

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4483355号
(P4483355)

(45) 発行日 平成22年6月16日(2010.6.16)

(24) 登録日 平成22年4月2日(2010.4.2)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 3 1 M
 GO 3 F 1/16 (2006.01) GO 3 F 1/16 A

請求項の数 4 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-74000 (P2004-74000) (22) 出願日 平成16年3月16日(2004.3.16) (65) 公開番号 特開2005-268255 (P2005-268255A) (43) 公開日 平成17年9月29日(2005.9.29) 審査請求日 平成19年2月23日(2007.2.23)</p>	<p>(73) 特許権者 000003193 凸版印刷株式会社 東京都台東区台東1丁目5番1号 (72) 発明者 松尾 正 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内 審査官 渡戸 正義</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 極限紫外線露光用マスクブランク及びマスク並びに転写方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に、露光光の高反射部となる多層膜が形成され、前記多層膜上に露光光の低反射部となる吸収膜が形成された極限紫外線露光用マスクブランクにおいて、

前記吸収膜は、膜厚とコントラストの特性から、前記吸収膜の露光光に対する反射率が極小値付近となるよう、前記吸収膜の膜厚が設定されており、

前記吸収膜が2層以上の薄膜からなり、吸収膜の最上層を構成する薄膜が、Siであるか、若しくはSiを主たる構成元素とする材料であることを特徴とする極限紫外線露光用マスクブランク。

【請求項2】

前記吸収膜の最上層を構成する薄膜のうちのSiを主たる構成元素とする材料において、全原子数に対するSiの原子数比が90%以上であることを特徴とする請求項1に記載の極限紫外線露光用マスクブランク。

【請求項3】

請求項1または2のいずれか1項に記載の極限紫外線露光用マスクブランクを用い、前記多層膜上の露光光の低反射部となる吸収膜にパターンが形成されたことを特徴とする極限紫外線露光用マスク。

【請求項4】

請求項3に記載の極限紫外線露光用マスクを露光装置に設置し、前記マスクを用いたりソグラフィ法による露光転写を行ない、パターン形成を行なうこと

を特徴とするパターン転写方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体製造プロセス中の、波長10～15nm程度のいわゆるEUV(Extreme Ultra Violet=極限紫外線)露光を用いたフォトリソグラフィ工程で使用される、極限紫外線露光用マスク(以下、EUVマスク)、及びそのマスクを作製するためのブランク、並びにそのマスクを用いたパターン転写方法に関するものである。

【背景技術】

10

【0002】

半導体集積回路の微細化技術は常に進歩しており、微細化のためのフォトリソグラフィ技術に使用される光の波長は次第に短くなってきている。光源としては、現状、これまで使用されて来たKrFエキシマレーザ(波長248nm)からArFエキシマレーザ(波長193nm)に切り替わりつつあり、さらにその次にはF2エキシマレーザ(波長157nm)の使用が提案され、開発が行われている。

【0003】

しかしながら、F2エキシマレーザをもってしても、将来的な50nm以下の線幅を有するデバイスを作製するためのリソグラフィ技術として適用するには、露光機やレジストの課題もあり、容易ではない。このため、エキシマレーザ光より波長が一桁以上短い(10～15nm)極限紫外線を用いた、EUVリソグラフィの研究開発が進められている。

20

【0004】

EUV露光では、上述のように波長が短いため、物質の屈折率がほとんど真空の値に近く、材料間の光吸収の差も小さい。このため、EUV領域では従来の透過型の屈折光学系が組めず、反射光学系となり、従ってマスクも反射型マスクとなる。図2は従来のEUVマスクの例を断面で示した説明図である。これまで開発されてきた一般的なEUVマスクは、Siウエハーやガラス基板11上に、例えばMoとSiからなる2層膜を40対ほど積層した多層膜12および多層膜12を保護するキャッピング層13を高反射領域とし、その上に低反射領域として吸収膜15および緩衝膜14のパターンを形成した構造であった。緩衝膜14は、吸収膜のパターニングや欠陥修正の際に、キャッピング層や多層膜へのダメージを軽減する役割を果たす。

