



Title	等倍X線マスクの高精度化に関する研究
Author(s)	坪井, 伸二
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43245
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

氏	名	坪	井	伸	二
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)				
学 位 記 番 号	第 1 6 4 2 7 号				
学 位 授 与 年 月 日	平 成 13 年 5 月 17 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	等倍X線マスクの高精度化に関する研究				
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 蒲 生 健 次				
	(副査) 教 授 奥 山 雅 則 教 授 高 井 幹 夫				

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、 $0.13\mu\text{m}$ 以下の微細パターンを必要とする ULSI デバイス回路パターンを作製するための高精度X線マスクを作製するための技術的課題を解決することを目的としている。X線マスク作製プロセスとして、X線吸収体パターン形成前にバックエッチングを行うバックエッチ先行プロセスの検討を行い、X線吸収体の平均応力よりも応力分布（勾配）が、位置歪みにより大きな影響を及ぼすことを明らかにした。さらに、吸収体のみならず、バックエッチ先行プロセスにおいてはレジストの応力も無視できないことを明らかにした。さらに、超低応力の化学増幅型ネガレジストが存在することを明らかにし、また高位置精度が要求されるX線マスク作製にはEB露光中に応力変化の小さな化学増幅型のレジストを用いるのが、高精度化に有効であることを明らかにした。微細X線吸収体パターンを形成するために必要な低応力ハードマスクについて検討し、従来のハードマスクであるCrをスパッタリングで成膜するときに窒素ガスを用いた反応性スパッタにより、CrN（窒化クロム）膜を成膜することで低応力にできることを明らかにした。ダイヤモンドは最もヤング率が大きいことから高精度X線マスクのメンブレン材料として有望であるが、SiCに比べSR照射耐性がないとされていた。成膜条件とSR照射耐性及びX線マスクとして必要な可視光透過率の関係について明らかにし、高い結晶性をもつダイヤモンド・メンブレンは高SR照射耐性であるが、表面が荒れ、表面散乱により可視光透過率が低下することを明らかにし、表面散乱により透過率が低くなる高SR照射耐性のダイヤモンドメンブレンのSR照射耐性を劣化させずに表面平滑性及び可視光透過率を向上させる方法について検討した。等倍X線マスク描画用に開発された100kV可変矩形EB露光装置EB-X3の特徴とその描画結果の評価について述べた。加速電圧を100kVにしたことにより、50nmL&Sパターンが形成でき、メンブレンプロセスとの組み合わせにより近接効果が小さくなった。また、温度の制御により、10nmの描画位置再現性が得られ、100nmデバイスに対応可能な等倍X線マスク描画が可能となった。初めて高精度等倍X線作製プロセスに適用し高精度マスクを完成させた。さらにこの等倍X線マスクを用いてX線転写実験を行い、 $0.13\mu\text{m}$ 以下の微細パターンを必要とする ULSI デバイス回路パターンに必要な総合重ね合わせ精度を達成した。

論文審査の結果の要旨

超高密度集積化デバイス（ULSI）の実現のため、高精度リソグラフィ技術の確立が望まれている。X線リソグラフィ技術は、高精度リソグラフィ技術として期待されているが、まだ、いくつかの問題があり、実用化のためにその解決が大きな課題となっている。高精度マスクの作製技術の確立はこの重要な課題の一つである。本論文ではX線マスクの高精度作製プロセスと新しいマスク膜材料の開発を行い、高精度X線マスク実現の可能性を実証している。

X線マスクは、X線が透過する厚さ $2\mu\text{m}$ 程度の薄いメンブレン膜上に厚さ数100nmの金属のX線吸収体マスクパターンを形成したものである。メンブレン膜は一般にシリコンウエハ上に堆積して、マスク部分のシリコンを選択エッチングによって除去（バックエッチ）して作られる。ULSIデバイスの作製では130nm以下の微細パターンの形成が要求される。このためマスクパターンの位置歪みは30nm以下にする必要がある。そこで、マスク作製工程において生じる歪みの要因を詳細に検討し、その大きさを明らかにしている。まず、バックエッチ先行プロセス（X線吸収体膜のパターニング前にバックエッチする。）と後行プロセスの比較を行い、後行プロセスではメンブレン膜の残留歪みのため、必要な精度は達成できないことを示した。また、バックエッチ先行プロセスでは、レジストおよびX線吸収体膜のエッチングのための薄いハードマスクの応力も問題になることを示し、レジストおよびハードマスクの低応力化が重要であることを示している。さらに、Crハードマスクについて、反応性スパッタ法によって堆積した窒化クロム膜は残留応力が小さいことを見出し、低応力ハードマスクとして有用であることを示している。ついで、メンブレン材料についても検討している。ダイヤモンド膜は、機械的に強くX線透過率も高く、熱伝導性もよいため、メンブレン膜として期待されている。しかし、マイクロ波プラズマ気相成長法で形成した膜はX線照射損傷が大きく不適であるといわれているが、本論文では、X線耐性は膜の結晶性に依存することを見出し、製膜条件を改良して作製した結晶性のよい膜は、耐性が高いことを示している。しかし、表面が粗く、そのままでは微細パターンの形成はできないが、イオンビームエッチングによって平坦化できることを実証して、新しいメンブレン膜としての応用の可能性を示している。さらに、高精度電子ビーム描画を行ってマスクを作製し、ULSIデバイスパターンのX線露光を行い総合わせ精度42.4nm（3 σ ）を実現して、ULSIデバイス作製に必要な精度が達成できることを実証している。

このように本論文は、X線リソグラフィ技術の高精度化を行って最先端の電子デバイスプロセスを開発し、エレクトロニクスの発展に大きく貢献しており、学位（工学）論文として価値あるものと認められる。