The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	半導体用ホールパターン縮小技術 : ArF対応RELACS
Author(s)	寺井, 護; 豊島, 利之; 熊田, 輝彦 他
Citation	電気材料技術雑誌. 2004, 13, p. 82-86
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/76782
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

電気材料技術雑誌　第13巻第１号
J. Soc. Elect. Mat. Eng.　Vol.13,　No.1　２００４

半導体用ホールパターン縮小技術
－ＡｒＦ対応ＲＥＬＡＣＳ－

寺井　護、豊島　利之、熊田　輝彦、長江　偉

三菱電機株式会社　先端技術総合研究所
〒661-8661 尼崎市塚口本町8-1-1

Hall pattern Shrink technology for a semiconductor
- RELACS Technology for ArF Lithography -

Mamoru Terai, Toshiyuki Toyoshima, Teruhiko Kumada, Suguru Nagae

Mitsubishi Electric Corporation
Advanced Technology R & D Center
Tsukaguchi Honmachi 8-1-1, Amagasaki, Hyogo, 661-8661 Japan

Abstract

A chemical shrink technology, RELACS^{TM} (Resolution Enhancement Lithography Assisted by Chemical Shrink), utilizes the cross linking reaction catalyzed by the acid component existing in a predefined resist pattern1, 2. This "RELACS^{TM}" process is a hole shrinking procedure that includes simple coating, baking, and rinsing applied after conventional photolithography. Our target is realize of under 90nm pattern formation by using new RELACS^{TM} for ArF resist. At present, RELACS^{TM} process is introduced to mass production of KrF lithography by using AZ$^{@}$R200 (Product name of Clariant) mainly. Then first of all we reported process performance of conventional RELACS^{TM} material, AZ$^{@}$ R200, with ArF resist. However AZ$^{@}$R200 does not show satisfactory shrinkage on ArF resist. Thereupon, we started on the development of new RELACS^{TM} corresponding to ArF resist. As the result, we developed new RELACS^{TM} material including new material. It was found that new matrerial is able to improve reactivity of RELACS^{TM} with ArF-resist. By using this new RELACS^{TM}, It is Realized under 90nm pattern formation with ArF-Ex Lithography.

Key words: RELACSTM, Shrink Technology, Chemically Amplified Resist, Photoacid Generator, contact hole pattern, 193nm lithography

１．はじめに

近年、半導体装置の集積度の増加に伴いデバイスの寸法は微細化が進み、各素子を構成する配線やゲート等の寸法も微細化の一途をたどっている。一般に、微細配線の形成は、フォトリソグラフィ技術を用いて所望の配線形状にレジストパターンを形成したのち、これをマスクとして、下地の各種薄膜をエッチングすることにより行われる。そのため、微細配線形成ではフォトリソグラフィ技術が最も重要である。このとき形成可能な最小レジストパターン寸法は露光光源の波長に依存する。これは、光の波長に

よって解像限界が決まるためである。しかしながら、最先端デバイスではそのパターン寸法が光露光の限界解像度に近づきつつあることから、露光波長の限界を超える超解像露光技術が求められている（図１）。

高解像露光技術として、ハーフトーンマスク、レベンソンマスクなどのマスク技術、又は変形照明技術などの開発が進められている。しかし、これらの超解像度技術は、一部では実用化されているものの適用できるパターンが限定されるなどの問題が残っており、新しいプロセス技術の開発が必要になっている。

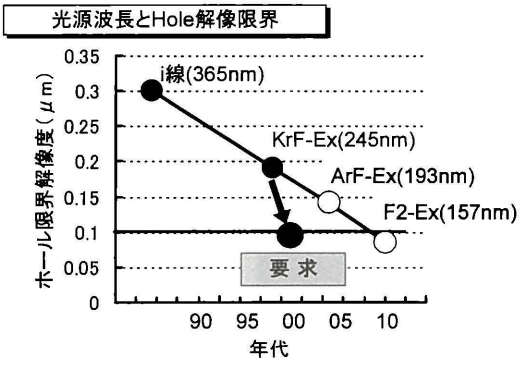


図1.光源波長と Hole 解像限界
fig.1. Light-source wavelength and Hole resolution limit.