30

【0005】

高反射領域の多層膜12は、屈折率差が大きく、吸収がなるべく小さな2種類の膜を交互に積層し、隣接する2層から成る層対の厚さを露光波長の略2分の1として、2層膜を40対程度成膜したものである。この結果、各層対からの僅かな反射成分が干渉して強め合い、直入射に近い6°程度の斜め入射のEUV光に対して比較的高い反射率を得ることが可能となる。

【0006】

EUVマスクの転写特性を左右するもっとも基本的な特性は、露光光に対する高反射領域と低反射領域の反射率の比、すなわちコントラストである。コントラストは便宜上次のOD(Optical density)の値で評価される。

40

【0007】

$$OD = -\log_{10}(R_a / R_m)$$

ここで R_a : 低反射領域の反射率 R_m : 高反射領域の反射率
ODは転写特性上2～3位が好適である。

【0008】

公知文献を以下に示す。

【非特許文献1】小川「EUVリソグラフィの反射型マスク用多層膜」(光技術コンタクト、Vol.39, No.5, 2001、日本オプトメカトロニクス協会) p.292

【特許文献1】特開2002-122981号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

EUV露光は波長が短く、反射光を使った露光であり、光がマスク面に対して斜めに入射するため、斜影効果と呼ばれる、パターンの影が反射光強度分布に影響を与え、転写ウェハ上の線幅精度が悪くなってしまうという問題があり、吸収膜の微細なパターンニング（エッチング）の観点からも、吸収膜の薄膜化が望まれていた。また、吸収膜膜厚のわずかな誤差や面内ばらつきによってOD値が変化しやすいという問題があった。OD値が不安定になると、マスクパターンをウェハ上に転写したときの線幅精度が劣化するという問題を引き起こすことになる。

10

【0010】

本発明は、かかる問題に対する対策を提供するものであり、露光光に対するOD値が吸収膜膜厚による影響をうけにくいよう、吸収膜材料を規定した、EUV露光用マスクブランク及びそれを用いたマスク並びに転写方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の請求項1に係る発明は、基板上に、露光光の高反射部となる多層膜が形成され、前記多層膜上に露光光の低反射部となる吸収膜が形成された極限紫外線露光用マスクブランクにおいて、前記吸収膜は、膜厚とコントラストの特性から、前記吸収膜の露光光に対する反射率が極小値付近となるよう、前記吸収膜の膜厚が設定されており、前記吸収膜が2層以上の薄膜からなり、吸収膜の最上層を構成する薄膜が、Siであるか、若しくはSiを主たる構成元素とする材料であることを特徴とする極限紫外線露光用マスクブランクである。

20

【0012】

本発明の請求項2に係る発明は、前記吸収膜の最上層を構成する薄膜のうちのSiを主たる構成元素とする材料において、全原子数に対するSiの原子数比が90%以上であることを特徴とする、請求項1に記載の極限紫外線露光用マスクブランクである。

【0013】

本発明の請求項3に係る発明は、請求項1または2のいずれか1項に記載の極限紫外線露光用マスクブランクを用い、前記多層膜上の露光光の低反射部となる吸収膜にパターンが形成されたことを特徴とする極限紫外線露光用マスクである。

30

【0014】

本発明の請求項4に係る発明は、請求項3に記載の極限紫外線露光用マスクを露光装置に設置し、前記マスクを用いたリソグラフィ法による露光転写を行ない、パターン形成を行なうことを特徴とするパターン転写方法である。

【発明の効果】

40

【0017】

本願のEUVマスクブランク及びマスクでは、吸収膜の膜厚がわずかにばらついても、OD値の変化が小さく、結果として、多層膜反射部と吸収膜との反射率の比で表せるコントラストにバラツキが無くなり、パターン転写に必要な十分な強度の反射光が安定して得られる。

【0018】

更に、本発明のパターン転写方法によると、試料基板上に形成されたレジストに対し、精度良いパターン露光が長期間可能となり、その結果、電子デバイス等のパターンの製造を、高い歩留まりで行う事が出来る。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【 0 0 1 9 】

