

エポキシ系樹脂を用いた CMP 用パッドの試作と その加工特性 (第 1 報)

A Trial Production and Its Processing Characteristic of the Pad for CMP Using the Epoxy Resin (1st Report)

片柳 宏章^{1*} 土肥 俊郎² 谷澤 和子² 木下将毅¹

代田 渉² 瀬山 貴司² 河野 恭幸³

Hiroaki Katayanagi¹, Toshiroh K.Doy², Kazuko Tanizawa², Masaki Kinoshita¹,
Wataru Shiota², Takashi Seyama², Yasuyuki Kawano³

¹ 埼玉大学大学院 教育学研究科

Graduate School of Education, Saitama University.

² 埼玉大学教育学部

Faculty of Education, Saitama University.

³ 三井化学株式会社

MITSUI CHEMICALS,INS.

Abstract

For the next generation LSI device, further highly efficient and multi-layer interconnection are required. To realize those purposes, CMP technology is serving as an essential role for polishing technology. Various pads are currently used for CMP, however, many problems such as how to reduce degradation of pads in the process of polishing or how to enhance polishing efficiency are left behind. To cope with those problems, experimental approaches (or studies) were conducted by using new pads of new materials comparing with the pads available now.

As a result, higher efficient polishing characteristics were observed in the experiments using new pads than in the experiments using conventional pads and the measures how to work on the experiments have been acquired.

Key Words: CMP, Polishing pads, Epoxy resin materials, Removal rate, ILD, SiO₂ film, Slurry.

1. 緒 言

近年の飛躍的な超 LSI の進歩（高密度化・微細化）に伴い、デバイス自体の多層配線化が進められている。今日では 6～8 層という多層配線化も可能になってきた。今後、ますます多層配線化が進めば進むほど、基板となるデバイスウェハの平坦化（プラナリゼーション）は必要不可欠となる。

また、今後の超 LSI デバイスの高性能化・多機能化を図るためには、完全平坦化（Global Planarization）が要求されてくる。

デバイスウェハの平坦化はデバイス製造過程において、とくに多層配線にとって非常に重要な位置を占める。これまではエッチバック法、製膜法、流動化法、選択成長などの手法によって平坦化を行っていたが、これらでは金属膜、絶縁膜などの膜種によって加工の適否がある他、平坦化できる領域が数 μm ～数十 μm と極めて狭いという致命的な欠点があった。そこで注目されたのが、ベアシリコンウェハの平滑鏡面化加工として実績がある超精密ポリッシングを応

* 〒338-8570 さいたま市下大久保 255

埼玉大学教育学部技術教育講座土肥研究室

電話：048-855-5605 FAX:048-858-3235

Email: doy@post.saitama-u.ac.jp

用した CMP (Chemical Mechanical Polishing) 技術である [1] [2]。

この CMP プロセスでは、ポリシングパッド (研磨布) やスラリーといった消耗資材が加工特性 (平坦化・均一性や加工速度など) を決める極めて重要な要素技術である。現在の CMP は数~10 数 wt% の砥粒を含むスラリーをポリシングパッド上に供給しながら加工を行う遊離砥粒研磨が一般的である。しかしながら、加工進行に伴うポリシングパッド自体の劣化や適用するスラリーとの相性の適否、加工精度、加工能率、加工特性の安定性、消耗品コストなどの多くの問題がある。

このような問題点を改善させるために、作業環境の改善、加工時間の短縮、消耗資材の耐久性の向上をねらい、多種多様なポリシングパッドが提案されてきた。しかしながら、加工能率や加工面の品質・精度が得られないために、加工条件の設定ができないなどの問題があり、新たな CMP 用ポリシングパッドの開発が求められている。

本研究では、上記に挙げた課題に対処するために無発砲のプラスチック材料による新しいポリシングパッドを試作し実験的検討を行う。具体的には、現在 CMP プロセスにおいて用いられているポリシングパッドよりさらなる高能率化と凹凸の低減 (平坦化)、および安定した加工特性を確保するために、硬度やフィラーの含有量を変化させることのできるエポキシ系材質に着目し、一般的に用いられている発泡ポリウレタン系パッドと加工特性と同等、もしくはそれ以上の加工特性を得ることを目標に検討する。

