

◁研究会報告▷

「NTT SOR リソグラフィフォーラム」報告

山下 吉雄 (株)ソルテック

「NTT SOR リソグラフィフォーラム」が平成6年6月16日-17日に厚木のNTT LSI研究所において開催された。このフォーラムはNTTが独自の技術で開発したSOR リソグラフィシステムが完成し、その評価が進展してきたこと、および、SOR リソグラフィの開発を手掛けて10年の節目になることなどから企画された。会議には、内外のX線関係者ばかりでなくリソグラフィ関係者、プロセス関係者、企業の半導体の責任者など約400名が参加した。

会議の初日は「X線リソグラフィ技術の展望」のテーマのもとで、3件の基調講演と2件の招待講演があった。二日目は「NTTにおけるSOR リソグラフィ技術」のテーマで6件の要素技術の発表があった。それらの発表に関する技術の詳細な説明はポスター展示を利用して行われた。また、SOR リングや関連施設の見学会も会期中に行われた。会議の内容を以下に示す。

MITのSmith教授から「X-ray lithography: the Past and the Future」の講演があった。Smith教授は1970年代にX線リソグラフィを最初に提案した人で、現在でもX線リソグラフィの第一線の研究をされている。X線は $0.2\mu\text{m}$ から $\text{sub-}0.1\mu\text{m}$ に適用できる技術であることがデバイス試作結果を基に示された。しかし、世代の更新と共にリソグラフィコストがエスカレートしている現状では、X線リソグラフィの実用化の鍵は、その導入がコスト上昇の歯止めとなり得るかどうかであるとの見解が述べられた。

石原氏はNTTのSOR リソグラフィシステムの概要およびそのエレメントであるSOR リング、ビームライン、アライナの開発および高度化につ

いて解説した。

松田氏はNTTでのSOR リソグラフィの応用について、X線マスクやレジストの高度化、および $0.2\mu\text{m}$ レベルCMOSLSIなどの試作結果の概要を報告した。

Loral Federal SystemsのKristoff氏は米国のX線リソグラフィの現状および今後の開発プログラムについて述べた。米国では、ARPAのプログラムに沿って、産・官・学の協力の基でX線リソグラフィの開発が推進されている。欠陥検査・修正装置の開発・製品化が完了し、X線マスク描画装置、高速アライナなどのインフラの整備が進められている。IBMは無欠陥マスクを作製し、それを用い全ビット動作のLSIを作製した。今後、各種デバイスの試作を通し、X線リソグラフィの実用性を検証していくとのことであった。

ソルテックの阿刀田氏は国内（NTTを除く）のX線リソグラフィの開発の動向について解説した。SOR リングのリソグラフィ光源としての信頼性は実証されつつあること、アライナの $0.1\mu\text{m}$ までの解像性、 30nm 以下のアライメント精度は確認されたこと、SOR照射耐性を有するマスク材料や成膜条件が明らかになってきたことなどが示された。従来の要素技術の課題は概ね解決されてきているが、残された最大の課題はアライナの高速化とマスクの高精度化であるとの認識が示された。

細川氏らにより、NTTのSOR光源とビームラインの概要が最近の成果を含めて紹介された。Super-ALISは1989年に超電導リングとして世界で初めてSORの発光に成功した。最近では、高エネルギー（ 520MeV ）入射法の採用により、 500mA の大電流の蓄積が可能となっている。ビームライ

ンでは、露光量均一性の向上、ミラー反射率の向上、500mAへの対応などが図られ、0.2 μ mルーラのデバイス試作の露光に利用できるレベルに到達している。

柴山氏らは、NTTで開発したSOR用ステップ、SS1について、装置コンセプト、主要技術開発、装置性能について報告した。半導体レーザ、半導体検出器を採用したアライメント光学系、空気静圧ねじによる非摩擦機構系、背面供給系ウエハローダーの採用など高精度化、高速化、小型化に対して様々の新技術が開発された。SS1はアライメント再現性として23nm (3 σ) の高精度を達成し、実用上で重要となる光ステップとのmix & match露光でも良好な精度を得ている。

島津氏らは、NTTで開発したX線マスク描画装置、EB-X1の概要および性能を報告した。ビーム偏向歪補正の高度化やマスク保持機構の改良などにより、描画精度の向上が図られ、位置精度として50nm以下 (3 σ) を実現した。可変成形であるため、従来のポイントビームに比べて、1桁以上の高速性も得られている。

大木氏らは、NTTにおけるX線マスク開発に関する成果を報告した。X線マスクにおいては、パターンの位置精度の改良が最も重要であるが、その課題に対し、多重描画法、マスク材料の応力制御、マスクとフレームの一点接着法などの独創性の高い技術が開発された。それらの技術を導入したマスクプロセスを用い、56nm (3 σ) の位置精度を達成した。寸法精度に関しても、Ta吸収体のエッチング条件の最適化などにより、0.2 μ mデバ

イスに適用可能な精度を達成した。マスクの無欠陥化を達成するため、欠陥の低減に本格的に取り組み、SiN膜に研磨工程を取り入れるなどして、修正可能な欠陥密度 (数個/cm²) を実現した。

伴氏らにより、NTTで開発したポジ型化学増幅系SORレジスト、CANIの発表があった。CANIはPHSをベースポリマーとし、溶解阻止剤としてチモールフタレイン系を用いている。70mJ/cm²以下の高感度と0.2 μ mの解像力を有し、LSI試作のホールパターン形成に利用されている。

出口氏らにより、SORリソグラフィのLSI製造プロセスへの適用性が0.2 μ mLSIを試作することにより評価された。転写特性に関しては、露光裕度、マスクリニアリティ、転写精度など総ての点で0.2 μ mの実用性を有することが示された。総合重ね合わせ精度に関しては、現状では0.15 μ m (3 σ) であり、一昨年 (0.25 μ m) からは大幅に改善された。精度劣化要因としては、マスク精度とウエハプロセスでのマーク歪みが大きい。これらの要因解析・対策により、重ね合わせ精度として0.1 μ m以下の見通しを得ているとのことであった。

このフォーラムに出席して、SORリソグラフィはシステムとして0.2 μ mLSIが試作できるレベルまで進展し、実用化への一つのハードルを越えたとの印象を持つことができた。この会議はX線関係者には大いなる励みを、デバイス関係者には将来のリソグラフィに対する安堵感を感じさせたのではなかろうか。

