

第 2 章

低化成電圧で作製した Ta_2N 陽極酸化膜キャパシタの耐熱特性

低化成電圧で作製した Ta₂N 陽極酸化膜キャパシタの耐熱特性

正員 佐々木克孝[†] 正員 山根美佐雄^{††}
 正員 阿部 良夫[†] 正員 野矢 厚^{††}

A Study on the Heat-Proof Properties of Ta₂N Anodized Thin Film Capacitors Prepared at Low Anodization Voltage

Katsutaka SASAKI[†], Misao YAMANE^{††}, Yoshio ABE[†] and Atsushi NOYA^{††}, Members

あらまし Ta₂N 陽極酸化膜キャパシタの有する高耐熱な特徴が、酸化膜厚を薄くした際にどの程度まで維持できるかを明らかにするため、化成電圧を低減させて作製したキャパシタの tanδ、容量温度係数および漏れ電流特性に及ぼす熱処理温度の増加の影響を検討し以下の知見を得た。80V 程度まで化成電圧を低減させた陽極酸化膜キャパシタでも、熱処理温度が 400°C までの範囲であれば tanδ と容量温度係数に熱劣化は生じない。漏れ電流特性についても、化成電圧を低減させても定性的に同様な傾向を示し、電気伝導機構に変化はない。一方、80V 化成したこの Ta₂N 陽極酸化膜キャパシタの漏れ電流特性は、熱処理温度 300°C まではほとんど変化しないが、350°C では急増する。しかしながら、同じ静電容量が得られる 160V 化成した Ta 陽極酸化膜キャパシタと比較すると、この 80V 化成した Ta₂N 陽極酸化膜キャパシタは、tanδ、容量温度係数、漏れ電流のいずれの点でも耐熱性が大幅に改善される。以上のことより、Ta₂N 化合物の利用は酸化膜を薄くしても耐熱性を保持するうえで極めて有効な方策となることを明らかにした。

キーワード Ta₂N 化合物, 陽極酸化膜キャパシタ, tanδ, 容量温度係数, 漏れ電流特性

1. ま え が き

Ta 陽極酸化膜を誘電体とする薄膜キャパシタは、作製が簡便であって、比較的誘電率が大きい割に絶縁耐圧が高く、しかも誘電損 (tanδ) や容量温度係数 (TCC) が小さいといった優れた初期特性を示すため、現在広く利用されている電気化学部品の一つである。しかしながらこの薄膜キャパシタには、200°C 程度以上の雰囲気中に保持すると損失特性が劣化し、耐熱性に優れたものが得難いという欠点がある⁽¹⁾。一方、近年のカーエレクトロニクスに代表されるように各種システムのエレクトロニクス化が急速に進展するのに伴い、これらの機器を構成している電気電子部品が苛酷な条件下で使用される機会が増大しつつあり、このような傾向は今後ますます強まるものと予測される。

従って、この薄膜キャパシタに高温動作時の信頼性も保証できるように、耐熱性をもたせようとする試みは充分な意義がある。

Ta 陽極酸化膜キャパシタが示す耐熱性に乏しいという欠点は、Ta 膜中に窒素原子を添加することによりある程度まで改善できることが既に知られている^{(1),(2)}。筆者らもこのことを確認すると共に、その原因は、熱処理時に生じる酸素原子の下地金属方向への拡散が、添加された窒素原子の存在によって物理的に阻害されることによるものであることを指摘した⁽³⁾。また、この立場を更に一步進めた前報⁽⁴⁾では、窒化物の状態にある Ta₂N 膜の陽極酸化膜を用いることによって、400°C の熱処理によっても損失特性が劣化せず、耐熱性を著しく改善できることを報告した。しかしながら、このような高耐熱特性は化成電圧を 160V に設定して作製した Ta₂N 陽極酸化膜の場合に確認したものであり、このときの静電容量, C の値は同一化成電圧で作製した Ta 陽極酸化膜のそれと比較すると約 1/2 である。

