The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	光リソグラフィーによる微細フォトレジストパターン形成に関する研究
Author(s)	永田, 一志
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40464
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【 41 】

氏　　名	永田一志（ながた ひとし）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　12713　号
学位授与年月日	平成8年9月30日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	**光リソグラフィーによる微細フォトレジストパターン形成に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教授　白藤　純嗣 （副査） 教授　青木　亮三　　教授　佐々木孝友　　教授　城田　靖彦

論文内容の要旨

本論文は，光リソグラフィーによる微細フォトレジストパターン形成に際して発生する幾つかの問題の解明のために，フォトレジストの化学組成，下地基板からの光反射およびフォトレジストの下地基板からの剝がれの要因について行った研究の成果をまとめたもので，高集積回路製造に必要な高解像・高接着性フォトレジストが具備すべき特性を明らかにしている。本論文は，序論，本論7章，および結論の全9章からなっている。

第1章では，シリコン集積回路の超高集積化に必要な微細フォトレジストパターン形成に伴って発生する光リソグラフィー技術の問題点を述べ，本研究の背景，目的，意義および有用性を明らかにしている。

第2章ではノボラック／NQD系ポジ型フォトレジストについて，化学構造の異なる様々な感光剤を含むフォトレジストの現像液に対する溶解（現像）特性を調べ，化学組成と現像特性とを関連付けることにより，高解像化に必要な要因を明らかにしている。

第3章では，下地基板からの光の正反射を抑え拡散反射を増加させることにより，パターン転写時における下地基板からの紫外線反射によるフォトレジストパターン寸法の変動を改善できることを述べている。

第4章ではフォトレジストの下地基板との接着性を，フォトレジストと下地基板との界面エネルギーの観点から議論している。大気中および現像液中での接着性が下地基板の極性値に強く依存することを明らかにしている。

第5章では，紫外線露光中にフォトレジスト／下地基板界面に生じるボイド発生現像が大気中の界面エネルギーの評価から予測できることを示している。

第6章では，フォトレジストの剝がれ現象に対する界面エネルギー以外の要因として，下地基板表面の凹凸による内部応力の可能性を指摘している。

第7章では，フォトレジスト現像時に，フォトレジスト中の残留溶媒が内部応力を緩和しているが，反面，フォトレジスト中の残留溶媒は現像液の膜内浸透を促進し，現像時の剝がれの原因になっていることを明らかにしている。

第8章では，現像処理後フォトレジストの未露光部表面に微細な亀裂を生じる現象を解析し，フォトレジスト表面の残留溶媒濃度の不均一によって生じる現像液浸透時のフォトレジスト変成量のバラツキによって発生する応力歪が

原因であることを示している。

第9章では，本研究で得られた結果を総括し，本論文の結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

シリコン集積回路の高集積化はリソグラフィー，エッチング，酸化，拡散，メタライゼーション，イオン注入などのプロセス技術を極限にまで高度化することによって実現されてきた。中でも光リソグラフィーは微細加工の基盤となる技術で，256M DRAM 対応のクォーターミクロンパターンから1G DRAM 対応の0.15ミクロンパターンにまでリソグラフィー技術が進んだのは，紫外線縮小投影露光装置の高解像力化とともに，フォトレジスト材料および現像等のフォトレジストプロセス技術の進歩によるところが大きい。

本論文は，工学的重要性にもかかわらず注目されることの少なかったフォトレジスト材料の高解像性および接着性について行った実験的および理論的研究の結果をまとめたもので，その成果を要約すると，次のとおりである。

(1) LSI の微細パターン形成に現在最も多く用いられるノボラック／NQD 系ポジ型フォトレジストについて，化学組成・構造の異なる様々の感光剤を含有するフォトレジストの現像液中での溶解特性を調べ，感光剤の化学構造の違いによる溶解機構の変化を考慮しながら高解像化に要因を解析している。その結果，現在広く用いられている Mack の現像シミュレーションは高解像性を十分に評価できないことが明らかになり，高解像化に必要な要因を新たに提案している。

(2) 大気中および現像液中でのフォトレジストと下地基板との間の接着性は，界面エネルギーによって評価できることを理論的解析および実験から明らかにしている。また，LSI プロセスにおいては，フォトレジスト／下地基板間の接着性は主に極性相互作用によって決まり，分散力の寄与は小さいことを実験的に示している。

(3) パターン露光中に生じるフォトレジストボイドの形成メカニズムをモデル化し，「フォトレジストと基板間の接着エネルギー」と「フォトレジスト膜の歪みエネルギー」の差として定義した「界面エネルギー変化」によって，フォトレジストの基板の任意の組合わせに対してボイド発生を予測できる可能性があることを示している。

(4) Al 基板上のフォトレジストパターンが現像時に剝がれる現象を，フォトレジストの内部応力を考慮して有限要素法により解析し，接着性を最大にする Al 薄膜の表面粗さが存在することを明らかにしている。

(5) シリコン基板上のフォトレジストパターンが現像時に剝がれる原因となるフォトレジストの残留歪みとフォトレジスト内の残留溶媒量の関係を調べ，フォトレジスト内の残留溶媒はフォトレジストの残留歪みを緩和するが，同時に現像時の浸透を促進し，フォトレジストの剝がれの原因になっていることを明らかにしている。

(6) フォトレジスト未露光部の表面に現像後発生する微細な亀裂とフォトレジスト残留溶媒量との関係を実験的に調べ，残留溶媒量の面内バラツキによって生じた現像液の浸透とフォトレジストの変質のバラツキが亀裂発生の原因になっていることを見い出している。

以上のように，本論文はシリコン集積回路の高集積化に必須な光リソグラフィーによる微細レジストパターンの形成に際して問題となるフォトレジストの高解像性能および下地基板への接着性の向上に必要な多くの新しい知見を得ており，半導体工学のみならず高分子工学並びに接着工学の分野の発展に寄与するところが大きい。よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める。