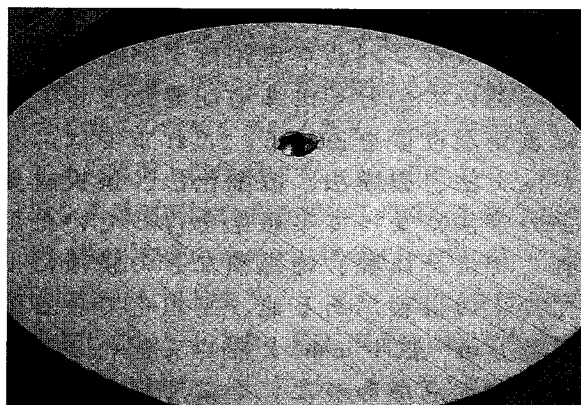


Fig.1 試作パッド外観写真例

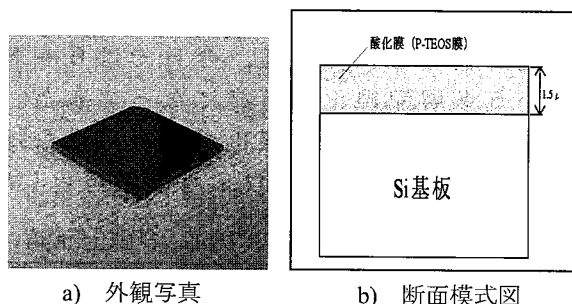
本報告では層間絶縁膜に適用されている酸化膜 (P-TEOS 膜) の CMP 特性について検討を行う。

2. 試作パッドと実験条件

本研究では、さらなる高加工能率化ならびに高品位化、さらには今後の試作パッド改良を進めていくことを念頭にして、無発砲のエポキシ樹脂を用いて、フィラーの含有量を変化させて硬度の異なる5種類のポリシングパッドを試作した。この試作パッドと、CMP プロセスにおいて一般的に用いられている発泡ポリウレタンパッド (以後市販パッド) を用いて、デバイス化ウェハの層間絶縁膜として実用されている酸化膜 (P-TEOS 膜) の CMP 加工特性について比較・検討を行った。

Fig.1 に試作パッドの外観写真例を、Table1 に試作パッド物性比較表をそれぞれ示す。パッドの材質には物性の異なる2種類のエポキシ樹脂 (エポキシ樹脂 A・B)、試作時の添加物としてゴムフィラー、無機フィラーを用いて、それぞれ物性の異なるポリシングパッドとした。試作したパッドは無発砲であるため、パッド表面にはスラリーの保持・排出性を考慮し、格子状の溝を形成させた。

Fig.2 に本実験に用いた試料 (15[□]mm の酸化膜チップ) の外観写真と断面模式図を示す。加工量測定には干渉式膜厚計 (SENTECH 社製 FTP500) を、表面粗さ測定には非接触式光干渉式表面粗さ測定器 (WYKO 社製 TOPO-2D) をそれぞれ使用した。スラリーには一般的に酸化膜加工用として適用されているシリカ系とセリア系の市販スラリーを適用して、酸化膜 (P-TEOS 膜) の CMP 加工特性を比較した。Table2 に適用した加工条件を示す。



a) 外観写真

b) 断面模式図

Fig.2 酸化膜 (P-TEOS 膜) の概要

Table 1 試作パッド物性比較図

	パッド A	パッド B	パッド C	パッド D	パッド E
エポキシ樹脂 a	●	●			
エポキシ樹脂 b			●	●	●
ゴムフィラー	●	●	●	●	●
無機フィラー				●	●
フィラー含量(wt%)	25	50	50	50	65

Table 2 適用した加工条件

試料	15 \square mm酸化膜(P-TEOS 膜)
加工装置	小型修正リング式ポリシング装置 (ラップマスター社製)
ポリシングパッド	試作パッド A~E 市販パッド (発泡ポリウレタン)
スラリー	・シリカ系スラリー(SiO_2 12.5wt%) ・セリア系スラリー(CeO_2 3wt%)
定盤回転数	30rpm
加工圧力	100~700g/cm ²
スラリー供給量	10ml/min
加工量	干渉式膜厚計 (SENNTECH 社製 FTP500)
表面粗さ	非接触光干渉式表面粗さ測定機 (WYKO 社製 TOPO-2D)