以下本発明を実施するための形態について説明する。

【 0 0 2 0 】

図3は、本願発明のマスクに係る吸収膜と緩衝膜の組み合わせを変えて、吸収膜膜厚に対してOD値を計算して求めた、膜厚とコントラストの特性の例である。横軸が吸収膜の膜厚(単位)、縦軸がOD値である。吸収膜としてはTa₂N₅またはCr、緩衝膜としてはSiO₂またはRuを用いている。吸収膜/緩衝膜の組み合わせとして、Ta₂N₅/SiO₂、Cr/SiO₂、Ta₂N₅/Ruを例示した。これらは現在、主として提案されている材料である。EUV光は波長13.5nm、斜め6°入射、多層膜はMoとSiの40対、キャッピング層はSi₁110厚、緩衝膜膜厚は図3(a)で200、(b)では500として計算している。

10

【 0 0 2 1 】

図3から分かるように、EUV露光は波長が短く、反射光を使った露光であるために、膜材料や緩衝膜膜厚に依らず、OD値は周期的に変化しており、吸収膜の膜厚のわずかな誤差や面内ばらつきによる影響を受け易い。

この影響を低減する第一の方法は、吸収膜膜厚を図でOD値が極値になるような膜厚付近に設定することである。その際、OD値は大きい方が膜厚を薄くできるので、OD値の極大値に合わせることになる。OD値が極大ということは、OD値の定義式より、吸収膜を含む低反射領域の反射率を極小値になるよう、膜厚を設定することである。OD値は極大から1割程度の低下までは、パターン転写精度に影響が出ない。従って吸収膜の膜厚は、それぞれOD極値から1割程度減少したOD値に対応する膜厚の範囲内になるようにすればよい。

20

【 0 0 2 2 】

しかしながら図3から分かるように、OD値の極大値付近の幅は狭く、膜厚の変化によりOD値は変化しやすく、膜厚の制御には厳しい精度が求められる。この負担を軽減したほうが好ましい。この方法として、吸収膜の上層膜として反射防止効果を持つ膜を付け、反射率を低下させる方法が考えられる。しかし、EUV波長では材料の屈折率がほとんど真空の値(=1)に近く似通っており、光吸収はいずれも大きく材料間の差は小さい。このため完全な反射防止効果を満たす材料を見付けることは容易ではない。

【 0 0 2 3 】

ところで薄膜材料の光学特性は光学定数、すなわち屈折率(1-)と消衰係数()によって計算できる。計算で確認したところ、Siがそのような反射率低減効果を付与するための上層膜材料として有望であることが分かった(図4)。

30

【 0 0 2 4 】

図4は吸収膜の上層膜としてのSiの膜厚を変えてOD値を計算した例である。吸収膜の下層膜はTa₂N₅の800厚、緩衝膜はSiO₂の300厚としている。なお、吸収膜の下層膜を使わず、すべてSiのみで吸収膜とすることは、Siの が小さいためにOD値が上がらず、吸収膜に大きな膜厚を要することとなるので不可である。

【 0 0 2 5 】

図4を図3と比べると分かるように、図4では膜厚変化に対するOD値の変化幅が小さい。従って膜厚むらに対して安定したOD値が得られ、線幅精度の向上につながる。

40

【 0 0 2 6 】

以上のことから、Siに近い光学定数の材料を使えば、Siと同様の効果が期待できる。

【 0 0 2 7 】

図5は各種材料の13.5nmにおける光学定数を図示したものである。図から分かることは、Siの光学定数はかなり特殊であるということである。すなわち屈折率(1-)が大きく、消衰係数()が小さい。確認した結果、単体の材料でSiと同等の効果を得ることは難しいことが分かった。

【 0 0 2 8 】

50

ところでEUVマスクにおける成膜工程では通常スパッタリング法が用いられるが、特にSiのスパッタリングにおいては、Siの導電性が低いために、パーティクルなどの膜欠陥が発生しやすい場合があることが知られている。これに対する対策として、Siに金属を混ぜた材料を使う方法がある。金属を混ぜることによって光学定数はSiとは異なってくるが、ある程度以上Siの割合を大きくすれば、Siの光学定数に十分近くなり、本目的に合うはずである。

【0029】

図6は、金属に対するSiの組成比を変えていったときの光学定数の様子を表した図である。このようにSi組成比の増加とともにSiの光学定数に近づいていく。

【0030】

次にZrSi_xを例に、Si組成比を変えたときの光学定数を使って、図4と同じ条件でOD値を計算した結果を図7に示す。図で(a)は、吸収膜上層がZrSi₂の場合、(b)は吸収膜上層がZrSi₉の場合、(c)は吸収膜上層がZrSi₄₉の場合を示す。

