高速・高精度基板温度制御によるエッチング形状制御

Control Etching Profile with High-resolution Measurement of Substrate Temperature

名大院工[1]，名城大理工[2]，○堤 隆嘉[1]，福永裕介[1]，石川健治[1]，竹田圭吾[1]，
近藤博基[1]，太田貴之[2]，伊藤昌文[2]，関根 誠[1]，堀 勝[1]
Nagoya Univ.[1], Meijo Univ.[2], ○Takayoshi Tsutsumi[1], Yusuke Fukunaga[1], Kenji Ishikawa[1], Keigo Takeda[1],
Hiroki Kondo[1], Takayuki Ohta[2], Masafumi Ito[2], Makoto Sekine[1], Masaru Hori[1]
E-mail: tsutsumi.takayoshi@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

研究背景〉 半導体デバイス製造での要求される加工寸法は 1 nm 以下になることが予想され，プラズマ内の活性種と基板最表面の原子層単位での化学反応を制御する必要がある．その化学反応速度や活性種の付着係数などが基板温度に強く依存するため，基板温度は重要なパラメータである[1)]．しかし，プラズマプロセス装置内が減圧であることや各種半導体基板の放射プロファイルが小さいことから，有効な基板温度計測システムが存在しないのが現状である．我々は，非接触基板温度計測システムを新規に開発し，プラズマプロセス中の Si 基板温度の高精度・高速測定に成功した[2)]．今回，プロセス中の Si 基板を所望の温度に制御し，エッチング形状の基板温度依存性を評価したので報告する．

実験方法〉 二周波容量結合型プラズマ装置を用い，H_2/N_2 プラズマによってトレンチ幅 65 nm の有機 Low-*k* 膜(SiLK^{TM})をエッチングした．また，基板温度を周波数領域型低コヒーレンス干渉計により実時間計測した．下部電極へ印加した RF (2 MHz)電力，上部電極の VHF (100 MHz)電力のオン･オフを繰り返すことで基板温度を所望の温度範囲になるよう制御した．ウェハは静電チャック付きの下部電極に載置し，下部電極温度は制御基板温度の-10°C に設定した．

特色と独創的な点〉 非接触基板温度計測システムは，マイクロ秒オーダーの計測時間で測定精度 0.04°C の高精度・高速な計測が可能である．従来のプラズマプロセスでは，プロセス時間とともに基板温度は上昇し，それに伴い活性種と被加工物との化学反応速度などが変化してしまう．今回，提案した新規プラズマプロセスは，これまで計測できなかった基板温度を高精度に計測・制御することでプロセス中の化学反応速度を一定にする．それにより，加工形状の制御が容易になり，原子層レベルでのエッチング速度，形状の制御および新規超微細加工プラズマプロセスが実現できると考える．

研究成果〉 図 1 にプラズマプロセス中の基板温度を 20，100°C に制御したときの温度時間変化と断面 SEM 像を示す．プロセス中の基板温度が高精度に制御できていることがわかる．また，断面 SEM 像から，有機膜パターン下部の幅が 20°C に比べて 100°C では 20 nm 減少したことが判った．つまり，平均的にはパターンの横幅が 2.5 Å/°C で変化することになる．以上から，基板温度制御により原子層レベルでの形状制御の可能性が示唆される．

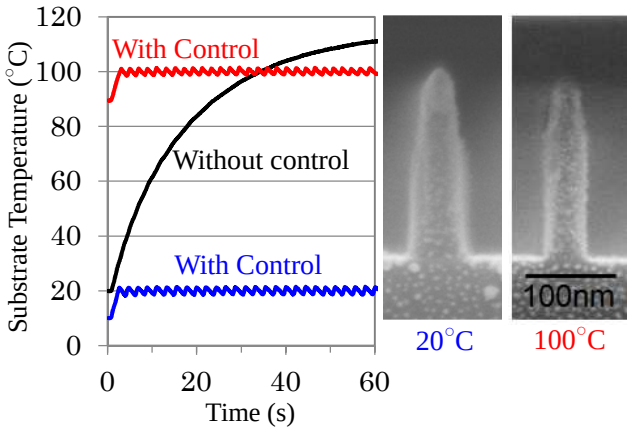

Fig. 1 Temporal variation of temperature during plasma ignition and SEM images of etching profile.

参考文献〉

1) H. Yamamoto, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 016401.
2) T. Tsutsumi, et al., Appl. Phys. Letter **103**, (2013) 182102.

キーワード〉 基板温度，温度制御，プラズマ