パターン寸法の微細化においては、特にコンタクトホール形成で微細化に対する要求が強く、すでに光露光の解像限界を上回る微細パターン形成が要求されている（図２）。また、プロセスにおける寸法マージン確保の必要性からも微細化の要求は強い。これらの要求にこたえるため、あらかじめ形成したレジストのホールパターンをさらに縮小する“ホール縮小プロセス”が各社で検討されている。

ホール縮小プロセスの検討例としては、レジストパターンをレジスト基材のガラス転移温度(Tg)以上に加熱することによって軟らかくし熱フローさせる方法3)、上塗布した上層剤とレジストとの相互溶解によってホール内壁に新たな樹脂層を形成するミキシング法4)などが提案されている。

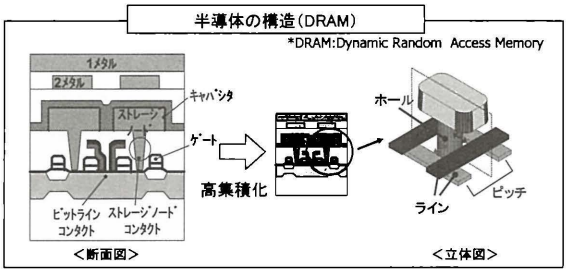


図2.半導体の構造（ＤＲＡＭ）
fig.2. Structure of the semiconductor (DRAM).

２．RELACS 技術の概要

当社では、化学的なアプローチを行い、下地のレジストパターンを溶解させないために新規に専用の水溶性材料を開発した。この開発品を用いた、レジスト中に存在する酸成分によってホールパターン内壁に架橋層を形成する独自のホール縮小プロセス（Resolution Enhancement Lithography Assisted by Chemical Shrink: RELACS）を確立した。[5](図３)

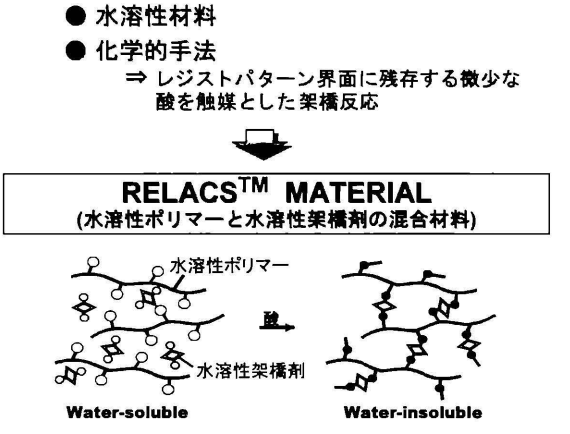


図3.RELACS の構成材料
Fig.3. Key Material in RELACS.

このプロセスはレジスト中に残存する酸を触媒とする架橋反応により、ホールパターン内壁に熱硬化した樹脂層を形成する。さらに、この専用材料の開発によって上層剤の塗布と加熱処理、現像という簡便なプロセスを実現した。(図４)

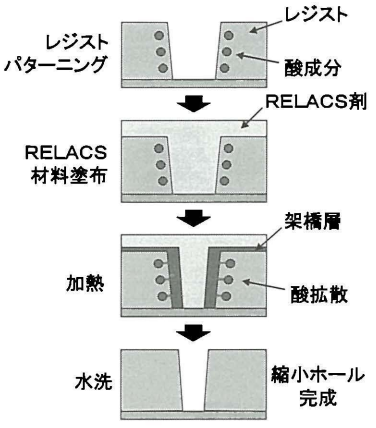


図4.RELACS のプロセスフロー
fig.4. RELACS process flow.

このRELACSプロセスでKrFレジストパターンを処理した場合、KrF-エキシマ(波長245nm)リソグラフィの解像限界をはるかに超える0.10μmホールの形成が可能になった。（図５）

今日、クラリアントジャパン㈱よりAZ-R200の製品名でRELACS剤が販売されており、KrFエキシマ露光と組み合わせて半導体製品の量産プロセスに導入されている。

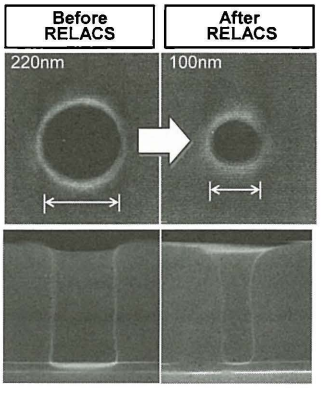


図5.RELACS 処理前後の KrF レジストホールパターン
fig.5. KrF resist hall pattern before and after RELACS process.