従って、陽極酸化膜キャパシタとして Ta の代わりに Ta₂N 化合物膜を利用することの優位性を確認するた

[†] 北見工業大学工学部機能材料工学科, 北見市
 Faculty of Engineering, Kitami Institute of Technology,
 Kitami-shi, 090 Japan

^{††} 北見工業大学工学部電気電子工学科, 北見市
 Faculty of Engineering, Kitami Institute of Technology,
 Kitami-shi, 090 Japan

めには、ほぼ同一の C の値が得られるものについてその耐熱性を比較する必要がある。そこで本研究では、160V 化成した Ta 陽極酸化膜の C の値に相当するまで酸化膜厚を薄くした場合、 Ta_2N 陽極酸化膜キャパシタの耐熱特性がどこまで保持できるかを検討することとした。その結果、Ta に替えて Ta_2N を利用することは、陽極酸化膜厚を薄くした場合でも耐熱特性の向上を図るうえで有効であることがわかったので以下に報告する。

2. 被測定試料と実験方法

試料の作製方法は前報⁽⁴⁾と同様であり、 Ta_2N 膜は RF2 極スパッタ装置を用いてリアクティブスパッタすることによって膜厚を約 5000Å として作製した。基板には通常のガラス基板を用いた。作製した膜は、X 線回折とオージェ電子分光分析によって結晶構造と原子組成を調べた結果、膜中に若干の酸素原子と炭素原子が取り込まれているものの、十分に Ta_2N 膜と見なせることを確認した。この Ta_2N 膜の陽極酸化は、2wt.% ほう酸アンモニウム水溶液中で室温にて定電流-定電圧法によって行った。このとき、定電流密度はすべての試料作製に対して $3\text{mA}/\text{cm}^2$ で一定とし、定電圧状態では到達した所定の化成電圧状態に 1 時間保持することで電流密度を十分に低減させた。

このようにして作製した陽極酸化膜の電気的特性を評価するため、酸化膜上に金属マスクを通して $2 \times 2\text{mm}^2$ の寸法に上部電極として Al を真空蒸着し、平行平板形の薄膜キャパシタとした。このキャパシタの耐熱特性を評価するため、種々の温度で大気中、2 時間熱処理を行った後のキャパシタ特性を比較検討した。その際、キャパシタ特性としての C の値および $\tan\delta$ は LCR メータによって周波数 1kHz で測定し、TCC は 30°C および 60°C の C の値より算出した。また漏れ電流の測定にはエレクトロメータを用い、それぞれの印加電圧に対する特性値としては、Al 上部電極に正の直流定電圧を印加後 3 分経過値を採用した。なお、以下に示す C の値、 $\tan\delta$ 、TCC および漏れ電流に対する特性値は、5 個の被測定試料から得た値の平均値であり、被測定試料間のばらつきの程度は、 $\pm 5\%$ 以内である。

3. 実験結果と検討

3.1 C 、 $\tan\delta$ 、TCC について

最初に、 Ta_2N の陽極酸化膜キャパシタに対する C の値の化成電圧依存性を図 1 に示す。参照データとし

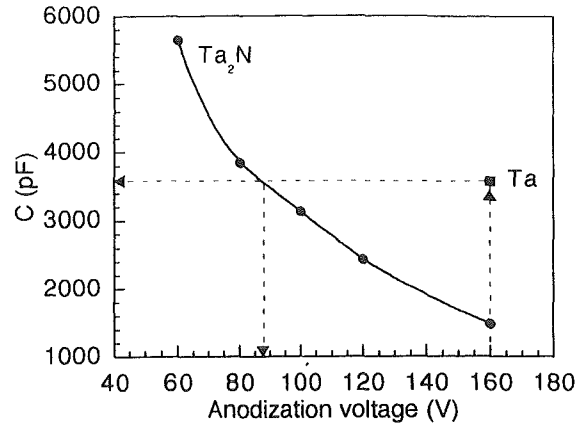


図1 化成電圧に対する Ta_2N 陽極酸化膜キャパシタの静電容量
Fig.1 Capacitance of Ta_2N anodized thin film capacitors for anodization voltage.

