

INSTRUCTIONS

ガタン社

精密テンフル・グラインダー

Model 656/3



日本電子データム株式会社

目 次

1. 序言	3
2. 取り付け	4
3. 構造説明	5
3.1 ディンブルグライндаベース	5
3.2 光学顕微鏡	5
3.3 研削及び研磨工具	6
3.4 試料マウント	6
3.5 電気制御システム	7
4. 操作	8
4.1 原理	8
4.2 ダイアルゲージのゼロ	9
4.3 試料作成	9
4.4 試料の取り付け	10
4.5 試料の位置決め	10
4.6 ディンブル深さを設定することによる研磨	11
4.7 最終厚さを設定することによる研磨	12
4.8 研磨	13
4.9 試料の取り外し	13
4.10 両面ディンブリング	13
4.11 最終厚さく20 μ m	14
4.12 テーパの断面	15
5. 性能チェック	16
5.1 アームピボットの摩耗	16
5.2 カウンターウエイト・スケールゼロ	16
5.3 研削工具/軸アセンブリの偏心	17
5.4 試料ターンテーブルの垂直	18
5.5 研削工具位置	18
5.6 ゼロストップ調整	19
6. 予備品及び消耗品	20
7. 保証	21
7.1 U S A 本土	21
7.2 U S A 本土以外	21
8. 説明図	22

1. 序言

Gatan ディンプル・グラインダー型式656は、セラミックス、半導体、及び金属のような材料の表面に、球形またはフラットな底形状を持つ円形ディンプルの研削を行なうために使用される精密器械である。主な用途はTEM試料の作製である。最終的な薄膜化の前に試料を機械的にディンプル加工することによって、完成試料は、より均一な厚さの通常よりも大きい電子線透過領域を持ち、イオンまたは中性粒子ビーム薄膜化システムの場合、最終的な薄膜化に必要な時間は大巾に短縮される。その上、完成試料には、薄い部分を取囲む比較的厚いリムがあるので、非常に頑丈である。

注意深いオペレーターならば、 $5\mu\text{m}$ 以下の厚さを日常的に作製することが出来るが、しかし、ほとんどの金属の場合、研削の影響によって試料の表面に発生する機械的な損傷を取り除かなければならないので、一般に最終厚さは $20\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ の間であることが多い。このような試料の作製は、電解研磨、イオン・ビーム薄膜化等によって完成される。しかし、ディンプル・グラインダーは、動作が静かであり、ディンプルングの工程全体にわたって十分に管理されるので、セラミック、半導体等の多くの材料を、ほとんど機械的な損傷がなく、 $5\mu\text{m}$ 以下に薄膜化することが出来、次に、それ以上薄膜化する必要なしに透過型電子顕微鏡で観察することが出来る。電子線透過領域は、他の薄膜化技術では必ずしも可能ではない、横に数10ミクロン、縦に数ミクロンの範囲で、試料の中で正確に見つけることが出来る。

Gatan ディンプル・グラインダー型式656のその他の用途の中には、EDX、SIMS、オーガー等の分析技術に適用することの出来る、試料の表面に正確で精密に位置決めされたテーパー断面の作製がある。このようにして、分離した面の層、被覆、及びメッキの構造的断面を、短時間で、すぐれた「深さ分解能」で得ることが出来る。

2. 取り付け

ディンプル・グラインダーは、標準電圧で作動する。（注意 コードを接続する前に、そのユニットが地方の標準電圧に適合することを確認するため、背面の電力ソケット・モジュールをチェックする。）不適当な電圧に接続すると、ディンプル・グラインダーの損傷を招く場合がある。その他の外部サービスまたはユーティリティは不要である。但し、再生可能な高品質の結果を得るためには、ディンプル・グラインダーは、平坦な、振動のない堅固な面に据え付けなければならない。周囲の環境は清潔でなければならない。プラットフォーム・カウンタウェイトが別個に梱包され、ネジによって定位置に取付けられるようになっている。取り付け後、スケール・ゼロをチェックする（第5. 2項参照）。

説明（第1図参照）

3. 1 ディンプル・グライндаのベースには、コントロール・システム、マイクロメータ・ドライブ、モータ・ドライブを含むマグネット・ターンテーブル、及び透過照明システムが含まれている。ベース・ユニットのトップには、研磨工具アセンブリとダイヤル・ゲージの含まれる、ピボット式プラットフォーム（アーム）が取付けられている。アームは、ベースの背面に、磁石式のラッチによって垂直位置に保持されている。

上昇下降カムによって、研磨工具は、最後の数ミリを非常に静かに試料の上に下降するので、その動きの最後の部分を上下させる時には常に使用されなければならない。

注意 ピボット式アームを落下させると、測定システムにひどい損傷を与えることになり、保証は無効になる。

カウンタウェイトは、試料に加えられる荷重を、0から50 gの間で変えることが出来る。黒い荷重スケールは、スライドさせ、回転させることによって調整し、ゼロの目盛に合わせることが出来る。このため、作動中、金属カウンタウェイトを保持することによって荷重を変えなければならない。

アナログ・ダイヤル・ゲージは、研削の進行状態を示し、通常は取除くべき試料の厚さを表示する。ハウジングは、マイクロメータ・ドライブの端面に対して下方に押しつけるためにスプリングで支持されているダイヤルゲージのstylusを保護する。ゼロ・ストップ・セット・ネジは、絶縁され、自動停止回路に対してライブ・コンタクトを形成する。ダイヤル・ゲージstylus及びマイクロメータのドライブ端部と接続する時には接地を行ない、自動停止装置が備えられている場合は、研磨工具と試料回転モータが自動的にスイッチ・オフとなる。

3. 2 光学顕微鏡

x40倍率の光学顕微鏡は、精密に機械加工されたベースを持ち、このベースが、試料回転ハウジングと正確にフィットする。接眼レンズ内の中心マーク（約80 μ mの試料の上に突出した直径）が、試料回転軸の位置を示し、それによってディンプルの中心が特定の部分に正確に位置決めされるようにする。光学顕微鏡のベースには、反射光で試料を観察するためのランプが含まれている。最終薄膜化の間に透明になるような材料が、ガラス試料マウントの上にある時、ランプ・スイッチを押すことによって、透過光の中で観察することが出来る。これが顕微鏡ベースのランプのスイッチを切り、ターンテーブルの下の方のランプのスイッチを入れ、このランプがターンテーブルの中心の穴を通して光り、下からマウントと試料を照明する。

3. 3 研削及び研磨工具（第2図参照）

研削及び研磨工具は、直径が10mm、標準の15mm、及び20mmのものがあ、それらのすべてが互換性がある。小さなホイールはこわれやすい試料のために薄い部分の周りに広く厚いリムを持ち、分析のための急斜断面を作る。大きいホイールは、分析用のバルク試料を作製する。注 研削工具は摩耗するので、消費材としてみなすべきである。

研削工具はリン青銅で、球形またはフラットなエッジのものがある。球形エッジのホイールは、ディンプルのより正確な位置決めを可能にし、薄い部分に小さな球形輪郭を作り、セラミックや半導体のようなこわれやすい、または硬いが弾性がない試料に適している。エッジのフラットなホイールは、薄い部分がよりいっそう大きな、フラットな底のディンプルをつくり、堅くてしなやかな試料、特に金属によりいっそう適している。

研磨工具バフには、フェルト・ストリップを保持する凹みのあるリムがある。フェルト・ストリップの寿命は限られているので、定期的に交換しなければならない。注 フェルトは汚さないように気をつけ、同じストリップ上で別のコンパウンドを混合してはならない。

