

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25289106

研究課題名(和文)高感度且つ低LWRを有する1Xnm級EUVレジストの開発

研究課題名(英文)Development of 1X nm EUV Resist with high sensitivity and Low LWR

研究代表者

渡邊 健夫 (Watanabe, Takeo)

兵庫県立大学・高度産業科学技術研究所・教授

研究者番号：70285336

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：EUVリソグラフィは1Xnm以下の半導体微細加工技術として最も期待されている技術である。この中で、高感度、低LWRが要求されている。これらのレジスト性能を実現するためには、EUV光による光化学反応、並びに反応収率を向上させる必要がある。そこで、以下の内容について研究を実施し、材料設計、反応解析の手法、並びに1XnmのEUVレジスト解像性評価のためのEUV干渉露光系の開発を進め、これらの見通しを得るに至った。今後は、これらの成果を元に金属レジストについて同様の評価を進め、要求仕様を満足するEUVレジスト開発を継続する。

研究成果の概要(英文)：EUV lithography is the most promising advanced lithographic technology for semiconductor device manufacturing. One of the significant technical issue is the EUV resist development with high sensitivity and low line-edge-roughness. Thus the chemical reaction analysis using EUV light, and increasing the quantum efficiency of the chemical reaction in EUV light are significant. Therefore, desing of EUV resist, development of the analysis of the chemical reaction, and development of EUV interference lithographic technology for 1X nm were carried out to achieve the required specificatioj of the EUV resist.

In the near future, on the basis of the those results, EUV metal resist will be evaluated and developed.

研究分野：極端紫外線リソグラフィ

キーワード：半導体微細加工 極端紫外線リソグラフィ EUVレジスト 感度 解像度 LWR アウトガス 軟X線光電子分光

1. 研究開始当初の背景

極端紫外線 (EUV) リソグラフィはハーフピッチ16 nm以降の半導体量産におけるリソグラフィ技術として用いられている。また、2020年には10 nmが要求されている。この中で、EUV リソグラフィ技術開発の課題はEUV光源、EUVマスク、並びにEUVレジスト開発であり、EUVレジストは感度、線幅ばらつき (LWR; line edge roughness)、並びに高解像の要求仕様を同時に満足する必要がある。1X nm 世代以降ではEUVレジストの要求仕様は露光感度10 mJ/cm² 以下で、且つ、1 nm (3σ) 以下である。しかしながら、露光感度とLWRはトレードオフの関係にあり、未だ要求仕様を満足するレジストの開発が課題である。露光に用いるEUV光の波長は13.5 nm程度であり、従来のArFリソグラフィ (露光波長193 nm) の1/10の波長であるので、EUV光のエネルギーはArF光に比べ10倍高くなる。このためEUVLではレジストパタン形成に寄与する光子数は1/10程度であり、光子数のバラツキが大きくなるにしたがい、反応のバラツキがさらに大きくなり、LWRが大きくなる。そこで、この反応のバラツキを押さえるためには、1光子あたりの反応収率を向上させる必要がある。

2. 研究の目的

EUVレジストの課題では、感度とLWRはトレードオフの関係にあり、要求仕様を満足するレジストの開発が課題である。高感度を実現するには、EUV照射時の光子1個あたりの反応収率を向上させる必要がある。EUV照射ではイオン化反応に加えて直接励起反応も起こる。イオン化反応に加え直接励起反応を積極的に利用することで高感度化を達成する。また、低LWRを実現するためには均一な反応を起こす必要がある。これには酸発生剤 (PAG) の濃度を均一にし、且つ酸の拡散長を抑えることで低LWRを実現する。これらの基礎検討を科学的な知見から進める。

3. 研究の方法

(1) 高反応収率レジストの設計

一般にポジ型化学増幅系レジストは高解像、高感度を特徴とするレジスト材料である。しかしながら、EUV光露光により感光性材料から発生した酸の触媒反応下で骨格ポリマーの極性変化を起こすことで、現像液に可溶にする。このため、LWRの制御では、酸の触媒反応を制御しなければならない。したがって、10 nmのパタン形成を目的に、感光性材料のアニオン部の構造を大きくする且つ反応効率の高い感光性材料である酸発生材のアニオン部の改良を目的に設計を進めた。

