

ナノ加工精度を向上させるナノコーティング材料を開発 1nm の保護膜でエッチング耐性が飛躍的に向上

本研究成果のポイント

- これまでのフォトレジストでは不可能な高いエッチング耐性
- たった一回の塗布で保護膜を形成
- 従来の半導体製造工程に組み込み可能

独立行政法人理化学研究所（野依良治理事長）と東京応化工業株式会社（中村洋一取締役社長）は、わずか 1nm 程度の厚みの保護膜によって、従来のフォトレジスト（レジスト）¹では達成できなかった高いエッチング耐性²をもつ保護膜の作成に成功しました。これは、半導体分野で使用されるナノパターンニング用レジストのエッチング耐性特性を飛躍的に向上させる保護膜コーティング剤ならびにそれに対応したプロセスを開発し、実現したものです。ウェット型ナノコーティング方式³を採用し、新しく開発したコーティング剤を一回塗布するだけという極めて簡便な操作で保護膜が作成可能で、既存の半導体プロセスにすぐに組み込み可能という点も大きな特徴です。半導体微細加工では、パターンの微細化と同時にレジスト膜の薄膜化が進み、それに伴ってエッチング耐性の低下が著しく、このエッチング耐性の向上がさらなる微細化への大きな技術課題でした。開発したコーティング剤とナノコーティングプロセスにより、簡便な操作で、レジスト膜単独に比べて 10 倍以上の高いエッチング耐性が付与され、更なる微細化を安価に進めることが可能となりました。今回の成果により、本格的な半導体プロセス事業への展開が期待されます。

この研究成果は、企業と理研が一体となって研究を進めるパラレルモデルを具現化した理研の新しい共同研究の仕組みである「産業界との融合的連携研究プログラム⁴」によって、理研知的財産戦略センター（丸山瑛一センター長）内に発足した次世代ナノパターンニング研究チーム（小野寺純一チームリーダー、藤川茂紀^{しげのり}副チームリーダー）の研究結果が基本となっています。東京応化工業株式会社はこの成果を商品名：TSAR シリーズ（図 1）として多くの企業に向けて提案していく予定であり、2005 年 12 月 7 日（水）～12 月 9 日（金）に幕張メッセ（日本コンベンションセンター）で行われるセミコンジャパンにあわせて、2005 年 12 月 6 日（火）にホテルオークラにて開催される第 26 回東京応化セミナーで発表します。

1. 背景及び趣旨

理研と東京応化工業(株)は、ウェット型ナノコーティング技術をベースとし、次世代の微細加工技術に関する基礎から実用化までの研究を連携的に行う、次世代ナノパターンニング研究チームを2004年10月に発足させました。このチームは、理研の新しい産学連携の試みである「産業界との融合的連携研究プログラム」を利用したものです。その成果として、プロジェクト共同研究開始後約1年という短時間で、現在稼働中の半導体プロセスにビルトインが可能なレジスト保護膜の開発に成功しました。

半導体産業では、集積回路の更なる性能向上に向け、より高度な微細化が必要とされています。通常の微細加工プロセスでは、光リソグラフィ⁵によって半導体基板が微細加工されます。これは、まず微細加工を施したい半導体基板表面上に光感光性材料(通常、レジスト材料と呼ばれます)を塗布し、パターン化されたマスクを通じて感光性材料を露光します。露光されたレジストを現像することで、半導体基板にレジストで保護された部分と保護されていない部分からなるパターンを形成させます。最後に反応性ガスをつかってレジストで保護されていない半導体基板を選択的にエッチングし、レジストパターンを半導体基板に転写します。この方法は現在の半導体プロセスにおけるコアテクノロジーであり、このアプローチを主軸として更なる微細化が精力的に進められています。この方法では、最終的なパターン精度は基板表面上にあるレジストパターンの微細度によって決まるため、レジストパターン自身の微細化が重要です。また半導体基板をエッチングする際にレジストで保護された部分がすぐに削り取られないよう、厚いレジスト層が必要となります。このような高いアスペクト比⁶をもつレジストパターンは、プロセス中にパターンが崩れるという根本的な問題があり、それを防ぐために低アスペクト比でも高いエッチング耐性を持つレジストパターンの開発が極めて重要な技術課題となっていました。

この問題を解決するため、理研と東京応化工業(株)は共同でレジストパターンを保護膜で被覆し、低アスペクト比のレジストパターンでも十分なエッチング耐性を付与できる手法を開発しました。これによってパターン倒れの問題を防ぎつつも、その微細度を失うことなく十分なエッチング耐性を持つレジスト層の形成が可能となります。また開発された手法は、半導体プロセスで頻繁に利用されている回転型塗布方式を採用しているため、現在の半導体プロセスにそのまま組み込み可能です。このような方式が開発されたことによって、半導体プロセスの問題点を解決し、より高度な微細パターンの作成に大きく貢献します。

