

SAMCO[®]

NOW

VOL.16

1992. JUN

Quarterly

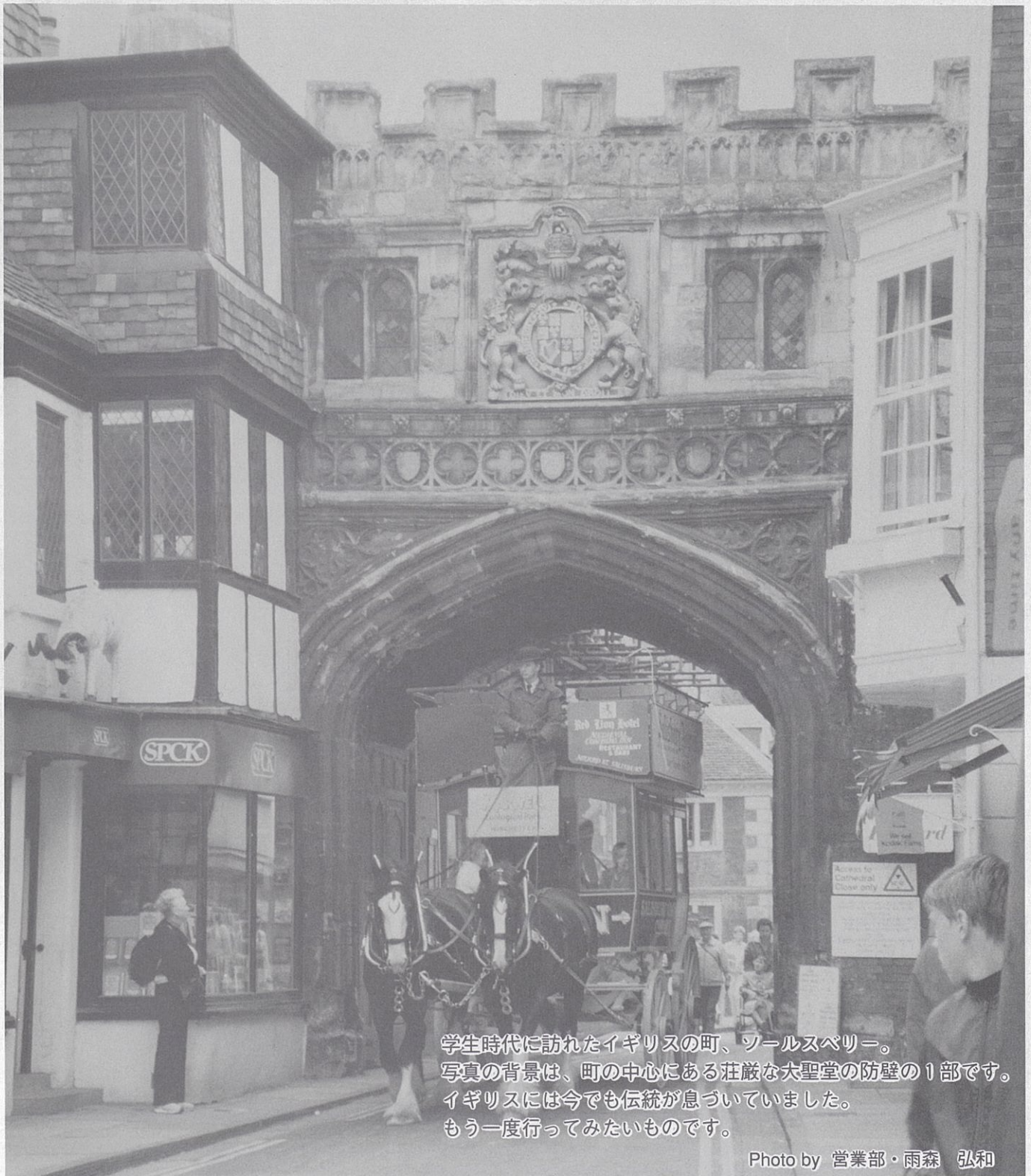
発行所 ㈱サムコインターナショナル研究所
京都市伏見区竹田中宮町33

☎(075)621-7841

発行者 辻 理

編集者 井上 市野 平本 宮司 田中

編集・企画協力 アドプロヴィジョン社



学生時代に訪れたイギリスの町、ソールズベリー。
写真の背景は、町の中心にある荘厳な大聖堂の防壁の1部です。
イギリスには今でも伝統が息づいていました。
もう一度行ってみたいものです。

Photo by 営業部・雨森 弘和

“スーパーマグネトロンプラズマ” の誕生



静岡大学 電子工学研究所 助教授 木下治久先生

プロフィール

昭和27年2月 愛知県生まれ
 昭和51年3月 名古屋大学理学部物理学科卒業
 昭和54年3月 静岡大学大学院理学研究科修了
 昭和57年3月 静岡大学大学院電子科学研究科単位取得
 昭和57年4月 沖電気工業(株)基盤技術研究所入社
 昭和63年3月 静岡大学電子工学研究所助教授

★趣味

音楽鑑賞 (主にクラシック)

★所属学会

応用物理学会をはじめ、同プラズマエレクトロニクス分科会、
 American Vacuum Society (米国)、
 電子情報通信学会、IEEE、日本物理学会、その他

今回のサムコ・インタビューは静岡大学電子工学研究所助教授木下先生をお訪ねしました。

そこで、これからのプラズマ技術についてお話しをお伺いしました。

Q) 先生の当初のご研究内容からお伺いしたいのですが？

ちょうど私が大学院に入った頃は、日本でスーパーラティス（半導体超格子）を作ってみようという機運が生れた頃でした。私は、IV-VI族化合物であるPbTe/PbSnTe（鉛テルル/鉛スズテルル）の半導体超格子形成の仕事をしていました。