

鏡面を創る新しい研磨技術 — 複合粒子研磨法 —

河田 研治 (東京大学生産技術研究所 複合精密加工システム寄附研究部門 客員教授)

ただいまご紹介いただきました河田と申します。きょうは、複合粒子研磨法という新しい研磨法の話をしていただきます。

はじめに部門の説明をいたしますと、私がおります部門は、複合精密加工システム (日本マイクロコーティング) 寄附研究部門というところです。これはどういう意味かといいますと、日本マイクロコーティング株式会社殿の寄附によりこの生産技術研究所の中に設置された部門ということになります。

(スライド 1)

そもそも複合粒子研磨法というのは、この生産技術研究所の谷泰弘教授が開発された研磨法であります。その谷先生のご助力により寄附研究部門が立ち上がり、現在、11社の賛助企業と一緒に研究プロジェクトも運営させていただいております。運営期間は3年間で、ことしがその2年目であります。この部門は、そういう形で運営されているということを申し上げておきます。

(スライド 2)

きょうのお話ですが、研磨加工といってもあまりなじみのない方もいらっしゃるかもしれませんので、前半のほうでは従来の研磨加工技術について、現状の問題点なども含めて話をさせていただきます。後半のほうで、メインであります複合粒子研磨法の話をしていただきます。内容としてはこの研磨法のご概念、加工を支配する要因 (要素技術の話)、いろんな加工事例の話、こういう順番でお話いたします。

(スライド 3)

人類は、道具を使う動物として太古からいろんな道具をつくってきたわけですが、研磨の歴史も大変古く、今から約1万年ほど前の新石器時代には、こういう磨製石器がつくられていたようでもあります。これは研磨された石斧です。これは石鏃 (せきぞく) というそうですが矢じりですね、

そのほか勾玉などの装飾品、こういったものが、天然砥粒や天然砥石によって磨かれてきたのだらうと思われま。以来、研磨加工は人類の歴史とともに連続と続いてきたわけであります。

(スライド 4)

一足飛びに現代の話になりますが、現在では様々な研磨製品が私たちの身近に存在します。私は持っていませんが例えば宝石とか、メガネレンズ、これらが研磨加工されているということは皆さんもよくご存知かと思ひます。

また、腕時計は、例えばサファイヤ製のカバーガラスやステンレスベルトなどが研磨されています。さらに時を刻んでいるのは、いま、大半の時計が水晶振動子であることは皆さんご存じでしょうが、この水晶基板というのも現代生活になくはならない重要な研磨部品であります。ですが、この時代最も重要なものはやはり半導体製品ではないでしょうか。半導体製品は、最終的にはこういう形をしています。その原料はこういったシリコンウェーハであります。これも鏡面に研磨されているわけですが、このシリコンウェーハの製造工程を学ぶことにより現在の最先端の研磨技術をうかがい知ることができると思ひます。

そこで、前半の話は、このシリコン研磨を例にとりて、現状の研磨技術というものを考えていこうと思ひております。

(スライド 5)

シリコン・ウェーハの製造工程を簡単に書いてみました。最初はシリコンウェーハの基となるインゴットの引き上げ工程です。そのインゴットの外周を研削して、それを非常に薄く、コンマ何ミリという薄切りハム状態に切断します。それをラッピングという粗研磨で厚さをそろえておいて、最後にポリシングという鏡面研磨を行います。このようにシリコンウェーハの製造には研磨というのではなくてはならない工程ということが出来ます。

(スライド 6)

そのあとの工程は省略しますが、簡単にいうと、このシリコン・ウェーハに回路パターンを焼き付けて、それをダイシングといいます。小さく切って、さらにパッケージングして半導体製品になるわけでありませう。

(スライド 7)

この半導体には「ムーアの法則」という、インテル社という半導体の会社のゴードン・ムーア博士が唱えた「半導体の性能と集積度は3年で4倍になる」という法則があります。いまパソコンに使われているペンティアムというCPUもこのように新製品が出るたびに集積度が上がっており、この法則にのっているように言われております。これがいつまで続くのかというのが半導体業界の話題の一つだと伺っております。

(スライド 8)

