

4-1-3 デバイス加工装置整備

4-1-3 Improvement of Device Processing Equipment

吉沢 勝美

YOSHIZAWA Katsumi

先端 ICT デバイスラボで取り組むデバイスの研究開発の高度化の要素を示し、デバイス作製に用いるレジストパターンを形成する露光装置、形成したレジストパターン通りにエッチングするエッチング装置、配線材料・表面保護膜などを形成する成膜装置を紹介し、将来に向けたデバイス研究開発を支える加工装置の整備の方向性を示す。

This paper presents the elements of the advancement of device R & D that the Advanced ICT Device Laboratory is working on, introduces the exposure equipment that forms resist patterns used in device manufacturing, the etching equipment that etches according to the formed resist patterns, and the film deposition equipment that forms wiring materials and surface protection films, and shows the direction of the development of processing equipment that supports device R & D for the future.

1 はじめに

先端 ICT デバイスラボでは、本部フォトニックデバイスラボ (PDL) で光デバイス、ミリ波研究棟で高周波デバイス・パワーデバイス、神戸ラボで有機デバイス・超伝導デバイス・深紫外デバイスなど特徴のあるデバイスの研究開発がなされている。

デバイス研究開発においては、社会情勢・社会的欲求などにより、デバイス機能の高度化・複合化が深化し、それに対応する開発速度の向上が必要になる。

図1にデバイス開発の研究開発サイクルの高速化を模式的に示している。ある機能を発現させるデバイスの開発を想起した場合、用いる材料などのアイデアと構成などの仕様から各種シミュレーションなどを用い、具体的なデバイス構造を設計し、その設計に基づきデバイス加工・試作を行う。作製されたデバイスの機能評価を行い、設計仕様との差異を確認し、再度デバイ

ス設計を行うサイクルを高度化・高速化することが必要となりつつある。デバイス研究開発のそれぞれのパートの高度化が必要になる。

このデバイス研究開発での加工工程の高度化を支えるには、各加工装置を適切に保全し、必要に応じ拡充・更新することが重要になる。

ここでは、デバイス作製において重要な役割を担うフォトリソグラフィ工程の露光装置、レジストパターンに忠実な加工を実現するエッチング装置、配線材料・保護膜を形成する成膜装置に関して先端 ICT デバイスラボの整備状況を示す。

2 露光装置の整備

デバイス作製の設計パターンをレジストに転写する装置としては、コンタクトアライナー、縮小投影露光装置、電子ビーム露光装置などがある [1]。マスクを用いることなく設計パターンを大気中の環境で、直接基板などに描画でき、サブミクロンの加工も可能にする装置として、レーザー描画装置がある。

図2にPDLに設置しているレーザー描画装置の外観を示す。この装置の主な特徴は、光源として375 nmのCWレーザーダイオードを使用し、i線レジストに対応している。解像度としては、0.6 μm 、2層目アライメント精度350 nm (3σ)の精度がある。解像度を下げ、高速描画モードも保有して110 mm^2 /分の描画速

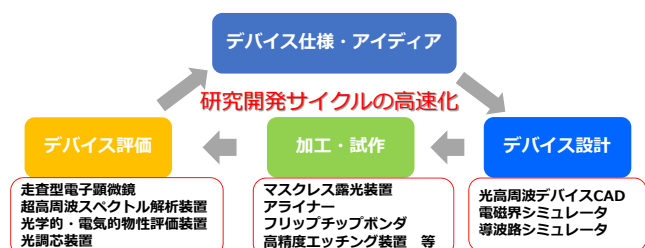


図1 デバイス研究開発サイクルの高速化

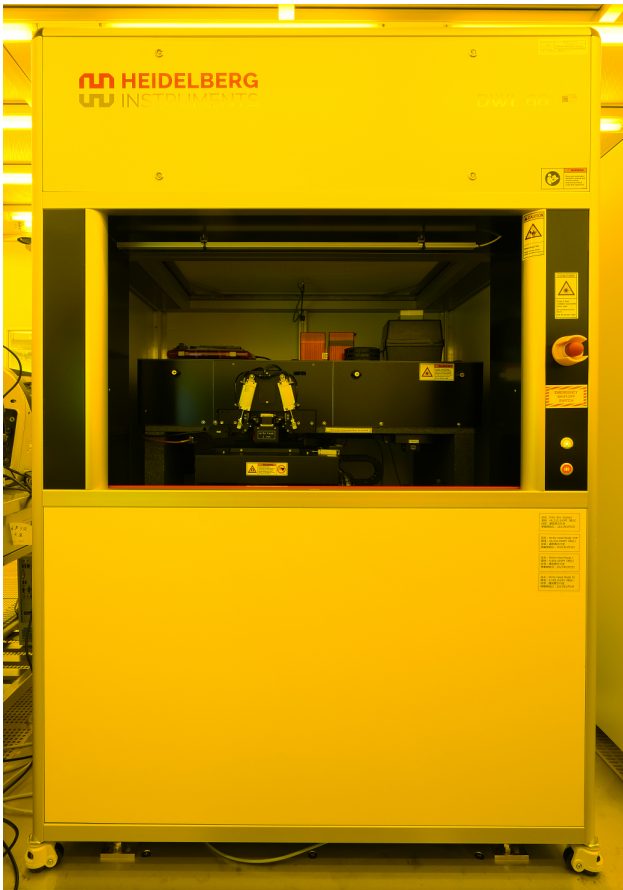


図2 レーザー直接描画装置

度がある。また、小片基板、変形基盤にも対応可能なオートフォーカス系を保有しており、安定した露光が可能になっている。

ナノメートルクラスの微細パターンを描く電子ビーム露光装置とのハイブリッドでのパターン形成が可能で、設計パターンを直接描画可能であることから短期間での設計変更が可能であることなど、柔軟なデバイス加工が可能になり、加工試作工程の高速化に寄与している。