【0031】

図7において、ZrSi₂の場合はまだOD値の変化幅が大きく良くないが、ZrSi₉以降ではかなり小さくなり、本目的に合うと考えられる。従って、Si組成比の好適な範囲は全原子数に対するSiの原子数比がおよそ90%以上である。

【0032】

本発明のEUVマスクブランクやマスクは、基本的には従来どおりのマスク作製プロセスに準拠して作製できる。図1は本発明のEUVマスクの例を断面で示した説明図である。すなわち、Siウェハーやガラス基板1上に、例えばMoとSiからなる多層膜2、およびSiなどからなるキャッピング層3を、通常のマグネトロンスパッタリング法やイオンビームスパッタリング法などにより、積層して高反射領域とする。その上に低反射領域として、まず通常のマグネトロンスパッタリング法などにより緩衝膜4を形成する。その後吸収膜として、図1(a)においては単層膜の吸収膜5、図2(b)の場合は2層以上の多層膜からなる吸収膜6、7を成膜する。このときそれぞれの吸収膜は露光光に対する反射率が極小値付近となるような膜厚に設定する。このようにして本発明のEUVマスク用ブランクが完成する。以下、通常のマスク作製プロセスに従って、パターンニングを行い、本発明のEUVマスクを作製する。すなわち、前記ブランク上に電子線レジストを塗布し、ベークを行った後、通常のエレクトロニック描画を行い、現像してレジストパターンを形成する。その後、このレジストパターンをマスクにして、吸収膜5(図1(a))、または吸収膜6、7(図1(b))をドライエッチング等によりパターンニングを行う。その後、緩衝膜のドライエッチングやウェットエッチングを行い、パターンニングとともにキャッピング層上の緩衝膜を剥離する。最後にレジストを剥離して、本発明のマスクが完成する。

【0033】

このようにして本発明のEUVマスクブランクやマスク(図1(a)、(b))が出来上がるが、マスクの仕様、目的によっては、緩衝膜4と吸収膜下層膜7を同一の材料で形成したマスクブランク、マスクとすることも可能である。

【0034】

このように作製したEUVマスクは、吸収膜の膜厚がわずかにばらついていても、OD値の変化が小さく、結果として、多層膜反射部と吸収膜との反射率の比で表せるコントラストにバラツキが無くなり、パターン転写に必要な十分な強度の反射光が安定して得られる。

【0035】

本発明によるフォトマスクを用いたパターン転写方法は、例えば、先ず被加工層を表面に形成した基板の上にフォトレジスト層を設けたのち、本発明によるフォトマスクを介して反射した極限紫外線を選択的に照射する。

【0036】

次いで、現像工程において不必要な部分のフォトレジスト層を除去し、基板上にエッチングレジスト層のパターンを形成させたのち、このエッチングレジスト層のパターンをマ

10

20

30

40

50

スクとして被加工層をエッチング処理し、次いで、エッチングレジスト層のパターンを除去することにより、フォトマスクパターンに忠実なパターンを基板上に転写する方法である。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】(a)及び(b)は、本発明のEUVマスクの例を断面で示した説明図である。