この集積度を上げるにはどうする必要があるかという話をさせていただきます。

まず配線パターンを緻密化する、非常に細かく描いていくというのも一つの方法。それから、配線パターンをビルディングみたいに積み重ねていく、3次元化するというのも一つの方法。その多層化するときも、最近では1層ごとに平坦化するという研磨工程が必要とされています。こうした高密度化を進めたとしてもICチップ一個のサイズはだんだん大型化してきており、これを収率良く生産するためにウェーハというのは最近では非常に大きくなってきています。すなわち、集積度の増加はウェーハの大口径化を促進しているということがいえます。

(スライド 9)

この図は横軸に年代をとって、シリコン・ウェーハの口径の変化を示しているわけですが、私が20年ほど前、生産技術研究所で研磨の研究をはじめたころは、これ(4インチウェーハ)よりも一回り小さいぐらいの3インチウェーハを使っていたのですが、その後、大口径化が進み、現在では300ミリ径のウェーハが使われはじめております。これは谷先生のところからお借りしてきた450ミリのシリコン・ウェーハですが、将来的にはこれぐらいになるといわれています。

(スライド 10)

一方、研磨加工に対する要求は時代とともに変化し、次第に高度なものとなってきました。その昔、研磨加工に求められる特性は仕上がりの美しさとか、せいぜい寸法精度だったわけですが、近年、半導体産業の発展に伴って「高能率化」、「高精度化」、「高品位化」という三つの要求が強

くいわれるようになってきました。

高能率ということは生産性を向上するということがですが、これは一つには、ウェーハ径を大きくすることにより収率を上げることで、大きくすればチップを沢山何個もとれますから、そういうことで対処してきたところがあります。あと二つ要求がありまして、一つは形状精度、いかにウェーハを平らかに磨くかという平坦化の要求であり、もう一つは、いかに加工ダメージを減らすかということです。鏡面に見えても加工ダメージがあると、そのあとのデバイス化の工程でいろんな悪い影響があります。そういうことがないように無歪無擾乱の鏡面をつくる、この二つがいま研磨加工に対する要求として強く言われていることであります。

(スライド 11)

まず平坦度に関してですが、どのぐらいの要求がされているかといいますと、TTV (Total Thickness Variation) というウェーハ1枚あたりの厚さのムラを表す値がありますが、それを数ミクロン以下におさえないといけません。これを野球場に例えますと、グラウンド全体の高低差を数ミリ以内におさえないといけませんという、それほど厳しい平坦度であります。実際にはピッチャーズマウンドというのはかなり高くなっていますから、シリコンウェーハだったらNGということになると思います。

二つめは、LTV (Local Thickness Variation) という値があります。これは先ほど説明しましたように、実際のシリコン・チップというのは、一つのます目ごとに配線パターンを焼き付けますので、この部分が平らであれば問題ないわけです。このLTVの値を、一つのチップ当たり0.1~0.2 μ ぐらいにおさえないといけませんと最近では言われているようです。これをテニスコートに例えますとコートの上から端までの高低差を1ミリ以下に抑えるぐらいの厳しい精度ということになります。

三つ目は、周辺部のダレに関する要求です。こういうシリコン・ウェーハの、できるだけ端っことまで有効に使いたいというわけです。ところが現状の研磨というのは柔らかい研磨パッドに押し当てて行うために、周辺部が必ずダレてしまう。そのダレを小さくして、なるべく外側まで使いたいというのがいまシリコンウェーハの鏡面研磨に対して求められていることのひとつです。

(スライド 12)

もう一つ、ダメージがない仕上げ面をつくらないといけませんという要求があります。それは表面に傷や汚れがないことや、表面粗さが小さいということは勿論ですが、加工変質層、加工歪といわれるいろんな結晶の乱れ、そういったものがないことが要求されます。デバイス化の工程とい

うのは、ウェーハを酸化させたり高温領域に入れたり、いろいろハードな条件下にさらしますので、そのときに問題が起きないようにという理由からです。

ここに加工変質層の模式図があります。研磨というのは硬い砥粒の刃先で少しずつ材料表面を削り取る作業ですが、こういう機械的作用には微小クラックや流動層といった変質層がつきものであり、その点を考えるとこれもまた非常に厳しい要求であります。

(スライド 13)

こうした要求に対応するために、研磨工程の改良がいろいろと行われてきました。この図は、研磨工程の基本的な部分だけ取り出したものですが、まず定盤や工作物軸の回転精度とか運動精度、これが平坦度には非常に効いてきますので、これについて改良がなされてきました。

