

# 「フォトレジスト材料の評価ーノボラックレジストから最新 EUV レジストまでー」 目次

## 第1章 リソグラフィーの概要

## 第2章 フォトレジストの塗布

### 1. フォトレジスト塗布装置の概要

#### 1.1 スクリーン塗布方法

#### 1.2 スピン塗布法

#### 1.3 ロールコーティング法

#### 1.4 ラミネーター法

#### 1.5 ディップコーティング法

#### 1.6 スプレーコーティング法

### 2. スピン塗布プロセスの実際

#### 2.1 スピンプログラム

#### 2.2 塗布プロセスの影響

##### 2.2.1 高速回転時間の影響

##### 2.2.2 塗布時の湿度の影響

### 3. HMDS 処理

#### 3.1 HMDS の原理

#### 3.2 HMDS 処理効果の確認

### 4. プリベーク

### 5. 膜厚の評価

#### 5.1 段差計による膜厚測定 (数 $\mu\text{m}$ ~500 $\mu\text{m}$ )

#### 5.2 分光反射率計による膜厚測定 (50nm~300 $\mu\text{m}$ )

#### 5.3 エリプソ法による膜厚計 (1nm~2 $\mu\text{m}$ )

## 第3章 露光技術

### 1. 露光装置の概要

#### 1.1 コンタクトアライナー

#### 1.2 プロキシミティー・アライナー

#### 1.3 ミラープロジェクション

#### 1.4 縮小投影露光装置 ステップアの登場

### 2. 露光技術

#### 2.1 プロキシミティー露光の光学

#### 2.2 ステップアの光学

#### 2.3 高解像化へのアプローチ

### 3. フォトレジストの感光の原理と ABC パラメータ

## 第4章 露光後ベーク (PEB) と現像

### 1. 露光後ベークの概要

### 2. PEB における感光剤の熱分解

### 3. PEB による感光剤の拡散長の測定

#### 3.1 現像速度測定による感光剤の拡散長の推定

### 3.2 実験結果および考察

#### 3.2.1 拡散長の推算

#### 3.2.2 各 PEB 温度における拡散長を用いた形状シミュレーション結果と SEM 観察結果との比較

### 3.3 まとめ

## 4. 表面難溶化パラメータの推算とその評価

### 4.1 はじめに

### 4.2 現像速度測定装置の高精度化

### 4.3 表面難溶化パラメータの推算方法

### 4.4 表面難溶化パラメータ測定実験および結果の考察

### 4.5 まとめ

## 5. 現像技術の概要

### 5.1 ディップ現像

### 5.2 スプレー現像

### 5.3 パドル現像

### 5.4 ソフトインパクト・パドル現像

## 第5章 g 線, i 線レジスト (ノボラックレジスト) の評価技術

### 1. ノボラックレジストの概要

#### 1.1 はじめに

#### 1.2 高解像度化の要求

##### 1.2.1 コントラストの向上

##### 1.2.2 表面難溶化層の導入

##### 1.2.3 高透明化

### 2. リソグラフィー・シミュレーションによるノボラック

### レジストの材料評価

#### 2.1 はじめに

#### 2.2 リソグラフィー・シミュレーション技術

#### 2.3 パラメータの実測とシミュレーションの実行

##### 2.3.1 ABC パラメータの測定

##### 2.3.2 現像パラメータの測定

#### 2.4 まとめ

### 3. シミュレータを用いたプロセスの最適化

#### 3.1 はじめに

#### 3.2 実験

#### 3.3 シミュレーションの検討

#### 3.4 考察

#### 3.5 まとめ

## 第6章 KrF・ArF 用フォトレジストの評価技術

1. KrF 露光用レジストの概要
    2. 化学増幅レジストの脱保護反応の解析
      - 2.1 ハードウェハの概要
      - 2.2 従来モデルの問題点と Spence モデルの検討
        - 2.2.1 従来モデルの問題点
        - 2.2.2 Spence らのモデル
      - 2.3 実験及び結果
        - 2.3.1 露光中の反応
        - 2.3.2 PEB 中の脱保護反応
      - 2.4 新規な脱保護反応モデルの提案と脱保護反応の解析
      - 2.5 まとめ
    3. 露光中のレジストからのアウトガスの分析
      - 3.1 QCM モニターによる露光中のレジストの質量変化の観察
      - 3.2 GC-MS による露光中のレジストから生じるアウトガスの分析
        - 3.2.1 露光中のアウトガスの補足
        - 3.2.2 露光中のレジストから生ずるアウトガスの分析
      - 3.3 FT-IR による露光中の脱保護反応の観察
      - 3.4 実験および結果
        - 3.4.1 QCM による露光中アウトガスの観察
        - 3.4.2 GC-MS によるアウトガス成分の分析
          - 3.4.3 FT-IR による露光中のレジストの脱保護反応の観察
        - 3.5 まとめ
    4. ArF 露光用レジストの概要
    5. FT-IR による PAG からの酸発生反応の観察
