特徴を有する酸素添加窒素プラズマを利用した新規な化学気相成長 (CVD) プロセスの実現を目指し、酸化物半導体薄膜の成長装置を試作し、その薄膜形成過程におよぼす活性種の影響に関して検討した結果、ZnO 薄膜は 200°C 以下で Ga₂O₃ 薄膜に関しては 350°C 程度の低温でエピタキシャル成長することを確認した。また、残留電子濃度も ZnO は $6 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下、Ga₂O₃ の実効ドナー濃度は 10^{16} cm^{-3} 台と低く抑えられることも明らかになった。それらの酸化物表面における反応機構を議論するとともにそれらの電子状態の評価を通して、残留電子濃度の低減や窒素ドーピングに向けた本プロセスの優位性を議論する。

- 1) Hayakawa, R., et al., Jpn. J. Appl. Phys., 43 (2004) 7853
- 2) Hayakawa, R., et al., J. Appl. Phys., 96 (2004) 6094
- 3) Hayakawa, R., et al., J. Appl. Phys., 100 (2006) 073710
- 4) Nakae, M., et al., J. Appl. Phys., 101(2007) 023513
- 5) Hayakawa, R., et al., J. Appl. Phys., 110 (2011) 064103
- 6) Nose Y., et al., Jpn. J. Appl. Phys., 52 (2013) 01AC03