【図2】従来のEUVマスクの例を断面で示した説明図である。

【図3】本発明のマスクブランクの例の膜厚とコントラストの特性図である。

【図4】本発明のマスクブランクの例の吸収膜上の上層膜であるSiの膜厚を変えてOD値を計算した特性図である。

10

【図5】各種材料の13.5nmにおける光学定数を示した図である。

【図6】金属に対するSiの組成比を変えていったときの光学定数を表した図である。

【図7】ZrSixのマスクブランクの例の膜厚とコントラストの特性図である。

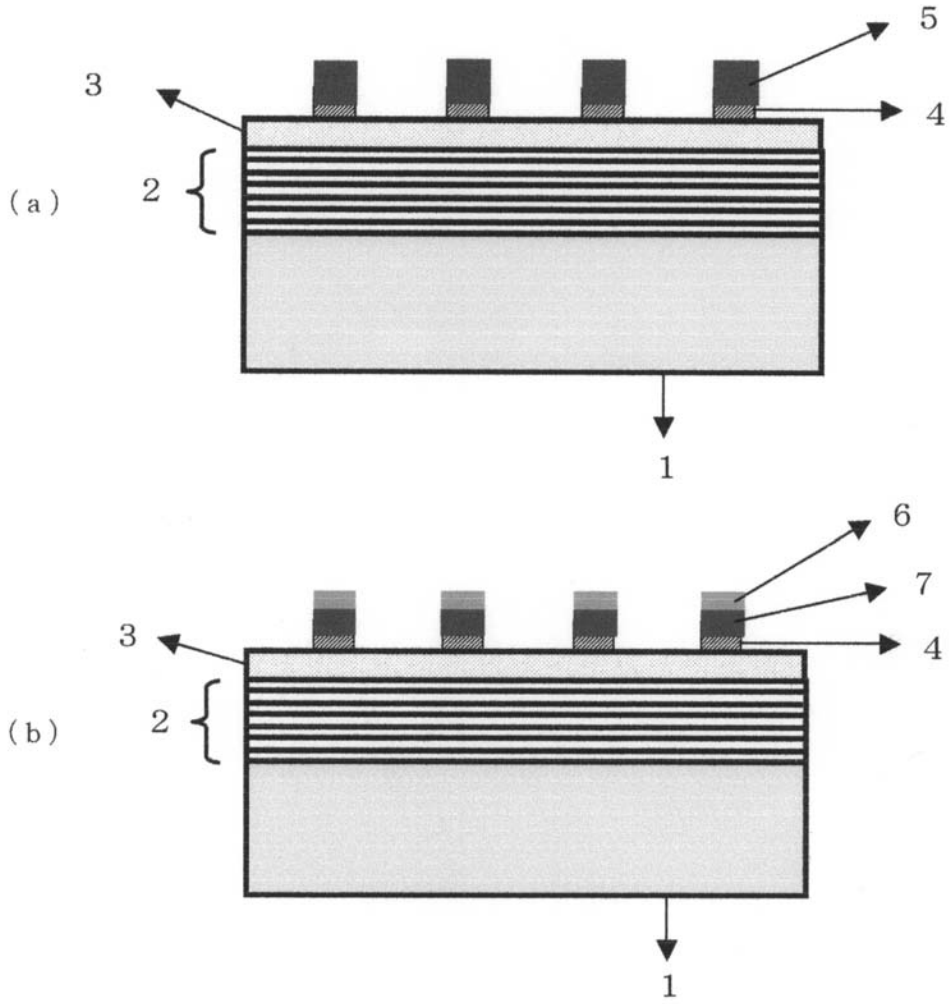
【符号の説明】

【0038】

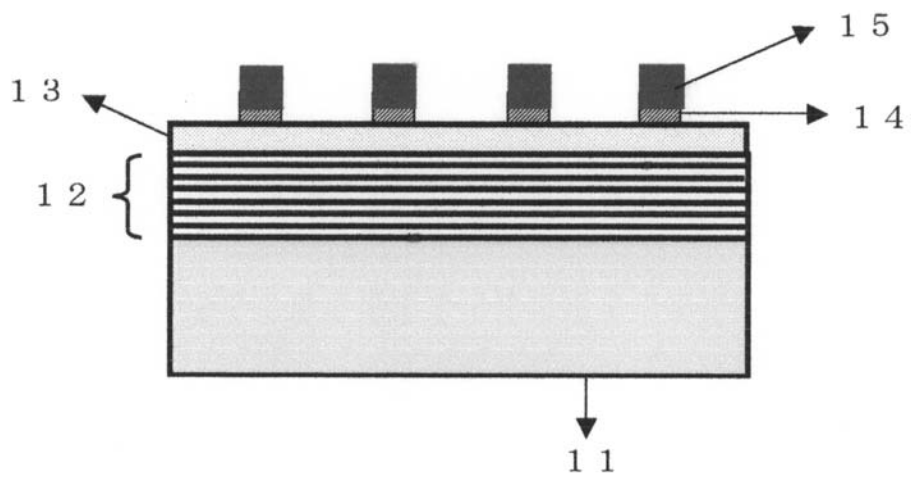
- 1・・・基板
- 2・・・高反射多層膜
- 3・・・キャッピング層
- 4・・・緩衝膜
- 5・・・吸収膜
- 6・・・吸収膜上層膜
- 7・・・吸収膜下層膜
- 11・・・基板
- 12・・・高反射多層膜
- 13・・・キャッピング層
- 14・・・緩衝膜
- 15・・・吸収膜