３．新規 RELACS 開発の必要性

一方、次世代90nm デバイス以降の製造プロセスでは、これまでの KrF-エキシマリソグラフィから光源波長をさらに短波長化した ArF-エキシマ(波長193nm)リソグラフィが用いられる。（図６）ArF エキシマリソグラフィのホール解像限界は120-130nm であるため、100nm 以下の微細ホールパターンの形成には RELACS プロセスが必要である。

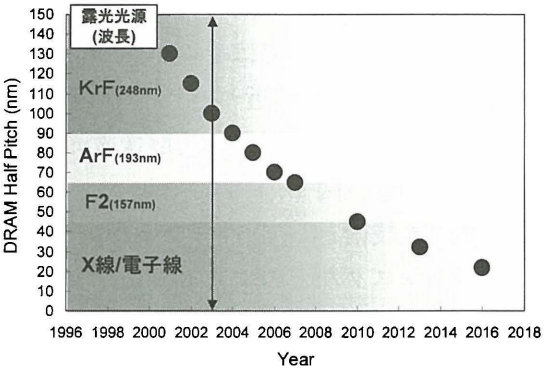


図6.DRAM ピッチサイズのロードマップと露光光源
fig.6. Road map of the DRAM half pitch size and exposure source.

そこでアクリル系 ArF レジストへの AZ-R200 の特性評価を実施したところ、AZ-R200パターン縮小性能がほとんど無いことが判明した。(図７)

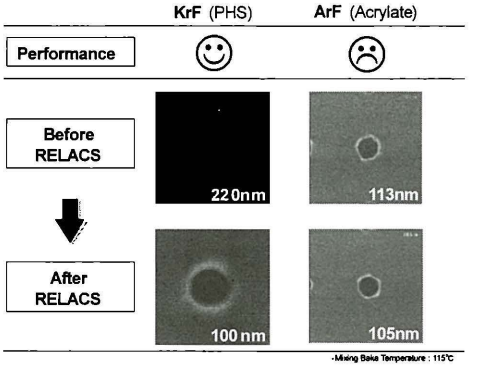


図7.RELACS(AZ-R200)処理前後の KrF・ArF レジストホールパターン
fig.7. KrF and ArF resist hall pattern before and after RELACS(AZ-R200) process.

このため、光露光の限界以下のホールパターン形成に対する要求にこたえるため、ArF エキシマレジストに対応した RELACS 剤の開発が必要になった。

４．開発の着眼点とアプローチ

AZ-R200が ArF エキシマレジスト上のホールパターンを縮小できないのは、レジストのベースポリマーの違いが原因ではないか、と考えている。

一般的な KrF レジストは PHS(パラヒドロキシスチレン)がベース樹脂であるが、この PHS

中のベンゼン環はArFエキシマレーザの波長である193nmに吸収帯を持つ。仮にPHSベースのレジストをそのままArFエキシマプロセスに適用すると、光源の透過率が悪くレジストパターニングが困難である。そのため現在のArFエキシマ対応レジストの多くは、193nmの波長に対する透過率の高いベース樹脂としてポリアクリル酸系を用いている。（図８）

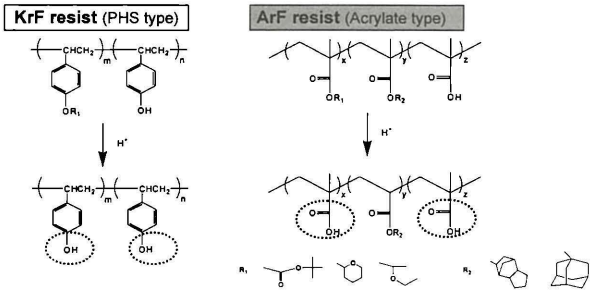


図8.開発の着眼点：レジスト構造の違い
fig.8. Viewpoint of development: the difference of the resist structure.

つまり、ＲＥＬＡＣＳ材料とＫｒＦレジストとの架橋ポイントは芳香族系水酸基であるのに対し、ＡｒＦレジストとの架橋ポイントはカルボン酸基である。従来型 RELACS 剤であるAZ-R200は、このカルボン酸に対する架橋反応がほとんど進行しないため、ArF レジスト上のパターンが縮小しなかったと考えられる。（図９）

そこで、AZ-R200のカルボン酸との反応性の低さを補うため、架橋反応促進剤(CLA：Cross-linking Accelerator)を導入することとした。CLAの役割はAZ-R200とArFレジスト骨格樹脂であるポリアクリル酸との双方を繋ぐことである。種々検討の結果、我々は4種類の CLAを見出し、これらのCLAを添加した新RELACS材料を開発、それぞれの縮小性能の比較を行った。（図10）