これは、ナローギャップの材料で、赤外線に感度を持つ非常にエネルギーギャップの小さな半導体で、当時この材料で超格子を作った人は誰一人としていませんでした。しかし、出来ないものでもやってみようという私のハングリー精神がこの研究に取り組みせました。随分変わったことをやったわけです。その後、沖電気に入社してからの研究課題は逆構造HEMTを作ることでした。そこでMBEの結晶作りから始めたわけですが、私

はもっぱら結晶成長以降の逆構造HEMTのプロセスを一人で研究していました。まわりに仲間はいましたが、それはガリウムヒ素のトランジスタの仲間、HEMTの仲間ではありませんでした。それは面白く、あの頃は残業をたくさんやりました（笑）。当時逆構造HEMTというのは、HEMTに比べて良くないといわれており、最初の内は余りいいものが出来ませんでした。その内に段々と特性のいいものが出来るようになり、約2年後、ようやく完成しました。逆構造HEMTの21段リング・オシレーター（IC）を作ったのも、私が世界で初めてです。そして、米国での国際会議で発表する運びとなりました。

Q) 先生の先取りの精神には敬服します。ところで、現在の研究課題であるスーパーマグネトロンプラズマのご研

究に至るまでの経緯をお聞かせ下さい。

今から7~8年前に、ULSIである16~68メガビットのDRAM等のプロセス技術を研究するようにと言われたのです。実験装置は一台も無い、予算は消耗品を買う僅かなお金しかない所で、エッチングの研究をしていました。ある日、応用物理学会の予稿集を見ていたら、「マグネトロンエッチング」というのが出ていました。その研究内容の中に、普通のRIE装置のカソードの下に磁石を置くと、マグネトロンプラズマという濃いプラズマが発生するという話を見つけました。これは面白い！どうも人様はこれを珍しいものだと思っているらしいが、私は珍しいものが好きですから…。人より遅れているので研究にならないかも知れませんが、とにかくチャレンジしてみ



