

Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti積層配線のエレクトロマイグレーション寿命の向上

吉田友幸, 橋本昭二, 細川秀記, 大脇健史, 光嶋康一, 多賀康訓

Improvement of Electromigration Lifetime in Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti Layered Interconnects

Tomoyuki Yoshida, Shoji Hashimoto, Hideki Hosokawa, Takeshi Ohwaki, Yasuichi Mitsushima, Yasunori Taga

要 旨

下地絶縁膜 (borophosphosilicate glass膜) の大気放置がAl-Si-Cu/Ti/TiN/Ti積層膜の結晶配向性に及ぼす影響を下地絶縁膜のB濃度及び大気放置時間を変えて調べた。積層膜のAl(111)配向性が下地絶縁膜のB濃度及び大気放置時間の増加に伴って著しく向上することが見出された。Al(111)X線回折ピークのロッキングカーブの半値幅は0.63°に達した。この値はTi, TiNあるいは両者からなる下地膜上のAl合金膜に対して報告されたこれまでの最小値である。また, Al(111)配向性の向上に伴って, Al-Si-

Cu膜の表面が平坦化され, 粒径が増大することも見出された。このAl(111)配向性の向上は最下層Ti膜の(002)配向性の向上に帰せられた。最下層Ti膜の(002)配向性の向上の原因について検討した。その結果, Ti(002)配向性は下地絶縁膜に吸収された水の表面濃度の増加とともに向上することが確かめられた。さらに, 高配向化した積層膜を用いて作製した配線は優れたEM耐性をもつことが実証された。

Abstract

Effect of the exposure of underlying dielectric (borophosphosilicate glass) films to a humid air ambient on crystallographic orientation in Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti layered films has been investigated as a function of the boron content and exposure time of the dielectric films. The Al(111) orientation in the layered films was found to improve drastically with increasing boron content and exposure time of the dielectric films. The full width at half maximum value of the rocking curve for an Al(111) x-ray diffraction peak reached 0.63 degrees, which is the lowest value ever reported for an Al-alloy film on Ti and/or TiN underlayers. It was also found that the Al-

Si-Cu surface became smoother and the average grain size increased as the Al(111) orientation improved. The improved Al(111) orientation was attributed to the improved Ti(002) orientation of the bottom Ti film. The cause of the improved Ti(002) orientation was then investigated. As a result, it was confirmed that the Ti(002) orientation improved with increasing surface concentration of the water absorbed in the dielectric films. Further, it was demonstrated that interconnects fabricated from the improved layered film had excellent electromigration resistance.

キーワード

Al合金膜, Ti膜, TiN膜, LSI, 配線, エレクトロマイグレーション, 信頼性, 結晶配向性, 吸湿, 絶縁膜

1. はじめに

近年，LSI (Large Scale Integration) の高集積化に伴い，配線に関しては，配線幅の縮小，高電流密度化，積層化が進んでおり，配線部の信頼性の維持・向上がますます重要になってきている。現在，配線材料として低抵抗で加工性に優れたAl合金が広く用いられているが，Alは質量数が小さいために特にエレクトロマイグレーション (EM) による断線故障の問題が深刻化している。Al合金配線のEM寿命はAl合金の膜質に強く依存し，(111)配向性が高いほど，また粒径が大きいほど向上することが知られている¹⁻³⁾。従って，より(111)配向性に優れた粒径の大きいAl合金膜の形成が可能なプロセス技術の開発が望まれる。

現在，量産段階にあるサブミクロン以下のLSIでは，コンタクト部での低抵抗と高信頼性を確保するために，Al合金膜の下にTi膜及びTiN膜からなる積層膜を形成する積層配線構造が広く用いられている。この積層配線構造では，Al合金膜の(111)配向性は下地金属膜の結晶配向性に強く依存し，Ti膜の(002)配向及びTiN膜の(111)配向が強いほどAl(111)配向が向上することが報告されている⁴⁻⁷⁾。従って，Al(111)配向性を高め，EM寿命を向上させるためには，Ti及びTiN膜の配向制御技術の確立が重要である。

Ti及びTiN膜の配向を制御するためには，これらの膜の形成方法や形成条件の検討に加えて，下地絶縁膜の表面状態制御が重要であると考えられる。最近，Onodaら⁸⁾は下地絶縁膜の表面ラフネスの低減がTi膜の(002)配向の向上に有効であることを報告した。しかしながら，ラフネス以外の下地表面制御によるTi膜高配向化に関しては報告がなされていない。

本研究では，Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti積層配線のEM寿命向上を目的に，下地絶縁膜の大気中放置が配線膜各層の結晶配向性及びミクロ構造に及ぼす影響を調べた。下地絶縁膜として，B濃度の異なるBPSG (Borophosphosilicate glass) 膜を用いた。その結果，BPSG膜のB濃度及び大気放置時間の増加に伴って配線膜のTi(002)，TiN(111)及びAl(111)配向性が著しく改善され，EM寿命が向上することが見