それから、ウェーハの貼り付け精度も相当よくしないと、仕上がったものを剥いだらまだゆがんでしまったという話になるので、これも改良されてきました。

また、基本的に研磨というのは、工具面の形状を工作物に転写するという原理ですので、工具面の形状精度、平坦度などの向上もなされてきています。

さらには、半導体の研磨が行われるようになってから「メカノケミカル研磨」という研磨法が不可欠となり研磨剤に関してもいろんな改良がなされてきています。

(スライド 14)

メカノケミカル研磨というのは砥粒の機械的作用と化学的作用が複合された研磨法であります。砥粒を用いて研磨するときは、微視的に見ると砥粒と工作物とが真に接触する領域があって、そこは非常に高温で高圧になっているため化学反応が起こりやすいことが推測されます。そこで起こる反応形態により大別すると、固相反応を利用して行う方法と、このシリコンみたいに、砥粒と水とアルカリ薬剤を用いた固液相反応を利用した方法とがあります。

(スライド 15)

メカノケミカル研磨というのは、いいとこどりとというお話をします。まず普通の研磨というのは砥粒の機械的作用で研磨をするわけです。こういったやり方は、形状精度は出やすいのですが、加工のダメージが残りやすい。先ほど言いましたように、砥粒で引っかくわけですから、ダメージが残る。

一方、化学研磨はエッチング（溶解）作用で研磨するため、無歪の面は得やすいのですが、形状精度が悪くなる。この二つのいいとこどりをしたのがメカノケミカル研磨であります。化学的作用と機械的作用を上手に調整すれば、精度がよくて無歪な鏡面が得られるということです。

メカノケミカル研磨では砥粒がそれほど硬い必要はない。また、機械的作用だと、大きい砥粒のほうが加工は進むのですが、こういう反応を利用した研磨ですと、むしろ小さいほうが比表面積が大きく反応性がよくなりますので有利です。そのため、これに使われる砥粒は非常に細かくなってきております。

(スライド 16)

これがシリコンのCMPに使われる研磨剤です。ほとんど透明に見えますと思いますが、中には砥粒が入っています。大きさは、ナノメートルオーダー。10 nm から 20 nm の小さい（大きいのは 100 nm までありますが）シリカがこれに入っています。こういったもので研磨ができるということです。

(スライド 17)

現状のCMP（メカノケミカル研磨）の課題をここで説明致します。まず研磨機に関して、今は片面のバッチ式が主流ですが、ウェーハが大きくなる、それから形状精度をもっと上げるためにということで、枚葉式や両面研磨機に移す必要性がいられています。ウェーハの保持方法に関してもはワックス方式かワックスレス方式かという課題があります。

研磨剤についても、砥粒のサイズとマイクロラフネスの関係とか、砥粒の凝集の問題などが課題として挙げられております。しかし最大の問題は研磨パッドにあると思われまます。

現状のシリコン研磨における最大の問題は形状精度、平坦度の向上ではないかと思われまますが、それに一番影響するのはこの研磨パッドであります。パッド自体の硬さが形状精度や加工品位に大きく影響する。硬すぎると加工品位が悪くなり、軟らかすぎると形状精度が悪くなります。

パッドを使う鏡面ポリシング工程も実際には2から3工程あり、除去量と形状精度を出すための一次ポリシング、および除去量は少なく、マイクロラフネスやヘイズといった極く微小な凹凸や汚染を除去するだけのファイナルポリシングとがあり、使用するパッドも異なります。一次ポリシングではどうしても形状精度を優先するので、パッドはどんどん緻密化して硬くなってきているのですが、そのため目詰まりや反応物の固着が発生しやすく、もっといいパッドがないかということが重要課題になっています。

(スライド 18)

これが現状使われている研磨パッドの一つです。材質は硬質発泡ウレタンです。

柔らかいものとスウェードクロス、ああいったものがファイナルポリシングには使われるのですが、除去量を

必要とする一次ポリシングでは、こういった硬いものを使って形状精度も同時に狙おうとしているわけです。

(スライド 19)

ところがこういうパッド、先ほど言いましたように目詰まりというものがあります。この図はパッドを輪切りにして顕微鏡写真を撮ったもので、丸く見えるのは発泡した穴です。この穴に砥粒や研磨屑が詰まってくる。これが問題になっているわけです。

(スライド 20)