(2) 高輝度SR用吸収分光装置の開発

これまで、我々はEUVレジストのフッ素の結合状態に注目し、軟X線吸収分光法による反応解析を進めてきた。しかし、ビームラインBL-10の回折格子への斜入射角は6°と広角であり、フッ素の吸収端である685 eV近傍など、500 eV以上のエネルギー領域では反射率が低く光量が小さかったため吸収スペクトル測定

はノイズが多かった。500~1,100 eVの光子エネルギー領域はフッ素のみならず、Cu、Co、Feなどの3d遷移金属の吸収端も多く含まれ、吸収分光測定のエーズが高い。そこで、BL-10の500~1,100 eV領域の光量を改善することを目的に、ワイドバンド多層膜を成膜した回折格子の開発を進め、EUV化学増幅系レジストの反応解析を可能にする。

(3) 光電子顕微鏡の分析手法の確立

ケミカルマッピングように光電子顕微鏡の開発の検討を進めた。高い空間分解能を実現するには、光電子顕微鏡の拡大電磁レンズの収差および色収差を低減することが重要である。そこで、これらの検討をシミュレーションにより電磁光学系の設計を進めた。

(4) 10 nm級 EUV レジストパタン評価に向けた干渉露光系の開発

①干渉露光装置の高度化

本研究では、10 nmの解像度の評価が可能な干渉露光装置の高度化を進めた。

②透過型回折格子の製作

従来のEUV用露光機では16 nm L/Sまでが限界である。そこで、線幅10 nmのパタン形成を目的に、EUV干渉露光 (EUV-IL) 系の開発を進めている。このパタン形成法では、Fig. 1に示すように透過型回折格子の吸収体パタンの半分のサイズのライン&スペース

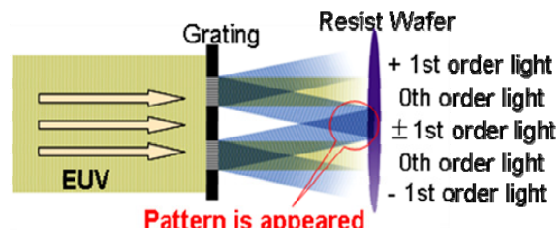


Fig. 1 Principle in EUV interference exposure method

(L/S)パタンがウェハ上のレジストに転写される。EUV-ILでは、透過型回折格子の製作がキーテクノロジーである。線幅10 nmのレジストパタン形成を目的に、20 nmのL/S吸収体パタン幅を有する透過型回折格子を開発する必要がある。しかしながら、回折格子製作では、従来の有機レジストの解像度限界が25 nmであった。そこで、高い解像性能とエッチング耐性を有するHSQを用いて20 nm L/Sパタンを有する透過型回折格子の製作を進めた。

4. 研究成果

(1) 高反応収率レジストの設計

10 nmのパタン形成を目的に、感光性材料のアニオン部の構造を大きくする、かつ反応効率の高い感光性材料の設計を進めた。高い感度を有する酸発生材の開発を進め、露光感度2 mJ/cm²を実現した。

(2) 高輝度SR用吸収分光装置の開発

BL-10には刻線密度が600本mm⁻¹、1800本mm⁻¹の不等間隔刻線平面回折格子 (VLSG) が導入されており、新たに2400本mm⁻¹の多層膜基板を用いた定偏角不等間隔平面回折格子の (VLSG) を導入した。

多層膜はその各界面からの強めあいの干渉により、高い反射率が得られる、多層膜の材料として、求めるエネルギー領域で最も反

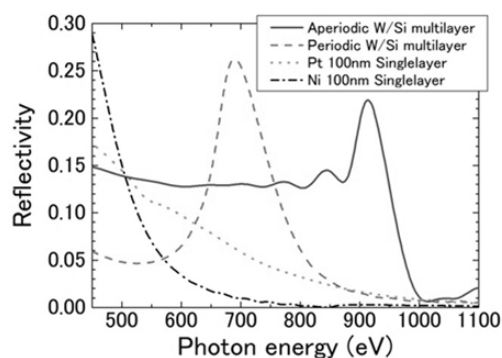


Fig. 2 Calculated reflectance of single metal layers and W/Si multilayers for the grating coating.

