

課題番号 : F-17-TU-0051
利用形態 : 装置利用
利用課題名(日本語) : 20 nm パターン解像と感度 150 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ (@50 kV)を両立するレジストシステムの開発
Program Title (English) : Studying acetic acid esters as a non-CAR developer to provide both resolution of 20 nm and sensitivity of 150 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ (@50 kV) or less
利用者名(日本語) : 小林英雄, 井山博雅
Username (English) : H. Kobayashi, H. Iyama
所属名(日本語) : HOYA 株式会社
Affiliation (English) : HOYA Co. Ltd.
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、レジスト、感度・解像度、酢酸エステル、現像液

1. 概要(Summary)

半導体の量産がシングルナノメーターの設計ルールに入ろうとする現状、向こう5年の微細化ロードマップを考慮すれば、4倍体である(1/4縮小投影に用いられる)フォトマスクであっても、マスク描画装置に適した露光量(感度)で、20 nm パターンを解像・形成することがマスク作製用レジストに要求される。そこで、比較的高い解像性能が実証・報告されている非化学増幅型レジストである「 α -クロロアクリル酸メチルと α -メチルスチレンとの共重合体」をレジストに用い、20 nm Line & Space(L/s)パターン解像と感度 150 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ (加速電圧 50 kV)を両立できるか、現像液を検討した。

本報告では、特に、酢酸エステル系有機溶剤を現像液に用い、当該有機溶剤各種の炭素原子数(=分子量)と、解像性、感度(必要露光量)との関係を調べた。

その結果、酢酸エステル中の炭素数が少ないほど高感度かつ低解像度、炭素数が多いほど低感度かつ高解像度であることが判明した。また、20 nm L/s パターン解像と感度 150 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ (加速電圧 50 kV)を両立する現像液を、酢酸エステル系有機溶媒では、見いだせなかった。本稿では、結果の子細を報告する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

EB 描画装置: ELS-G125 ((株)エリオニクス)

【実験方法】

CrN 膜を膜厚約 3 nm 成膜した合成石英からなるウェハに、非化学増幅型レジストである「 α -クロロアクリル酸メチルと α -メチルスチレンとの共重合体」のアニソール溶液を膜厚約 40 nm に塗布し、190°Cで10分間PAB処理した。その後、EB 描画装置 ELS-G125(加速電圧 130

kV)により、パターン描画した。描画パターンは、50 nm から 17.5 nm の L/s である。描画の Field サイズは 150 μm 、描画ドット数を 60,000 個として、ビームステップサイズを 2.5 nm、ビーム電流値は 162.5 pA とした。現像液には、含有炭素数 3 個から 11 個までの計 9 種の酢酸エステルを用い、スピンスプレー現像法を用いた。現像液の詳細を Table.1 に示す。

なお、「解像」の定義は、Pinching 欠陥(パターンの途切れ)、Bridge 欠陥(パターンの短絡)の発生がなく、設計寸法(例えば 17.5 nm)に対してライン幅とスペース幅が 1:1 で形成されたレジストパターンが得られること、とす。また、必要露光量は加速電圧に反比例するとして、加速電圧 130 kV での描画における必要露光量を、加速電圧 50 kV の場合に換算した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

【解像限界と酢酸エステルの炭素原子数】

まず、解像の限界と現像液・酢酸エステル中の炭素原子数との関係を Fig. 1 に示す。期待・予想通り、現像液・酢酸エステル中の炭素原子数が多くなるに従って、解像の限界は向上した。ただし、直線的な関係にはなかった。

20 nm L/s のレジストパターンを得るには、炭素原子数 7 個以上の酢酸エステルを現像液に用いる必要がある。

また、炭素数を 9 個以上とすると、17.5 nm L/s まで解像した。ただし、10 個、11 個としても、解像の限界に大きな変化・改善は見られなかった。

【必要露光量(感度)と酢酸エステルの炭素原子数】

次に、必要露光量(=感度: $\mu\text{C}/\text{cm}^2$)と現像液・酢酸エステル中の炭素原子数との関係を Fig. 2 に示す。現像液・酢酸エステル中の炭素原子数が多くなるに従って、感度は低下した。こちらは、ほぼ直線的な関係にあり、その

傾きは「70 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ / 炭素原子数」であった。

必要露光量 150 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 以下を得るには、炭素原子数 5 個以下の酢酸エステルを現像液に用いる必要があることが判明した。

【解像度 (20 nm L/s) と感度 (<150 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$) の両立】