この図のように、最近の研磨盤はウェーハ径の増大に伴って大きくなり、例えば定盤径が3mにも及ぶ研磨盤が出てきています。

(スライド 21)

マシンが大型化すれば、パッドも当然大きくなりますが、それに起因する諸問題というも顕在化してまいります。まず貼り替えが難しくなるし、さきほどの目詰まりの問題とか、切れ味の劣化、パッド自体の硬度変化による加工安定性の低下などがあります。そのために常時コンディショニングといって、パッド表面を少しずつ削って新しい面を出す作業をしたりするのですが、これはパッドの寿命を短くしてしまいます。このように、研磨パッドというのは現状の研磨では必須のものです。逆に様々な問題がこのパッドにより発生しているといっても過言ではありません。そこで、このパッドを使わない研磨、パッドフリー研磨というもの切望され、この複合粒子研磨法が開発されたわけです。

(スライド 22)

ここから、きょうの本題の複合粒子研磨に話は移ります。

複合粒子研磨というのは従来のポリシング法から、研磨パッドを取り去り、その代わりにキャリア粒子というポリマー微粒子に砥粒を保持させて研磨しようという方法であります。

(スライド 23)

ここにポリマー微粒子を持ってきております。こういった非常に細かいプラスチックの粒子であります。このポリマー微粒子は国内で多くの種類のものが市販されています。粒子径で言えば、サブミクロンから1ミリぐらいの粒径のものがあります。また、いろんな材質のプラスチック、ウレタン、アクリル、メラミン、その他いろいろあります。それから表面にシリカあるいはアルミナなどをコーティングしたものも市販されております。

(スライド 24)

このポリマー微粒子は、けっこう身近にも使われておりまして、例えば微粒子を塗料の中に入れてやれば、光の乱反射によりつや消し塗料になる。同様に、液晶画面の光拡散シートに使われたり、平滑なフィルムどうしというのはそのままではブロッキングしやすいのですが、これを防ぐために少量の微粒子を塗布するとブロッキング防止になるとか、あるいは化粧用ファウンデーションの滑り性向上剤として使われたりしています。

(スライド 25)

この複合粒子研磨法の加工部を構成する要素は、工作物、砥粒、それとキャリア粒子と工具プレート、これが複合粒子研磨の主な加工要素であります。

キャリア粒子は砥粒を保持するパッドの代わりにするわけですが、これを加工領域に長くとどめておくために工具プレートというものを使用します。

例えばガラスやセラミック製のプレートを使っていますが、粒子の保持性を良くするために多少表面をあらして使用しております。要するに、工具プレート上の粒子の滞留性が重要なんだということです。

(スライド 26)

まず、ビデオで実際の研磨の様子をご覧くださいます。

(ビデオ)

真ん中に見えるのが工具プレートです。定盤全体よりもちょっと小さいプレートを使っています。いまシリコン・ウェーハを貼り付けているところです。これはワックスレスの方法です。

これはスラリータンクです。実際にスラリーを流しかけながら研磨しているところです。

これで研磨終了です。このように、ピカピカの鏡面ができるということです。ちょっと短いですが、これが実際の研磨の様子です。

(スライド 27)

ここにスラリーサンプルを持ってきましたのでご覧ください。先ほどの透明なコロイダルシリカにポリマー粒子を混ぜると、こういった感じの白濁したスラリーになります。

(スライド 28)

さて、次に本研磨法と従来法とを比較した実験結果についてお話しします。工作物にはシリコン・ウェーハを用いました。比較のやり方としては、従来のスラリーを使ってウレタンパッドで研磨した場合、これがいわゆる従来法に

なります。それから同じスラリーでガラスプレートを使った場合、さらにキャリア粒子を入れたスラリーを用いて、ウレタンパッド、あるいはガラスプレートを用いた場合の違いについて比較しました。

(スライド 29)

加工条件としては、定盤と工作物の回転数が約 60 rpm、加工圧が 30 キロパスカル、加工時間は 20 分、スラリーの流量は 25 cc/min です。

(スライド 30)

これが加工特性を比較した結果です。ピンク色の棒は加工能率を示しています。青い丸はそのときの仕上げ面粗さです。従来法のスラリーとウレタンパッドとの組合せ、これがいわゆる従来法になるのですが、これよりも複合粒子研磨のほうが、この条件では加工能率が高くなっており、このときの加工特性が一番いいと考えられます。