      - 5.1 ハードウェハの構成
    - 5.2 実験及び結果
    - 5.3 考察
    - 5.4 まとめ
  6. ArF 露光用レジストからの露光中のアウトガス分析
    - 6.1 アウトガス捕集装置および方法
      - 6.1.1 アウトガス捕集のための露光装置
      - 6.1.2 PAG 由来のイオン性アウトガスの捕集・分析方法
      - 6.1.3 保護基由来の VOC の捕集・分析方法
      - 6.1.4 有機 S の捕集・分析方法
    - 6.2 実験および結果
      - 6.2.1 PAG 由来のイオン性アウトガスの捕集・分析結果
      - 6.2.2 保護基由来の VOC の捕集・分析結果
      - 6.2.3 PAG 由来の有機硫黄アウトガスの捕集・分析結果
    - 6.3 考察
    - 6.4 まとめ
  7. 現像中のフォトレジストの膨潤解析
    - 7.1 実験装置
    - 7.2 ヒートショックの低減
    - 7.3 実験
    - 7.4 繰り返し測定精度
    - 7.5 TBAH 現像液における膨潤挙動の観察
    - 7.6 まとめ
  8. クマリン添加法による PAG からの酸発生反応の観察
    - 8.1 実験
    - 8.2 結果および考察
    - 8.3 まとめ
- 第7章 ArF 液浸レジスト・ダブルパターニング(DP)プロセスの評価技術
1. ArF 液浸露光技術
    2. 液浸露光プロセスの評価(1) レジスト膜への水の浸透と感度変化
      - 2.1 液浸露光対応反応解析システム
      - 2.2 液浸リソグラフィ用レジスト材料の評価
        - 2.2.1 液浸対応レジストの現像特性の評価
        - 2.2.2 レジストからのアウトガスの評価
        - 2.2.3 液浸露光中のレジスト膜の質量分析
      - 2.3 実験
        - 2.3.1 液浸対応レジストの感度の比較
        - 2.3.2 液浸液の分析
        - 2.3.3 液浸露光中のレジストの質量変化
      - 2.4 まとめ
    3. 液浸露光プロセスの評価(2) リーチングの評価
      - 3.1 WEXA-2 システムの概要とサンプリング方法
        - 3.1.1 WEXA-2 システムの概要
        - 3.1.2 サンプリング方法
      - 3.2 分析および解析
        - 3.2.1 検量線の作成
        - 3.2.2 LC/MS/MS 分析
        - 3.2.3 動的なリーチング特性の解析
      - 3.3 システムの検証
      - 3.4 実験
      - 3.5 まとめ
    4. 液浸 DP 露光技術
      - 4.1 LLE 法
      - 4.2 ダブルパターニングのプロセス評価
      - 4.3 まとめ

## 第8章 EUV レジストの評価技術

1. EUV 露光技術
2. リソグラフィ・シミュレータを用いた EUV レジストの評価
  - 2.1 システムの構成
  - 2.2 実験および結果
  - 2.3 シミュレーション
  - 2.4 まとめ
3. EUV レジストの脱保護反応の解析
  - 3.1 従来方法の問題点
  - 3.2 EUVL に対応した新規な脱保護反応解析装置の検討
  - 3.3 実験
    - 3.3.1 露光波長の影響
    - 3.3.2 EUV レジストの脱保護反応の観察
  - 3.4 まとめ
4. EUV レジストのアウトガスの評価
  - 4.1 アウトガス評価装置の概要
  - 4.2 アウトガス評価装置 EUVOM-9000
  - 4.3 まとめ

## 2.5 まとめ

3. 離型プロセスを不要とするレプリカ転写技術-プロセス条件の検討
  - 3.1 はじめに
  - 3.2 レプリカモールド (MXL テンプレート) の作成
  - 3.3 レプリカ転写実験
  - 3.4 実験結果
  - 3.5 レプリカ転写法の限界寸法
  - 3.6 まとめ
4. ナノマイクロ混在構造の一括転写技術
  - 4.1 PC 制御化したナノインプリント装置 LTNIP-2000
  - 4.2 実験
  - 4.3 まとめ

## 第9章 ナノインプリント・プロセスの最適化とその評価

1. NIL 用光硬化樹脂を用いたナノインプリントの最適化と評価
  - 1.1 はじめに
  - 1.2 実験装置
  - 1.3 Pre-Exposure Process (PEP) 法の検討
  - 1.4 実験および考察
    - 1.4.1 実験方法
    - 1.4.2 FT-IR による架橋率の測定
  - 1.5 Pre-Exposure Process 法の効果
  - 1.6 考察
  - 1.7 まとめ
2. NIL 用光・熱硬化樹脂を用いたナノインプリントの最適化と評価
  - 2.1 SU-8 のインプリントへの適用の問題点
  - 2.2 プロセス条件の最適化
    - 2.2.1 プリバーク条件の検討
    - 2.2.2 インプリント温度の最適化
    - 2.2.3 架橋反応のための最適 PEB 温度
  - 2.4 実験
    - 2.4.1 実験条件および結果
    - 2.4.2 Sub100nm パターンの転写