

## 先端技術の普及には、 KOACHのクリーン環境が 欠かせない

東北大学 多元物質科学研究所 / 株式会社 ホロン

高い精度が求められる先端技術を開発・実用するには、清浄度の高いクリーン環境が欠かせません。しかし、一般的なクリーンルームの導入には、気密を保った建屋の建設工事や設備投資に多額の投資が必要な上、導入した後も莫大なランニングコストがかかります。そのため、クリーンルームを所有することは一部の企業に限られていました。

そのような状況の中で、東北大学では、先端技術に応用した半導体基板の量産化技術の研究開発を進めています。その量産化技術を広く中小企業でも活用できるものとするため、低コストでクリーン環境を導入し維持できるシステムとしてKOACHに注目しています。

ナノインプリント装置を使用してパターンを転写したウェハー

### クリーンルームに代わる 新しい選択肢として KOACHを選んだ東北大学

東北大学は、学術成果を広く社会に還元するために、技術応用を視野に入れた企業との共同研究に積極的に取り組んでいます。今回ご紹介する東北大学多元物質科学研究所では、半導体フォトマスク検査装置のメーカーである株式会社ホロンと共同で、「ナノインプリント」と呼ばれる素子や回路のパターンを転写する技術を半導体基板の量産に応用する研究を進めています。

この共同研究の狙いの1つは、多くの中小企業が半導体基板の量産化技術を低コストに導入できるようにするため、その製造プロセスにナノインプリントの技術を応用することです。しかし、それを実現させるには、コンタミネーション

を防ぐために必要な高い清浄度のクリーン環境を、中小企業がどのようにして導入するかが課題になっていました。

この共同研究では、KOACHであれば建設工事や大きな設備投資がなくても必要なクリーン環境を利用することができるため、中小企業でも導入できるクリーンルームに代わる選択肢だとしてKOACHを採用しています。

### INTERVIEW

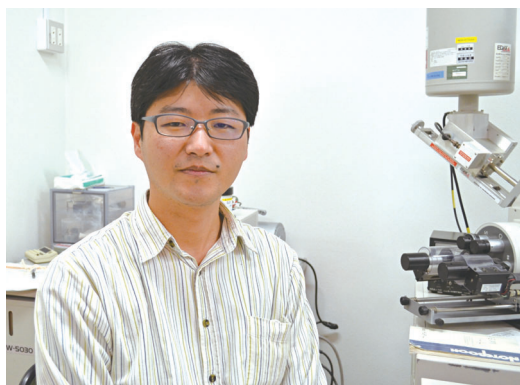
東北大学多元物質科学研究所 中川研究室 助教の廣芝伸哉様から、ナノインプリントの技術や、それを量産化に応用する上での課題解決について伺いました。

### より微細になる半導体基板の量産化を低コストで 実現するナノインプリント技術

近年、携帯電話やデジタルカメラなどの電子デバイスは小型化と高性能化が進んでいますが、これは内部に使用されている半導体デバイスの微細化が可能にしたものです。

これまで、そうした微細な半導体を量産するには、フォトリソグラフィと呼ばれる、光を使って影絵のように回路などのパターンを基板に転写する技術が用いられてきました。しかし、この方法では、光の波長より短い線を描くことができないため、数十nmより微細な構造には技術的に対応することができません。

それに対して、ナノインプリント技術は、判子のようにモールド（鋳型）を基板に押しつけることでパターンを転写



東北大学多元物質科学研究所  
高分子・ハイブリッド材料研究センター 中川研究室  
助教 廣芝 伸哉様

するため、フォトリソグラフィーでは不可能だった10nm～20nmの微細な転写が可能です。モールドを押しつけるだけで転写から複製まで進めるため、プロセスが簡単になり時間が短縮できます。より、量産化に適した技術なのです。

また、ナノインプリント技術は、装置自体が低価格であるばかりか大がかりな設備投資が必要ないため、微細化が進む半導体の量産化に不可欠な技術として、いま世界中で研究が進んでいます。私の研究室では、株式会社ホロンと共にその実用化を目指す研究をしています。

## コンタミネーションにシビアなナノインプリント技術には高いレベルのクリーン環境が不可欠

ナノインプリント技術を活用した半導体基板の製造では、微量のコンタミナントが不良の原因となります。

モールドを押しつける際にコンタミナントを挟み込むと、コンタミナントの周りの数百nmが転写できなくなってしまいますし、モールド自体を傷つけ、場合によっては使用できなくなることもあります。モールドは1つ100万円を超えることもあるとても高額なものですから、微量なコンタミナントが大きな損害につながります。