キャリア粒子入りスラリーとウレタンパッドとの組合せ、これはパッドをダブルで使うという形になりますが、この場合もある程度の性能が得られております。ただし、従来法スラリーとガラスプレートとの組合せにおいては能率も低く、また、ウェーハとガラスとの直接接触のためスクラッチだらけになってしまいました。

(スライド 31)

興味深いのは、そのときの加工抵抗に相当すると考えられる、定盤側のモータ電流値の違いです。それを比較すると、複合粒子研磨は従来法に比べてかなり電流値が低いことがわかります。これは従来法におけるパッドとワークの擦れ、そういった加工に寄与しない無駄な摩擦がないために加工抵抗が低くなっているものと考えられます。さらに、電流値を能率で割った I/R 比、これはいかに少ない動力で研磨が進行するかという目安になるわけですが、それで比較しても、複合粒子研磨法は従来法に比べてかなり低いことがわかります。

これは非常におもしろい特徴だと考えています。例えば、非常に薄い工作物を両面研磨機で鏡面研磨するのはなかなか難しいといわれていますが、それは無駄な摩擦抵抗のためキャリアと呼ばれる薄いジグがもたないためです。本研磨法の場合はその抵抗が低いために、そういった用途には非常に有利ではないかと考えております。

(スライド 32)

次に、先ほどからシリコンウェーハは形状精度が大事なんだという話をしてきましたが、それを比較したのがこの表で、片面研磨の結果です。測定したのは、Wa といううねりの値ですが、それで比較しますと、従来法が 16 Å

であるのに対して複合粒子研磨法は 9 Å という良好な値を示しています。そのときの仕上げ面粗さは、だいたい同じで 6 Å ないし 7 Å。そのときの能率もまったく同じであります。したがって、同じ能率で同じ仕上げ面粗さを得られて、表面のうねりについては半分位になっているという結果となりました。

(スライド 33)

さらに、ウェーハ周辺部のダレに関して比較したところ本研磨法の優位性がさらに明らかになりました。この図は、仕上げ面の平面度を表す干渉縞を比較したものです。従来法では工作物が柔らかいパッドに沈み込みエッチ部が丸くダレる、そのため干渉縞は大きく曲がっています。一方、複合粒子研磨の場合は、この沈み込みがないため干渉縞が真っ直ぐな直線を示している、ということはダレがないということです。このように、形状精度において大変優れた研磨法であることがわかります。きょう一番申し上げたかったのはこの部分であります。

(スライド 34)

このように、複合粒子研磨法には多くの優れた特徴があると考えております。

まず一つ目には、研磨パッドが不要ということから、それにかかる費用や貼る手間、メンテナンスなどが不要になります。二つ目には、このパッドというのは長期の加工安定性が得られないという話をしましたが、そのパッド自体を使わず、また、パッド代わりにキャリア粒子はスラリーに添加されて用いられるため常に同じ条件で研磨することができ、加工安定性が高いと考えられます。

三つ目は、工作物の形状精度が良く、特に縁ダレが小さい。これはいまお話ししたところであります。

それから、パッドと工作物との擦れなどによる摩擦抵抗が小さいということで、薄物の両面研磨には非常に有利であると考えられます。

次に、スクラッチの発生が少ないことが挙げられます。これはキャリア粒子が定盤と工作物の間でスパーサーの役割をするためです。一般に、スクラッチの原因は凝集砥粒や異物と考えられますが、間にスパーサーが入ることによって、これらの関与を防ぎスクラッチを減らすことができます。

最後に、この方法は砥粒をキャリア粒子の表面に集中させて研磨する方法であることを考えると、必ずしも高濃度のスラリーを使う必要がないということです。これはスラリーコストの低減にも効果があるし、工作物の後洗浄においても有利ではないかと考えております。このように、複合粒子研磨法は沢山の優れた特徴をもっています。

(スライド 35)

次に、この複合粒子研磨法の加工特性を支配する二つの要因についてお話いたします。一つはキャリア粒子であります。この粒子の役割は砥粒を付着保持して加工領域へ運搬すること、それから、プレートと工作物との接触を妨げてスクラッチを防止することです。

(スライド 36)