3 エッチング装置の整備

レジストパターンが形成された基板などをエッチングする物質に合わせ、高精度にエッチング加工する装置がデバイス作製において用いられる。エッチングは、薬液などを用いたウエットエッチングと真空中のプラズマ環境下でエッチングを行うドライエッチングに大きく分けられ、両者を適切に用いることでデバイスの適正な加工を行うことができる [2]。

特に、ドライエッチングは、微細で高精度なエッチングに使用される場合が多く、真空中にエッチングで使用するガスを導入し、プラズマ化し(一部ラジカルの場合もある)、エッチングする物質の表面にさらし、



図3 ICP-RIE エッチング装置

化学的・物理的作用によりレジストで覆われていない領域を選択的にエッチングする。さらにエッチングを高精度で実施するための方法として、高密度プラズマ中でエッチングを行う方法が挙げられる [3]。高密度のプラズマ形成は、プラズマ中のエッチングイオン種の密度を上げることができ、微細なパターンのエッチングに対して、高精度な加工が実現できる能力がある。

高密度プラズマを形成する方法として誘導結合プラズマ(ICP:Inductively Coupled Plasma)を用いた装置があり、PDL、ミリ波研究棟、神戸ラボ共にその用途や材料に合わせた使用方法でデバイス加工を行っている。図3にPDLに設置しているICP-RIEエッチング装置の外観を示す。

エッチング装置を求められるデバイスの加工形状に合わせる加工プロセスの最適化も含め、試作加工工程の高速化を目指している。

4 成膜装置の整備

デバイス作製において、デバイス上の機能評価を行

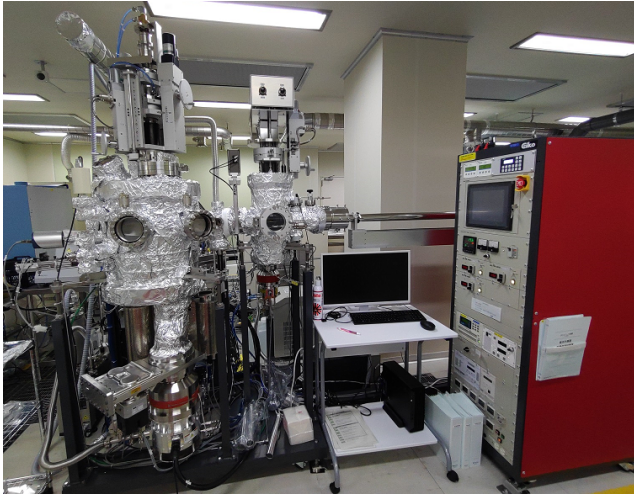


図4 マルチターゲットスパッタ装置

うため電気的な信号の入出力が必要になり、そのための配線形成の金属材料の成膜、デバイスを保護するための保護膜の成膜など、デバイス作製には多様な膜の形成が必要になる。成膜の方法は、電子ビーム蒸着、抵抗蒸着、CVD (Chemical Vapor Deposition)、スパッタリングなどの手法がある。

この手法の中で、成膜種の物質(ターゲット)にプラズマ中でアルゴンなどのイオンを衝突させ物理的にターゲット材料を製膜するスパッタ装置がある。図4にPDLに設置された多数のターゲットが装着可能なスパッタ装置の外観を示す。この装置は、ターゲットの種類により、金属、誘電体等の各種の材料を成膜可能であり、高真空中で連続の成膜も可能になることから、機能薄膜の形成も基本的に可能になる[4]。このような装置の導入によりデバイスに新たな機能を付加し、デバイスの付加価値の向上、複合的な機能の発現などが期待できる。

デバイス機能の高度化・複合化が深化し、それに対応するデバイス研究開発においてもこのような装置の導入により可能になり、デバイス研究開発の高度化・高速化に貢献している。

5 将来に向けた加工装置の整備

先端 ICT デバイスラボのデバイス研究開発環境は、前述したように「デバイス設計」、「加工・試作」、「デバイス評価」の各環境をバランスよく整備する必要がある。先端的なシミュレーション及びデバイス設計環境、設計内容を具現化する試作・加工装置及び加工評価を行う評価装置群の整備、作製した先端デバイスの評価に見合う高機能な評価環境整備も必要になる。

その時々々の社会的要求などを加味し、適切な時期に目的となるデバイス研究開発を推進できる環境整備を

継続的に実施し、整備された加工装置を最適な条件で使用できる作製プロセス環境の整備を含め総合的な研究開発環境の整備を図る。

【参考文献】

- 岡崎 信次, “リソグラフィー技術: 露光装置の原理とレジストプロセス技術,” 応用物理, vol.69, no.2, p.196, 2000.
- 下川 房男, “エッチング技術の基礎,” 精密工学会誌, vol.77, no2, p.162, 2011.
- 堀 勝, 後藤 俊夫, “高密度プラズマとエッチング・薄膜形成への応用,” 応用物理, vol.68, no.11, p.1252, 1999.
- 逢坂 哲彌, 佐山 淳一, 吉野 正洋, “エレクトロニクス分野における高機能薄膜の形成技術,” 表面技術, vol.55, no12, p.753, 2004.



吉沢 勝美 (よしざわ かつみ)

ネットワーク研究所
先端 ICT デバイスラボ
研究技術員
発光デバイス、受光デバイス、デバイス加工
プロセス
【受賞歴】
2021年 電子情報通信学会エレクトロニクス
ソサイエティ招待論文賞