20

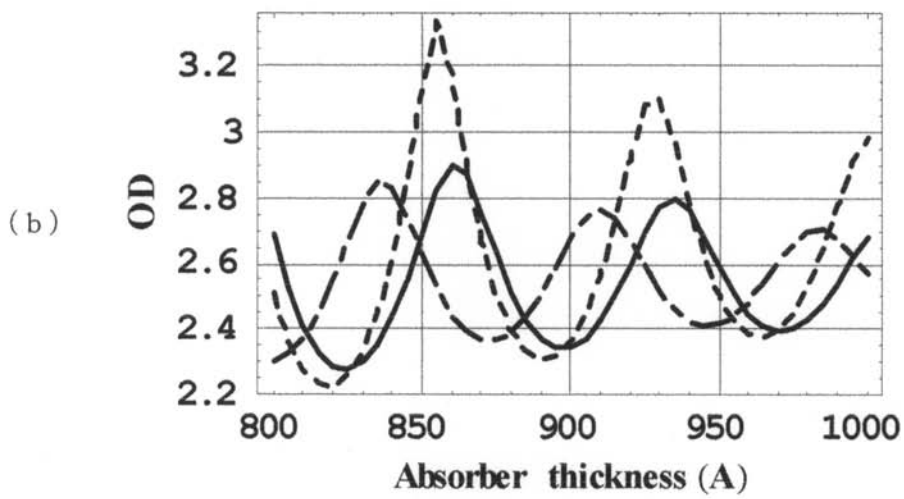
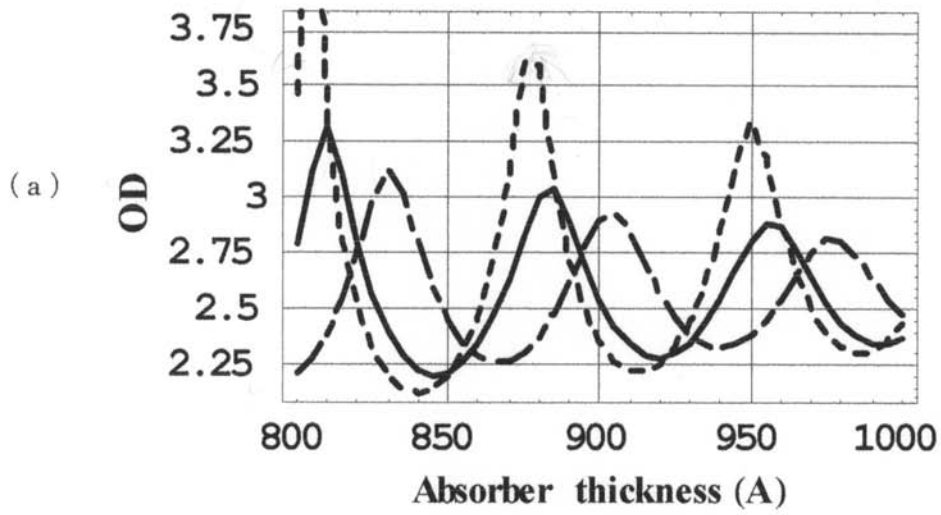
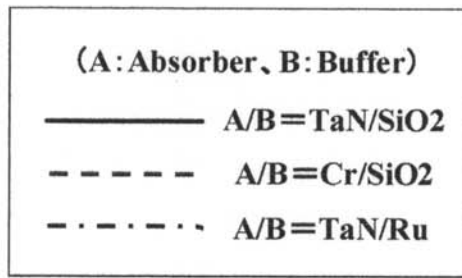
【図1】