ました。まずRIE装置を一台借りて、早速磁石をRIE装置のカソードの上に置いて放電した所、アーク放電のような凄いプラズマが磁力線に沿って発生したのです。「これは面白い！エッチングには使えないが、このライターの炎のようなプラズマを何とかして基板一面に、しかも均一に発生出来ないものか」と思い、そこで図書館巡りをしました。永久磁石の本を借り、その中の丸いモーター用の磁石に着目し、これなら使えるかも知れないと思いました。この磁石は丸く、具合の良いことにウェハーも丸い、これは相性が良いという事に気付く、磁石を注文しました。それを置いてみると、それはそれは綺麗なプラズマでした。しかし、どうも不均一で気に入らないままCF₄ガス中でSiO₂膜のエッチングの実験を重ねていました。最初はまずまずのエッチングレートだったのですが、時折エッチングしながら高分子の膜がついたり、ガツガツしつつも一カ月程そんな事を続けていました。そうこう

し悩んだ揚げ句、ある日ディフュージョンポンプを使って真空度を上げてみようと思いつきました。普通、ガス圧を下げるとエッチングレートは遅くなります。当時5 mTorrではエッチングレートは遅くなるだろうと思いましたが、とりあえず行ってみました。見た目は暗いけれど、ガス圧を思いっきり下げたところ、恐ろしい事が起きました。目前で、SiO₂膜の色がみるみる内に変化するではありませんか。これは非常にエッチレートが速いと、目で見えて分かりました。これがヒントで、マグネトロンエッチングにこの磁石が使えると分かりました。それが、本当の研究の始まりでした。その頃から初めて「マグネトロンエッチング」として他の人に話しても認められる研究になりました。これは、アメリカの雑誌（ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス）に論文として掲載して頂きました。

Q) 現在の静岡大学に移られてからは？

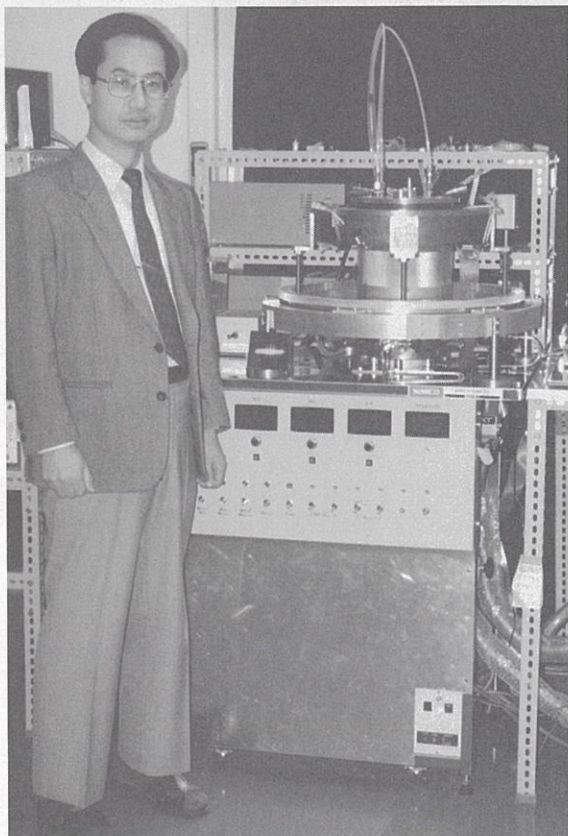
やはり、マグネトロンエッチングを何としても続けたいという欲望は消えることなく、片手間に続けていました。普通マグネトロンエッチャーとは、上がアノード、下がカソードですが、両方ともカソードにすればというアイデアは前からありました。しかしそれを実行に移すには、多くの問題を乗り越えねばならないものですが、そこを何とかやってみようという事で、まずアイデアとして上下に高周波をかけるとどのように良くなるのだろうかという事を考えました。又、上下に13.56MHzの高周波をかける場合、全く同一周波数で位相をシフ

