

## シンポジウム報告

第 79 回応用物理学会秋季学術講演会

13 半導体 Semiconductors

# S24. アトミックレイヤープロセスの現状と展望

## *Current status and future prospect of atomic layer processes*

日時：2018 年 9 月 20 日（木）

会場：名古屋国際会議場 223 会場

世話人：百瀬健（東京大学），関根誠（名古屋大学），唐橋一浩（大阪大学），入沢寿史（産業技術総合研究所）

半導体デバイスの微細化・高度化に伴い、原子レベルでの 3 次元微細加工技術が不可欠となってきた。原子 1 層ごとに堆積や除去を行う原子層堆積（ALD）法や原子層エッチング（ALE）法はその唯一解として高く注目されており、シンポジウムを開催した。特に、企画段階から、国内に留まらず海外の研究動向も取り入れることおよび産学官の垣根なく研究者が一堂に会し議論することを目指し、また現状と展望とのタイトル通り、表面化学・反応工学を基にした根本原理から最新のデバイス応用までを広く取り扱うこととした。会場は定員 105 名であったが、満員となり、さらに立ち見も出るほど盛況であった。以下では、その内容を報告する。

前半 5 件を ALD セッション（うち 4 件は招待講演）とした。1 件目は招待講演であり、東京大学の霜垣先生より「ALD/CVD プロセスの反応工学」に関してご講演いただいた。ALD 技術の発展の歴史から始まり、反応工学的見地からの ALD 技術の学術的理解、CVD と比較した ALD の優位性に至るまでをご紹介いただいた。2 件目も招待講演であり、Hanyang University の Jeon 先生より「ALD trend and its application to gate spacer and charge trap layer」についてご講演いただいた。様々な発展を遂げる ALD 技術を系統的に分類いただくと共に、ALD 大国である韓国における研究開発動向をご紹介いただいた。3 件目も招待講演であり、株式会社デンソーの片山様より「有機トランジスタ用ゲート絶縁膜の ALD 成膜」についてご紹介いただいた。フレキシブルデバイスの能動素子として期待される有機トランジスタのゲート絶縁膜形成に ALD を使用し、低温でも高品質な絶縁膜が形成できること、ナノ積層により残留応力の制御が可能であることを紹介いただいた。4 件目も招待講演であり、大阪大学の山崎先生より「アトミックレイヤープロセスにおける表面反応解明のための第一原理計算の可能性と課題」について講演いただいた。ALD 中における原料分子の表面吸脱着過程の理解は原料選択に非常に重要であるが、実験的な追跡は難しく、計算によるアプローチをご紹介いただいた。5 件目は一般講演であり、早稲田大学の桑江氏より「ALD による超薄膜 Pt 中間層を用いた Cu-Cu 低温疑似直接接合」について講演いただいた。ALD 技術を活用することによりマイクロポンプの低温直接接合を可能となるなど、将来を感じさせるものであった。

後半 6 件を ALE セッション（うち 4 件は招待講演）とした。1 件目は招待講演であり、大阪大学の浜口先生より「アトミックレイヤーエッチング：その科学と技術」に関してご講演いただいた。ALE 技術の技術背景から始まり、ALE に必要不可欠な自己停止機構の物理的・化学的意味に至るまでを学術的側

面からご紹介いただくと共に、ALE 技術が抱える今後の課題を整理いただいた。2 件目も招待講演であり、Tokyo Electron America の Ventzek 博士より「Modeling and simulation perspectives on surface chemistry control in atomic layer processing」についてご講演いただいた。ALE 中の基板表面のエッチングガス分子の吸着機構、反応機構はまだ十分に解明されておらず、計算科学からの取り組みと将来展望をご紹介いただいた。3 件目も招待講演であり、兵庫県立大学の豊田先生より「ガスクラスターイオンビームによる原子層エッチング」についてご講演いただいた。先生ご自身が開発されたガスクラスターイオンエッチングでは、超低エネルギー照射による基板ダメージのないエッチングが可能であること、更にエッチングをALE化するための最適ケミストリについてご紹介いただいた。4件目も招待講演であり、名古屋大学の堤先生より「Si 系材料のフルオロカーボンプラズマ支援原子層エッチング」についてご講演いただいた。ALE プロセスにおける再現性劣化の一因はチャンバー内壁の吸着物にあり、その初期化手法についてご紹介いただいた。5 件目は一般講演であり、名古屋大学の長谷川氏より「Ar イオン照射窒化ガリウム表面の塩素吸着挙動」についてご講演いただいた。パワーデバイス製造には GaN 膜のエッチングが不可欠であるが、XPS その場観察を用い ALE 中の各工程における表面状態を明らかにし、そのエッチングメカニズムを提案されるなど、今後の展開が期待される。6 件目も一般講演であり、大阪大学の伊藤博士より「金属原子層エッチングプロセスにおける錯体形成表面反応解析」についてご講演いただいた。ALE の適用が難しい遷移金属の表面吸着過程を XPS により解析し、ケミストリを提案されるなど、今後の対象材料の拡大に向けた指針を示すものであった。

基礎から応用までの多様な講演に対し、会場では活発な質疑が行われた。質問者の顔ぶれからも、産学官の多用なバックグラウンドを有する研究者が質疑に参加している様子が見て取れ、様々な角度から多くの議論が行われたことは望外の喜びである。講演を快くお引き受けいただいた講演者各位に厚く感謝申し上げますと共に、会場に入りきらなかった聴講希望者に謹んでお詫び申し上げたい。末筆ではあるが、本分野の更なる発展を祈念したい。