工具及びその取付軸は、常に清潔に維持するように気を付けなければならない。注意 軸のテーパを清掃するために、多量の溶媒をかける方法を使用してはならない。それによって洗われたごみが軸アセンブリに入り、摩耗と性能低下の原因となる。ごみを取り難い場合は、溶媒（例えばフレオン）で軽く湿らせたレンズ・ティッシュで清掃する。

3. 4 試料マウント（第3図参照）

試料マウントは、試料ターンテーブルに磁石によって保持される。直径の異なる研削及び研磨工具を取り付けるため、3種類のサイズのマウントがあり、それによって工具軸は常に水平に維持される。

標準の15mm直径のホイールに使用される標準マウントは、シリンダとセンターリングから成っている。透明な材料、またはシリコンのような非常に薄くなった時に透明になる材料のために、ガラス・シリンダは、光学顕微鏡と下側の試料イルミネータを使用して、透過光で薄膜化の進行を監視することが出来る。不透明な試料は、通常はスチール・シリンダに取り付けられる。ガラスとスチール・シリンダのいずれも、Gatanディスク・グライнда型式623とGatan超音波ディスク・カッタ型式601に適合し、試料を付け変えずに、最高7枚のディスクの研削、切削、及びディンプルングの全工程を行なうことが可能である。小型の直径10mmのホイール用に使用されるマウントは、研削工具

軸アセンブリのかききずを防止するため、円錐形をしている。大型の20mm直径のホイール用マウントは、シンプルなディスクである。注 試料マウントは、なめらかさと水平性を定期的にチェックしなければならない。このチェックは、光学顕微鏡または自立形ダイヤル・ゲージを使用して行なうことが出来る。

3. 5 電気制御システム (第4 a 図及び4 b 図参照)

電気システムの回路図は、第4 a 図に示す。システムは以下から構成される。

- a) 115VAC及び230VAC入力用の二重巻線付き電力変圧機T1
- b) 上のランプDS5または下のランプDS4用の無調整24VAC12ワット給電T1、CR4、C3
- c) 試料テーブル・モータB1用調整1.2VDC供給U2、C1
- d) 研削工具(アーム)モータB2用調整可変1.2から13.9VAC供給
- e) デジタル・マイクロメータ用調整1.5VDC供給CR6、R10、R11、C5
- f) プリセット試料厚さでモータをOFFにするための自動停止回路C2、K1、R1、S6
- g) LCDディスプレイ及びゼロ・スイッチS5を含むデジタル・マイクロメータM1

パワー・コネクタ・モジュールは、ディンブル・グラインダの本体に固定され、入力acパワー・コネクター、パワー・スイッチ、120/240V電源電圧セレクト・カード、及び3AGサイズ、250ボルトのヒューズを含む。本体がベース・プレート・アセンブリ上の規定位置にセットされると、圧力コネクタによって主PCボードにすべての電気接続がなされる。ケーブルは不要である。

主PCボードは、ディンブル・グラインダに固定され、内部の24Vdc給電、下のランプ、モータ・スピードをコントロールするための従来のIC電圧調整器、1.5V給電、及びオートストップ回路を含む。オート・スイッチS4を押すと、コンデンサC2が、リレーK1を引き、コンタクトK1-1を閉じてチャージする。コンタクトK1-1が(ドロッピング抵抗器R6を通して)保持(ラッチ)電力をK1に伝え、また(CR3を介して)モータの電力をスイッチS1、S2に伝える。試料が研削リミットに達すると、指針S6が接地し、K1のための保持力をショート・アウトして落下させ、モータからの電力を取り除く。リレーをリセットするには、オート・スイッチをUP位置に押すことによってコンデンサC2をディスチャージしなければならない。

4. 操作

4. 1 原理（第5図及び6図参照）

ディンプルを作製するためには、試料と研削工具間の接点は、試料回転軸の上になければならない。そのためには、研削工具回転軸が、垂直試料回転軸に対して正しく直角であり、それと交差しなければならない。ピボット式アームと、研削工具と軸アセンブリの間に取り付けられた精密テーパ軸受の正確な芯合わせによって、研削工具の中心平面が垂直試料回転軸を含み、従って正しい箇所ですべて試料に接触する。

ホイールの直径が変化すると、ホイールが傾き、その回転軸は水平位置から離れ、接点が垂直試料回転軸から離れる。これは、サイズの異なる試料マウントで試料高さを変えることによって修正する。

ディンプル・グラインダは、二つの測定装置、アナログ・ダイヤル・ゲージとデジタル・ディスプレイ付きのマイクロメータを内蔵している。ダイヤル・ゲージの *stylus* は、スプリングで支持され、そのためマイクロメータ・ドライブの端面を下向きに押しつけ、通常それに接触している。注 ダイヤル・ゲージをピボット式アームの不可欠な一部とし、研削工具に確実に接続されるようにすることが重要である。研削工具の高さを変更することによって、マイクロメータ端面に比例するダイヤル・ゲージの全く同じ運動と、ダイヤル・ゲージ *stylus* の適切な運動が行なわれる。

このようにして、ダイヤル・ゲージは、研削工具と試料の間の接触の敏感な表示計と、ディンプリングの進行を容易に知ることの出来るアナログ・ディスプレイの二重の役目を果たす。

試料を研削する時、測定システムを使用するには二つの方法がある。特定の深さのディンプルを研削するには（第7a図参照）、試料の上面でマイクロメータをゼロの目盛に合わせる。この方法は、試料を研削するためのより正確な方法であるが、試料の最初の厚さを正確に知る必要があり、各試料に対してマイクロメータのゼロを設定しなければならない。この方法は、非常に薄い（ $< 20 \mu\text{m}$ ）試料を研削する時に使用される。

最終試料厚さを設定するもう一つの方法（第7b図参照）は、試料のない試料マウントの上面に於けるマイクロメータのゼロ設定を必要とする。この方法は、試料の最初の厚さを知る必要がなく、マイクロメータ・ゼロは、多くの試料のディンプリングを行なう時に、一度設定する必要があるだけである。しかし、試料マウントは毎度正確に同じ高さに取り付けられない可能性があり、取り付けワックスに考慮が払われないため、前の方法程には正確ではない。従って、非常に薄い試料の作製に使用することは出来ない。

研削による材料の除去率は、いくつかの要因によって影響される。一般に、荷重及びまたは研削工具のスピードを増すと、材料の除去率が増す。しかし、これはより厚い損傷の層をも発生させる。硬い金属の中には、かなり硬化するものがあり、それらのディンプリングを最も良く行なうためには、荷重を減少して低い速度で行なう必要があることにも注意しなければならない。

4. 2 ダイヤル・ゲージのゼロ

ダイヤル・ゲージのゼロは、ディンプリングを行なう前に常にチェックしなければならない。注 注意してゼロ調整を行なうことにより、測定システムの精度が決定される。

- a) アームを直立位置にし、マグネチック・ターンテーブルから試料マウントを取り外す。
- b) アームをカムの上に降下させる。
- c) 両方のモータがオフになっていることを確認し、20 gの荷重を設定する。
- d) マイクロメータ・ドライブを、ベースに付く迄降下させる（右回り）。
- e) カムでアームを降下させる。
- f) ダイヤル・ゲージの針が丁度1回転し、12時の位置に、またはその近くに静止する迄、マイクロメータを上げる（左回り）。注 stylusが正確に12時の位置になる必要はない。
- g) 視差による誤差を避けるように注意しながら、ゼロが正確に針の下に位置する迄、ダイヤル・ゲージの面を回す。力が過度でなければ、ダイヤル・ゲージの調整をするためにアームに対して下方向に押しつけることによって何らの損傷も発生しないが、構造上の柔軟性によって、針の位置が多少変化する。