出された。

2. 実験方法

2.1 配線金属膜の構造と形成プロセス

Fig. 1にAl-Si-Cu/Ti/TiN/Ti積層配線の断面構造を示す。配線中の各層は以下の役割を果たす。最下層Ti (1stTi) 膜はコンタクト部でSiに対する接触抵抗を低減する役割を果たす⁹⁾。TiN膜は1stTiNと2ndTiNの2層からなる。1stTiN膜はAl合金とSiの相互拡散を防ぐバリア層である。2ndTiN膜は，1stTiN膜形成後大気中に取り出した際，その表面に吸着した酸素が上層のTi膜に拡散するのを防ぐバリア層であり，Al合金のコンタクトホール充填を可能にする。さらに，2ndTiはAl合金膜の(111)配向を向上させる働きをする。

本配線構造は以下のように作製した。まず，下地絶縁膜であるBPSG膜をプラズマCVD法によりSi(100)基板の上に堆積し，酸素中で900℃，30分の熱処理を行った。膜中のB濃度は0～4.4wt%の範囲で変化させ，P濃度は3wt%に固定した。次に，この絶縁膜を恒温・恒湿 (~ 23℃ ， 60% R. H.) の大気中に0.5～360時間放置後，その表面にTiN/Ti膜をスパッタにより堆積した。その後，試料を一旦大気中に取り出し，TiN膜のバリア性を高めるために窒素中で700℃，3分間の熱処理を行った後，再びスパッタによりAl-Si-Cu/Ti/TiN膜をその表面に堆積し

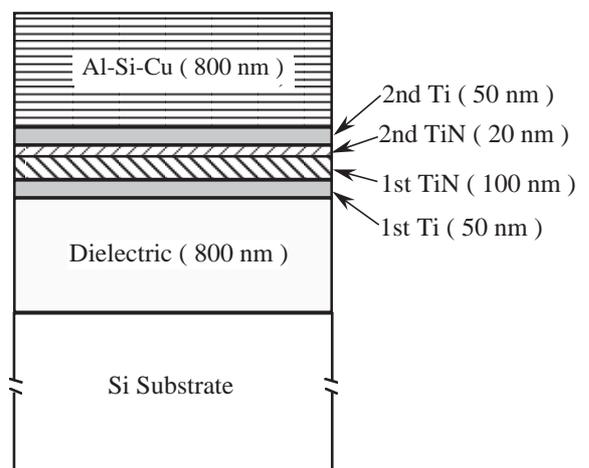


Fig. 1 Schematic diagram of Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti interconnect structure.

た。スパッタ装置として、ベース真空度 2×10^{-8} TorrのDCマグネトロンマルチチャンバスパッタリングシステム (MRC製Eclipse-E242) を用いた。基板温度は、Ti及びTiN膜堆積時には350℃、Al-Si-Cu膜堆積時には500℃に設定した。

2.2 結晶配向性と膜構造の評価

TiN/Ti膜及びAl-Si-Cu膜 (Ti/TiN/Ti膜上に形成) に対して結晶配向性と膜構造の評価を行った。TiN/Ti膜の結晶配向性は θ - 2θ 法によるX線回折により評価し、Al-Si-Cu膜の結晶配向性はAl(111)回折ピークのロッキングカーブ測定により評価した。いずれもX線源にはCoK α を用いた。膜構造はいずれの試料もSEM観察により評価した。また、Al-Si-Cu膜の表面平坦性を反射率 (波長365nm) 及び粗さ測定により評価した。

さらに、下地絶縁膜に対しては、表面近傍の水分子の分布をSIMSによる深さ方向分析により評価した。測定装置はATOMICA製A-DIDA3000を用いた。

2.3 エレクトロマイグレーション寿命の評価

EM寿命を評価するために、Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti積層膜を通常のフォトリソグラフィ及び反応性イオンエッチングプロセスにより線幅 $2\mu\text{m}$ 及び $0.5\mu\text{m}$ の配線パターンに加工し、フォーミングガス ($\text{N}_2 + 10\% \text{H}_2$) 中で420℃、20分のシンターを行った。これら2種類の試料に対し、雰囲気温度195℃でEM試験を行った。試験電流密度は $2\mu\text{m}$ 及び $0.5\mu\text{m}$ 配線に対してそれぞれ $4\text{MA}/\text{cm}^2$ 及び $7\text{MA}/\text{cm}^2$ に設定した。

3. 結果及び考察

3.1 下地絶縁膜の大気放置の影響

3.1.1 TiN/Ti膜の結晶配向性及び膜構造

B濃度及び大気放置時間の異なる絶縁膜上に堆積したTiN/Ti膜に対し、 θ - 2θ 法によりX線回折を行った。測定した全ての試料の回折パターンからTi(002)、Ti(011)及びTiN(111)の3つのピークが観察された。これらのピーク強度の下地絶縁膜のB濃度及び大気放置時間に対する依存性をFig. 2に示す。下地絶縁膜のB濃度及び大気放置時間の増加に対し、Ti(002)強度は増加するが、Ti(011)強度は一定もしくは減少の傾向にある。また、TiN(111)強度は