射率を得られるように屈折率コントラストと吸収の大きさから W/Si を選定した。Fig. 2 に W/Si 多層膜と単層膜 (Ni, Pt) の反射率計算スペクトルを示す。全ての計算は 6° の斜入射角で行った。この計算結果から分かるように、等周期の多層膜では特定のエネルギー領域においてのみ、高い反射率が得られる。一方、この計算結果は、フッ素のみではなく、Co や Cu などの遷移金属の測定をターゲットにしており、500~1,100 eV の幅広いエネルギー領域で非周期 W/Si 多層膜構造とすることで反射率増加が可能であることを示している。

非周期 W/Si 多層膜の反射率を評価するため、Si ウェハ上に成膜した非周期 W/Si 多層膜を NewSUBARU の BL-10 にて反射率測定した。また、従来の回折格子の成膜材料である Ni 単層膜 (膜厚 76.5 nm) と、放射光ビームラインで一般的に用いられる Pt 単層膜 (膜厚 52.9 nm) を同様の条件で反射率測定した。

さらに、非周期 W/Si 多層膜を成膜した新規回折格子導入後に EUV レジストを全電子収量 (TEY: total electron yield) 法による X 線吸収端構造 (XANES: X-ray absorption near edge structure) 測定し評価した。レジストを Si ウェハへ塗布後に、測定チャンバーに導入し、EUV 光で $0\sim 100 \text{ mJ/cm}^2$ の露光量で露光した後、露光位置を TEY-XANES 測定した。この測定により吸収スペクトルの変化からフッ素の分解反応の解析を試みた。

Ni、Pt 単層、並びに W/Si 多層膜基板での反射率測定結果を Fig. 3 に示す。吸収端エネルギー 685.4 eV (1.78 nm) において反射率をみると Ni 単層は 0.7% 、Pt 単層では 2.7% 、W/Si 多層膜では 13.4% であった。従来の Ni 単層コートに比べ 19 倍以上もの反射率の向上を確認した。

また、W/Si 多層膜回折格子を用いた EUV レジストのフッ素分解反応を吸収分光測定した結果を Fig. 4 に示す。開発した回折格子によって光量が大幅に増加し、フッ素の分解による吸収スペクトルの変化を鮮明にとらえることができた。フッ素だけでなく 0_f 端から Zn_L 端までのエネルギー領域 ($500 \text{ eV} \sim 1100 \text{ eV}$) で XANES 測定が可能であった。

(3) 光電子顕微鏡の分析手法の確立

高倍率光電子顕微鏡を実現のために、低収差および色収差補正電磁レンズ系について、シミュレーションによる設計を進めた結果、低収差かつ低色収差電磁光学系としての最適なレンズ条件を見出した。

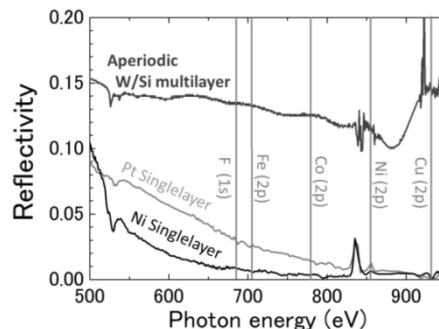


Fig. 3 Reflectivity spectra result of the mirrors

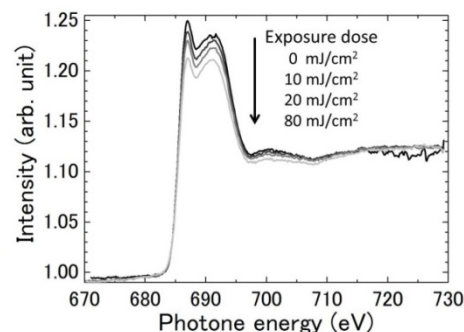


Fig. 4 EUV exposure dose dependency of absorption spectra of fluorine 1s core level using XANES-TEY method