この砥粒の付着性は加工特性に大変大きな影響を与えるものと考えられます。すなわち、付着量がある程度多ければ研磨が可能であるが、付着が全くなければ研磨ができないだろうとということです。この付着のメカニズムは物理的なものではなく、スラリー中におけるキャリア粒子と砥粒という異種粒子間の界面化学的な相互作用による付着現象と考えられます。すなわち、粒子間の反発力と引力のバランスの結果であり、この付着現象には粒子のゼータ電位や濡れ性、粒子径、粒子濃度、スラリー中の電解質濃度などが影響してきますが、詳しく説明する時間がないので省略し、結果としてどういう状態のスラリーが望ましいかということのみ次にお話します。

(スライド 37)

これは三つの典型的なスラリーの凝集形態を模式的に示した図ですが、完全に分散している系ではキャリア粒子表面への砥粒の付着がないので研磨できないと考えられます。一方、あまりにも強く凝集しすぎるとすぐに大きな塊となって固液分離し、もはやスラリーとしては使用できないので、これもだめ。その中間で緩やかな凝集のときが研磨にとって最も適した状態であると思われれます。

(スライド 38)

その研磨に適した凝集状態にするには砥粒とキャリア粒子の選定、組合せが大事であります。違う、いろいろが、かかっていません。例えば、この左側の写真を見ると、よく付着して見えると思います。ところが右側の写真ではあまり付着していない。このようにキャリア粒子の種類や砥粒の種類によって、よく付くものと付かないものがあるので、付着性の良い組み合わせを選ぶのが大事だということです。

(スライド 39)

加工特性を支配する二つめの要因として、工具プレートについてお話いたします。工具プレートの役割としては、加工領域に導入されたキャリア粒子が短時間に流れ出るのを防ぐ、すなわち滞留させることが最も重要な役割であります。

(スライド 40)

この図は横軸に工具プレートの表面粗さ、材質はガラスですが、それをとって、縦軸を工作物の加工能率としますとこのようなカーブを描きます。表面を加工していない透明なガラスの場合は、まったく研磨できていません。それをラッピングで徐々にあらしていったら、 $Ra 2 \sim 3 \mu$ の粗さのときに、最高の加工能率が得られています。ところが、あまりあらしすぎると、ついにはガラスプレートと工作物が直接ぶつかって、スクラッチが入ってしまうという結果になってしまいます。

(スライド 41)

これはどういうことかということ、工具プレートの粗さには最適値があって、粗さが小さすぎるとキャリア粒子の保持が悪く、粒子がすぐ流れてしまうため研磨できない。一方、粗さが大きすぎると、こういうところで直接ぶつかってしまう危険性が増大しスクラッチが発生するというところで、これもだめ。その中間のところ鏡面加工ができる最適な範囲が存在するというのであります。

(スライド 42)

最後にいろんな加工事例についてお話します。いままでのお話は全てシリコンウェーハの片面研磨の結果ですが、次にお話するのは両面研磨機で加工した例であります。両面研磨の目標は、先ほど言いましたように、極く薄い、例えば 30μ の厚みの工作物の両面ポリシング、これを目標にしています。

また、大口径のシリコン・ウェーハの両面ポリシングなども目標の一つに置いております。

複合粒子研磨法で両面研磨を行う場合、当初心配したのは、砥粒より大きいキャリア粒子が、上下定盤に均一に入っているかという点です。

(スライド 43)

結果からいいますと、案ずるより産むがやすしで上下面が同じように研磨できました。横軸に加工時間、縦軸に加工量をとっていますが、時間に伴ってリニアに加工量が増加しており、研磨が順調に進行していることを示しています。

この二つの曲線は、工作物の上面と下面の粗さの変化を示しています。上と下がまったく一致すれば、上下とも同速度で加工されていると考えられますが、実際はちょっと違います。しかしながら、実はこの研磨機は、上面の相対速度が下面の相対速度より若干大きい機械であり、そのために差が生じたものと考えられ、速度を補正することにより、同じように研磨できるだろうと考えております。

(スライド 44)

これは両面研磨の加工特性を従来法と比較した結果です。能率は同程度ですが、仕上げ面粗さが少し大きくなっています。しかし、実験数がまだ少なく、諸条件が最適化されていないことを考えれば、今後条件を適切に選ぶことで、片面と同じように面粗さも出るのではないかと期待しています。

(スライド 45)

これは工具プレートの粗さの影響を示しています。片面同様、粗さによって能率が変化しています。ただ片面の場合よりも小さい粗さのときでも高い加工能率が出ています。この理由は、まだはっきりしたところはわかっておりませんが、両面のほうがスラリーが入りやすいということがあるのかも知れません。