3.実験結果ならびに考察

3.1 シリカ系スラリーによる CMP 加工特性

Fig.3,4 に、シリカ系スラリーを用いた時の各種パッドの酸化膜 (P-TEOS 膜) に対する加工特性を示す。試作したパッド 5

種類のうち、パッド A・B にはエポキシ樹脂 a を、またパッド C・D・E にはエポキシ樹脂 b を用いている。まず加工速度において 2 種類のエポキシ樹脂について比較すると、エポキシ樹脂 b に対してエポキシ樹脂 a では 2~3 倍の加工速度を得られている。また、添加物として用いたフィラー含量にて比較してみると、エポキシ樹脂 a・b ともにフィラー含量が少ないほど良好な加工特性が得られている。

次に市販パッドと比較してみても、エポキシ樹脂 a を用いて試作したパッド A・B において、1.5~2 倍という良好な加工速度が得られている。試作パッドは荷重に対する依存性が高く、特にパッド A では高荷重になるにつれて加工速度の著しい増加が確認できた。

これらのことはシリカ系スラリーと材質に用いたエポキシ樹脂 a、および添加物であるフィラーとの相性、さらにはパッドの荷重に対する依存性の違いによって加工速度に違いがあらわれてものと考察できる。酸化膜加工面の表面粗さは、それぞれのパッドの間であまり大きな差はなく、また市販パッドと比較しても同等、もしくはそれ以上の良好な加工面が得られている。

3.2 セリア系スラリーによる CMP 加工特性

Fig.5,6 に、セリア系スラリーを用いた時の各種パッドの酸化膜 (P-TEOS 膜) に対する加工特性を示す。加工速度は、試作した 5 種類のパッドすべてにおいて、前節で述べたシリカ系スラリーを用

いた場合より増加している。シリカ系スラリーにおいてあまり良好な加工速度を得られなかったパッド D の場合は、セリア系スラリーを用いることで 4~5 倍の加工速度を得られていることが特徴的である。

市販パッドと比較しても、パッド E を除くすべての試作パッドにおいて、1.5~3 倍という非常に良好な加工速度を得られていることが注目される。荷重に対する依存性は、シリカ系スラリーの場合と同様で、荷重増加に伴い加工速度も増加する傾向が確認できた。表面粗さについては、市販パッドと比べても大きな差はなく、さらなる加工面品位の向上が期待できる。

以上、シリカ系・セリア系の市販スラリーを用いて試作した無発砲のエポキシ系パッドによる CMP 特性を比較したところ、無発砲体でも市販パッドを上回る加工レートが得られることを確認できた。各種の試作パッドにシリカ系・セリア系市販スラリーをそれぞれ用いた場合、パッドに適合するスラリーがあることが明らかであるが、その理由については不明である。今後、パッドとスラリーの組み合わせ条件について検討、パッドの試作指針を明らかにしていく必要がある。