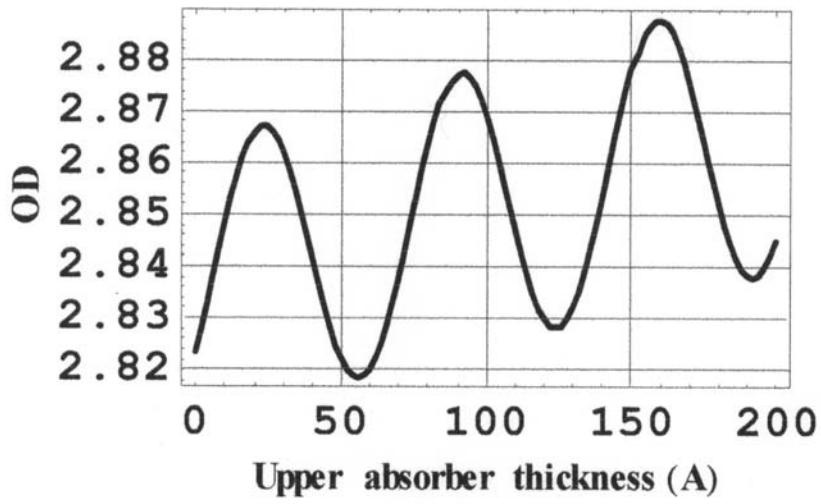
【図2】



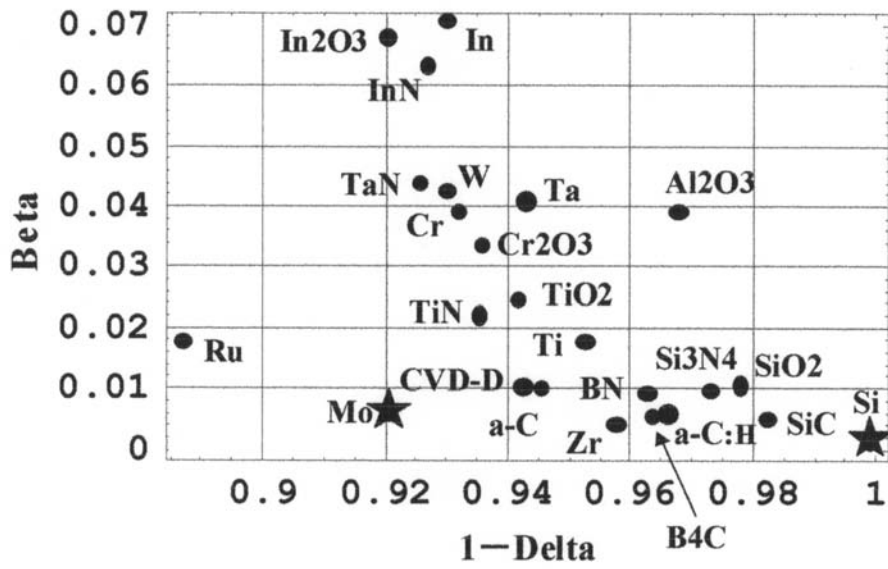
【 図 3 】



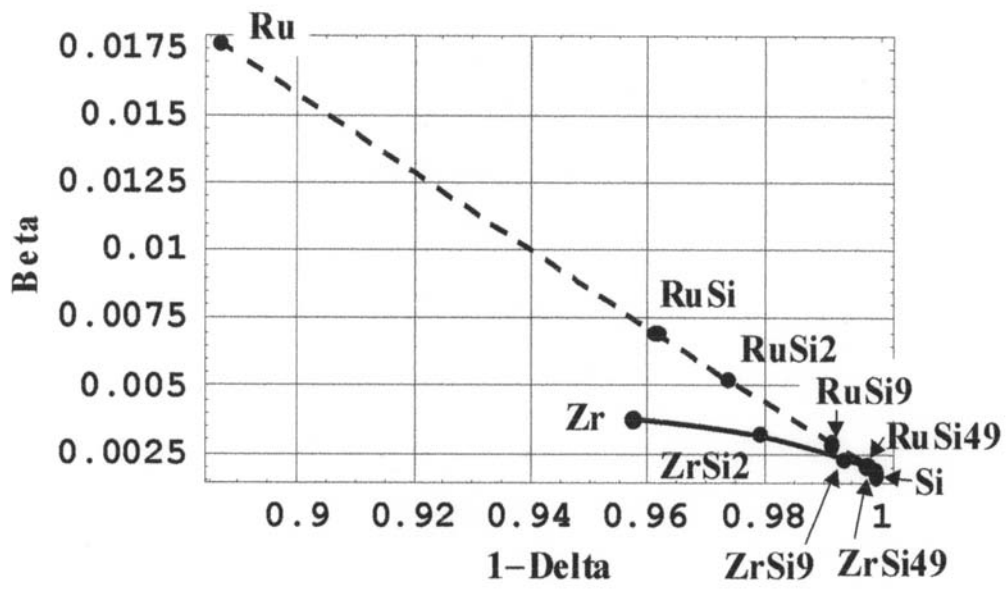
【 図 4 】



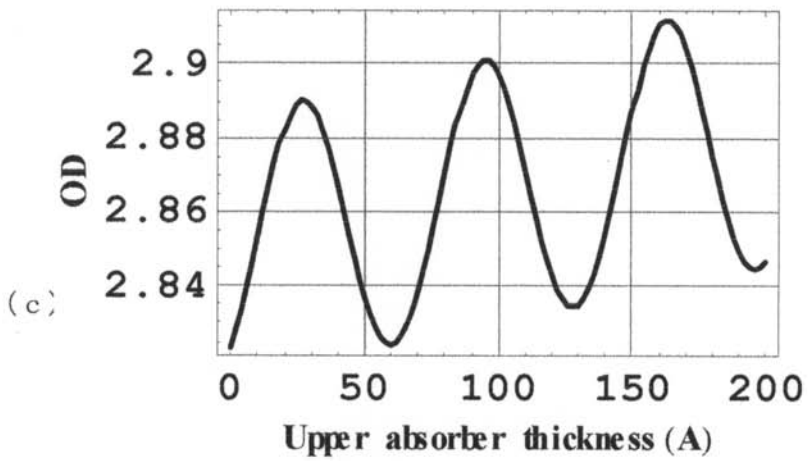
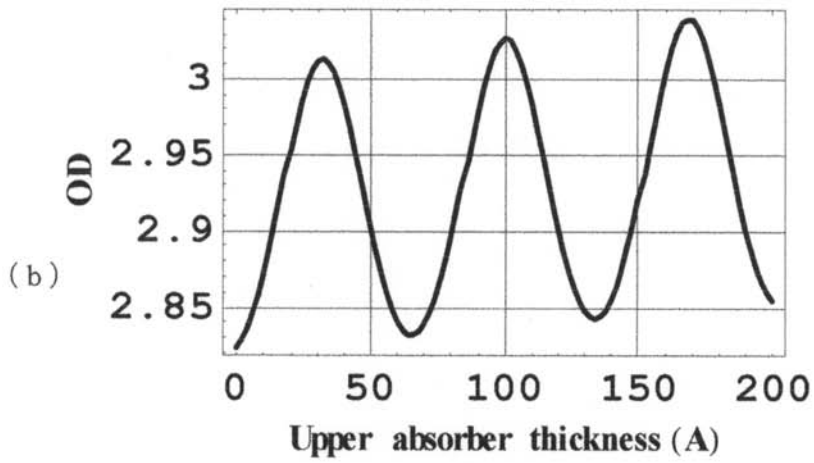