(4) 10 nm 級 EUV 干渉露光系の開発

① 干渉露光装置の高度化

解像度 10 nm 評価用干渉露光装置を開発するに当たり二つの課題がある。一つ目は 20 nm ラインアドスペース (L/S) を有する透過型回折格子製作である。Fig. 5 に透過型移設格子の製作プロセスを示す。この中で鍵となるのが電子線描画によるレジストパターン形成とドライエッチングプロセスである。レジストプロセスにおいて解像度 6 nm を有する東レダウコーニング社の HSQ レジスト (XR-1541-002) を用いた。現像液には NaOH 1%/NaCl 4% を採用することで矩形な 20 nm L/S パターンを形成できた。

また、微細パターンを干渉露光で評価を行う際には透過型回折格子とシリコンウェハ間の相対振動を解像度 10 nm の 3 分の 1 以下程度に抑えなければならない。露光時間内での振動が、時間的に場所のずれた像を平均化した像のコントラストが低下させる。そこで、振動対策としてスクロールポンプの下に特殊ゴム系の防振材を敷き、従来のスクロールポンプ ISO250B (アネスト岩田社) をより低振動な nXDS15i (EDWARDS 社) に交換した。さらに、チャンバー架台を剛性が高く且つ重量のあるものに交換した。この結果、相対振動をこれまでより一桁以上改善することで、目標とした 3 nm 以下に抑えることができ、干渉露光により形成できるレジストパターンのコントラストを大幅に向上できた。

② 透過型回折格子の製作

透過型回折格子の製作法を Fig. 5 に示す。最初に 4 インチ Si 基板の両面に 100 nm の膜厚の低応力 SiN 膜が成膜された基板を用意した。この片面に 30 nm の膜厚の TaN 膜をスパッタ法により成膜した後に、17 nm 膜厚の SiO₂ 膜をスパッタ法により成膜した。この SiO₂ 膜はハードマスクの役割と後方散乱を防ぐために成膜している。SiO₂ 膜上にスピコート法により HSQ レジストを 36 nm の膜厚で塗布し、パタンのチャージアップを防ぐために導電膜であるエスペイサーを HSQ の上に塗布した。パターン形成には 50 kV の EB 装置(エリオニクス：ELS7500)を用いた。このとき、EB

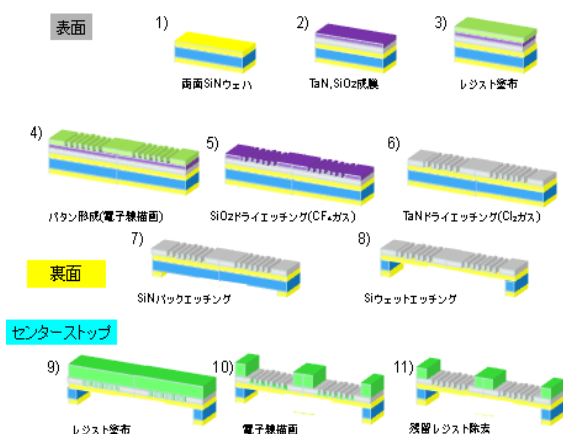


Fig.5 Fabrication process of transparent grating

で 1:1 の L/S を形成するには近接効果を考慮に入れた CAD 設計と露光量の最適化を行った。HSQ の現像液に 2.38% の TMAH が推奨されているが十分な解像性能が確保できなかった。そこで、NaOH と NaCl の混合液を用い、さらに混合比を最適な条件にすることで解像性能の向上を図った。その後 ICP ドライエッチング装置(ラムリサーチ:TCP-9400SE)により CF₄ ガスを用いて HSQ の L/S パターンをマスクにして SiO₂ のドライエッチングを行った。