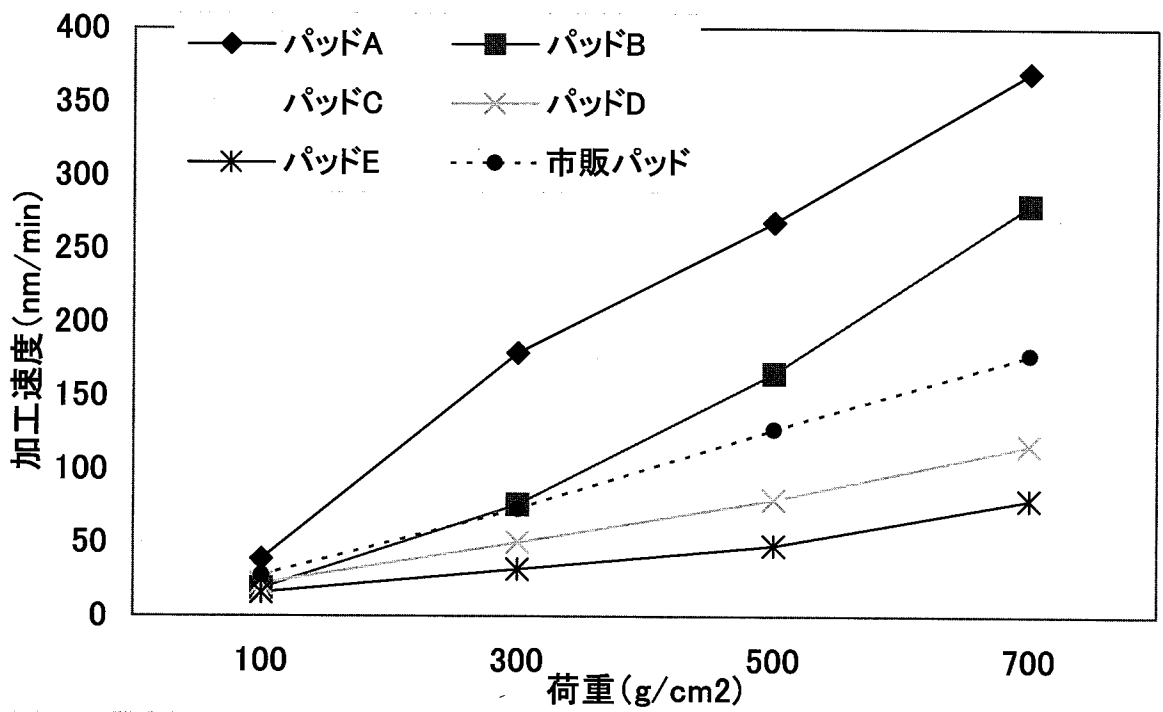


Fig.3 シリカ系スラリーを用いた場合の各種パッドの加工速度の比較
(荷重：100～700g/cm² 定盤回転数：30rpm)

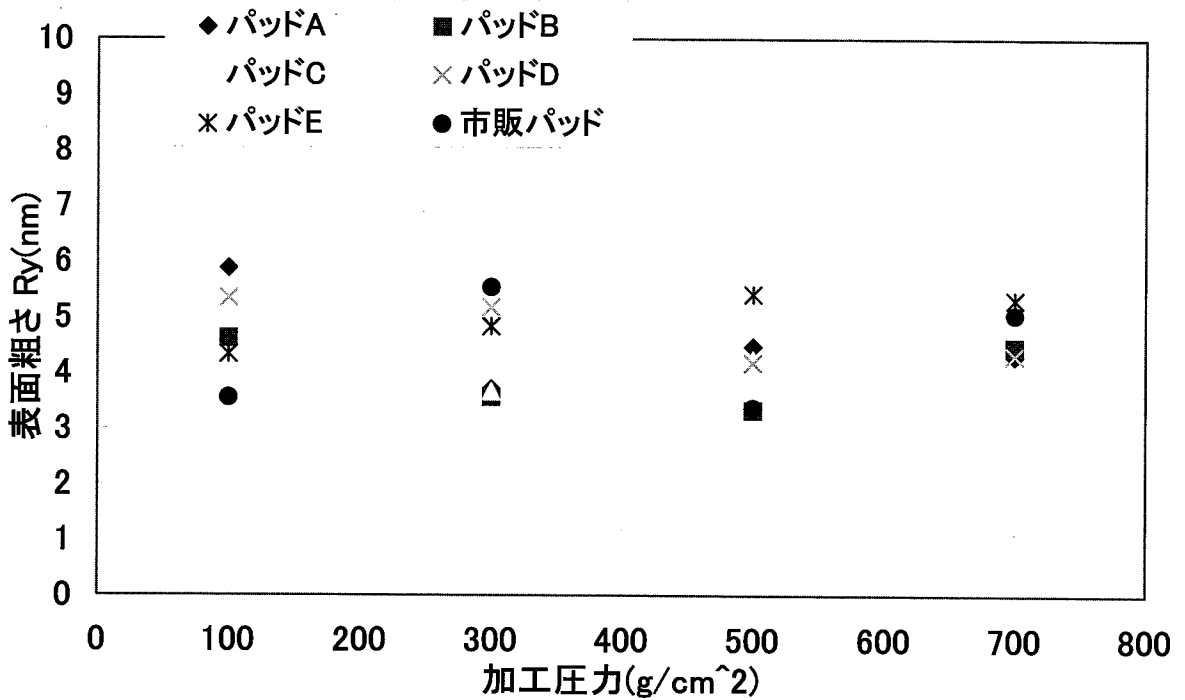


Fig.4 シリカ系スラリーを用いた場合の各種パッドの表面粗さの比較
(荷重：100～700g/cm² 定盤回転数：30rpm)

