The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	X線マスクの高精度化におけるX線吸収体材料に関する研究
Author(s)	吉原, 拓也
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44502
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　吉原拓也（よしはら たくや）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　17987　号

学位授与年月日　平成15年3月25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　**X線マスクの高精度化におけるX線吸収体材料に関する研究研究**

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
姫路工業大学教授　松井　真二

論文内容の要旨

X線リソグラフィーは露光光源の波長が従来の光リソグラフィーよりも二桁短く、X線マスクのパターンを等倍で転写することを特徴とする露光技術である。波長1nm程度の軟X線を用いてパターン転写するため、X線マスクは厚さ数μmの軽元素からなるX線透過部と、厚さ数十nmの重金属からなるX線吸収部とそれらを保持するフレーム部から構成される。そのため、X線マスク上に形成されるパターンの位置精度はX線マスクを構成する各材料の応力に大きく左右される。X線リソグラフィーがSpearsとSmithによって発表された1972年当時、半導体のデザインルールは5 μm程度であったが、現在のX線リソグラフィーの目標は0.1 μmである。このデザインルールの微細化に伴い、X線吸収体材料に要求される特性はX線露光における露光部と未露光部のコントラスト確保から、X線マスクのパターン位置精度の確保へと大きく変化した。パターン位置精度を向上させるためには2つの要素が必要である。一つは低応力膜を成膜する事、もう一つは、パターニングプロセスで新たな応力および歪みを生じさせないことである。本論文では、X線マスクのパターン位置精度を向上させるためにX線吸収体材料、その結晶構造、成膜方法およびアニール方法と応力の関係について調べた。その結果、スパッタリング成膜時のガス圧を高精度に制御すると、所望の応力のX線吸収体膜が得られること、アモルファス構造膜は成膜後の応力安定性が高いこと、微量な元素の添加によって、表面酸化による応力変化を抑制できること、成膜後にアニールすると、吸収体応力の微調整が可能であり、同時に熱的安定性が得られることを見いだした。本研究で得られたアモルファスTaSiTiN膜を用いると4 Gbit DRAMに相当する、パターン寸法が0.1 μmのX線マスクを作製することが可能であることを示した。

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ー技術の確立が望まれている。X線リソグラフィー技術は、期待されている高精度リソグラフィー技術の一つであるが、実用化のためには解決すべき重要な課題が残っている。高精度マスクの作成技術の確立はこの重要な課題の一つである。高精度マスクの作製には、X線吸収体膜の残留応力を制御する必要がある。本論文は種々の元素金属および多元合金について、X線吸収体材料、その結晶構造、成膜方法およびアニール方法と応力の関係を調べ、超微細加工性に優れ、低残留応力の材料を見出して、

高精度X線マスクを開発した成果をまとめたものである。

X線マスクはX線を透過する厚さ2 μm程度の薄いメンブレン膜上に厚さ数100 nmの金属のX線吸収体マスクパーンを形成したものである。試料のパターン形成・加工は、X線を用いてこのマスクパターンを等倍でレジストに転写して行うため、残留応力があるとマスクが歪み、転写パターンの変形、位置ずれが起こる。申請者は、まず、計算によって必要精度を得るための残留応力の限界を示し、それを実現するために、製膜条件、アニール条件などを調べた。その結果、スパッタ法で成膜した場合、柱状構造をとるが、このような膜では結晶粒界に沿って酸素が急速に拡散するため、応力が圧縮側に経時変化し、マスクの経時劣化、不安定性の主因となることを見つけた。そこで、結晶粒界を持たないアモルファス合金を用いると、結晶粒界の酸化による応力変化が抑制できること、したがってアモルファス合金がX緑吸収体として優れていることを示し、アモルファスTaSiTiNが有望であることを見出した。さらに、TaSiTiNを用いてマスクを試作し、4 Gbit DRAMに要求される0.1 μmのX線マスクの作製が可能であることを示した。

このように本論文は、高精度X線マスクを実現し、半導体プロセス技術の発展にとって重要な成果を得ており、学位（工学）論文として価値あるものと認められる。