チャージアップの影響により解像度が劣化するため、エスペイサーを塗布することでチャージアップを防ぐことができ、解像度向上を図った。また、近接効果を防ぐために、EB の CAD 設計で露光部と未露光部の比を 2:30 に最適化した。現像液の NaOH と NaCl の混合比をそれぞれ 1 wt% と 4 wt% に最適化す

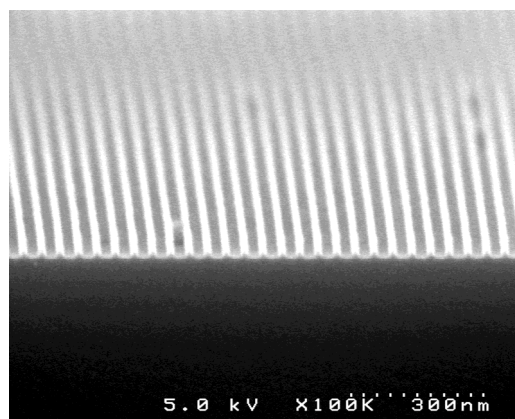


Fig. 6 Cross sectional SEM images of HSQ resist 20 nm L/S pattern

ることで、解像度の向上を図ることができた。レジストパターン観察を SEM(日立ハイテック：S4500)で行い、この SEM 写真を Fig. 6 に示す。露光量が 20,480 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ とかなり低感度ではあるが、SiO₂ 上に矩形形状を有する 20 nm の L/S パターンを形成でき、20 nm L/S 吸収体パターンを有する透過型回折格子の製作の見通しを得ることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① Makaski Kuki, Tomoyuki Uemura, Masato Yamaguchi, Takeo Watanabe, Yasuji Muramatsu and Hiroo Kinoshita, Development of High=Reflective W/Si-multilayer Diffraction Grating for the Analysis of Fluorine Materials, J. Photopolym. Sci. Technol., 査読有, Vol. 28, 2015, 530-536, <http://www.spst-photopolymer.org/online-journal/>
- ② Tsubasa Fukui, Hirohito Tanino, Yuki Fukuda, Takeo Watanabe, Hiroo Kinoshita and Tetsuo Harada, Development of Transmission Grating for EUV Interference Lithography of 1X nm HP, J. Photopolym. Sci. Technol., 査読有, Vol. 28, 2015, 525-529, <http://www.spst-photopolymer.org/online-journal/>
- ③ Kazuya Emura, Takeo Watanabe, Masato Yamaguchi, Hirohito Tanino, Tsubasa Fukui, Daiju Shiono, Yuichi Haruyama, Yasuji Muramatsu, Katsumi Ohmori, Kazufumi Sato, Tetsuo Harada, and Hiroo Kinoshita, EUV Resist Chemical Analysis by Soft X-ray Absorption Spectroscopy for High Sensitivity Achievement, J. Photopolym. Sci. Technol., 27, 査読有, Vol. 2014, 631-638, <http://www.spst-photopolymer.org/online-journal/>
- ④ Atsushi Sekiguchi, Takeo Watanabe, and Hiroo Kinoshita, Study of Acid Diffusion Behaviors of PAG by Using Top Coat Method for EUVL, J. Photopolym. Sci. Technol., 査読有, Vol. 27, 2014, 623-629, <http://www.spst-photopolymer.org/online-journal/>
- ⑤ Isamu Takagi, Toshiya Takahashi, Norihiko Sugie, Kazuhiro Katayam, Yukiko Kikuchi, Eishi Shiobara, Hiroyuki Tanaka, Soichiro Inoue, Takeo Watanabe, Tetsuo Harada and Hiroo Kinoshita, Comparison of Resist Family Outgassing Characterization between EUV and EB, Photopolym. Sci. Technol., 査読有, Vol. 26, 2013, 673-678, <http://www.spst-photopolymer.org/online-journal/>
- ⑥ Takeo Watanabe, Kazuya Emura, Daiji