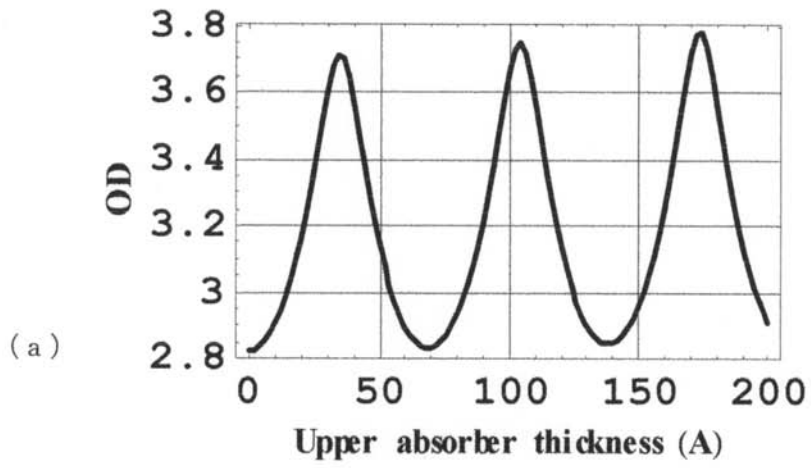
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-280291(JP,A)
特開2004-039884(JP,A)
特開2004-006798(JP,A)
特開2001-237174(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/027		
G03F	1/08	-	1/16
G03F	7/20	-	7/24