

バーチャルメトロロジー技術を駆使した電子デバイスのスマートマニュファクチャリング

Smart Manufacturing for Electronic Devices using Virtual Metrology Technique

株式会社日立ハイテクソリューションズ ○今井 伸一

Hitachi High-Tech Solutions Corporation, ○Shin-ichi Imai

E-mail: shinichi.imai.gk@hitachi-hightech.com

1. はじめに

2011年にドイツからインダストリー4.0 (I4.0) の概念が提唱されて以来、我が国の製造業でも製造現場のスマート化の取り組みが積極的に行われている。I4.0の根本はCyber Physical System (CPS)の実現にある。CPSとは大雑把に言えば、実空間での現象を計算機の中で数理モデルに置き換えることであり、その実現にはIoTやビッグデータの活用が不可欠である。従って、機械学習(狭義のAI)と親和性が高くなる。筆者は2000年からシリコンの半導体デバイスの製造において製造装置のビッグデータを活用したプロセスの特性の仮想計測(Virtual Metrology、以下VM)およびプロセス制御の研究開発と実用化に取り組んできた。これらの成果はI4.0におけるCPS実用化の先駆的なものであると言える。本講演では電子デバイスの製造データの活用と機械学習の応用について述べ、具体的な事例としてプラズマ中のパーティクル数の予測やVMを活用した先進的プロセス制御(VM-APC)について紹介する。

2. 仮想計測(VM)とプロセス制御(VM-APC)

図1はプラズマエッチング装置を例にしたVMの概念を示す模式図である。

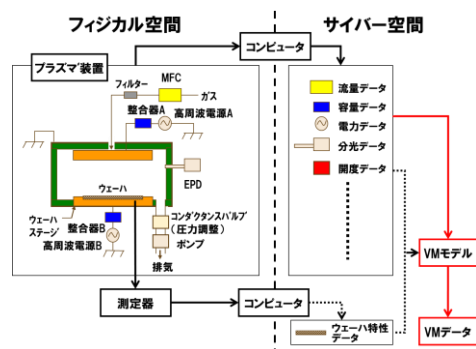


図1 VM概念図

装置の制御機器を電子データによってサイバー空間に移し、それらの電子データとウェーハ上の特性結果とを繋げると電子データで特性を予測することが可能になる。例えばプラズマ装置ではエッチング速度や加工寸法等を予測できており、製造工場で実用化済である。さらにウェーハ上のパーティクル数を予測した研究結果も報告され

ている。日毎のパーティクル数と装置における10個のパラメータから求めたVMモデルを基に算出したVM値との相関係数は0.75であった¹⁾。また、プロセス特性の結果に限らずスイッチングトランジスタの閾値電圧を予測する技術も実用化されている²⁾。

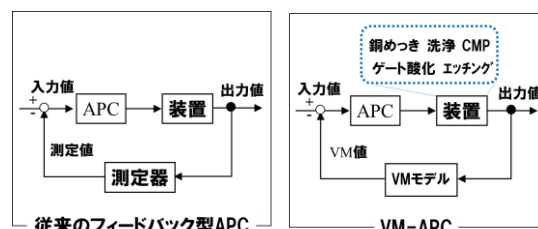


図2 VM-APC

さらにVM-APCの例として銅めっき装置の反応生成物制御³⁾、洗浄装置の滞在時間(Qタイム)制御⁴⁾、CMP装置の研磨時間制御⁵⁾、ゲート酸化膜厚の膜厚制御²⁾などが実用化されている(図2)。

3. まとめ

半導体デバイス製造のスマート化の研究成果の一部について紹介した。最近ではこれらの研究成果を基に半導体デバイス以外の電子デバイス製造のスマート化に対する取り組みに拡大している。例えば機器における機械学習を用いた電極切削加工状態の良否の判定やデバイスの生産数量の予測などが検討がされている。今後もこのような取り組みは、衰退するのではなく、むしろ活発化と思われるのでプラズマプロセスへの応用が今後も期待される。

参考文献

- 1) S. Imai, *Proc. Int. Symp. Semicond. Manuf.(ISSM)*, Oct., 15-17, pp.346-349 (2007).
- 2) 今井, 安田, *Panasonic Technical Journal* Vol.55 No.3, Oct., pp.42-47 (2009).
- 3) S. Imai and M. Kitabata, *IEEE Transaction on Semiconductor Manufacturing*, pp.432-437 (2009).
- 4) M. Kitabata, *Proc. AEC/APC Symp. Asia*, Nov., pp.1-2 (2011).
- 5) T. Tsuda, et al., *IEEE Transaction on Semiconductor Manufacturing*, pp.229-235 (2015).