Shiono, Yuichi Haruyama, Yasuji Muramatsu, Katsumi Ohmori, Kazufumi Sato, Tetsuo Harada and Hiroo Kinoshita, EUV Resist Chemical Reaction Analysis using SR, J. Photopolym. Sci. Technol., 査読有, Vol. 26, 2013, 635-642, <http://www.spst-photopolymer.org/online-journal/>

- ⑦ Takeo Watanabe, Yukiko Kikuchi, Toshiya Takahashi, Kazuhiro Katayama, Isamu Takagi, Norihiko Sugie, Hiroyuki Tanaka, Eishi Shiobara, Soichi Inoue, Tetsuo Harada, and Hiroo Kinoshita, Development of Tool for Contamination Layer Thickness Measurement Using High Power Extreme Ultraviolet Light and in Situ Ellipsometer, Jpn. J. Appl. Phys., 査読有, Vol. 52, 2013, 056071-1 - 5, DOI:10.7567/JJAP.52.056701

[学会発表] (計 25 件)

- ① Takeo Watanabe, Soft X-ray Absorption Spectroscopy using SR for EUV Resist Chemical Reaction Analysis, TWG EUV Resist Workshop (招待講演) (国際学会), 2015 年 10 月 4 日, Maastricht, Netherland
- ② 渡邊健夫, ニュースバルに於ける EUV レジスト用評価系の開発, 第 60 回 UV/EB 研究会 (招待講演), 2015 年 9 月 18 日, 大阪住友クラブ (大阪府大阪市西区)
- ③ 福田裕貴, 福井 翼, 谷野寛仁, 原田哲男, 渡邊健夫, 12.5 nm HP レジスト評価用 EUV 二光束干渉露光系の透過型回折格子の製作, 第 76 回応用物理学学会学術講演会, 2015 年 9 月 13 日~16 日, 名古屋国際会議場 (愛知県名古屋市熱田区)
- ④ 渡邊健夫, 軟 X 線吸収分光法を用いた EUV 用 PHS 系化学増幅系レジストの反応解析, 第 12 回 SPring-8 産業利用報告会, 2015 年 9 月 3 日~4 日, 川崎市産業振興会館 (神奈川県川崎市)
- ⑤ 畑 豊, 渡邊健夫, 横山和司, 鶴田 宏, 「計算」と「光」を融合した理論的分子設計が実現する近未来ものづくりプロセス, 我が国の未来を拓く地域の実現に関する調査研究, 第 12 回 SPring-8 産業利用報告会, 2015 年 9 月 03 日~4 日, 川崎市産業振興会館 (神奈川県川崎市)
- ⑥ 渡邊健夫, 微細加工用レジスト, フォトポリマー講習会 (招待講演), 2015 年 8 月 19 日~20 日, 東京理科大学森戸記念館 (東京都新宿区)
- ⑦ 福田裕貴, 福井 翼, 谷野寛仁, 九鬼真輝, 渡邊健夫, 木下博雄, 原田哲男, 1X nm HP レジスト評価用 EUV 二光束干渉露光系の透過型回折格子の製作, NGL ワークショップ 2015, 2015 年 7 月 6 日~7 日, 東京工業大学蔵前館 (東京都目黒区)
- ⑧ Makaski Kuki, Tomoyuki Uemura, Masato Yamaguchi, Tetsuo Harada, Takeo Watanabe, Yasuji Muramatsu and Hiroo Kinoshita, Development of High-Reflective W/Si-multilayer Diffraction Grating for the Analysis

of Fluorine Materials, The 32nd International Conference of Photopolymer Science and Technology (国際学会), 2015 年 6 月 24 日~26 日, 幕張メッセ (千葉県千葉市美浜区)