て図中には、前報⁽⁴⁾と同じ化成電圧 160V で化成したときの Ta 陽極酸化膜の C の値も併せて示してある。このときの Ta 陽極酸化膜キャパシタの C の値を基にして、単位電圧当たり形成される陽極酸化膜厚、すなわち化成の速さを文献値と同様に $17\text{\AA}/\text{V}$ ⁽⁵⁾ と見なして Ta 陽極酸化膜の比誘電率を求めると、約 27 となりバルク状態の Ta_2O_5 の値 25 にほぼ一致する。一方 Ta_2N の陽極酸化膜の化成速度の値は不明であるが、Juergens⁽⁶⁾ は Ta_2N 膜の陽極酸化過程を調べ、「窒素原子は陽極酸化の反応に関与せず、 Ta_2N 陽極酸化膜中に化学的な結合を持たずに存在する」と推察している。そこでこの推察が正しいものと仮定すると、 Ta_2N の場合の化成の速さも Ta の場合とほぼ同一と見なすことができるので、図 1 に示した 160V 化成の Ta_2N 陽極酸化膜の C の値から比誘電率を求めると、約 12 という値が求まる。

図 1 の結果は、上記の事項に対応して、160V 化成した Ta 陽極酸化膜キャパシタの C の値に相当する値を Ta_2N 系で得るためには、化成電圧を 90V 程度以下まで低減させて陽極酸化膜厚をほぼ半減させる必要があることを示している。酸化膜厚を薄くした場合、本研究の意図である高耐熱で信頼性に優れた陽極酸化膜キャパシタを実現するうえで懸念される問題点が二つ存在する。その第 1 は、前報⁽³⁾でも既に述べたように、熱劣化の原因が熱処理時に生じる陽極酸化膜中の酸素原子の下地金属方向への拡散に伴う酸化膜の化学量論性のずれによるものであるとすれば、酸化膜が薄い程、酸化膜表面から下地金属界面までの酸素原子の拡散到達距離が短くなるので、より低温の熱処理によって劣化が生じないかという問題である。第 2 は、薄い酸化

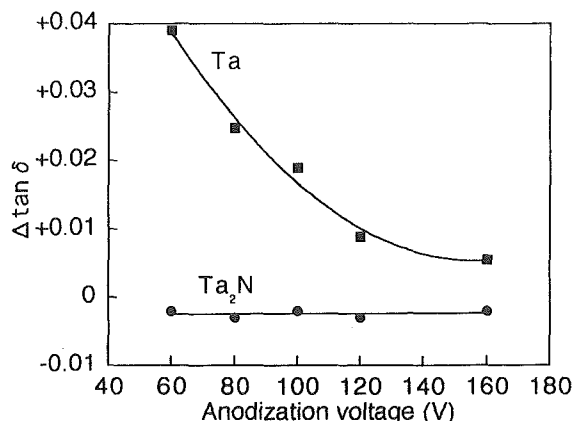


図2 TaおよびTa₂N陽極酸化膜キャパシタの250°C熱処理後の $\Delta \tan \delta$ の変化

Fig. 2 Variation of $\Delta \tan \delta$ of Ta and Ta₂N anodized thin film capacitors after heat-treatment at 250°C.