Ti(002)強度とほぼ同じ依存性を示している。この結果から、絶縁膜のB濃度及び大気放置時間の増加に伴って、Ti膜の(002)配向及びTiN膜の(111)配向が向上することが分かる。TiN(111)配向がTi(002)配向と類似の依存性を示しているのは、これらの結晶面の原子配置が非常に近いために結晶学的情報が下層Ti膜から上層TiN膜へと引き継がれたためと考えられる⁵⁾。

Fig. 3に上記実験で得られた高配向及び低配向TiN/Ti膜のSEM写真を示す。前者は4.4wt%のBを含み360時間大気放置した絶縁膜上に、後者はBを含まず0.5時間大気放置した絶縁膜上に形成したものであり、前者のTi(002)及びTiN(111)ピーク強度は後者のそれらの約10倍である。Fig. 3より、高配向膜(a)は低配向膜(b)に比べて表面凹凸が極めて小

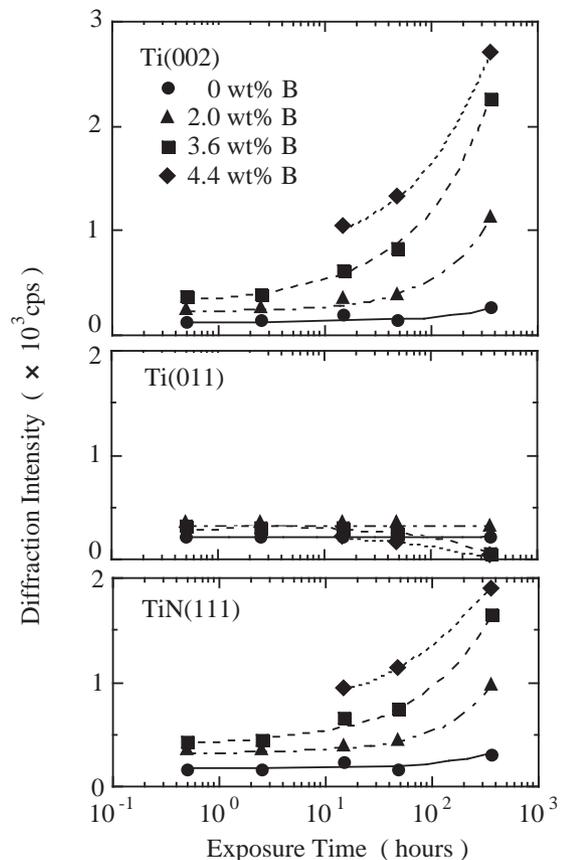


Fig. 2 Ti(002), Ti(011), and TiN(111) diffraction peak intensities for TiN/Ti films as a function of air exposure time of dielectric films with 0, 2.0, 3.6, and 4.4 wt. % boron.

さいことがわかる。また，高配向膜(a)は微細なコラム構造であることがわかる。

3.1.2 Al-Si-Cu膜の結晶配向性及び膜構造

B濃度及び大気放置時間の異なる絶縁膜上にAl-Si-Cu/Ti/TiN/Ti膜を形成し， θ - 2θ 法によりX線回折を行った。その結果，Alに関連する回折ピークとして，極めて強いAl(111)ピークと弱いAl₃Ti(112)ピークの2つがどの試料からも観察された。このAl₃Ti(112)ピークの存在は，Al-Si-CuとTiの界面に反応層が形成されていることを示しており，これまでの報告と一致する¹⁰⁾。

上記試料に対してAl(111)配向性の程度を評価するために，Al(111)回折線のロッキングカーブを測定しそのピーク強度および半値幅を求めた。Fig. 4にAl(111)ロッキングカーブのピーク強度及び半値幅の下地絶縁膜のB濃度及び大気放置時間に対する依存性を示す。B濃度及び大気放置時間の増加に伴ってピーク強度が増加，半値幅が減少しており，

Al(111)配向性が向上することがわかる。また，Al(111)ピーク強度の変化は，Fig. 2のTiN(111)のB濃度及び大気放置時間依存性に類似していることがわかる。さらに，Al₃Ti(112)ピーク強度のB濃度及び大気放置時間依存性を調べた結果，Al₃Ti(112)ピーク強度も同様の依存性を示すことが確認された。Al₃Ti(112)面はTi(002)面及びAl(111)面と原子配置が近く，両者に対してエピタキシーの関係が成立しうるとの報告がなされている⁸⁾。従って，上記結果は1stTiN膜の(111)配向が2ndTiN膜の(111)配向，2ndTi膜の(002)配向及びAl₃Ti(112)配向を経て最上層Al-Si-Cu膜の(111)配向に引き継がれたためと考えることができる。

Fig. 4において，Al(111)ロッキングカーブの半値幅は下地絶縁膜のB濃度が4.4wt%で大気放置時間が360時間のとき0.63°に達している。この値は，Ti膜あるいはTiN膜上に形成したAl合金膜に対する