- ⑨ Tsubasa Fukui, Hirohito Tanino, Yuki Fukuda, Takeo Watanabe, Hiroo Kinoshita, and Tetsuo Harada, Development of Transmission Grating for EUV Interference Lithography of 1X nm HP, The 32nd International Conference of Photopolymer Science and Technology (国際学会), 2015 年 6 月 24 日~26 日, 幕張メッセ (千葉県千葉市美浜区)
- ⑩ 福井 翼, 谷野寛仁, 福田裕貴, 原田哲男, 渡邊健夫, 木下博雄, 10 nm 級 EUV 干渉露光用透過型回折格子の製作, 第 75 回応用物理学学会学術講演会, 2014 年 9 月 17 日~20 日, 北海道大学札幌キャンパス (北海道札幌市北区)
- ⑪ 山口太都, 江村和也, 福井 翼, 谷野寛仁, 原田哲男, 渡邊健夫, 木下博雄, 星野 亮一, 非化学増幅系 EUV レジストの低温現像による解像性能向上, NGL ワークショップ 2014, 2014 年 7 月 17 日~18 日, 東京工業大学蔵前ホール (東京都目黒区)
- ⑫ 江村和也, 渡邊健夫, 山口太都, 谷野寛仁, 福井 翼, 塩野大寿, 春山雄一, 村松康司, 大森克実, 佐藤和史, 原田哲男, 木下博雄, 脱保護反応に起因した膜減量評価による化学増幅系 EUV 用レジストの反応解析, NGL ワークショップ 2014, 2014 年 7 月 17 日~18 日, 東京工業大学蔵前ホール (東京都目黒区)
- ⑬ Kazuya Emura, Takeo Watanabe, Daiju Shiono, Masato Yamaguchi, Hirohito Tanino, Tsubasa Fukui, Yuichi Haruyama, Yasuji Muramatsu, Katsumi Ohmori, Kazufumi Sato, Tetsuo Harada, and Hiroo Kinoshita, EUV Resist Chemical Reaction Analysis by Soft X-ray Absorption Spectroscopy for High Sensitivity Achievement, The 31st International Conference of Photopolymer Science and Technology, 2014 年 7 月 08 日~11 日, San Jose, California, USA
- ⑭ Atsushi Sekiguchi, Takeo Watanabe, and Hiroo Kinoshita, Study of Acid Diffusion Behaves Form PAG by Using Top Coat Method for EUVL, The 31st International Conference of Photopolymer Science and Technology, 2014 年 7 月 8 日~11 日, 千葉大学けやき会館 (千葉県千葉市稲毛区)
- ⑮ Eishi Shiobara, Toshiya Takahashi, Norihiko Sugie, Yukiko Kikuchi, Isamu Takagi, Kazuhiro Katayama, Hiroyuki Tanaka, Soichi Inoue, Tetsuo Harada, Takeo Watanabe, and Hiroo Kinoshita, Contribution of EUV resist components to the noncleanable contaminations, SPIE Advanced Lithography 2014, 2014 年 2 月 23 日~27 日, San Jose, California, USA