4. 3 試料作製

試料の両面は完全に平行でなければならない。1°のずれが、結果的にマイクロメータで測定した時、3mmディスクの厚さの約25μの過大評価となり、5μm厚さの試料を作製しようとする場合は、これは明らかに不合格である。開始時のディスクの厚さの変化は、光学顕微鏡で観察する時、ディスクを横切る焦点の変化に注意することによってチェックすることが出来る。ディスクは、注意して研削することによってディンプリング用に作製しなければならないが、一貫して適切なディスクを作製するためには、Gatanディスク・グラインダー型式623が推奨される。

特定の深さのディンブルを研削する方法で行なう場合は、最初の試料の厚さを正確に決定しなければならない。どのような方法を使用する場合でも、試料の厚さは、ダイヤル・ゲージの最大範囲である200μm以下でなければならない。しかし、最初の厚さとしては

100 μm が推奨される。何故ならば、これによってディンプリングに必要な時間を短縮し、しかも十分に強力なサポーター・リムが得られるからである。

試料マウントと接触する試料の面は、満足な仕上げになっていなければならない。通常のディンプリングでは、ディスク研削は15 μm グリットで完了することが出来るが、20 μm 以下迄試料を薄膜化するためには、ディスク研削の最終段階は、3 μm グリットで行わなければならない。電子線に透過する迄、機械によって薄膜化する場合は、ディスクは、2-4 μm のダイヤモンド・ペーストを使用し、研磨布で仕上げを行ない、つぎに0.05 μm のアルミナで仕上げを行なう。

4. 4 試料の取り付け

試料は、融点の低い、熱可塑性ワックスを使用してマウントに固定する。供給されるワックスは、130°で液体となる。注 ワックスの温度が130°を越えると、分解し始める。これは、試料をマウントに固定する能力に影響するようには見えないが、試料は、後に、研削中にはがれる可能性がある。ワックスは完全に清潔に保ち、ごみのつかないように注意を払わなければならない。試料とマウントの間の数ミクロンという小さな粒子が、性能に悪影響を与える。Gatan試料取り付けホット・プレート型式623-40を推奨する。

- a) 試料マウントをホット・プレートに載せ、130° Cに設定する。
- b) ワックス・スティックの中の本の端をマウントの面に当てる。必要なのはほんの少量（直径約1 mm）である。ワックスを溶解させる。
- c) 研磨面を下にし、試料をマウントの上に注意して載せる。
- d) 試料をマウントに静かに押し付け、ワックスが均等に、薄く分布するように、小さな円を描くようにして動かす。ワックスが試料の上面に付かないように気を付ける。
- e) ホット・プレートからマウントを取除き、冷却させる。
- f) クロロフォルムまたはアセトンとコットン・パッドを使用し、試料マウントから余分なワックスを静かに取除く。
- g) 試料取付が完了する迄、ワックスの層の厚さをチェックする。3 μm 以上であってはならない。

4. 5 試料の位置決め

マグネチック試料ターンテーブルと光学顕微鏡を使用して、試料ディスクの任意の箇所にディンプリングの位置を決めることが出来る。しかし、他の方法を取る理由がない限り、ディンプリングは、サポーター・リムを最大限に生かすため、ディスクの中心近くに位置決めすべきである。

- a) 試料マウント（及びセンターリング・リング）をターンテーブルに載せる。ごみを取り除き、マウントが自由にスライド出来るように、少量の真空グリースをつけた、けばのない紙でターンテーブルとマウントの底を拭いても良い。
- b) 試料ターンテーブルを取り囲むハウジングの上に、光学顕微鏡を静かに位置決めする。
注 顕微鏡とハウジングの接触面は、清潔でなければならない。清潔でないと、顕微鏡が正しく位置決めされず、ディンプルが正しい場所にならない。
- c) コネクタを照明器のソケットに指し込む。
- d) 顕微鏡の接眼レンズを回し、中心スポットに焦点を合わせる。
- e) 顕微鏡の焦点を試料に合わせる。
- f) 試料の希望の位置が中心スポットと一致する迄、試料マウントを水平にスライドさせる。
- g) ターンテーブル・モータのスイッチを入れ（テーブル）で、正しい心出しをチェックする。試料は、心出しスポットの回りを回転しなければならない。そうでない場合は、顕微鏡とハウジングの接触面の清潔さをチェックする。
- h) 顕微鏡を取り除く。

4. 6 ディンプル深さを設定することによる研磨

- a) 必要な負荷（通常は約20g）と研削工具速度を設定する。両方のモータがオフであることを確認し、マイクロメータを降下させる。
- b) 試料と共にマウントをターンテーブルに載せ、カムによって研削工具を試料の上に注意しながら降下させる。
- c) ダイアル・ゲージが完全に1回転し、針がゼロに丁度届く迄マイクロメータを上げる。
注 マイクロメータをダイアル・ゲージのゼロよりも上げないように注意する。
- d) マイクロメータのデジタル・ディスプレイをゼロにする。
- e) マイクロメータのディスプレイが必要なディンプル深さを示す迄マイクロメータを降下させる（右に回す）。ダイアル・ゲージは、最初は、同じ読みを示す。
- f) カクテル・スティックを使用して、少量のダイヤモンド・コンパウンドをホイールと試料に載せ、蒸留水で湿らせる。
- g) 両方のモータのスイッチを入れる。ダイアル・ゲージがディンプルリングの進行を示す。
- h) 必要ならばオートターミネータをここで使用しても良い。ダイアル・ゲージがゼロから2-3 μm 内に達した時、それが自動的に試料ターンテーブルと研削工具モータのスイッチ切る。残りの2-3 μm の研削は、負荷と研削速度を減少して行なうことが出来、研削の進行は光学顕微鏡でチェックされる。
- i) 試料が必要な厚さに近づくにつれ、研削工具の負荷と回転速度を減少させることに

より、最終試料の質を改善することが出来るであろう。

注 試料表面と研削工具を完全に乾燥させてはならず、常に試料の上に、希釈されたペーストの小さなポケットがなければならない。ホイールと試料を随時清掃し、新しいダイヤモンド・コンパウンドを補強するのが望ましい。

4. 7 最終厚さを設定することによる研磨

- a) 必要な負荷と研削工具の速度を設定する。両方のモータがオフになっていることを確認する。
- b) 試料なしでマウントをターンテーブルに載せる。
- c) カムによって、試料マウントの上に研削工具を注意しながら降下させる。
- d) ダイヤル・ゲージが完全に1回転し、針がゼロに丁度到達する迄マイクロメータを上げる。 注 マイクロメータをダイヤル・ゲージのゼロ以上に上げないように注意する。
- e) マイクロメータのデジタル・ディスプレイをゼロの目盛りに合せる。この設定は、任意の数の試料に対して使用することが出来る。
- f) アームを上げ、マウントを取り外し、試料を取り付ける。ターンテーブル上のマウントを交換する。
- g) ディスプレーが必要な最終厚さを示す迄マイクロメータを上げる（左に回す）。
- h) 試料の上にカムでアームを注意しながら降下させる。ダイヤル・ゲージが取り除かれる材料の厚さを示す。この数値プラス・マイクロメータの読みが試料の厚さプラス取り付けワックスの厚さである。
- i) カクテル・スティックを使用して、少量のダイヤモンド・コンパウンドをホイールと試料に載せ、蒸溜水で湿らせる。
- j) 両方のモータのスイッチを入れる。ダイヤル・ゲージがディンプリングの進行状態を示す。
- k) 必要ならばここでオートターミネータを使用しても良い。ダイヤル・ゲージがゼロから $2-3\mu\text{m}$ 以内に達した時、それが自動的に試料ターンテーブルと研削工具モータのスイッチを切る。残りの $2-3\mu\text{m}$ の研削は、負荷と研削速度を減少して行なうことが出来、研削の進行は、光学顕微鏡でチェックすることが出来る。
- l) 試料が必要な厚さに近づいた時、負荷と研削工具の回転速度が減少されることにより最終的な試料の質を改善することが出来る。

