

DHF を用いた窒化膜のウェットエッチングプロセスにおける データドリブンな予測モデル Data-Driven Prediction Model for Si_3N_4 Wet Etching Using DHF

東大工¹, SCREEN SPE² ◯(M1) 柴田 行輝¹, 太田 喬², 安藤 幸嗣²,
三澤 奈央子¹, 松井 千尋¹, 竹内 健¹,

Univ. Tokyo¹, SCREEN SPE², ◯Koki Shibata¹, Takashi Ota², Koji Ando²,

Naoko Misawa¹, Chihiro Matsui¹, Ken Takeuchi¹

E-mail: koki.shibata@co-design.t.u-tokyo.ac.jp

本研究では、DHF (Dilute HF, 希釈フッ化水素) を用いて窒化膜 (Si_3N_4) をエッチングし、ノズルの走査パターンとウェハ回転速度を系統的に変化させることでエッチングレート (ER) の分布を計測・解析する (Fig. 1)。ウェハは回転する処理が多く同心円状に薄膜の厚さがばらつくことがあり、半径位置に応じて選択的なエッチングを行うレシピが必要となる。そのためノズル位置やスキャン周期、回転速度といった多様なパラメータの動的な最適化が課題となる。本論文では、これらのパラメータが ER にどのような影響を与えるかを詳細に評価した上で、軽量かつ高速に最適化を行うためのデータドリブンなモデル(下式)を提案する[1]。

提案モデルの特長は、中心固定滴下パターンでの ER を基準とし、ノズル走査の周期に応じて ER が変化する様子を関数形式で表現できる点である。特に、走査周期が短いほど中心付近の ER が増大する傾向が見られ、これを周期の平方根依存という単純な数式を導入することで再現可能となった (Fig. 2)。加えて、ウェハ回転速度は局所的な化学液の流れに影響を与えるものの、全体としてはノズル走査パターンがエッチング挙動を大きく左右することが明らかになった。こうした知見に基づき、提案モデルはウェハ内の ER 分布を高精度で予測できるだけでなく、「所望の分布を得るためには走査周期をどのように設定すればよいか」という逆問題にも直接応用できる。これは、複雑な数値流体力学シミュレーションやブラックボックス的なニューラルネットワーク[2]を用いなくとも、シンプルな計算手法でレシピ策定が可能になることを意味する。

また、ウェハごとに生じるモード差 (“mode 1” と “mode 2”) が存在し、膜形成の前処理や保管方法などがエッチングのばらつきを生じさせる可能性がある点も示唆された。テスト用の複雑なノズルスキャンに対して、それぞれのモードにおいて MSE (Mean Squared Error, 平均二乗誤差) が 4.1×10^{-4} , 1.9×10^{-3} となり、モデルが高い外挿性能を示すことを確認した。

謝辞 本研究に際し、ご協力くださった SCREEN 三河氏、高橋氏、堀口氏、吉永氏に御礼申し上げます。

参考文献 [1] K. Shibata et al., *EDTM*, 2025 (Accepted). [2] S. Yoshikiyo et al., *SNW*, pp. 2-3, 2023.

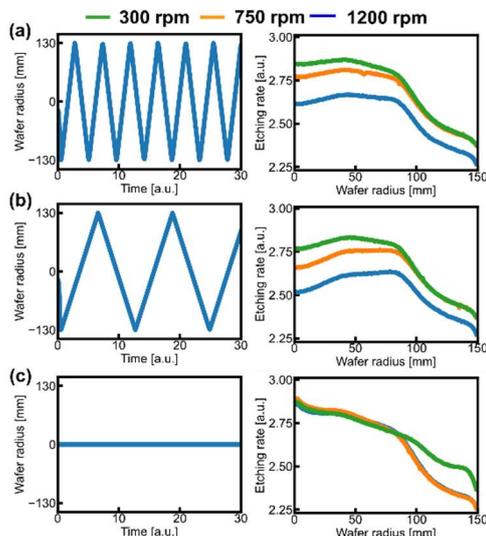


Fig. 1 ノズルスキャン動作(左段)と対応する ER 測定データ(右段)

$$f(r) = \begin{cases} f_{\text{fixed drop}}(r), & r_2 < r \\ f_{\text{fixed drop}}(r) - b\sqrt{T}|r - r_2|, & r_1 < r \leq r_2 \\ f_{\text{fixed drop}}(r) - b\sqrt{T}|r - r_2| - a|r - r_1|, & r \leq r_1 \end{cases}$$

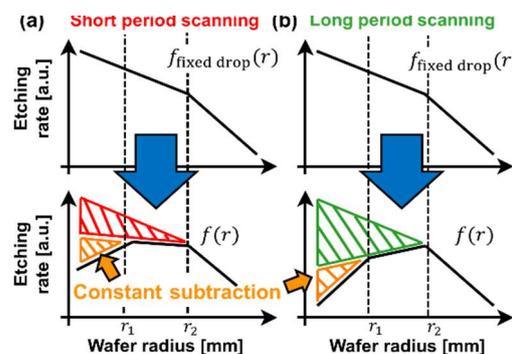


Fig. 2 提案モデルの概要.