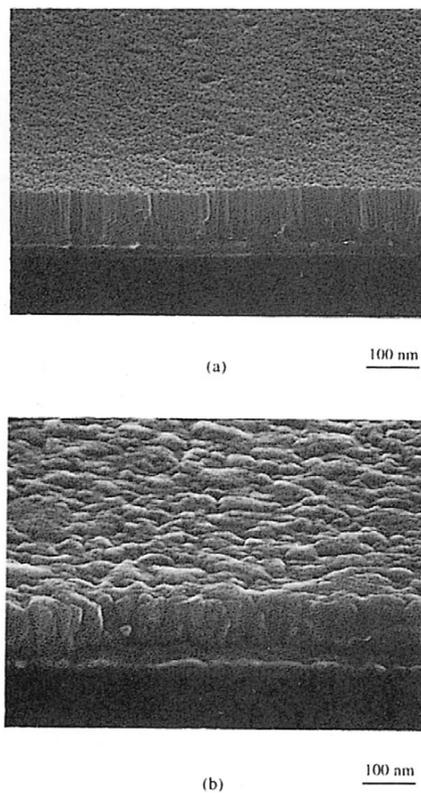


Fig. 3 Typical SEM photographs of (a) highly and (b) less oriented TiN/Ti films.

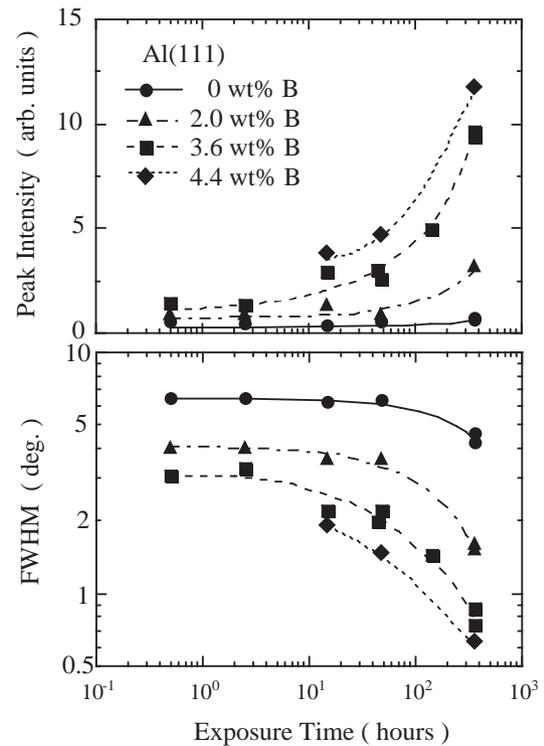


Fig. 4 Peak intensity and full width at half-maximum (FWHM) value of Al(111) rocking curve for Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti films as a function of dielectric films with 0, 2.0, 3.6, and 4.4 wt. % boron.

これまでの最小値であり，非晶質Ta-Al膜上で得られているAl合金膜における最小値 0.5° に匹敵する³⁾。

Fig. 4の試料に対し，Al-Si-Cu膜表面の反射率及び粗さを測定した。それらのAl(111)半値幅依存性をFig. 5に示す。半値幅 (FWHM) の減少に伴って反射率は増加，表面粗さは減少しており，Al(111)配向性の向上に伴ってAl-Si-Cu膜の表面平坦性が向上することが分かる。Fig. 6にAl(111)半値幅 0.63° と 4.2° のAl-Si-Cu膜の表面SEM写真を示す。半値幅 0.63° の高配向膜は半値幅 4.2° の低配向膜に比べて表面平坦性に優れ，粒径も大きいことが明瞭に観察される。

3.2 最下層Ti膜の高配向化メカニズム

上述のように，下地絶縁膜のB濃度及び大気放置時間の増加に伴って，Al-Si-Cu膜のAl(111)配向性および表面平坦性が向上し，さらに粒径も増大することが見出された。前述のように，このAl(111)配向性の向上は最下層Ti膜の(002)配向性の向上に基づく。そこで，最下層Ti膜の(002)配向性向上の原因について検討した。

下地絶縁膜がTi膜の結晶配向性に影響を及ぼす要因として，(1)絶縁膜に吸収もしくは吸着された水分の作用，(2)絶縁膜の表面ラフネス，(3)絶縁膜

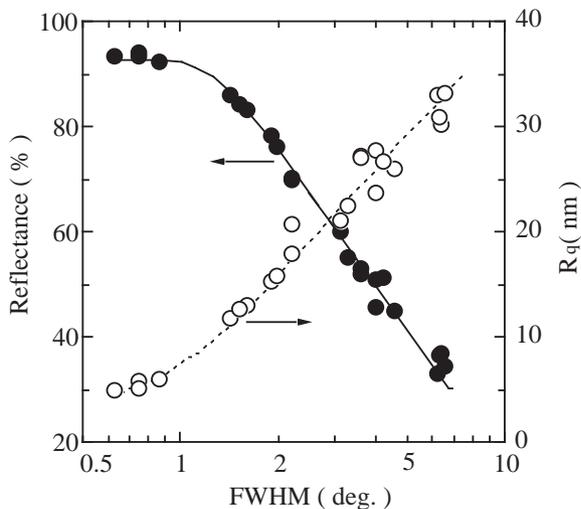


Fig. 5 Reflectance and root mean square roughness (R_q) of Al-Si-Cu surfaces as a function of Al(111) FWHM value for all the samples shown in Fig. 4.

