

# 半導体製造デジタルツインモデルに向けた 中間変数を利用する複数工程モデルでのケーススタディ

## Case Study on Modeling of Multiple Processes Using Intermediate Variables for Digital Twin Modeling of a Semiconductor Manufacturing

豊田中研<sup>1</sup> ◯岡地 涼輔<sup>1</sup>, 臼井 正則<sup>1</sup>, 森 朋彦<sup>1</sup>, 村松 潤哉<sup>1</sup>, 桑原 誠<sup>1</sup>, 菊田 大悟<sup>1</sup>

TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.<sup>1</sup>, ◯Ryosuke Okachi<sup>1</sup>, Masanori Usui<sup>1</sup>, Tomohiko Mori<sup>1</sup>,

Junya Muramatsu<sup>1</sup>, Makoto Kuwahara<sup>1</sup>, Daigo Kikuta<sup>1</sup>

E-mail: okachi@mosk.tytlabs.co.jp

**【はじめに】**半導体製造工程を仮想的に表現したデジタルツインモデル[1]では、現実の製造工程上の工程改善や装置変更などに追従するために、部分的な再利用性や再構築性が求められる。このために、モデルをプロセスごとに分割して構成することが考えられるが、前の工程条件が結果的に後工程に影響を及ぼす場合のような複数工程間で生じる影響を、分割したモデルでも適切に表現する必要がある。本研究では、ケーススタディとして原子層堆積法(ALD)により形成された酸化膜に対し、①ポストアニール工程、②エッチング工程の2段階の工程のモデル化を検討し、その際の要点を考察した。

**【方法】**対象の工程において、エッチング条件を一定にしたままアニール温度を増加させると、エッチングレートが減少することが知られている。これは、アニール温度増加に伴ってALD膜から不純物が脱離したことによる、SiO<sub>2</sub>の密度増加に起因すると考えられる[2, 3]。こ

のことから、工程間の影響を伝搬するための中間変数として、不純物濃度、SiO<sub>2</sub>密度、酸化膜厚の3つを選定した。図1に、これらの中間変数をプロセス間の入出力として設計したモデルを示す。

**【結果・考察】**図1のモデルによるエッチングレートの予測結果を図2に示す。エッチングモデルでは、アニール温度を直接利用せず、アニール温度によるエッチングレートへの影響を表現できた。これより、単にプロセスを分割するだけでなく、物理的知見に基づいて中間変数を特定してモデル設計をすることが、モデルの再利用性を向上させながら複数工程間で生じる影響を表現する際に重要であると考えられる。

### 【参考文献】

[1] IRDS™ 2023: Factory Integration, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2023.

[2] M. Sometani *et al* 2012 *Jpn. J. Appl. Phys.* **51** 021101

[3] P. Pan *et al* 1985 *J. Electrochem. Soc.* **132** 2012

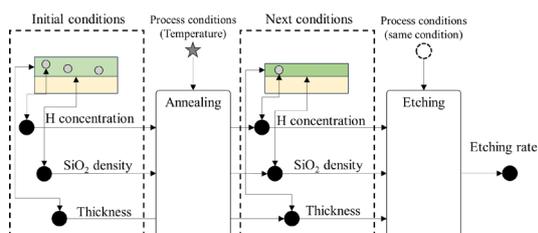


図1 構築したモデル全体像

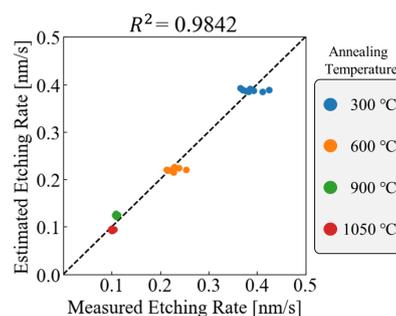


図2 エッチングレートの予測結果