注 試料表面と研削工具を完全に乾燥させてはならず、常に試料の上に、希釈されたペーストの小さなポケットがなければならない。ホイールと試料を随時清掃し、新しいダイヤモンド・コンパウンドを補強するのが望ましい。

4. 8 研磨

絶対に必要という訳ではないが、最終的な研磨処理は、それ以降の薄膜化によって作製される試料の質を改善する。研削によって、最終的な必要厚さの数ミクロン以内迄試料の厚さが減少した時、研削工具をフェルト・エメリー・バフと交換する。

- a) ディンプル・グラインダから試料マウントを取り外し、コットンのスワブと蒸留水、次にフレオンで、研削コンパウンドを完全に清掃する。試料ターンテーブル上のマウントを交換し、光学顕微鏡を使用して中心を出す。 注 最終研磨段階のために正確な再中心出しは不要である。
- b) 試料の上にエメリー・バフを注意して降下させる。
- c) 少量の $0.05\text{ }\mu\text{m}$ アルミナ懸濁液をフェルト・ストリップと試料の両方にかける。
- d) 研削工具にもっと高い回転速度と約 25 g の負荷を与える。
- e) フェルト・エメリー・バフの柔らかさのため、測定システムが不正確になる。ガラス・マウント上の透明な試料のために、反射光または透過光で光学顕微鏡を使用して研磨の進行を監視する。試料の研磨に必要な時間は、堅さによって異なる。

4. 9 試料の取り外し

研削と研磨が完了したら、試料をマウントから取り外す。薄膜化された部分に対する損傷を避けるため、極度に注意することが必要である。

- a) 試験品マウントをスライドさせ、ターンテーブルから取り外す、
- b) 試料マウントをホット・プレートに載せ、 130°C に設定する。
- c) ワックスが完全に解ける迄待ち、次にカクテル・スティックを使用して、試料を横にスライドさせてマウントから外す。
- d) 試料から取り付けワックスを完全に取り除かなければならない。クロロフォルムまたはアセトンの中に試料を浸漬し、超音波クリーナーで清掃する。 注 超音波クリーナーの使用は、試料に損傷を与える場合がある。試料は、完全にきれいになる迄、清掃溶剤を何度か変えて洗浄しなければならない。

4. 10 両面ディンプリング

さらに薄膜化を行なう前に試料の両面にディンプリングを行なうことによって、インターフェースを見るため、試料の選択された深さに、電子線透過領域を位置決めすることが可能になる。さらに、残留応力のバランスが良くなる。

最初の試料厚さを正確に知る必要があり、ディンプル深さを設定することによって研削を行なう方法のみ使用することが出来る。明らかに、二つのディンプルの深さは、それらが

共に最初の試料厚さ以下になるように設定されなければならない。

試料の第一面のディンプリングを行なった後、マウントからそれを取り外す。注 測定システムの精度を保証するため、さらに試料を完全に清掃する必要がある。第2回目に試料を取り付ける場合に、下側のディンプルに気泡が入らないように気を付けなければならない。これによって、サポートされていない薄い部分がこわれる原因となる。

- a) 試料マウントを130°Cのホット・プレートに載せる。
- b) ディンプリングを行なった側を一番上にして、試料をホットプレートに載せる。
- c) 試料マウントの中心で、少量のワックスを溶かす。
- d) 試料のディンプルの中に、少量のワックスを溶かし込む。
- e) 細いピンセットを使用して、試料を上げ、逆にし、試料マウント上の解けたワックスの上に静かに落す。
- f) 通常のディンプリングと同じく進める。

4. 1.1 最終厚さ < 20 μm

20 μm 以下の厚さについては、フェルト・エメリー・バフによる長時間研磨工程が引き続き行なわれる。これは、荒研磨と仕上げ研磨の二つの段階に分けられる。フェルトの柔らかさのため、正確な読み取りを行なうことが不可能であり、いずれの段階に於いても測定システムは使用されない。従って、マイクロメータ・ヘッドは完全に下げなければならない。その代りに、ディンプリングの進行は光学顕微鏡によってチェックされる。この方法は、ガラスの試料マウントが使用され、試料が透過光によって観察される時特に有効で容易である。半導体の場合、透過光で見た試料の色は、厚さに密接な関係がある。シリコンについては、赤は約10 μm の厚さを示し、黄色は約5 μm の厚さを示す。

4. 1.1. 1 荒研磨

荒研削によって15-20 μm の試料厚さが得られている時、試料を完全に清掃し、研削工具をフェルト・エメリー・バフと交換する。荒研磨の段階は、2-4 μm のダイヤモンド・コンパウンド、30 gの負荷、及び位置5に設定された研削工具速度コントロールで行なわれる。荒研磨段階の目的は、研削によって発生したかき傷その他の機械による損傷を取り除き、鏡のような面とすることである。シリコンについては、通常荒研磨は約5分を必要とする。このステップ中にコットン・スワブと蒸留水、続いてフレオンによる試料とホイールの清掃が必要である。

4. 1.1. 2 仕上げ研磨

仕上げ研磨段階の目的は、試料の厚さを、必要とされるもの（通常は2 μm 以下）に静か

に減少させることである。新しい、清潔なフェルト・エメリー・バフが必要であり、研磨コンパウンドのために、 $0.05\mu\text{m}$ のガンマ・アルミナ・サスペンションが使用される。付着した研磨コンパウンドは試料から完全に取り除かなければならない。これを行なう際に注意をおこたると、試料を必要な迄薄膜化することが不可能になる。回転速度は代らないが、負荷は 25g 迄減少する。仕上げ研磨を完了するのに必要な時間は、最初及び最後の厚さと、特定の材料によって異なる。シリコンの場合は、通常は $2-3\mu\text{m}$ の厚さを達成するのに15分から20分を要する。この場合も、このステップ中に随時清掃と、光学顕微鏡による研磨の進行の注意深いチェックが必要である。

4. 1.2 テーパの断面

ディンプリングを行なった試料は、表面の分離、めっき、被覆等の分析に理想的である。オージェまたはSIMSに関しては、スパッタリングが試料に浸透する必要がなく、そのため分析が迅速になり、SEMの場合は、簡単なEDXエレメント・ライン・トレースで即値深さ断面が与えられる。表面からの「深さ」は、研削工具の直径($2R$)、ディンプリングの半径(r)、及びディンプリングのエッジからの深さ(x)を知ることから計算される。従って、

$$\text{深さ} = x(2r - x) / 2R$$

この概算は、最大誤差10%以下で、正しい数値よりも常に少ない値が得られる。

正しい値は以下によって与えられる。

$$\text{深さ} = \frac{\{R^2 - (r - x)^2\}^{1/2}}{\{R^2 - r^2\}^{1/2}}$$

5. 性能のチェック

型式656のディンプル・グラインダの性能の完全なチェックには、ダイヤル・ゲージのゼロ・チェックの他に、以下の各段階が含まれる。

- 1) アーム・ピボットの摩擦
- 2) ロード・スケール・ゼロ
- 3) 研削工具／軸アセンブリの偏心（振れ）
- 4) 試料ターンテーブルの垂直運動
- 5) 研削工具の位置決め
- 6) ゼロ・ストップ調整