膜の場合程，実効的な電界強度が増加することになるので，より容易に絶縁破壊が生じないかという問題である。そこで以後は，この2点を主眼に検討を進めることとする。

(1) 化成電圧に対する検討

そこでまず前者の問題点を検討する目的で，TaおよびTa₂Nの陽極酸化膜キャパシタを大気中，250°Cで熱処理した場合，その $\tan \delta$ が化成電圧の違いによっていかなる影響を受けるかを比較検討する。図2はその結果であり，両者の $\tan \delta$ の変化の様子を，それぞれの化成電圧で作製したときの熱処理前の $\tan \delta$ の値を基準とし，熱処理を施したことによる $\tan \delta$ の増加量または減少量を， $\Delta \tan \delta$ として比較している。この図からわかるように，窒素を含まないTa陽極酸化膜の場合は，化成電圧の値の大小にかかわらず250°Cの熱処理によってすべての $\Delta \tan \delta$ は正となり，すなわち $\tan \delta$ が増加しており，しかもその増加の程度は化成電圧の低い状態で作製したもの程著しい。従って，Ta陽極酸化膜キャパシタの場合は，前述の懸念がそのままではまわっていることを確認できる。しかしながら，Ta₂Nの陽極酸化膜キャパシタの場合はこれとは対照的である。すなわち，図2が示すように化成電圧を60V程度まで低減させても，250°C程度までの熱処理であれば $\tan \delta$ の増加は全く観測されず，むしろ熱処理前よりも低損失な状態となっている。それ故，化成電圧を低減させて酸化膜厚を薄くしても，Ta₂N陽極酸化膜の示す耐熱的な特長は保持できることがわかる。その理由としては次の2点を考えることができる。1点目は，Juergens⁽⁶⁾が指摘するように，Ta₂N陽極酸化膜中の

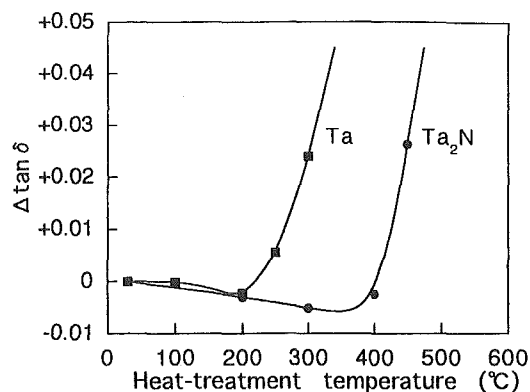


図3 80V化成したTa₂N陽極酸化膜キャパシタと160V化成したTa陽極酸化膜キャパシタの $\Delta \tan \delta$ に及ぼす熱処理温度の影響

Fig. 3 Influence of heat-treatment temperature on $\Delta \tan \delta$ of Ta₂N and Ta anodized thin film capacitors prepared at 80V and 160V, respectively.

窒素原子が，Taや酸素原子と結合せずTa酸化物中の格子間位置を占有して存在することによるものである。このことは，熱処理時に生じる下地金属方向への酸素原子の拡散に対して物理的な阻害要因として働くこととなり，前報⁽³⁾の窒素添加したTa-N系陽極酸化膜中の窒素原子と同様な役割を果たすことになる。2点目は，我々が本Ta₂N系の安定性にとってより本質的と考える理由であり，上部酸化層からの酸素拡散に伴って下地金属となっているTa₂N化合物の酸化が進行するためには，Ta-N間の化学結合を切断するための余分なエネルギーを必要とすることによるものである。後者の効果は，格子間位置に窒素原子が存在して酸素拡散を物理的に阻害する前者の効果よりも，エネルギー的に大きな活性化過程を経ることを要するため，酸素拡散はより顕著に抑制されることになる。従って，Ta₂N陽極酸化膜キャパシタの耐熱性は物理的に窒素含有するTa-N系の場合よりも向上するものと期待できる。とりわけ後者の要因は，酸化膜表面から下地金属界面までの酸素原子の拡散到達距離の大小とはかわりがない。そのため，この過程は上部に存在している酸化層の厚さに依存しないものと考えられる。従って化成電圧を低減させて酸化膜厚を薄くした際でも，Ta₂N陽極酸化膜で熱劣化が生じにくいのはこの理由によるものと推察できる。

(2) 熱処理温度に対する検討

図2から得られた知見を更に確実なものとするため，160V化成したTa陽極酸化膜キャパシタのCの値と同程度以上の値が得られる80V化成Ta₂N陽極酸化膜キャパシタに着目して，その耐熱的な特長がどの程度