トするという発想は、どうも誰も持っていないらしいという事は何とか分かりました。周波数を何とかして同一にしたい、そうすれば、後は位相をシフトさせると、何か面白い事があるのではないかと思いました。そこで、まず特許を書き、申請しました。これがスーパーマグネトロンプラズマエッチング装置の特許です。特許は申請したものの、私自身燃えない状態が続きました。私の研究室にあるエッチング装置は運良くアノードカップル型の装置で、カソードカップル型にも変更できる様なシステムになっていました。つまり、アノードカップルをカソードカップルに変えられるという事は、大掛かりな細工なしに高周波を両電極にかけられるという事で、これはひょっとするとスーパーマグネトロンになるかもしれないと考え、休日を見計らって実行しました。マグネットを設置し、電源は一つしかない為、T字型のコネクターで分割し、上下電極に高周波を印加しました。これが、世界初のスーパーマグネトロンプラズマの誕生です。それは本当に綺麗でした。マグネトロンというのは普通、表面にプラズマが片寄って発生するのですが、この時は上下電極間に眩しい程のプラズマが均一に発生しました。「やった！これは画期的なものだ」と思いました。更に磁石を止めても、均一なエッチングが出来るように、必死に研究を続けてきました。その結果、位相差が0°の時は余り普通のマグネトロンと変わらないが、位相差を180°近辺に持っていくとプラズマが2倍位に濃くなる、つまりスーパーマグネトロンになるという事を発見しました。

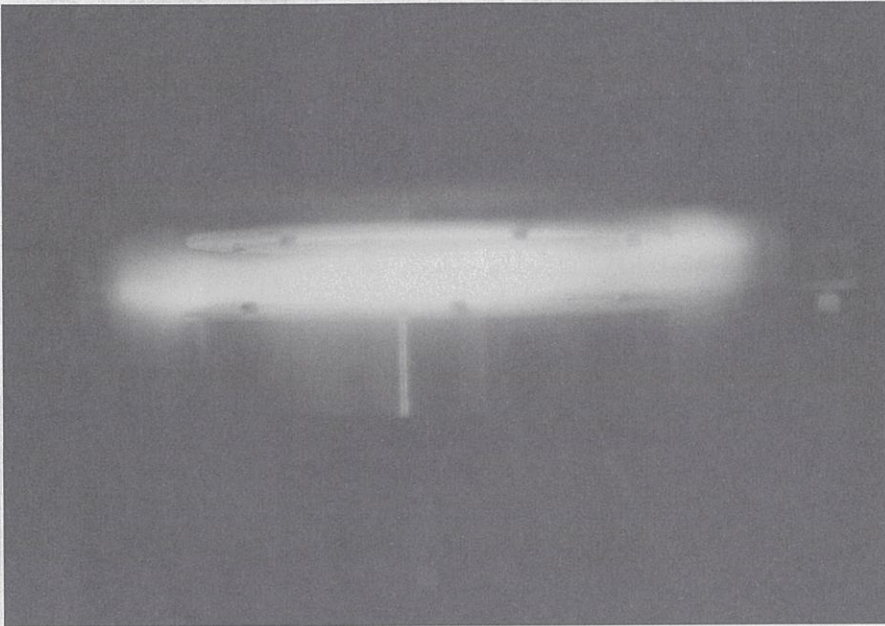
Q) このスーパーマグネトロンプラズマという名称は先生がお考えになられたのでしょうか？