5. 1 アーム・ピボットの摩擦

測定システムの正確な反応を得るために、アーム・ピボットの摩擦は非常に低くなければならない。

- a) アームをカムによってマイクロメータ・ドライブから上昇させ、アームに通じている2本のワイヤを外し、それらを一時的に粘着テープでアームに固定する。
- b) 1本の指先で、水平線から約 20° にアームを支持する。 注意 アームを落さないように注意する。
- c) この位置でアームが正確にバランスが取れる迄、カウンタウエイトに対してアームのバランスを調整する。 注 ダイヤル・ゲージのstylusはスプリングによって支持されているので、これはロード・スケールのゼロではない。
- d) カウンタウエイトを $\pm 2\text{ g}$ 調整することによって、アームは水平面方向に静かに落下し、または約 60° 迄上昇する。

5. 2 カウンタウエイト・スケール・ゼロ

黒のロード・スケールは摩擦によってカウンタウエイトに連結され、自由に回転し、スライドする。ロード・スケールのゼロを設定する場合に、ダイヤル・ゲージのstylusのスプリング張力と研削工具の重量を考慮する。

- a) 4. 2のダイヤル・ゲージ・ゼロ調整が行なわれており、研削工具が規定位置にあることを確認する。
- b) カムによってマイクロメータ・ドライブからアームを静かに上げ、水平線から約 30° に手によってアームを支持する。この位置でアームとバランスがとれるようにカウンタウエイトを調整する。
- d) カウンタウエイトを完全に2回転ネジ込む。これによって、stylusのスプリングに打ち勝つために必要な負荷が与えられる。

- e) カムによってアームをマイクロ・メータ・ヘッドの上に静かに降下させる。ダイヤル・ゲージの *stylus* が右に回転し、ディンプル・グラインダのベースを静かに叩くと、ゼロの方向に静かに近づく。*stylus* がゼロの方向に激しく回転するならば、アームを上昇させ、*stylus* がゼロから1目盛以内で静止する迄負荷を減少させる。
- f) アームをカムの上に上げ、金属のカウンタウェイトをしっかりと保持し、黒のロード・スケールをゼロと一致するように回転させ、スライドさせる。
- g) ロードスケール・ゼロから $\pm 2\text{ g}$ 以下カウンターウェイトを調整することによって、ゼロの1目盛以内にダイヤル・ゲージの *stylus* を位置決めすることが可能でなければならない。

5. 3. 研削工具／軸アセンブリの偏心（振れ）

アームの過度な垂直運動は、ディンプリングの進行を正確に監視し、最終厚さを決定することを不可能にする。

- a) 標準研削工具を軸上に置き、試料と共に試料マウントの位置決めをする。
注意 研削工具を試料マウントに対して回転させてはならない。
- b) 試料ターンテーブル・モーターがオフであることを確認する。
- c) 研削工具について、 20 g の負荷と遅い回転速度を設定する。
- d) 研削工具モータのスイッチを入れる。
- e) 研削工具に1滴の水で潤滑する。
- f) カムを使用して、研削工具を試料の上に注意して降下させる。
- g) ダイヤル・ゲージで読み取ることが出来るようにマイクロメータ・ドライブを調整する。
- h) ダイヤル・ゲージ上の示度の変化は、 $\pm 1\text{ }\mu\text{ m}$ 以下でなければならない。

stylus がこれ以上動く場合は、

- a) 溶剤に浸したけぱのないティッシュで雄及び雌ホイール・ベアリング面を清掃する。
注意 多量の溶剤をかけてはならない。それによってグリットが軸アセンブリの中へ洗い流される可能性がある。
- b) 軸に関してホイールを回転させ、振れを最少限度にする心合せを見付ける。
- c) 研削工具にフラット部分がないことを確認する。もしフラットな部分があれば、ホイールの交換をしなければならない。
- d) もう一つの研削工具をチェックしてみる。これで問題が解決されるならば、雌ホイール軸受面が損傷しており、ホイールを廃棄しなければならない。

- e) 他のホイールにも同じ振れが発生する場合は、雄テーパ軸受が損傷しているか、または軸アセンブリの損傷または摩耗である。雄テーパ軸受面のわずかな損傷は、全速力でモータを回転させ、微小量のダイヤモンド・コンパウンドでホイールの雌テーパに対して注意深くラッピングを行なうことによって補修することが出来る。ダイヤモンド・コンパウンドは、軸に近づけてはならない。
- f) それでも余分な振れがなくならない場合は、軸アセンブリを交換しなければならない。

5. 4 試料ターンテーブルの垂直運動

試料の過度の垂直運動は、研削工具軸の過度な振れに類似する問題を発生させる。

- a) 5. 3項のように作業を進める。
- b) 研削工具モータがオフであり、試料ターンテーブルがオンであることを確認する。
- c) ダイヤル・ゲージの示度の変化は、 $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下でなければならない。

stylusがこの量以上に動く場合は、

- a) ターンテーブル面と試料マウントが清潔であるかどうか確認する。
- b) 試料マウント上面の損傷、平坦さ、及び、ベースに対して平行であることを確認する（光学顕微鏡を使用する）。
- c) 垂直運動の原因を確認することが出来ない場合は、ターンテーブル・アセンブリ全体を交換しなければならない。

5. 5 研削工具位置

研削工具と試料の接点は、試料の回転軸上になければならない。これは、フラット・エッジ・ホイールよりも球状エッジのホイールにとってより重要である。

- a) ディンプル・グラインダを試料を研削するように設定する。
- b) 試料ターンテーブルと研削ホイール・モータの両方のスイッチを入れ、ダイヤル・ゲージによって示される通り、数秒間接触が丁度なされるように試料の上に研削工具を注意して降下させる。
- c) アームを上の方位置迄上げ、両方のモータのスイッチを切り、試料ターンテーブル上に光学顕微鏡を置く。正しく置かれていることを確認する。
- d) 接点は、光学顕微鏡の接眼レンズのマーク下に中心の置かれた、小さな円形マーク（リングではない）として試料の表面上に見えなければならない。見えない場合は、最初に顕微鏡ベースとターンテーブル・ハウジングの接触面を清掃してみる。
- e) ターンテーブル・モータのスイッチを入れる。マークが回転の中心でなければならない。

x、y 心合わせネジを設定するのに特種工具が使用されるが、それらは工場で密封され、ユーザーはそれらを調整しようとしてはならない。G a t a n サービスにサービスを依頼する。

5. 6 ゼロ・ストップ調整

この要領は、ダイヤル・ゲージ s t y l u s のゼロ位置が12時位置から $\pm 10 \mu m$ 以上離れている場合のみ使用すべきである。

- a) 上昇下降カムをアップ位置にする。
- b) マイクロメータ・ドライブを一番右迄回転させた位置にする。
- c) 供給される3/32六角レンチを使用して、ゼロ・ストップネジをそのハウジングと同一平面上に位置決めする。
- d) ゼロ・ストップ・ネジを、左に1回転弛める。
- e) ピボット式プラットフォームを上げた状態で、ダイヤル・ゲージの s t y l u s をゼロ・ストップ・ネジに対して押し、クラッチに打ち勝つ。(押すために六角レンチを使用することが出来る)。
- f) ゼロ・ネジをそのハウジングと同一面に位置決めする。
- g) ゼロ・ストップ・ネジを右に3/4回転ネジ込み、次に同一面迄戻す(これでクラッチが設定される)。
- h) 上下カムを静かに降下させる。
- i) マイクロメータ・ドライブを、ダイヤル・ゲージの s t y l u s が移動を開始する迄左に回転し、続けてもう1回転させる。
- j) ダイヤル・ゲージの s t y l u s が12時の位置になる迄、ゼロ・ストップ・ネジの調整を注意して行なう。