中のBの作用，が挙げられる。BPSG膜は，B濃度が高いほど吸湿しやすく，大気放置によって吸湿が進行することはよく知られている¹¹⁾。従って，Ti(002)配向の向上はBPSG膜の吸湿量の増加に関連づけることができる。一方，下地絶縁膜の表面ラフネスやB濃度は，大気放置によって変化しないと考えられ，Ti(002)配向の大気放置時間依存性を説明できない。従って，下地絶縁膜表面の水分の作用がTi(002)配向の向上原因である可能性が最も高い。

そこで，BPSG膜の吸湿量のB濃度及び大気放置時間依存性を評価するために，種々のBPSG膜に対してSIMSにより水素原子濃度のデプスプロファイル測定した。結果をFig. 7に示す。いずれの試料においても表面近傍にバックグラウンドレベル (10^{20} atoms/cm³)を上回る濃度の水素が検出されており，その表面濃度及び侵入深さはB濃度が高く大気放置時間が長いほど増加していることが分かる。

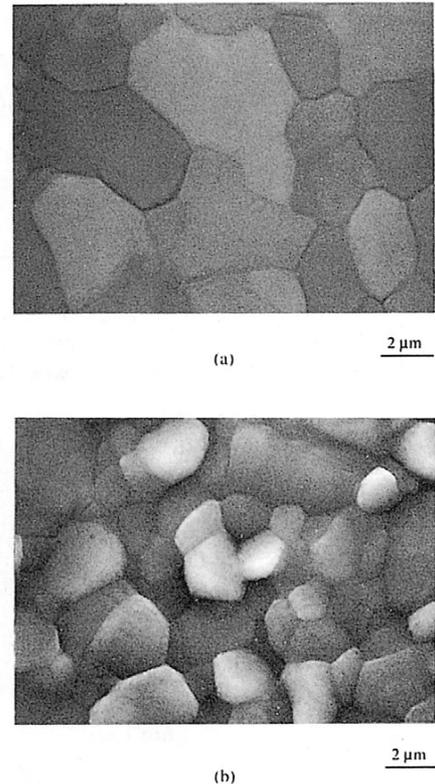


Fig. 6 SEM photographs of surfaces of Al-Si-Cu films with Al(111) FWHM values of (a) 0.63° and (b) 4.2° .

従って、絶縁膜の吸湿量はB濃度及び大気放置時間と共に増加しており、Ti(002)配向の変化と同様の傾向をもつ。

下地絶縁膜に吸収された水分がTi(002)配向の向上に寄与しているとする、大気放置以外の吸湿方法、例えば水中への下地絶縁膜の浸漬によっても、Ti(002)配向は向上するはずである。一方、吸湿した下地絶縁膜中の水分を真空加熱などによって脱離させることにより、Ti(002)配向は逆に低下することが予想される。そこで、これらのことを確認するための実験を行った。

まず、BPSG膜の純水中への浸漬がTi膜およびTi/TiN/Ti膜上のAl-Si-Cu膜の配向性に及ぼす影響について調べた。BPSG膜はB濃度が3.6wt%で15時間の大気放置を行ったものを使用した。純水の温度は95℃、浸漬時間は0.5～3時間とした。Fig. 8にTi(002)回折強度及びAl(111)ロックアップカーブ半値幅の純水浸漬時間依存性を示す。Ti(002)強度及びAl(111)半値幅いずれも浸漬の初期に急激に変化し、約1時間経過後ほぼ一定値を示すことがわかる。浸漬1時間でのTi(002)強度及びAl(111)半値幅はそれぞれ約3000cps及び0.65°に達している。これらの値はB濃度4.4wt%で大気放置360時間のBPSG膜に対

して得られた値 (Fig. 2及びFig. 4) にほぼ等しい。Fig. 9にSIMSにより測定したB濃度3.6wt%で純水浸漬1時間のBPSG膜及びB濃度4.4wt%で大気放置

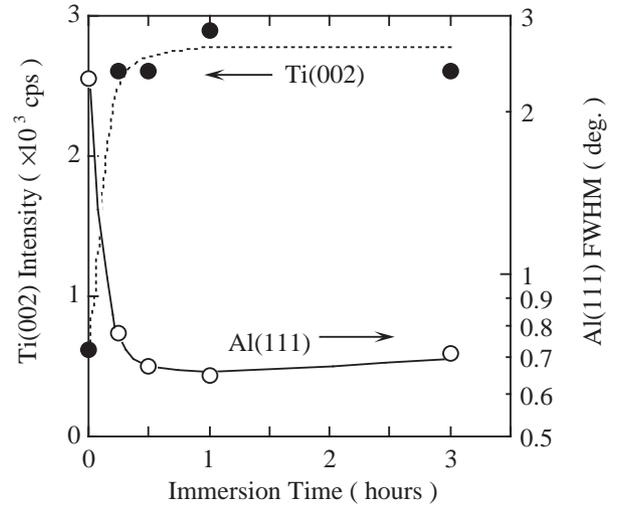


Fig. 8 Ti(002) diffraction intensity for TiN/Ti films and Al(111) FWHM value for Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti films as a function of immersion time of dielectric film (3.6 wt. % B) in hot (95°C) water.