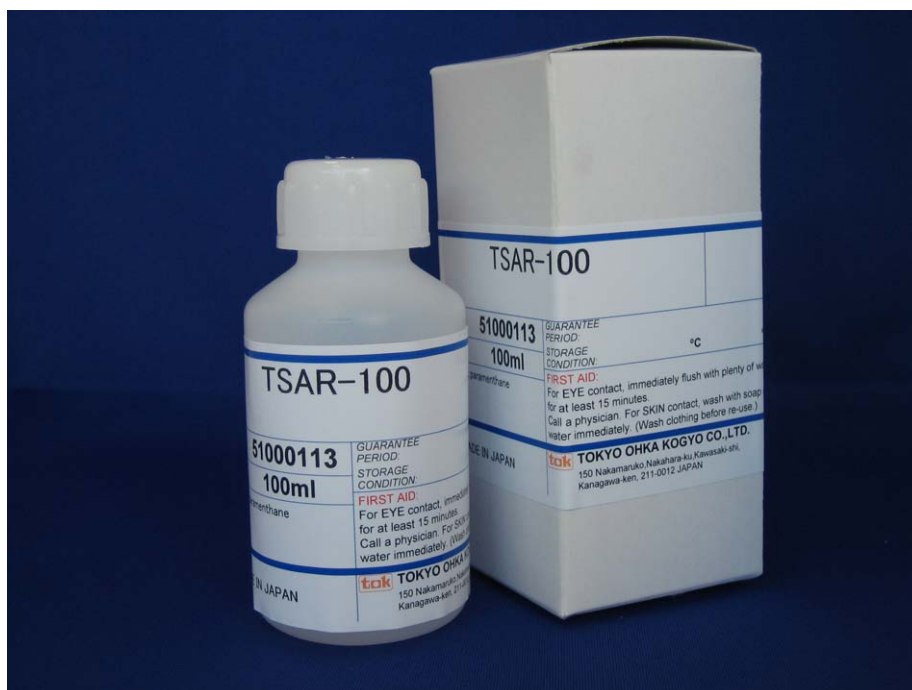


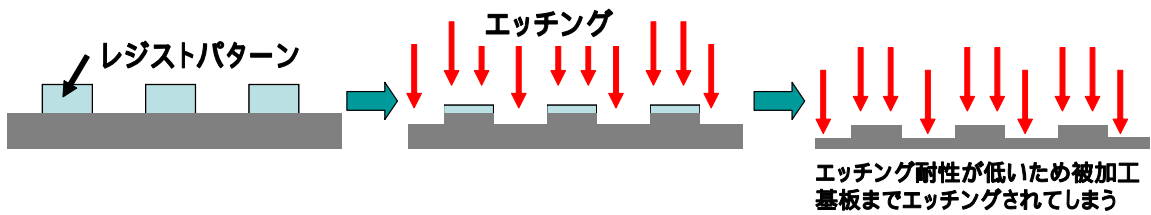
図 1 開発したコーティング剤

2. 新プロセスの概要と特徴

【概要】

本方式は、保護膜形成剤の化学吸着によってレジストパターン表面上に膜厚 1nm 程度の保護層を形成させ、レジストパターンをその薄層で保護するというものです（図 2）。具体的には、レジストパターンを持つシリコン基板上に保護膜形成剤を含むコーティング溶液を滴下し、所望の反応時間（数秒から数十秒程度）放置します。反応終了後、洗浄溶媒を滴下しながら基板を回転させ、表面を洗浄します。これによってレジストパターン表面上に極めて薄い保護層が形成され、高いエッチング耐性を付与することができます。

従来方式



レジストパターン上に保護層をナノコートする

新方式

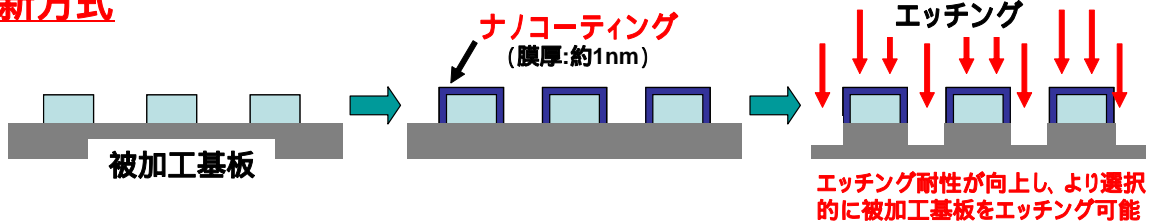


図2 新しく開発した手法によるエッチング耐性の向上

【特 徴】

ウェット型コーティング方式の採用

ウェット型のナノコーティングは溶液からコーティング材料を吸着させるため、溶媒に溶解する材料であれば広く利用でき、また複雑・高価な装置を必要としません。つまり安価で多様な材料に対して適用可能です。これに対しドライタイプは材料を気化してコーティングするため、一般的には高真空・高温を必要とする高価なプロセス装置が必要であり、コーティング材料も限定されます。

ナノコーティング

レジストパターンの微細度を低下させないためにも保護膜の膜厚は薄くしなければなりません。開発された新しいコーティング材は一回のコートでも膜厚はわずか1nm程度であり、レジストパターンの微細度を低下させません。