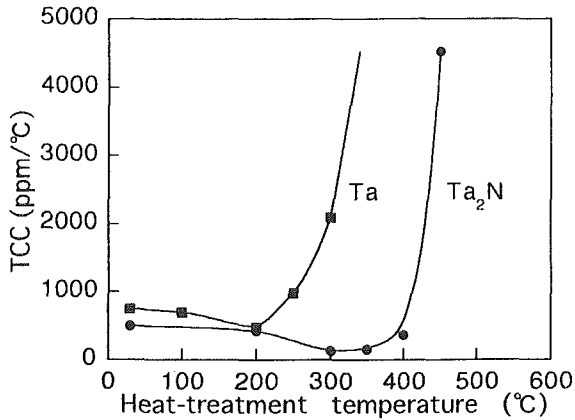


図4 80V化成したTa₂N陽極酸化膜キャパシタと160V化成したTa陽極酸化膜キャパシタのTCCに及ぼす熱処理温度の影響

Fig. 4 Influence of heat-treatment temperature on TCC of Ta₂N and Ta anodized thin film capacitors prepared at 80V and 160V, respectively.

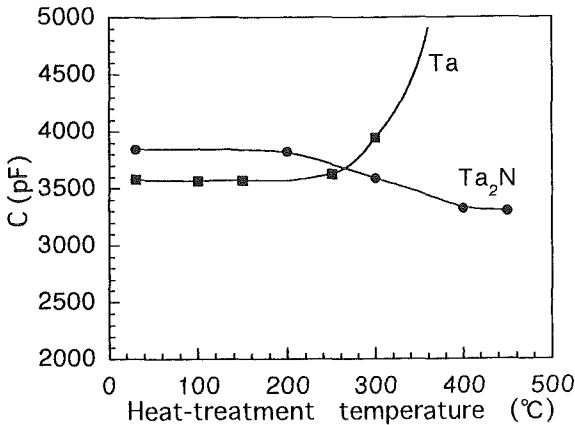


図5 80V化成したTa₂N陽極酸化膜キャパシタと160V化成したTa陽極酸化膜キャパシタの静電容量に及ぼす熱処理温度の影響

Fig. 5 Influence of heat-treatment temperature on capacitance of Ta₂N and Ta anodized thin film capacitors prepared at 80V and 160V, respectively.

の熱処理温度まで維持できるかを調べるため、より高温状態で大気中の熱処理を行った。熱処理温度の増加が $\Delta \tan \delta$ に及ぼす影響は図3に、TCCおよび C の値に及ぼす影響はそれぞれ図4と図5に、いずれの場合もほぼ同一の C の値が得られる160V化成したTa陽極酸化膜キャパシタと比較する形で示してある。図3および図4の結果より、この80V化成したTa₂N陽極酸化膜キャパシタでは、400°C熱処理後には、 $\Delta \tan \delta$ とTCCはわずかに増加しているため、前報⁽⁴⁾の160V化成の場合と比較すると劣化開始温度は若干低下しているが、耐熱的な特徴は本質的にそのまま保持していることが見て取れる。また C の値は、Taの陽極

酸化膜の場合には比較的低い熱処理温度から増加し始める一方で、Ta₂N陽極酸化膜の場合は450°C程度までの熱処理で約1割程度減少することがわかる。このような結果は、Rottersmanら⁽⁷⁾が以前に報告した結果とは対照的である。なぜなら、彼ら⁽⁷⁾は窒素を20at.%以上含有するTa-N膜を70~90V程度で陽極酸化し、大気中300°Cで熱処理したときの $\tan \delta$ とTCCの増加の割合は、190V化成したものより大きいと報告しているからである。この違いは、陽極酸化して誘電体として利用しようとする膜が、格子間位置を窒素原子が物理的に占有したTa-N膜であるか化学的に化合物を形成しているTa₂N膜であるかによるものと考えられる。このように考えると、本研究のTa₂N膜による陽極酸化膜のほうが耐熱性に優れていることになり、前述の推論の妥当性を裏付けている。従って、Ta₂N陽極酸化膜キャパシタの C の値が減少するという弱点は、耐熱的な特長を損なうことなく酸化膜厚を低減させることによって補うことができるので、このTa₂N陽極酸化膜は薄膜キャパシタ用の誘電体材料として優れた特質を有すると言える。