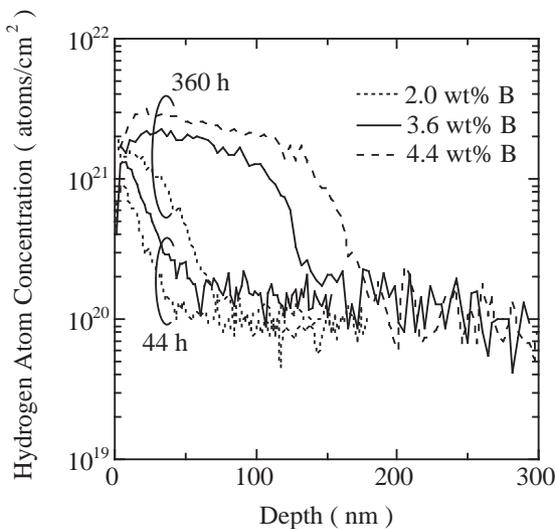


Fig. 7 SIMS depth profiles of hydrogen atoms for dielectric films with different boron contents (2.2, 3.6, and 4.4 wt. %) and air exposure times (44 h and 360 h).

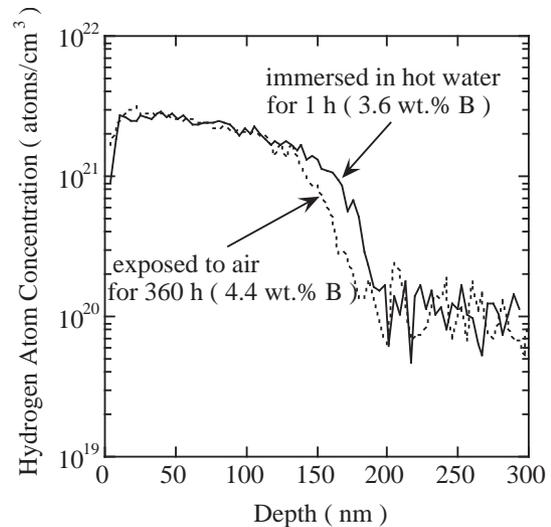


Fig. 9 SIMS depth profiles of hydrogen atoms for dielectric film with 3.6 wt. % B and 1 h water-immersion and dielectric film with 4.4 wt. % B and 360 h air-exposure.

360時間のBPSG膜に対する水素濃度デプスプロファイルを示す。両試料の表面近傍（深さ<120nm）での水素濃度プロファイルはほぼ一致することがわかる。従って、Ti膜のTi(002)配向性については最上層Al合金膜のAl(111)配向性は、吸湿方法に依らず下地絶縁膜表面近傍の水分濃度に密接に関連する。

Fig. 8において、Ti(002)強度及びAl(111)半値幅はいずれも浸漬1時間以降で飽和傾向を示している。Yoshimaruら¹¹⁾は、120 °Cの飽和水蒸気中に8~32時間放置したBPSG膜に吸収された水分の表面濃度及び侵入深さをSIMS分析により評価し、侵入深さは放置時間と共に増加するが表面濃度はある値に飽和することを報告している。従って、Fig. 8のTi(002)強度及びAl(111)半値幅の浸漬1時間以上の飽和はBPSG膜の表面水分濃度の飽和に起因すると考えられる。

次に、吸湿した下地絶縁膜の真空加熱がTi膜の配向性に及ぼす影響を調べた。BPSG膜に吸収された水分は280 °C付近に脱離のピークをもつことがTDS (Thermal Desorption Spectroscopy) 分析により確認されている¹¹⁾。従って、350 °Cでの加熱はBPSG膜中の水分の脱離をもたらす。そこで、4.4wt%のBを含み15時間の大気放置を行ったBPSG膜に対して、350 °Cでの真空加熱時の水分脱離状況をTDSにより調べた。その結果、5分間以上の加熱によりBPSG膜中の水分の大部分が脱離することが確認された。また、本実験では基板温度350 °CでTi成膜を行っているが、基板加熱開始から成膜までの時間は約5秒であり、この間に脱離する水分はごく一部であることも確認できた。そこで、B濃度が0~4.4wt%で15時間の大気放置を行った4種類のBPSG膜に対して、Tiスパッタ直前に同一装置の別チャンバ内で350 °C、5分間の加熱を行い、その表面に成膜したTi膜の配向性を評価した。Fig. 10に真空加熱したBPSG膜上及び加熱していないBPSG膜上に成膜したTi膜に対するTi(002)強度のB濃度依存性を示す。加熱しない場合、Ti(002)強度はB濃度と共に増加するが、真空加熱によってTi(002)強度はB濃度依存性を示さなくなることがわかる。この結果は、下地絶縁膜表面の水分がTi(002)配向の向上に寄与しており、Bはそれ自身はTi膜の配向