エッチング耐性の向上

1nmの膜厚を被膜するだけで、保護されていない場合に比べてエッチング耐性が10倍以上向上しました。

短いプロセス時間

コーティングプロセスそのものはわずか数分で終了します。

3. 今後の展開

この成果は半導体メーカーのみならず、微細化を必要とする幅広い産業での微細化プロセスの高度化に大きく寄与できるものと考えています。

今後は、2006 年秋に製品化し、半導体メーカーに安定供給できる製品の事業化を目指します。

4. 各社概要

1) 東京応化工業株式会社

東京応化工業(株)は、半導体やフラットパネルディスプレイの製造に不可欠なレジスト等を提供し、最先端エレクトロニクス産業の一翼を担っています。主にレジスト等のエレクトロニクス機能材料/高純度化学薬品を中心とした電子材料や印刷材料などの材料事業と、半導体製造装置や液晶パネル製造装置を主とする装置事業を営んでいます。特に、半導体・フラットパネルディスプレイ・パッケージ実装等の最先端エレクトロニクス分野を、21 世紀に大きく飛躍するための重点分野と位置づけて、経営資源を集中して積極的に世界市場での事業展開を進めています。

(東京応化工業株式会社：<http://www.tok.co.jp/>)

2) 独立行政法人理化学研究所

独立行政法人理化学研究所は、科学技術(人文科学のみに係るものを除く。)に関する試験及び研究等の業務を総合的に行うことにより、科学技術の水準の向上を図ることを目的とし、日本で唯一の自然科学の総合研究所として、物理学、工学、化学、生物学、医科学などにおよぶ広い分野で研究を進めています。研究成果を社会に普及させるため、大学や企業との連携による共同研究、受託研究等を実施しているほか、知的財産権等の産業界への技術移転を積極的にすすめています。

< 報道担当・問い合わせ先 >

(問い合わせ先)

東京応化工業株式会社 先端材料開発一部 部長 小野寺 純一
(兼 理研次世代ナノパターニング研究チーム チームリーダー)

TEL : 0467-75-9667 FAX : 0467-75-3281

開発企画室 リーダー 技師 羽田 英夫

TEL : 0467-75-9830 FAX : 0467-75-3281

独立行政法人理化学研究所 知的財産戦略センター

次世代ナノパターニング研究チーム 副チームリーダー 藤川 茂紀

TEL : 048-462-1111 FAX : 048-462-5490

(報道担当)

独立行政法人理化学研究所 広報室 松田 尚子

TEL : 048-467-9272 FAX : 048-462-4715

東京応化工業株式会社 広報部 部長 赤間 廣

TEL : 044-435-3000 FAX : 044-435-3020

< 補足説明 >

1 フォトレジスト (レジスト)

光リソグラフィプロセスで利用される感光性材料のこと。露光された部分だけ化学反応が進行し、溶媒に対する材料の溶解特性が変わる。現像処理によって露光部分が残るタイプをネガ型、残らず溶解するタイプをポジ型という。

2 エッチング耐性

反応性ガス・液を使って (半導体) 基板を食刻することをエッチングというが、そのエッチング過程において、レジストは基板のエッチングを防ぐ保護層の役割を果たす。その基板保護特性をエッチング耐性という。

3 ウェット型ナノコーティング

コーティングしたい物質を溶液に溶解させ、その溶液とコートしたい物質を接触させてコーティングする手法であり、とりわけコートされた膜厚がナノメートルオーダーの場合をナノコーティングという。これに対しドライコーティングは、コートしたい物質を気体状態にし、それを蒸着させることでコーティング膜を形成させる。

4 産業界との融合的連携研究プログラム

本プログラムは、企業と理研が一体となって、研究を進めるパラレルモデルを具現化したもの。パラレルモデルとは、公的研究機関から生み出された有望な技術や特許を企業が実用化する「リニア (直線) モデル」に対し、研究側と企業側が基礎・応用のいずれの段階からでも、共に研究開発を進める「併走」モデル。

研究テーマ、チームリーダーとも企業が主体となり、理研の研究人材や設備等を活用する提案に基づき、研究計画を共同で作成し、理研の知的財産戦略センター (丸山瑛一センター長) に時限の研究チームを編成して、研究を実施する。

現在、10チームを組織し、研究を実施している。

本プログラムについては、理研ホームページを参照。

<http://www.riken.jp/lab-www/icr/yugorenkei/html/index.html>

5 光リソグラフィ法

集積回路製造で、ガラス・マスク上に描かれた微細パターンを、光を用いて半導体ウェハ上に転写する技術。マスクを通して、感光性樹脂を塗布した半導体ウェハ上に光を照射し、パターンを感光性樹脂上に転写する。感光性材料を写真の現像のように処理し、できたパターンに従って半導体基板をエッチングし、最終的に半導体パターンを形成させる。

6 アスペクト比

パターン断面の縦横サイズ比のこと。