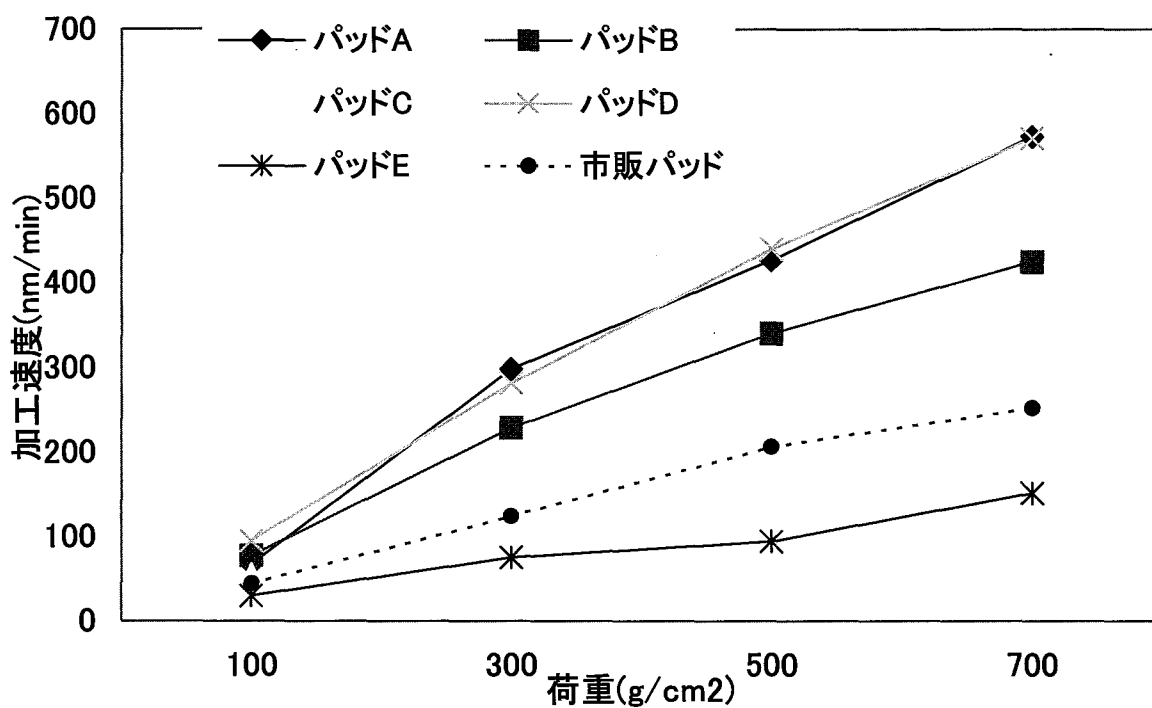


Fig.5 セリア系スラリーを用いた場合の各種パッドの加工速度の比較
(荷重: 100~700g/cm² 定盤回転数: 30rpm)