これらの理由から、ナノインプリントで半導体基板の量産化を実現するには、従来のフォトリソグラフィーより高い清浄度のクリーン環境が必要なのです。

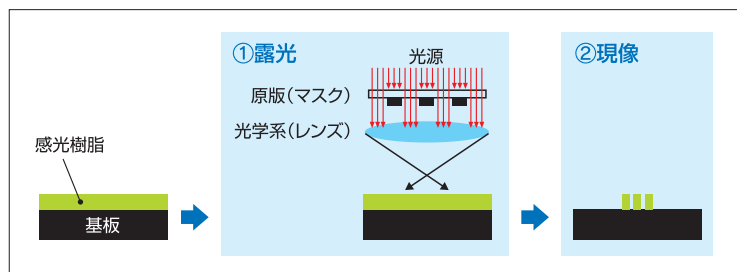
## すでに利用していたクリーンルームでは、コンタミネーションによる不良が改善できなかった

半導体研究においてクリーンルームは必須の設備です。私の研究室でもクリーンルームを所有していますが、その清浄度はISOクラス6～7です。しかし、この程度の清浄度では、コンタミネーションが原因となる不良がでたり、学生が作業した際には目視できるほどのゴミが付着したりするトラブルが生じていました。

クリーンルームを維持するには、メンテナンス費用や電気代などのランニングコストが莫大なため、大学の研究室が所有するクリーンルームとしては、この程度の清浄度が一般的です。しかし、コンタミネーションによる不良はなくなり、ナノインプリント技術の研究が思うように進められませんでした。

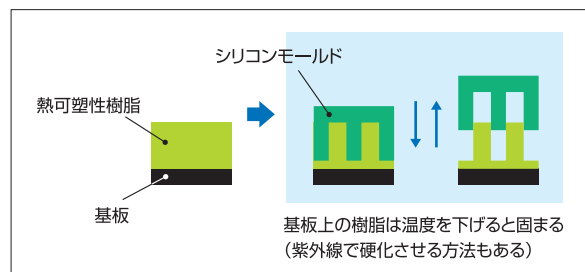
そのような状況の中で、高い清浄度が必要な箇所だけを、ISOクラス1にすることができるKOACHを知りました。

### ■フォトリソグラフィー法による基板の複製



フォトマスク（原版）の回路パターンを露光して基板に焼き付けた後、さらに現像の工程を経て複製される

### ■ナノインプリント法による基板の複製



実寸の回路パターンの型を基板に直接押しつけるだけで複製まで進める



半導体研究に利用される、紫外線からの影響を防ぐイエロークリーンルーム  
(東北大学 多元物質科学研究所)

## KOACHが「誰でも使えるクリーン環境」だと デモで確認できた

KOACH を使用することで、本格的なコンタミネーション対策が可能になると考えました。そして、導入する前に、本当にKOACHがISOクラス1の環境を形成でき、コンタミネーションが原因となる不良が減らせるかを検証しました。

また、作業の熟練度に関係なく、誰が作業してもコンタミネーションを抑えることができるか確認したかったため、デモは作業経験の浅い学生に作業をしてもらいました。

検証では、ウェハーにレジストを塗布してスピコートにかけ、ホットプレートで乾燥させるまでの前処理の作業を行い、クリーンルーム内にKOACHを設置した環境とクリーンルームだけの環境とで不良率を比較しました。

その結果、KOACHを使用したISOクラス1の環境では、基板へのコンタミネーションが抑えられて、レジストの塗膜にコンタミナントが入ってしまう不良が減少しました。また、KOACHは囲いがなく、スピコートやホットプレートなどの左右に置かれているだけで開放的です。前処理の工程に熟練していない学生でも、以前と同じように作業をすることができました。

KOACHは、誰でもコンタミネーション対策ができるクリーン環境であると確信し、量産の現場でも活用できると考えて導入しました。

## ナノインプリント技術の普及には 高額な設備投資やランニングコストを必要としない クリーンルームに代わる新たな選択肢が 求められている

ナノインプリント技術が普及するためには、中小企業での量産を可能にする製造プロセスを確立することが必要です。しかし、そのプロセスには、一般的にISOクラス3以上のクリーン環境が必要だと言われており、そのような環境を手に入れることができるのは、導入コスト、ランニングコストの面から、一部の企業に限定されているのが現状です。

実際に、研究室で所有しているクリーンルームの消費電力をモニタリングしていますが、30m<sup>2</sup>のクリーンルームでISOクラス6～7を維持するためには、年間で一般家庭の電気代約250万円に相当する電力が必要です。クリーンルームのランニングコストは、これに加えてフィルタの交換費用や空調関係のメンテナンス費用もあります。これらのランニングコストを一般の中小企業が負担していくことは現実的ではありません。