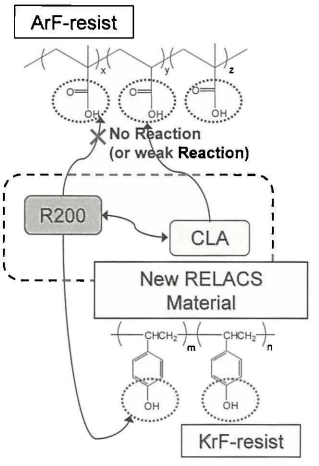
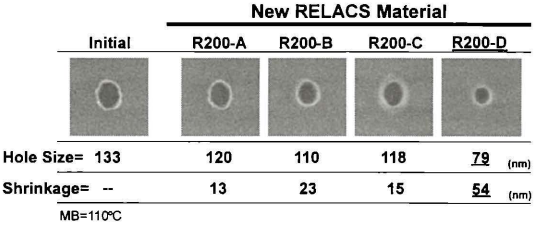


図9.CLAとAZ-R200、KrF/ArFレジストとの関係
fig.9. Between CLA and AZ-R200,ArF/KrF resist.



	Initial	New RELACS Material R200-A	R200-B	R200-C	R200-D	
Hole Size=	133	120	110	118	79	(nm)
Shrinkage=	--	13	23	15	54	(nm)

MB=110℃

図10. 4種類のCLAを添加した新RELACS剤のホール縮小量
fig.10. Shrinkage performance at 4 kinds of new RELACS materials including CLA

その結果、いずれの新RELACS剤もArFレジストに対するパターン縮小性能を持つことがわかった。また、R200-Dが縮小量の点から最も優れていることが判明した。図１１に、R200-Dを用いた RELACS 処理前後の断面形状を評価した結果を示す。処理前の形状を損なわず、ホールパターンが初期ホール径130nm から70nm まで縮小することが可能になった。

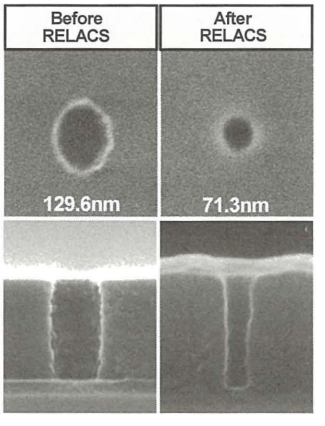


図11. R200-Dを用いたRELACS処理前後のArFレジストホールパターン
fig.11. ArF resist hall pattern before and after RELACS process using R200-D.

５．まとめ

ArF エキシマレジスト上でのパターン縮小技術を確立するため、ArF エキシマレジスト対応 RELACS 剤を開発しその効果を確認した。パターン縮小能力は初期ホール径130nm から70nm までのホール縮小を確認し、その縮小量は60nm である。このパターン縮小量60nm の実現は、ArF エキシマレジスト対応のパターン縮小技術では世界初であり、今後は90nm ノード以降の次世代量産デバイスへの適用を目ざして開発を進めていく。

参　考　文　献

1. T.Toyoshima, T.Ishibashi, A.Minamide, K.Sugino, K.Katayama, T.Syoya, IArimoto, N.Yasuda, H.Adachi,Y.Matsui: IEDM98 Dig. (1998) p333-336.
2. T.Ishibashi, T.Toyoshima, K.Katayama, M.Tanaka, N.Yasuda, K.Sugino, T.Syoya, I.Arimoto: Silicon Tecnology. No.1 (1999) p12-16.
3. 特開平4-042826
4. 特開平8-322523
5. 特開平10-073927

（2004年6月30日受理）

寺　井　　護
1973年4月12日生まれ。1999年大阪府立大学大学院物質科学研究科修士課程（有機化学専攻）修了。同年株式会社 INAX 入社。2001年同社を退社。同年、三菱電機株式会社入社。主として半導体用プロセス材料の研究・開発に従事。

豊　島　利　之
1962年12月14日生まれ。1988年信州大学大学院工学研究科修士課程（有機合成専攻）修了。 同年、三菱電機株式会社入社、主として高耐熱性絶縁材料、 半導体用プロセス材料の研究・開発に従事。 現在、先端技術総合研究所・マテリアル技術部・有機材料 G マネージャー。

熊　田　輝　彦
1964年8月5日生まれ。1989年東京理科大学理学研究科修士課程（化学専攻）修了。同年、三菱電機株式会社入社。主としてレジスト等半導体用プロセス材料の研究・開発に従事。

長　江　　偉
1958年11月10日生まれ。1989年大阪大学大学院工学研究科博士課程後期 （応用精密化学専攻）修了。同年、三菱電機株式会社入社。主として情報記録材料の研究 開発に従事。現在、先端技術総合研究所にてデバイス全般の研究企画立案に従事。

(本論文は平成15年度電気材料技術優秀論文賞の受賞内容をまとめたものである)