- ⑩ Yukiko Kikuchi, Toshiya Takahashi, Norihiko Sugie, Isamu Takagi, Kazuhiro Katayama, Eishi Shiobara, Hiroyuki Tanaka, Soichi Inoue, Takeo Watanabe, Tetsuo Harada, Hiroo Kinoshita, Study of the relation between Resist components and outgassing contamination species, 2013 International Symposium on Extreme Ultraviolet Lithography, 2013年10月06日～10日, 富山国際会議場(富山県富山市大手町)
- ⑪ Kazuhiro Katayama, Toshiya Takahashi, Norihiko Sugie, Isamu Takagi, Yukiko Kikuchi, Eishi Shiobara, Hiroyuki Tanaka, Soichi Inoue, Takeo Watanabe, Tetsuo Harada, Hiroo Kinoshita, Resist outgassing characterization of PAG-blended and PAG-bound systems, 2013 International Symposium on Extreme Ultraviolet Lithography, 2013年10月06日～10日, 富山国際会議場(富山県富山市大手町)
- ⑫ Takeo Watanabe, Kazuya Emura, Daiju Shiono, Yuichi Haruyama, Yasuji Muramatsu, Katsumi Ohmori, Kazufumi Sato, Tetsuo Harada, and Hiroo Kinoshita, Chemical Reaction Analysis by SR Absorption Spectroscopy to Increase the Acid Generation Efficiency of EUV CA Resist, 2013 International Symposium on Extreme Ultraviolet Lithography, 2013年10月6日～10日, 富山国際会議場(富山県富山市大手町)
- ⑬ Takeo Watanabe, Development of the EUV Resist at Center for EUVL, the 3rd Sino-Japan Symposium on Information and Electronic Materials, 2013年9月12日, Beijing, China
- ⑭ Takeo Watanabe, Development of the EUV Resist at Center for EUVL, The 3rd Sino-Japan Symposium on Information and Electronic Materials, 2013年9月9日, Shanghai, China
- 21 Tsamu Takagi, Toshiya Takahashi, Kazuhiro Katayama, Norihiko Sugie, Yukiko Kikuchi, Eishi Shiobara, Hiroyuki Tanaka, Soichi Inoue, Takeo Watanabe, Tetsuo Harada, and Hiroo Kinoshita, Comparison of Resist Family Outgassing Characterization, The 30th International Conference of Photopolymer Science and Technology, 2013年6月25日～28日, 千葉大学けやき会館(千葉県千葉市稲毛区)
- 22 Takeo Watanabe, Kazuya Emura, Daiju Shiono, Yuichi Haruyama, Yasuji Muramatsu, Katsumi Ohmori, Kazufumi Sato, Tetsuo Harada, and Hiroo Kinoshita, EUV Resist Chemical Reaction Analysis using SR, The 30th International Conference of Photopolymer Science and Technology, 2013年6月25日～28日, 千葉大学けやき会館(千葉県千葉市稲毛区)
- 23 Takeo Watanabe, Tetsuo Harada, and Hiroo Kinoshita, Recent Activities of the EUV Resist Research and Development at Center for EUVL, 2013 International Workshop on EUV Lithography, 2013年6月10日～14日, Maui, Hawaii, USA
- 24 Takeo Watanabe, Tetsuo Harada, and Hiroo Kinoshita, Recent Activities of the Actinic Mask Inspection using the EUV Microscope at Center for EUVL, 2013 International Workshop on EUV Lithography, 2013年6月10日～14日, Maui, Hawaii, USA
- 25 Takeo Watanabe, UVL Activities in Japan, 2013 International Workshop on EUV Lithography (招待講演), 2013年6月10日～14日, Maui, Hawaii, USA
- [図書] (計 2件)
- (1) 渡邊健夫、巻頭言 産学連携の思うこと フォトポリマー懇話会 ニュースレター Vol. 70 (2015) pp.1-2
- (2) 渡邊健夫、極端紫外線リソグラフィ研究開発センター、フォトポリマー懇話会 ニュースレター Vol. 67 (2014) pp.3-5
- [産業財産権]
- 出願状況(計 0件)
- 取得状況(計 0件)
- [その他]
- ホームページ：
<http://www.lasti.u-hyogo.ac.jp>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
渡邊 健夫 (WATANABE, Takeo)
 兵庫県立大学高度産業科学技術研究所 教授
 研究者番号： 70285336
- (2) 研究分担者
原田 哲男 (HARADA, Tetsuo)
 兵庫県立大学高度産業科学技術研究所 助教
 研究者番号： 30451636
- (3) 研究分担者
木下 博雄 (KINOSHITA, Hiroo)
 兵庫県立大学高度産業科学技術研究所 特任教授
 研究者番号： 50285334
- (4) 研究協力者
武藤 正雄 (MUTO, Masao)
津野 勝重 (TSUNO, Katsushige)