以上、非化学増幅型レジストである「 α -クロロアクリル酸メチルと α -メチルスチレンとの共重合体」をレジストに用い、酢酸エステル系有機溶剤を現像液とする場合において、20nmLs のレジストパターンを得るには、炭素原子数 7 個以上の酢酸エステルを現像液に用いる必要がある。また、同様に、感度 150 μC 以下を得るには、炭素原子数 5 個以下の酢酸エステルを現像液に用いる必要があることが判明した。

従って、20 nm L/s パターン解像と感度 150 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ (加速電圧 50 kV) を両立する現像液、即ち、酢酸エステル系有機溶媒は見いだせなかった。

なお、炭素原子数 9 個の酢酸ヘプチルを現像液とした場合で、最も高い解像限界 17.5 nm L/s が得られ、その必要露光量は 420 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ (50 kV 換算値) であった。また、炭素原子数 5 個の酢酸プロピルを現像液とした場合で、必要露光量 150 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ (50 kV 換算値) に達したが、その解像の限界は 22.5 nm L/s であった。今後は、酢酸エステル系有機溶剤に限定しない現像液の検索、あるいは、混合溶剤を現像液とした検証が必要である。

- 4. その他・特記事項 (Others): なし
- 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation): なし
- 6. 関連特許 (Patent): なし

名称	炭素原子数	分子量
酢酸メチル	3	74
酢酸エチル	4	88
酢酸プロピル	5	102
酢酸ブチル	6	116
酢酸アミル	7	130
酢酸ヘキシル	8	144
酢酸ヘプチル	9	158
酢酸オクチル	10	172
酢酸ノニル	11	186

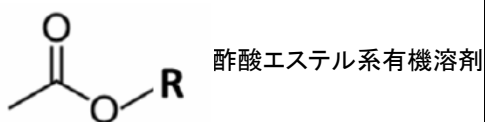


Table.1: Evaluation list of Esters

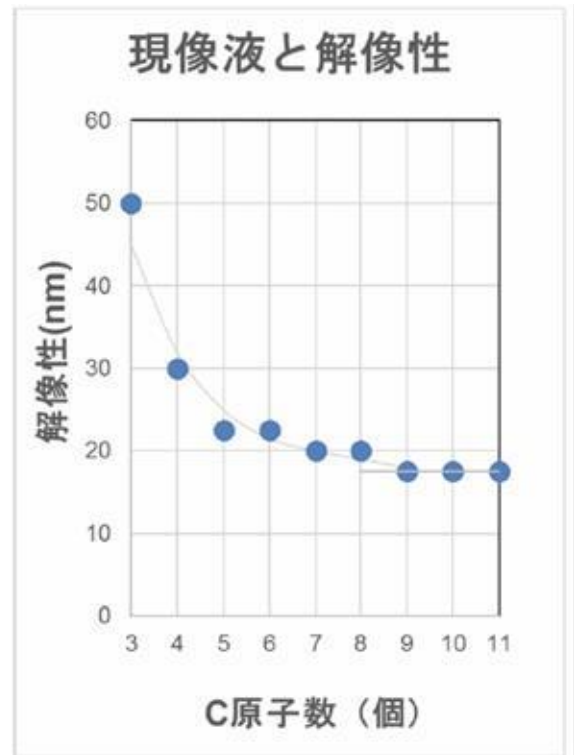


Fig. 1: Resolution limit and number of carbon atoms in the developing fluid

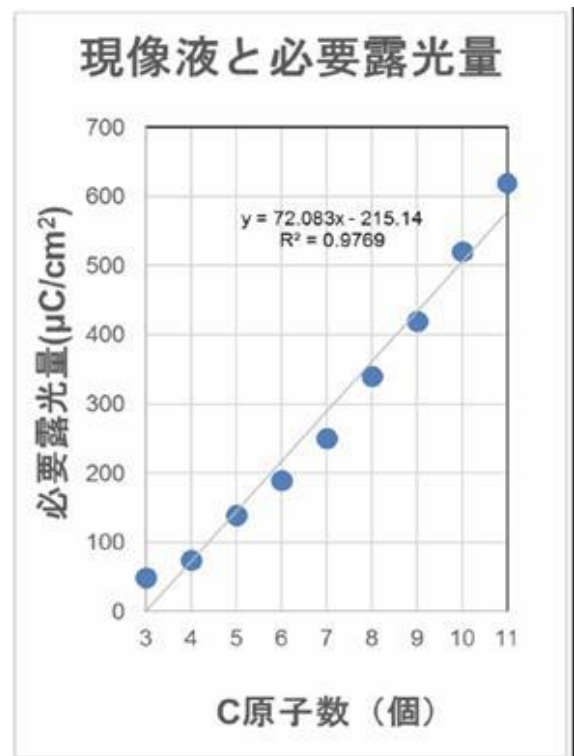


Fig.2: Sensitivity and number of carbon atoms in the developing fluid