ええ。このネーミングの由来は今までの話にもありましたように、プラズマの均一性が良く、普通のマグネトロンプラズマより密度が濃いという事から来ています。

Q) 例えば同じ磁場を用いるECRプラズマとスーパーマグネトロンプラズ



先生ご自慢のスーパーマグネトロン装置



美しいスーパーマグネトロンプラズマにすっかり魅了されて

マとの違いは何でしょうか？

ECRプラズマでの大面積化は難しいと言われていました。一概には言えないと思いますが、実際にECRプラズマ装置を大面積化し、産業界に応用できた例はありません。私の考えでは、産業界に応用されるものを作ってこそ本当の意味の大面積のECRプラズマと言えます。そういう意味でスーパーマグネトロンプラズマは大面積化し易いと考えています。ECRプラズマは、マイクロ波等を導入する為色々細工したりするので、装置が比較的大きくなります。それに対してスーパーマグネトロンプラズマの装置は、余分なものは通常のRIEと比較して高周波電力がアノードであった所にもかかる事と、磁石が追加されるという僅かな2点です。スーパーマグネトロンプラズマの場合は、上下電極に高周波をかけられる事が考えようによってはデメリットでもあるのですが、これがメリットにもなり、上部電極をどういった素材で覆うかにより、下のエッチング基板やCVD基板にもたらず影響を今までにない改善出来る可能性を持っています。現実レジストのエッチングの場合、明らかにメリットになっています。

Q) サムコに一言お願いします。

研究用から製造用途の装置を、ユーザーさんの希望をうまく取り入れて、満足のゆく良い装置を作ってこられたと思います。だから、これだけ成長されたのだと思います。今後もそのようなやり方で今以上に大きくなっていくと思いますが、私の希望としては会社が大きくなっていく過程で量産機以外の装置には研究者の要望を取り入れてほしいと思います。スーパーマグネトロンプラズマのエッチャーとかCVDを何とかしてこの世の中に普及させたく思っておりますので…。ただし、装置は単に自動化や精巧さだけでは駄目で、製品はやはり手の届く範囲の価格でないといけないと思います。今後とも「サムコはこんなものを作っている」「これはサムコだけが作っているもので、しかもいいもの」と言われる製品を作ってほしいと思います。装置の研究をしている私としては、非常に良いパートナーとして今後もお付き合いをしていきたいと思っています。本日はお忙しい中、素晴らしいお話をお聞かせ頂き本当に有難うございました。

Information

開催場所が京都に移り、3年目を迎える 「セミコン関西・京都」

今回、弊社が出展する装置はフラットパネルディスプレイ（FPD）製造装置3機種と、ウェハー高速加熱処理装置（RTP）SHSシリーズから1機種の計4機種です。

FPD製造装置は『全自動プラズマCVD装置：PD-3800』，『リアクティブイオンエッチング装置：RIE-4800』，『UVドライストリッパー／クリーナー：UV-660』を、またRTP装置はドイツAST社の『Rapid Thermal Processing装置：SHS100MA』を出展致します。

いずれも、最新の技術を凝らした、自信ある製品です。FPD製造の為の大面积、または多数枚の試料処理が可能という点が特色です。

並行して行われるワークショップ（技術説明会）におきましては、弊社技術開発部より「液体ソースを用いる最新のプラズマCVD装置」というテーマで新製品発表を予定しております。

尚、ご存知の通り、セミコン会場と弊社は幸いにも近接しておりますので、ご希望のお客様には弊社にご案内させて頂きます。遠方よりお越し頂きますお客様も、この機会に是非とも弊社へお立ち寄り下さいます様、社員一同心よりお待ち申し上げます。

（詳細は、別紙セミコン案内を御覧下さい）



セミコン関西・京都 92

パルスプラザ（京都府総合見本市会館）

1992年6月11日（木）～13日（土）

10:00AM～5:00PM

samco ブース

『3-607』

セミコン関西に引き続き、6月16～18日には「セミコンウエスト'92」が開催されます。昨年の開催場所となったサンフランシスコ郊外のサンマテオから、今年は市内のダウンタウンに位置するMosconeセンター（新設のコンベンションセンター）での開催が予定されています。出展機種ですが、今回は「コンパクトRIEシステム：FA-1」【UVドライストリッパー／クリーナー：UV-300】の2機種を展示披露させて頂きます。