今後、中小企業や町工場にもナノインプリント技術を広げていくには、実用化する上で高いハードルとなっていた高額な導入費用やランニングコストを必要としないクリーン設備として、クリーンルームに代わる選択肢が必要です。



コンタミネーションのリスクの高い前処理の作業が、テーブルコーチが形成するISOクラス1の環境で行われている

## ナノインプリント技術が中小企業に普及するには クリーン環境が必要な場所だけ清浄化する KOACHが最適

クリーンルームの導入が難しい中小企業でも、KOACHを使用すれば、低コストでナノインプリント技術に適した高いレベルのクリーン環境を得られることとなります。そのため、私たちはKOACHを組み込んだ製造プロセスの構築にも着手しています。すでに、クリーンルーム内に

KOACHを設置することでコンタミネーションの問題が大きく改善することを確認しているため、次の段階では、一般環境の中にKOACHを設置したクリーン環境でも同じように、ナノインプリント技術が活用できることを確認していきたいと考えています。

KOACHは、ナノインプリント技術の普及に欠かせないクリーンルームに代わる新たな選択肢として、今後活躍してくれると確信しています。

### ナノインプリント技術とKOACHへの期待

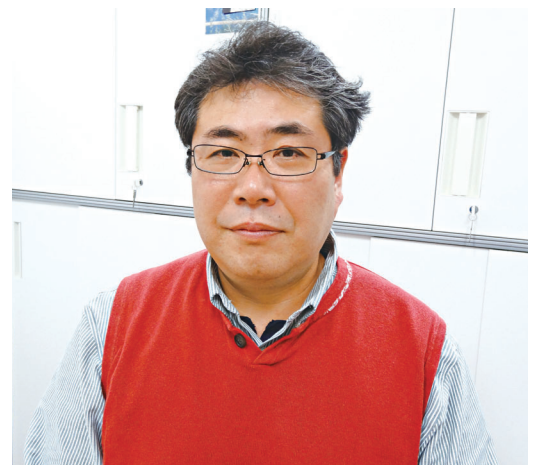
ナノインプリント技術は「これから」の技術ではなく、すでに燃料電池や太陽電池に活用されているほか、細胞培養の下地のシートや隔膜セパレーターなどにも利用されている。「今現在」活用されている最先端技術です。そして、ナノインプリント装置自体が低価格なことから、ますます技術の汎用化が進むと期待されているそうです。

東北大学多元物質科学研究所 教授  
中川勝様にお聞きしました

中川教授：この技術で半導体基板の量産を実現するには、わずかなコンタミネーションも許されません。安定した品質で量産するには、コンタミネーションの影響がないクリーンな環境が必要な

です。その点、KOACHはクリーンルームよりも低価格で導入することができ、ISOクラス1の環境を、簡単に、手軽に活用することができます。ナノインプリント技術による基板の量産が実用化するとともに、クリーンルームの代わりとしてKOACHの需要はさらに増えるのではないのでしょうか。

KOACHのクリーン環境は、クリーンベンチのように上から落ちてくる気流ではなく、水平に流れる気流によって形成されます。水平に流れる気流は、基板の表面やテーブル面にコンタミナントを蓄積させてしまうリスクが少ないことから、半導体基板の研究開発や製造にとってたいへん適したシステムだと考えています。



東北大学多元物質科学研究所  
高分子・ハイブリッド材料研究センター  
光機能材料化学研究分野  
教授 中川勝様

### 製造プロセスを構築する上での課題解決

株式会社ホロンは、半導体用フォトマスクのパターンを測定するフォトマスク用CD-SEM（測長用走査電子顕微鏡）を製作している会社です。同社は、東北大学多元物質科学研究所と共同で、ナノインプリント技術を用いた基板製造プロセスを確立するための研究を進めていますが、その研究には、同社が持っている電子ビームの技術が活かされています。

株式会社ホロン新事業推進部  
安宅正志専任部長にお聞きしました

安宅部長：ナノインプリント技術では、微小な異物でも不良の原因になります。莫大な費用をかけずにその量産化を実現するには、コンタミネーションの原因になるナノサイズの異物の影響がない作業

環境を形成することが課題でしたが、それはKOACHを導入することで解決しました。

今は、そのクリーン環境を活用しながら、基板にコンタミネーションしたナノサイズの異物をどのように除去するか、という課題の解決にメーカーとして取り組んでいます。



基板に付着したナノサイズの異物を除去する装置  
(試作品)



株式会社ホロン第一設計部 専任部長 神力建則様、同新事業推進部 専任部長 安宅正志様、同新事業推進部 青木久様（左から）