性に影響を及ぼさないことを明瞭に示している。

上記結果より、最下層Ti膜の(002)高配向化は下地絶縁膜表面近傍の水分が原因であることが示された。では、なぜ下地絶縁膜表面近傍の水分によってTi膜の(002)配向が向上するのであろうか？シリカガラス表面に及ぼす水の作用として、表面への水分吸着によりシラノール基 (Si-OH) が形成され、表面エネルギーが低下することは良く知られている¹²⁾。従って、Ti膜高配向化のメカニズムとして、シラノール基形成に基づくBPSG膜の表面エネルギー低下によるTiの自己配向促進が考えられる。表面エネルギーの低いBPSG表面にTi原子を堆積すると、Ti原子と表面の相互作用が小さいために、Ti原子は表面上を自由に移動し、Ti原子同士の相互作用によって最もエネルギーの低い原子配置をとろうとする。六方晶Ti結晶における最も低エネルギーの面は最密稠面である(002)面である。従って、Ti膜は(002)面が基板面と並行になるように成長し、結果として(002)配向をとる。一方、Ti原子を表面エネルギーの高い下地膜上に堆積すると、Ti原子は表面との強い相互作用のために移動が妨げられ、上記のような細密稠面配置をとることができない。

しかしながら、上記メカニズムでは、Ti膜の高配向化に關与するのはBPSG表面のシラノール基であってBPSG膜中の水分ではない。また、Ti膜の成

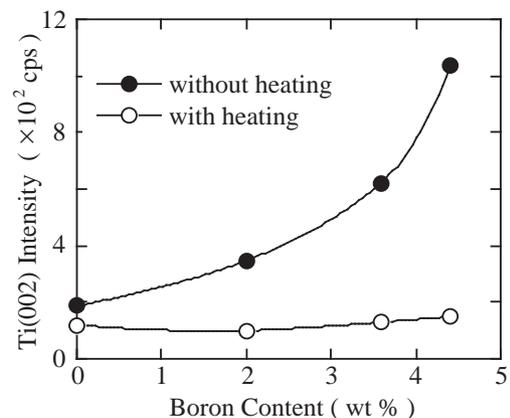


Fig. 10 Ti(002) diffraction intensity as a function of boron content of dielectric films for TiN/Ti films deposited on dielectric films with and without heating at 350 °C in vacuum.

膜時にBPSG膜は350℃に加熱されるので、加熱による表面シラノール基の密度減少や消失が考えられる。従って、上記メカニズムの正当性を実証するためには、BPSG膜における吸湿量と表面シラノール基の密度の関係及び真空加熱によるBPSG表面シラノール基の密度変化について調べる必要がある。

3.3 Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti積層配線のエレクトロマイグレーション寿命

Al(111)配向性の異なる2種類のAl-Si-Cu/Ti/TiN/Ti積層膜をいずれも2 μm 及び0.5 μm 幅の配線パターンに加工し、EM試験を行った。用いた積層膜はAl(111)半値幅が4.0°及び0.65°であり、それぞれB濃度2wt%で大気放置15時間のBPSG膜及びB濃度3.6wt%で純水(95%)浸漬1時間のBPSG膜を用いて作製した。

Fig. 11に2種類の積層膜から作製した2 μm 及び0.5 μm 幅の配線に対するEM寿命の対数正規プロットを示す。Al(111)配向性の高い配線(Al(111)半値幅; 0.65°)はいずれの線幅でも配向性の低い配線(Al(111)半値幅; 4.0°)に比べて平均寿命が約6倍

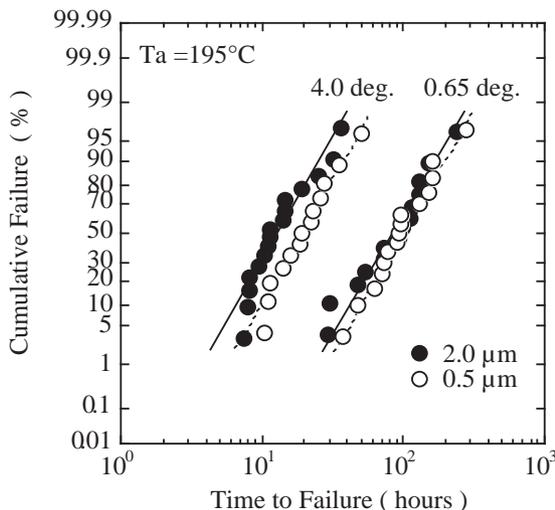


Fig. 11 Log-normal plots of EM failure time distributions for 0.5- and 2.0- μm wide Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti lines. These lines were fabricated from two kinds of layered films with Al(111) FWHM values of 4.0 and 0.65 degrees.