「京都あれこれ」はお休みします。

★編集後記★

初夏らしくなってきましたが、皆様いかがお過ごしでしょうか？私はゴールデンウィーク中、友人に誘われて清流釣りなるものに行ってきました。早朝から山に入り、朝日の中、谷を上り下り、おおいに楽しんできました。

結果は、3匹の山女魚を釣ってきたのですが、その時の爽快感に対し、翌日私の体を襲った痛みときたら…。思わぬ体力測定会になってしまいました。でも、自然って言うのは本当に気持ちの良いものですね。

T. I

PLASMA ENHANCED LIQUID SOURCE – CVD OF Ta₂O₅ USING PENTAETHOXY TANTALUM SOURCE AND ITS CHARACTERISTICS

P.A.Murawala, M.Sawai, T.Tatsuta and O.Tsuji

Research & Development Center, Samco International Incorporated, 33, Tanakamiya-cho, Takeda, Fushimi-ku, Kyoto 612, Japan

and
Sz.Fujita and Sg.Fujita

Department Of Electrical Engineering, Kyoto University, Kyoto 606, Japan

要旨

プラズマ液体ソース [Penta ethoxy tantalum, Ta(OC₂H₅)₅] 化学気相成長法(PE-LS CVD)による五酸化タンタル (Ta₂O₅) 絶縁体の成膜とその評価について報告する。

ソース・タンク温度やキャリア・ガス (N₂) と反応ガス (O₂) の流量値や基板温度の様な基礎的プラズマ成膜条件の成長速度や屈折率の依存性を調べた。X線回折により膜は非晶質であることが判った。オージェ電子分光は適正な化学量論的特性 (Ta/O=0.4) を持つ炭素汚染を含まない Ta₂O₅ 膜であることを示した。これに加えて Au/Ta₂O₅/n-Si の MOS ダイオードを作成し、それに対しての電気的特性を測定した所、良好な C-V 特性、+0.3V 程の低いフラットバンド電圧、低いリーク電流値と高い降伏電圧を観察した。尚、Ta₂O₅ 膜においての新規なアニール法として、700℃及び900℃で5分間の高速加熱アニール (RTA) を行った結果、一層良好な電気特性を得られた。これらの結果に基づいて、プラズマの励起による液体ソースから、良好な Ta₂O₅ 膜が成長出来たと考えている。

膜構造とその特性

X線回折 Ta₂O₅ の膜の構造特性を調べる為に、プラズマ LSCVD で異なる条件で成長させたサンプルに $\theta \sim 2\theta$ モード (Fig 1) で X線回折測定を行った。各々のサン

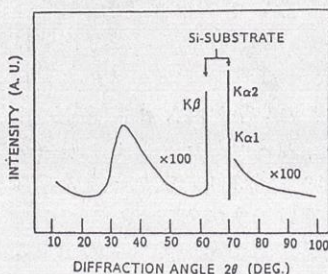


Fig 1 X-ray diffraction pattern ($\theta \sim 2\theta$) mode of Ta₂O₅ on Si.

ルは同一の X線スペクトルを示し、K α_1 、K α_2 と K β に対する Si 基板からの良く知られている強いシャープなピークを示している。これらのピークに加えて、約 17° の角度で広がった低いピークを観察した。この X

線スペクトルから膜がアモルファス構造になっている事を確認した。

オージェ電子分光 (AES)

液体原料である Ta(OC₂H₅)₅ をプラズマ励起による LSCVD で成膜した Ta₂O₅ 膜の化学的特性を確認する為に AES 測定を行った。Fig 2 に示された結果は、膜の構成元素についての Ar ビームでのスパッタリング時

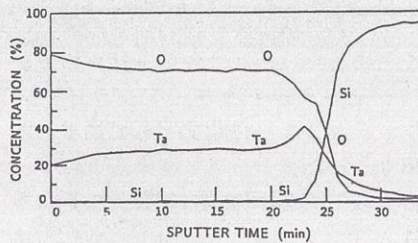


Fig 2 Auger Electron spectroscopy of PE-LSCVD grown Ta₂O₅ film.