(スライド 46)

次に、シリコン以外の材料の加工事例についてお話しします。はじめは水晶を加工した例です。シリコンと違って、砥粒には酸化セリウムを使用いたします。この酸化セリウムは一般のガラスや石英、光学レンズ、ガラスのハードディスクなどの研磨にも使用されており、こういった多方面に応用できる技術だろうと思っております。

ここでは酸化セリウムの種類による加工特性の違いについて実験してみました。酸化セリウムというのは、原料や製法によって成分や純度がいろいろ異なるものが市販されておりますが、その種類による加工特性の違いについて検討いたしました。

(スライド 47)

ここでは酸化セリウム純度や TREO (Total Rare Earth Oxide) という希土類酸化物純度が各々異なる A, B, C という 3 種類の酸化セリウムを使って実験を行いました。この図は砥粒 A を用いたスラリーの一部を乾燥させて SEM 写真を撮ったものですが、キャリア粒子の周りに酸化セリウムが非常によく付着しているのがわかります。

(スライド 48)

これは砥粒 B ですが、先ほどに比べれるとだいぶ少ないですね。ほとんど付着していない。

(スライド 49)

これは砥粒 C の場合です。これは B よりもっと少ないですね。

(スライド 50)

この 3 種類の砥粒を使って研磨してみますと、よく付着

していた砥粒 A の場合は非常に高い能率が出ていますが、付着のよくない砥粒 B や C の場合はその 1/4 ないし 1/20 程度の能率しか得られていません。付着量によってこんなにも違ってくるということです。この赤丸は、仕上げ面粗さを示しています。A の場合はよく削れているから非常にいい値が得られていますが、それ以外は鏡面が得られておらず、値もよくないという結果になっています。

(スライド 51)

次の事例は、水ではなくて油の中で研磨したらどうなるかという話です。

油中研磨というのも一部では実施されている方法で、例えば水中では錆びやすいものの研磨とか、水に溶けやすいものなどが対象となります。油中における粒子の帯電現象は、水中とは大分異なることが考えられますので、そこが興味深いところであります。

(スライド 52)

ところが、油中でキャリア粒子にいろいろな材質のものを使って砥粒の付着状態を見ると、この図に示すように、やはりよく付いたり付かなかったりする違いがある。そして、よく付着している組合せにおいて高い能率が得られており、やはり水中と同じように付着量との相関が見られることがわかりました。

(スライド 53)

これは油中でアルミ合金を研磨した例です。キャリア粒子入りのスラリーでは鏡面が得られているが、キャリア粒子を入れないスラリーでは鏡面にはなりません。

(スライド 54)

これは無酸素銅を研磨した事例であります。レーザーミラーなどに使われているものですが、やはり同様のことが言えます。

(スライド 54)

この表は、その他の工作物の事例をまとめたもので、水中においてニッケル—リンディスクや、シリコン酸化膜、サファイヤなどの工作物について検討を行った結果であります。シリコン酸化膜は、デバイス工程における平坦化、プラナリゼーションに適用することを目的として検討を始めています。いずれも鏡面が得られており、それなりの結果が出ていると考えています。

(スライド 55)

以上で複合粒子研磨法の技術的な話は終わりますが、この研磨法は、谷先生が始められてから数えても、3 年か 4

年ということで、研究はまだ緒についたばかりであります。しかし、何とかこの技術を実用レベルまで早く押し上げたいと考えております。

そのための企画として、このスラリーと工具プレート、パンフレットをセットにしたお試し用セットを、日本マイクロコーティング(株)さんのほうで準備してくださいました。詳しくはきょうの展示場所、Ew-B 02 という B 棟の地下にわれわれ寄附部門の展示を行っておりますが、そこにこのお試しセットのパンフレットを用意しておりますので、是非ご覧いただきたいと思ひます。

あわせて、プロジェクトの参加も常時受け付けておりま

すので、こちらのほうもよろしくお願ひいたします。

(スライド 56)

最後に、きょうのお話は、私どもの部門で行われたもので、私と一緒に運営して下さっている助教授の榎本先生、および助手の盧さん、プロジェクト参加企業からの研究員の皆様の協力で得られた成果であります。ここでお礼を申し上げ、私の話の締めくくりとしたいと思ひます。どうもありがとうございました。

(了)