3.2 漏れ電流特性について

前節までの結果から、Ta₂N陽極酸化膜キャパシタの1kHz、1V程度の印加電圧に対する $\tan \delta$ とTCCは、80V程度まで化成電圧を低減させた場合でも、400°Cまでの熱処理温度に対しては著しい増加を示さず、耐熱的な特長を保持できることがわかった。そこで次の課題としては、このTa₂N陽極酸化膜キャパシタの耐熱的な特長が、酸化膜厚を薄くした場合の直流 $V-I$ 特性、すなわち漏れ電流特性の面からはどの程度まで保証され得るのかを検討する必要がある。そのため本節では、Ta₂N陽極酸化膜に対する熱処理前の漏れ電流特性の化成電圧依存性と、化成電圧を80Vに固定した場合の漏れ電流特性の熱処理温度依存性を検討する。

図6には、化成電圧を160Vから80Vまで低減させた場合の漏れ電流特性の結果を示す。この図には、Alの上部電極に正の電圧を印加した場合のみしか図示していないが、負の電圧を印加した場合もほぼ同様な結果となり、極性による顕著な違いは観測されない。またこの図より、Ta₂N陽極酸化膜の漏れ電流特性は、化成電圧80Vの場合でも、印加電圧が20V程度までの領域では化成電圧の値によらず、基本的にほぼ二つの直線部分からなっていると見なすことができる。すなわち、約4V以下の比較的低電界の部分とそれ以上の高電界の部分では電気伝導の機構が異なっていること

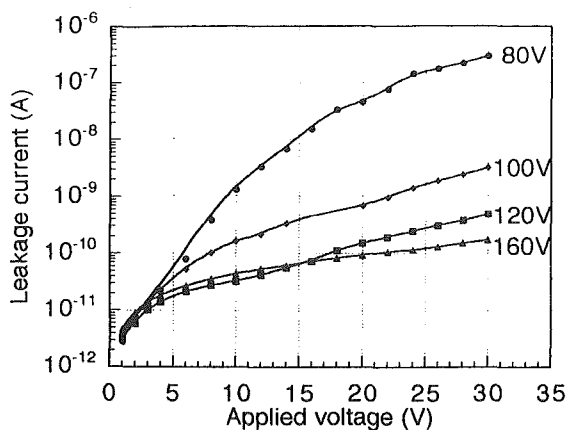


図6 化成電圧に対する Ta₂N 陽極酸化膜キャパシタの V-I 特性
Fig.6 V-I properties of Ta₂N anodized thin film capacitors for anodization voltage.

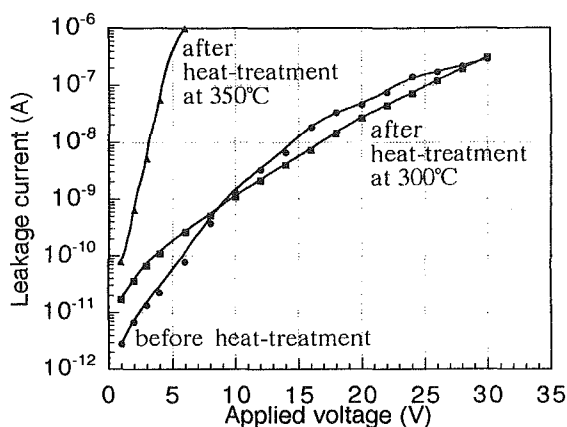


図7 化成電圧 80V で作製した Ta₂N 陽極酸化膜キャパシタの V-I 特性に対する熱処理温度の影響
Fig.7 Influence of heat-treatment temperature on V-I properties of Ta₂N anodized thin film capacitors prepared at 80V.