長いことがわかる。この結果は、Al合金配線のEM寿命とAl(111)配向性の関係に関するこれまでの報告にほぼ一致する⁵⁻⁸⁾。

一方、Al合金配線のEM寿命は粒径の増大によっても向上することが知られている¹⁾。Fig. 4に示したように、Al(111)配向性の高い膜は粒径も大きい。今回EM試験に用いた膜に対して平均粒径を評価した結果、半値幅0.63°及び4.0°の膜に対してそれぞれ2.0 μm 及び1.5 μm であった。従って、Fig. 11に示された2種類の膜に対するEM寿命の違いには粒径増大の効果も含まれている可能性がある。

EM試験後、吸湿したBPSG膜を用いて作製した高配向配線試料の表面を光学顕微鏡及びSEMにより観察した。その結果、EMによって発生したと考えられるボイド、ヒロック以外の不具合は観察されなかった。

以上の結果から、本手法はAl合金配線の信頼性を向上させる有効な方法であると結論される。

4. まとめ

Al-Si-Cu/Ti/TiN/Ti積層膜のAl(111)配向性が下地BPSG膜の大気中放置あるいは純水浸漬によって著しく改善されることが見出された。X線回折のAl(111)ロッキングカーブの半値幅として0.63°が得られた。この値は、Ti系下地金属膜上に形成されたAl合金膜の半値幅としてはこれまでの最小値である。さらに、Al(111)配向性の向上に伴い、Al合金膜の表面が平坦化され、粒径が増大することも見出された。

上述のAl(111)配向の向上は、最下層Ti膜の(002)配向が上層TiN膜の(111)配向及びTi膜の(002)配向を經由して最上層に反映された結果である。最下層Ti膜の(002)配向性向上の原因について調べた結果、Ti(002)配向はBPSG膜表面近傍の水分濃度に密接に関連していることが分かった。

Al(111)配向性の異なる積層配線のEM寿命を評価した結果、高配向化に伴って配線のEM寿命が向上することが確認された。

最後に、本研究の実験全般にわたって当所半導体プロセス研究室林栄子氏に協力して頂いた。また、SEM観察については当所分析部の多田雅昭氏ならびに門浦弘明氏に協力して頂いた。

参考文献

- 1) Vaidya, S. and Sinha, A. K. : Thin Solid Films, 75(1981), 253
- 2) Knorr, D. B. and Tracy, D. P. : Appl. Phys. Lett., 59(1991), 16
- 3) Toyoda, H., et al. : Proc. the 32nd Int. Reliability Physics Symp., (1994), 178, IEEE
- 4) Onoda, H., et al. : J. Appl. Phys., 77(1995), 885
- 5) Shibata, H., et al. : Jpn. J. Appl. Phys., 32(1993), 4479
- 6) Olowolafe, J. O., et al. : Appl. Phys. Lett., 62(1993), 2443
- 7) Kaizuka, T., et al. : Jpn. J. Appl. Phys., 33(1993), 470
- 8) Onoda, H., et al. : Proc. the 34th Int. Reliability Physics Symp., (1996), 139, IEEE
- 9) Sekiguchi, M., et al. : J. Vac. Sci. Technol., B12(1994), 2992
- 10) Inoue, I., et al. : J. Electrochem. Soc., 141(1994), 1056
- 11) Yoshimaru, M., et al. : J. Electrochem. Soc., 143(1996), 3032
- 12) Dunken, H. H. : Treatise on Materials Science and Technology Vol. 22 Glass III, Ed. by Tomozawa, M. and Doremus, R. H., (1982), 1, Academic Press, New York

著者紹介



吉田友幸 Tomoyuki Yoshida
 生年：1955年。
 所属：半導体プロセス研究室。
 分野：LSI配線の信頼性に関する研究。
 学会等：応用物理学会会員。



橋本昭二 Shoji Hashimoto
 生年：1962年。
 所属：半導体プロセス研究室。
 分野：半導体プロセス，特にLSI配線技術の研究開発。
 学会等：応用物理学会会員。



細川秀記 Hideki Hosokawa
 生年：1963年。
 所属：機能デバイス研究室。
 分野：有機発光デバイスの研究開発。
 学会等：応用物理学会会員。



大脇健史 Takeshi Ohwaki
 生年：1956年。
 所属：特別研究室。
 分野：薄膜の表面・界面に関する研究。
 学会等：応用物理学会，日本化学会，
 日本表面科学会会員，
 工学博士。



光嶋康一 Yasuichi Mitsushima
 生年：1953年。
 所属：半導体プロセス研究室。
 分野：Si半導体プロセス。
 学会等：応用物理学会会員。
 工学博士。



多賀康訓 Yasunori Taga
 生年：1944年。
 所属：特別研究室。
 分野：薄膜・表面界面物性研究。
 機能薄膜の開発と応用。
 学会等：電気学会，表面技術協会，
 Am. Vac. Soc., IEEE, Mater. Res. Soc.
 会員。
 工学博士。