この時点で、ダイヤル・ゲージとマイクロメータの読みは対応しなければならない。ゼロ・ストップ・ネジが同一面($\pm 15 mm$)にない場合は、インジケータ・アームのアンクルによって、何らかのエラーが発生するであろう。

6・ 予備品及び消耗品

予備部品

6 5 6 - 0 1 1 7	磁石式ターンテーブル (テーブルのみ)
6 5 6 - 0 1 1 7 C	磁石式ターンテーブル (ハウジング及び軸受け付き)
6 5 6 - 0 1 3 7	ドライブ継手
6 5 6 - 0 1 2 6	研削工具クランピング・ネジ
6 5 6 - 0 1 5 0	研削工具軸受アセンブリ
6 5 6 - 0 3 1 0	P C 盤
6 5 6 - 0 3 - B 2	ギヤ・ボックス付きターンテーブル・モータ
6 5 6 - 0 1 0 5	研削工具モータ
6 5 6 - 0 3 - D S 4 / D S 5	2 8 V, 1 7 0 m A 照明器電球 × 5
6 5 6 - 0 1 - 0 5 1	1 / 2 A ヒューズ × 5 (1 1 5 V 用)

研削工具／エメリー・バフ (4のボックス入りで供給される)

6 5 6 - 0 1 0 6 P B	球形・10, 15, または20mm直径を指定 (リン青銅)
6 5 6 - 0 1 3 5	フラット, 15mm直径のみ (リン青銅)
6 5 6 - 0 1 5 1	ポリシング工具 15mm直径

試料マウント

6 5 6 - 0 1 1 6	10mmホイール用, ×4
6 2 3 - 0 0 0 8 P	15mmホイール用, ×4 (パイレックス・ガラス)
6 2 3 - 0 0 0 8 S S	15mmホイール用, ×4 (ステンレス鋼)
6 5 6 - 0 1 4 0	6 2 3 - 0 0 0 8 用 センタリング・リング
6 5 6 - 0 1 4 2	20mmホイール用, ×4
6 5 6 - 0 1 8 1	スラリ キャブ／O-RING (0008用)

消耗品

6 5 6 - 0 4 - 0 0 1	ダイヤモンド研磨コンパウンド5g注入器, 2-4 μ m
6 5 6 - 0 4 - 0 1 0	ボロンナイトロイド研磨コンパウンド5g注入器, 0-2 μ m
6 5 6 - 0 4 - 0 1 1	ボロンナイトロイド研磨コンパウンド5g注入器, 4-6 μ m
6 2 3 - 0 0 - 0 0 6	取り付けワックス (12ロッド, 3・5mm × 32mm)
6 5 6 - 0 4 0 1	アルミナ研磨サスペンション0・05 μ m (20Z)
6 5 6 - 0 1 5 4	フェルト研磨リング 15mm (0151用) ×15

7. 保証

7. 1 U S A 本土

G a t a n は、購入者による機器の受け取りの日から1年の間、その製品の材料と仕上げに欠陥のないことを保証する。この保証には、消耗品、及び予備部品は含まれない。購入者が直ちに通知することによって、G a t a n は、自社施設に於ける補修、または欠陥部品の交換、またはG a t a n が適切であるとみなすその他の手段によって機器の欠陥を修正する。船積みと梱包の費用は、購入者に送られる製品についてはG a t a n が支払うが購入者は、G a t a n に対する製品の返却に関して発生するすべての料金に責任がある。

この保証は、不適当な操作、または保守、または本指導書の指示に従わなかったことから発生する欠陥には適用されない。オペレーターは、本指導書またはその他の情報によって示される警告または注意に特に注意しなければならない。オペレーターによる保守は、本指導書の該当の条項に詳細に示されるものを越え、または逸脱してはならない。保証期間中に、不適切な保守または操作、または推奨される要領に従うことを怠ったことから発生する欠陥を修正するため、サービスが要求される場合は、G a t a n は、標準のサービス料金を請求する。欠点、欠陥、または故障が誤用、改造、不正確な操作、または異常な運転条件の結果であるかどうかは、G a t a n のみが判断する。

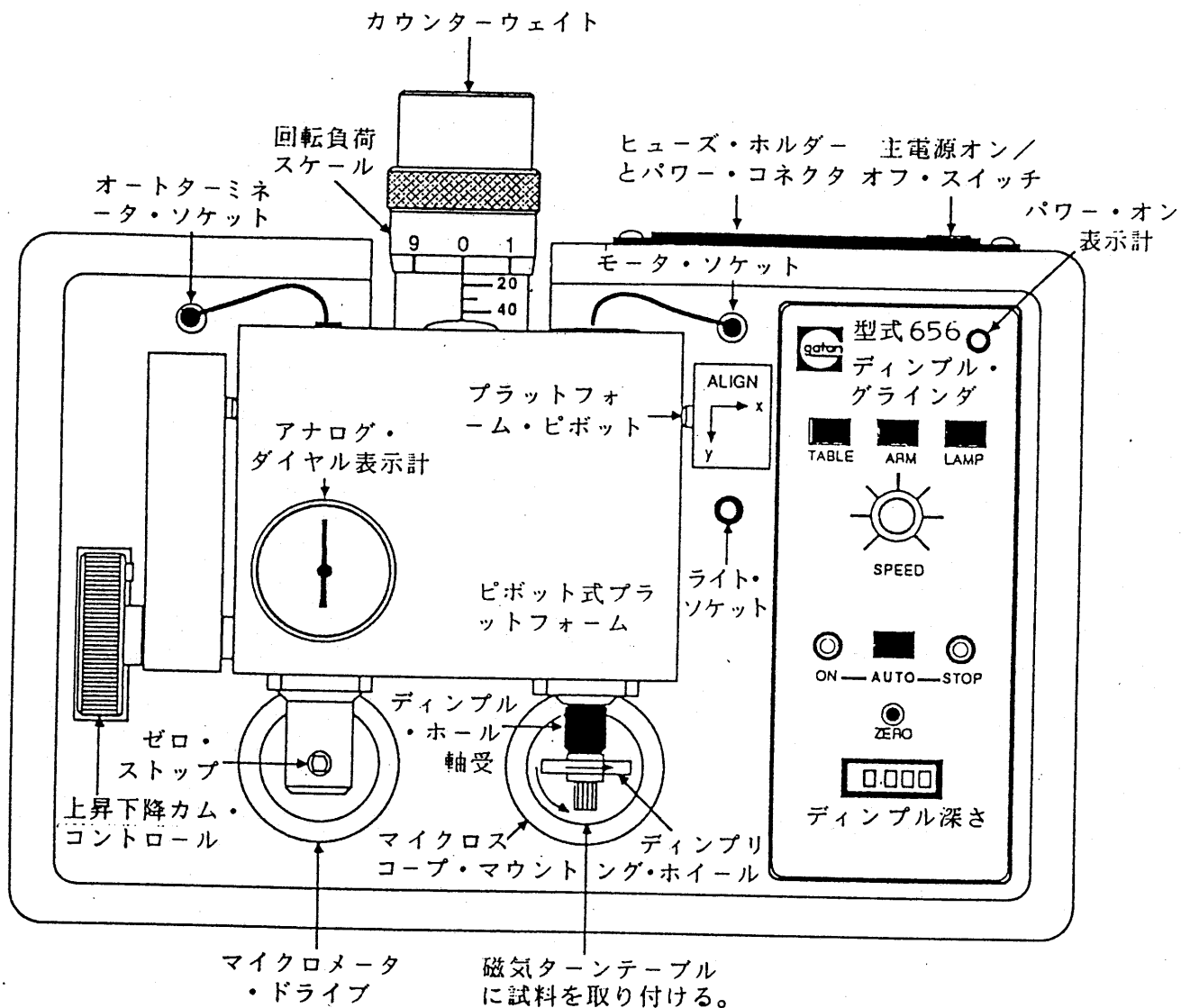
G a t a n は、以前のユニットに変更をする責任なしに、任意の時にその製品の設計、操作、または構造に変更を行なう権利を保有する。しかし、G a t a n は、設計の改善は以前の機器に遡って適用されるのが可能であるように努力する。購入者は、かかる修正を行なうことによって発生するすべての費用に責任を有する。