を意味しているが、このことは本研究の本旨からは若干ずれるので、ここではこれ以上詳細には立ち入らない。またこの図から、化成電圧を 160V から 80V まで低減させたことによる影響として、実効的な電界強度の増大に伴って漏れ電流の増加が確認できる。しかしながら、80V 化成のものでも印加電圧 20V 程度までは 10⁻⁸A 台に留まっており、実用的に問題は無い。

更に、80V 化成した Ta₂N 陽極酸化膜について、幾つかの温度で大気中の熱処理をした後の漏れ電流特性を図 7 に示す。この図より、300°C 熱処理後の漏れ電流特性は熱処理前のそれと比較してもほとんど大差がなく、ほぼ同様と見なすことができ、図 3 および図 4 の tanδ、TCC の結果とも良く対応している。しかしながら、tanδ や TCC の結果では、350°C の熱処

理によっても全く熱劣化が観測されなかったにもかかわらず、この図の 350°C 熱処理後の V-I 特性は熱処理以前とは全く異なっており、電気伝導の機構そのものが変化していることを示唆している。その原因としては、作製した Ta₂N 陽極酸化膜の状態は多くの陽極酸化膜の場合と同様に非晶質であり熱力学的には非平衡状態にあるため、一般論としては熱処理温度の増加に伴って部分的な結晶化が進行したりピンホールが発生したりすることに伴う可能性も考えることができる。しかし Ta₂O₅ との類推からすると、350°C という温度は結晶化やピンホール発生の温度と比較するとはるかに低い温度である⁽⁸⁾。従って、そのような可能性は極めて薄いことになる。これと類似した現象は、Ta 陽極酸化膜について Young⁽⁹⁾ によって観測されている。Young⁽⁹⁾ は Ta 陽極酸化膜を大気中 200°C で熱処理すると、陽極酸化膜中で中性のトラップセンタを形成していた少量の水分子が消失し、そのため伝導機構が変化し 2 けた～5 けた程度まで漏れ電流が増加するとしている。本研究の酸化膜の作製法も水溶液中の陽極酸化によるものであるため、酸化膜中に極く少量の水分子が取り込まれている可能性は充分にある。従って、図 7 で観測された 350°C 熱処理後の漏れ電流の急増は、Young の指摘と類似な原因によるものと推察できる。但し、Ta 陽極酸化膜の場合でも、200°C の熱処理によって漏れ電流が急増するにもかかわらず、tanδ、TCC はいまだほとんど変化していないのは図 3 および図 4 の結果が示すとおりである。それ故、陽極酸化膜の損失特性は、交流と直流の違いおよび印加電圧の大きさの違いがあるため、tanδ、TCC の面からの評価と漏れ電流特性の面からの評価とは必ずしも直接的には対応しないことになる。しかしながら、本研究の Ta₂N 陽極酸化膜は、化成電圧を 80V まで低減させた場合、350°C 以上の温度で熱処理した後に漏れ電流が急増するという弱点はあるものの、Ta 陽極酸化膜の場合と比較すると tanδ、TCC のみならず漏れ電流特性の面でも耐熱性が大幅に改善されていることは明白である。従って、Ta₂N 膜の酸化物を陽極酸化膜キャパシタの誘電体材料として適用することは、高耐熱で低損失な特長を維持したまま Ta の場合の C の値に相当する値以上となるまで酸化膜厚を薄くできるので、極めて有効な方策であることが確認できる。

4. む す び

Ta 陽極酸化膜キャパシタの C の値に相当する値以

上までTa₂N陽極酸化膜の厚さを薄くした場合の耐熱特性を、tanδ, TCCおよび漏れ電流特性の面から検討した。得られた結果は以下のとおりである。

(1) Ta₂N陽極酸化膜キャパシタのtanδとTCCは、80Vまで化成電圧を低減させても、400°C程度までの熱処理温度に対しては熱劣化が生じない。

(2) その理由は、下地金属がTa₂N化合物であるために容易に熱酸化せず、熱処理時に生じる下地金属方向への酸素拡散を顕著に抑制できることにある。

(3) Ta₂N陽極酸化膜の電気伝導機構は、80Vまで化成電圧を低減させても印加電圧20V程度までは酸化膜厚によらずほぼ同一の機構に従う。

(4) 80V化成したTa₂N陽極酸化膜の漏れ電流特性は、300°Cまでの熱処理に対してはほとんど影響されないが、350°C以上の熱処理で急増する。

(5) 以上の結果は、Ta陽極酸化膜が250°Cの熱処理でtanδとTCCの急増と200°Cの熱処理で漏れ電流の急増を示すことと比較すると、耐熱性が大幅に改善されたことを意味する。