間と、元素濃度の関係を示している。このデータが示すのは、1) 膜の表面上で Ta 濃度は少なく、表面酸化の為に酸素の割合が多いという事であり、2) 膜内部の Ta と O の元素の均一な分布から、膜全体はほぼ均質である事を示している。3) Ta₂O₅ 膜内の Ta と O の元素比を計算し、AES データから見られる様に Ta と O の元素比は各々 28% と 70% で、従って Ta/O 比率は 0.4 となり、正しい化学量論的な特性をもっている Ta₂O₅ 膜が得られた。4) Ta(OC₂H₅)₅ 原料から成膜された膜で有りがちな炭素汚染は AES 測定では見られなかった。但し通常の AES 装置の検出限界が 1% で、成長した膜中の炭素含有量はそのレベルの下になっている可能性も否定出来ない。

電気的特性

Fig 3 に Au/Ta₂O₅/n-Si MOS 構造の 1 MHz の C-V 特性を示した。C-V 曲線を見て分かるように、アズグロオン Ta₂O₅ 膜上で良好な C-V データを得られた。フラットバンド電圧は +0.3 であった。Tanimoto¹⁾ はまた固体の TaCl₅ 原料を用いて、オゾン使用の光 CVD で Ta₂O₅ を成長させ、Au/Ta₂O₅/Si

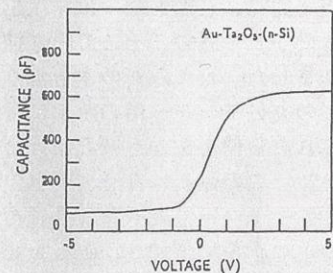


Fig 3 Well defined C-V characteristics of Au/Ta₂O₅/n-Si MOS device. $V_{fb} = 0.3V$.

MOS デバイスに対する C-V 特性を報告している。この場合には典型的な C-V 特性を得たにもかかわらず、フラットバンド電圧は Ta₂O₅ 膜中の何らかの電荷の存在を示す正バイアスの方へ大きくシフトしている。Au/Ta₂O₅/n-Si MOS ダイオードの電流電圧 (I-V) 特性は、1 MV/cm² の電界に対して 6×10^{-8} A/cm² のリーク電流を示した。これは電界の増加と共に徐々に増大し、4.7 MV/cm² で降伏点が発生する。異なる C-H 結合を含んでいる液体原料から成長させたままのサンプルに対して得られた I-V データとの比較からリーク電流は我々のプラズマ LSCVD の方が、LPCVD で得られたものより 2 桁程度小さいことを確認した。結果としては、Ta(OC₂H₅)₅ の分解においてエチル基は基板に堆積する前に離脱分解し、ほとんど無炭素の Ta₂O₅ 膜が成長出来、良好な I-V、C-V 特性を得られることを示している。

高速加熱アニール [AST (独) 社製装置: モデル SHS 200MA] を、5 分間、700℃ と 900℃ で Ta₂O₅ 膜の熱処理を行うと、リーク電流が減少することが判った。1 MV/cm² の電界を印加し、アズグロオン・サンプル、700℃ と 900℃ でアニールしたサンプルのそれぞれに対して、リーク電流は 6×10^{-8} 、 1×10^{-8} 、 1.5×10^{-9} A/cm² であった。アニールされたサンプルでは、10 MV/cm² を印加しても、ブレイクダウンが起こらなかったのは注目に値する。電気特性の詳細は別の機会に詳しく報告する。

文献 1) S.Tanimoto et al, Proc. Int. Conf. SSDM, Sendai, ppL195-L198 (1990)