

プラズマプロセス中の基板温度制御のための熱流束モデルの解析

Analysis of Heat Flux at Substrate for Control of Substrate Temperature during Plasma Processing



○(PC)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²、堀 勝¹(1. 名大院工、2. 名城大理工)

○(PC)Takayoshi Tsutsumi¹, Yusuke Fukunaga¹, Kenji Ishikawa¹, Keigo Takeda¹, Hiroki Kondo¹,
Takayuki Ohta², Masafumi Ito², Makoto Sekine¹, Masaru Hori¹ (1.Nagoya Univ., 2.Meijo Univ.)

E-mail: tsutsumi.takayoshi@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

はじめに 半導体デバイス製造で要求される加工寸法は早晚1 nm未満になり、プラズマ内の活性種(ラジカル、イオン、光)と被加工物の最表面の原子または原子層単位での化学反応を制御する必要がある¹⁾。しかし、プラズマプロセス時間に伴う基板温度の変動は化学反応速度や堆積種の付着確率の変化を招くため、プロセス中のエッチングメカニズム解明を難しくしてきた。本研究では、基板温度の実時間フィードバック制御を目的に、周波数領域型低コヒーレンス干渉計を用いた非接触型基板温度計測手法²⁾を適用し、プロセス中の基板温度をリアルタイムで計測し、基板の熱流束を解析した。また、基板温度のフィードフォワード制御のための熱流束モデルを構築した。

実験方法 容量結合型プラズマ装置の下部電極および上部電極にそれぞれRF(2 MHz、200 W)、VHF(100 MHz、400 W)を印加し、圧力2.0 Paで窒素・水素プラズマを生成した。下部電極上のSi基板温度は時間分解能50 msで実時間計測した。また、計測した基板温度が設定下限値および上限値を超えたときに印加電圧をOn/Offし、繰り返し放電させることで、プロセス中の基板温度を20 ± 1.5°Cの範囲内に収めた。また、10°Cに保った静電チャック付の下部電極とSi基板の間にはヘリウム(圧力0.9 kPa)を導入し熱伝導率を高めている。

結果と考察 図1に放電回数によるDuty = On time/(On time + Off time)の変化の実験値と基板の熱流束モデルを用いた計算値を示す。放電回数の増加(放電回数2回～5回)により実験値のDutyが減少している。基板周辺に設置しているフォーカスリング(FR)の温度の時間変化を考慮した熱流束モデルを使用した場合に、このDutyの減少を計算で再現できる。したがって、冷却していないFRの温度変化が基板からの熱流出量に影響を与えることがわかる。また、実験値と計算値では大きく異なる値を示した。これは、基板最表面でのプロセスガスの対流熱伝達により、プラズマOn時とOff時では基板からの熱流出量が変わったことが考えられる。講演では、構築した熱流束モデルによる基板温度のフィードフォワード制御について議論する。

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.

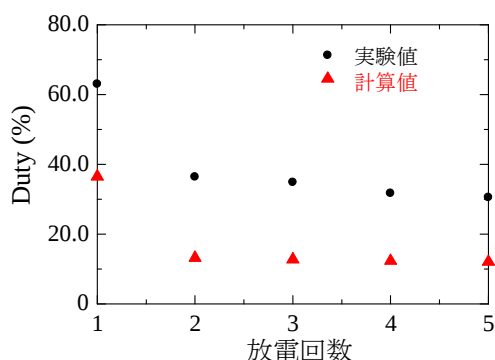


図1 放電回数による Duty の推移。