(6) 残された課題として、このTa₂N陽極酸化膜キャパシタの長時間安定性にかかわって経時変化を調べる必要があり、この点については今後検討する予定である。

謝辞 本研究は文部省科学研究費補助金、試験研究(B)(1)(06555087)の補助を得て行ったものである。付記して関係各位に感謝申し上げる。

文 献

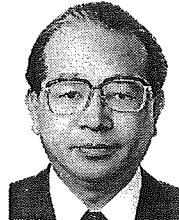
- (1) Rottersman M.H., Bill M.J. and Gerstenberg D. : "Tantalum film capacitors with improved ac properties", IEEE Trans. Components, Hybrids & Manuf. Technol., CHMT-1, 2, pp. 137-142 (June 1978).
- (2) Anders W. : "Nitrogen-doped tantalum thin film capacitors with improved temperature stability", Thin Solid Films, 27, 1, pp. 135-140 (May 1975).
- (3) 佐々木克孝, 平田憲太郎, 野矢 厚, 梅沢利二: "窒素添加したTaの陽極酸化薄膜キャパシタの熱安定性", 信学論(C-II), J73-C-II, 10, pp.643-645 (1990-10).
- (4) 山根美佐雄, 関 光, 佐々木克孝, 野矢 厚, 白重道弘: "Ta₂N陽極酸化膜による耐熱性に優れた薄膜キャパシタの作製", 信学論(C-II), J76-C-II, 8, pp.576-578 (1993-08).
- (5) 神山雅英, 菅田栄治編: "薄膜工学ハンドブック", P.I-223, オーム社(1974).
- (6) Juergens W. : "Untersuchungen an Ta₂N-oxyschichten", Thin Solid Films, 16, 3, pp. 359-367 (June 1973).
- (7) Rottersman M.H., Pitetti R.C., Adolt A.R. and Bill M.J. : "Properties of low anodization voltage thin

film capacitor based on α -Ta with nitrogen concentration between 14 and 30 atomic percent", IEEE Trans. Components, Hybrids & Manuf. Technol., CHMT-3, 4, pp. 500-504 (Dec. 1980).

- (8) Kimura S., Nishioka Y., Shintani A. and Mukai K. : "Leakage-current increase in amorphous Ta₂O₅ film due to pinhole growth during annealing below 600°C", J. Electrochem. Soc., 130, 12, pp. 2414-2418 (Dec. 1983).
- (9) Young P.L.: "DC electrical conduction in thin Ta₂O₅ films. I. Bulk-limited conduction", J. Appl. Phys., 47,1, pp. 235-241 (Jan. 1976).

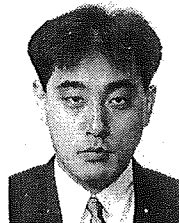
(平成6年7月27日受付, 10月5日再受付)

佐々木克孝



昭42北大・理・高分子卒。北大応用電気研究所研究生。昭50北見工大・工・電子工学科講師。昭54同助教授。平2同教授。平6同大・工・機能材料工学科教授。現在に至る。工博。薄膜電子材料・電子物性・LSI薄膜技術および陽極酸化皮膜等に関する研究に従事。応用物理学会, 日本化学会各会員。

山根美佐雄



昭57北海道電波専門学校卒。同年北見工大・文部技官。現在に至る。薄膜電子材料の作製技術および薄膜電子材料・物性の評価に関する研究に従事。

阿部 良夫



昭55北大・工・応物卒。昭60同大学院博士課程了。同年日立入社。ELディスプレイ, 半導体メモリの研究に従事。平6北見工大・機能材料助教授。薄膜電子材料の物性に関する研究に従事。工博。応用物理学会, 物理学会各会員。

野矢 厚



昭49室蘭工大・工・電子卒。昭55北大大学院博士課程了。同年北見工大・工・電子助手。平2同講師。平3同助教授。平6同電気電子教授。工博。薄膜を主体とした電子材料, およびその評価に関する研究に従事。応用物理学会会員。