この保証は、書面、口頭、暗示、または法定のいずれであれ、市販性と特定の目的に対する適合性を含めて、他のすべての保証の代りにG a t a n によって明白になされ、購入者によって受け入れられるものである。G a t a n は、その製品に関する他の責任を、引き受けず、または他の人物に対してそれを引き受ける権限も与えない。G a t a n は、通常の摩耗または裂傷に対して責任がなく、いかなる理由によるものであれ、その製品の部分的な、または完全な操作不能性による、付随的な、付帯的な、または結果的な損傷または費用に対しても責任がない。

7. 2 U S A 本土外

一般に、上記の条件は、U S A 外でも適用されるが、但し、その配給業者の地区で適用される保証条件について、該当のG a t a n 配給業者と共にチェックすることは、購入者の責任である。

第1図 精密ディンプル・グラインダ型式656上面図

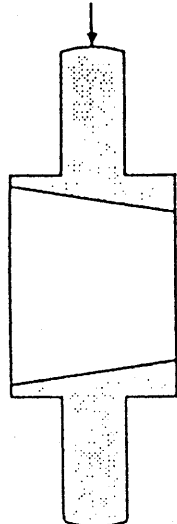


注

1. x、y 心合わせネジを設定するために特殊な装置が使用される。ネジは工場で密封され、ユーザーが再調整をしてはならない。
2. ディンプル・ホイール軸受は、ディンプル・グラインダの最も重要な部品である。研削工具周囲に過度の清掃液を使用することによって、その中に研磨材が流し込まれないように注意が必要である。

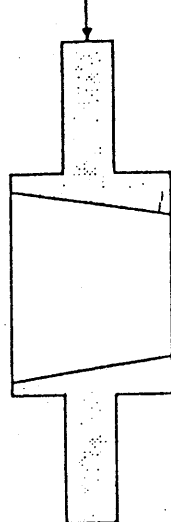
第2図 各種ホイールがある

研削用、10mm、
15mm、20mmφ
の中から選択する。



656-0106
球形リム

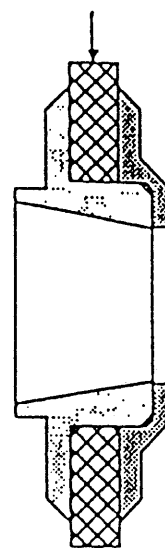
研削用。
15mmのみ。



656-0135
フラット・リム

フェルトリング 15mmφ

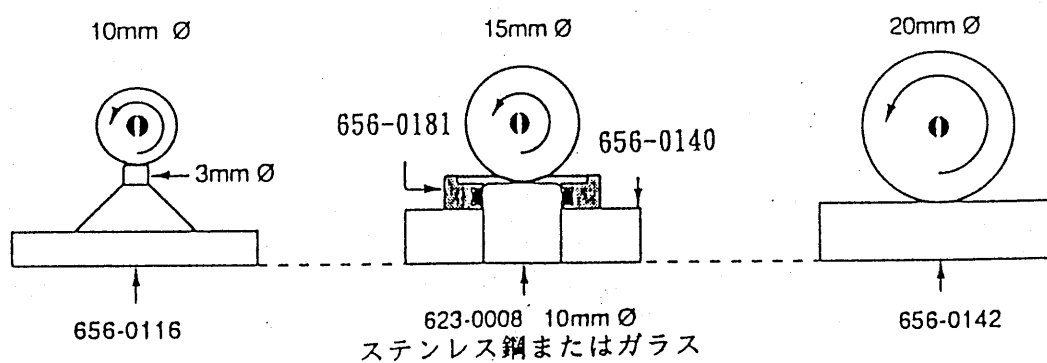
656-0154



ポリシング工具
656-0151

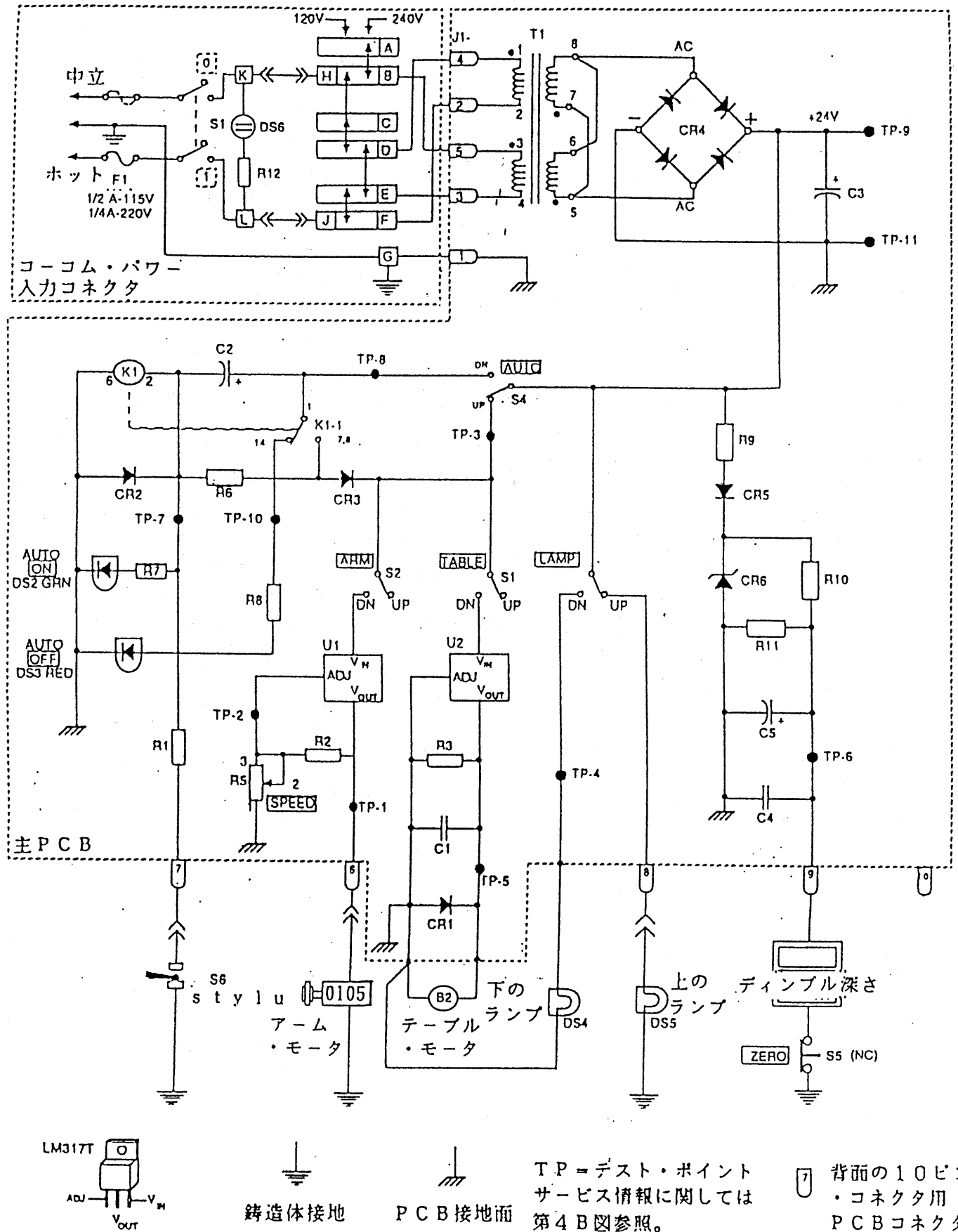
注 フェルト・ストリップを交換する場合は、接着を十分に行なうため、グリースを除くようにホイール・リムを完全に清掃しなければならない。