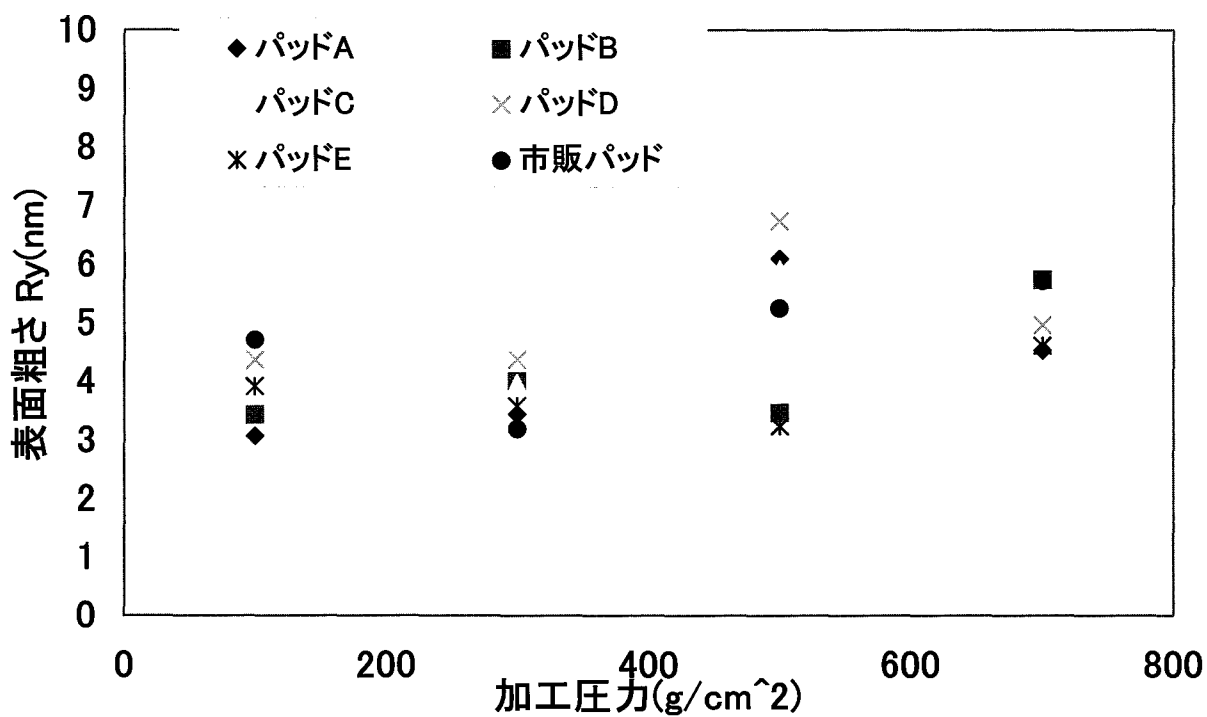


Fig.6 セリア系スラリーを用いた場合の各種パッドの表面粗さの比較
(荷重: 100~700g/cm² 定盤回転数: 30rpm)

6.結 言

超 LSI デバイスウェハの平坦化 CMP (Chemical Mechanical Polishing) 技術の研究の一環として、CMP 用パッドの検討を行った。CMP の基本要素の一つにポリシングパッドが挙げられるが、加工進行に伴うポリシングパッド自体の劣化や適用スラリーとの相性、廃棄スラリーの処理、消耗品コストなどと言った問題が多く残されている。そのことから本研究では、高加工効率化ならびに高品位化を目指し、無発砲のエポキシ樹脂を用いた5種類のポリシングパッドを試作し、酸化膜(P-TEOS 膜)に対する CMP 特性の検討を行った。その結果、以下のことを明らかにした。

- 1) シリカ系スラリーを用いた場合、エポキシ樹脂 a によるパッドの方がエポキシ樹脂 b によるパッドや市販パッドよりも良好な加工速度が得られ、またセリア系スラリーを用いた場合、シリカ系スラリーを用いた場合よりも試作パッドと

の相性が良く非常に高い加工速度を得られることを明らかにした。

- 2) 添加物としてゴムフィラー、無機フィラーを用いたエポキシ樹脂パッドは、フィラー含量が少ないほど良好な加工速度が得られ、添加物による影響があることを確認した。

今回の実験から得られた実験結果をもとに加工メカニズムを明らかにし、新しい材質であるエポキシ樹脂の CMP プロセスへの有効性、また添加物による加工特性に対する影響などを詳細に検討をおこない、さらなる加工面品位の向上、加工速度の安定性などを目標にさらに実験を進めていく。

《参考文献》

- [1] 土肥俊郎：「詳説 半導体 CMP 技術」 工学調査会 (2000)
- [2] 精密工学会 (プラナリゼーション/CMP 応用技術専門委員会) 編：「CMP 用語集」 グローバルネット(2000)