第3図 10mm、15mm、及び20mmφホイールに使用される試料マウント

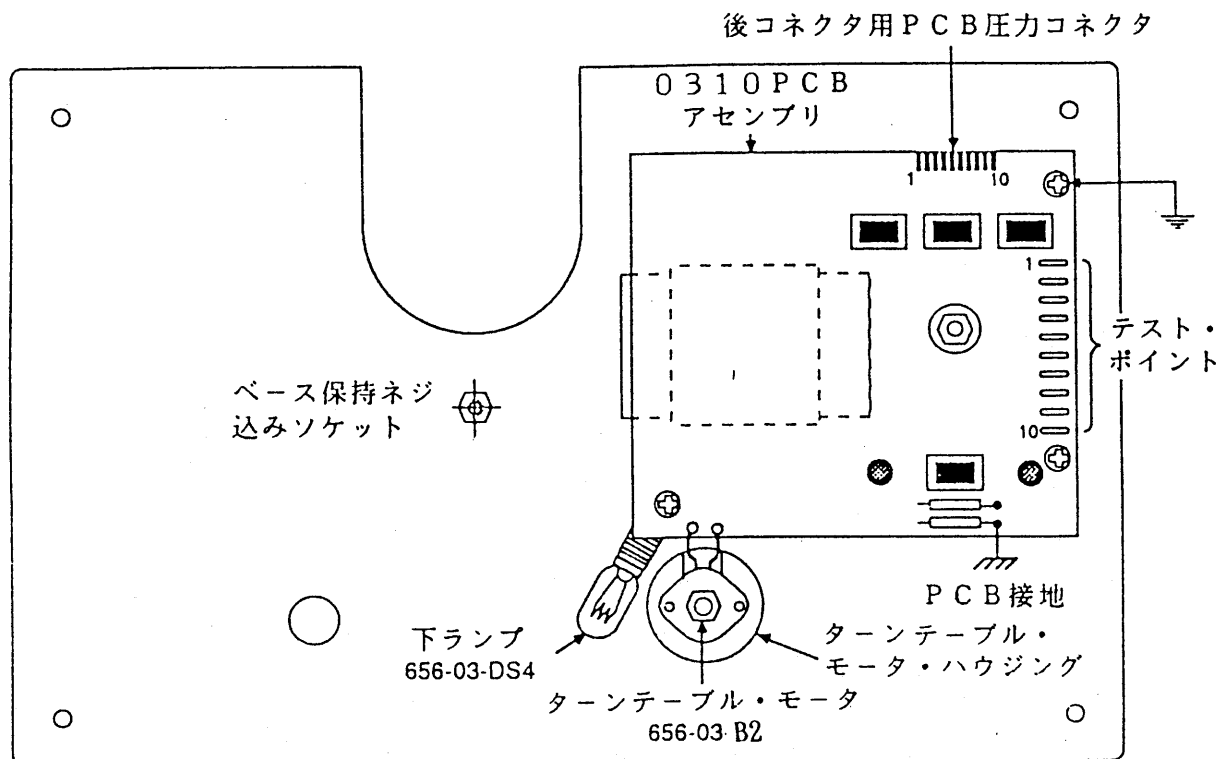


サイズの異なるホイールに使用される試料マウントは、すべて同じベース・ラインに取り付けられ、高さは、研削工具軸が常に水平になるように選択されている。

第4a図 ディンプル・グラインダ型式656回路図



第4b図 ディンプル・グラインダ型式656、電気サービス



電気部品表

656-03-B1,B2	Motor
656-03-C1	1μF 50V
656-03-C2	10μF 50V (電解質)
656-03-C3	470μF 35V (電解質)
656-03-C4	0.1μF 25V
656-03-C5	100μF 50V (電解質)
656-03-CR1	1N4008
656-03-CR2	1N4148
656-03-CR3	1N4004
656-03-CR4	ブリッジ 2A 400V

656-03-CR5	1N4148
656-03-CR6	ツェナー 1N751 5.1V
656-03-DS2	LED (緑) MV5453
656-03-DS3	LED (赤) MV5753
656-03-DS4	ランプ #1821, 28V
656-03-K1	リレー #W172DIP-3 (12V)
656-03-U1,U2	レギュレータ IC Adj LM317T
656-03-R1	10K 1/4W CF
656-03-R2	470K 1/4W CF
656-03-R3	240K 1/4W CF
656-03-R4	1K 1/4W CF

656-03-R5	5K 1/4W 可変
656-03-R6	100Ω 3W 酸化物
656-03-R7	330Ω 1/4W CF
656-03-R8	1.8K 1/4W CF
656-03-R9	2.2K 1/4W CF
656-03-R10	750Ω 1/4W CF
656-03-R11	330Ω 1/4W CF
656-03-S1,S2,S4	スイッチ DPDT/ALT
656-03-S3	DPDT/MOM
656-03-T1	変圧器 115/230/117V

テスト・ポイント電圧 (スピード・コントロールつまみを取り外し、パネルを上に入れて取り外すとテスト・ポイントが見える。電源スイッチを入れてテストを行なう。)

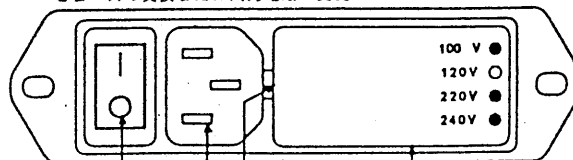
- スピード・コントロールによって設定されるアーム電圧、2Vから13.9V。(アーム・スイッチ・オン、オート・ストップ・オフ)。アーム・モータ・ジャックにも示されている。
- スピード・コントロールによって設定されるアーム・モータ・レギュレータ・コントロール電圧、0Vから12.7V (アーム・スイッチ・オン、オート・ストップ・オフ)。
- モータ・パワー、+22から26V (オート・ストップ・オフ)。
- ランプ・パワー、ランプ・スイッチを押した時+22から+26V。
- テーブル・モータ・パワー、+1.2 (テーブル・スイッチ・オン、オート・ストップ・オフ)。
- デジタル・マイクロメータ・パワー、+1.5V。
- オート・ストップ・ラッチ、通常0V。オート・ストップ・モードがオンされた時、(スイッチ人)、オート・ストップ・ポイントに達する迄表示+12から14V。stylusジャックでも読み取ることが出来る。
- オート・ストップ・モータ・パワー、オート・ストップ・スイッチ・オンの時2から26V。
- 主DCパワー、22から26V (無調整、通常+24V)。
- オート・ストップ・リミット、通常0V。オート・ストップ・スイッチがオンになり、研削限度に達した時24Vに切り換える。

* 電気に関するサービスは、資格を有する電気技術者のみが行なわなければならない。

下のランプまたはターンテーブル・モータの交換

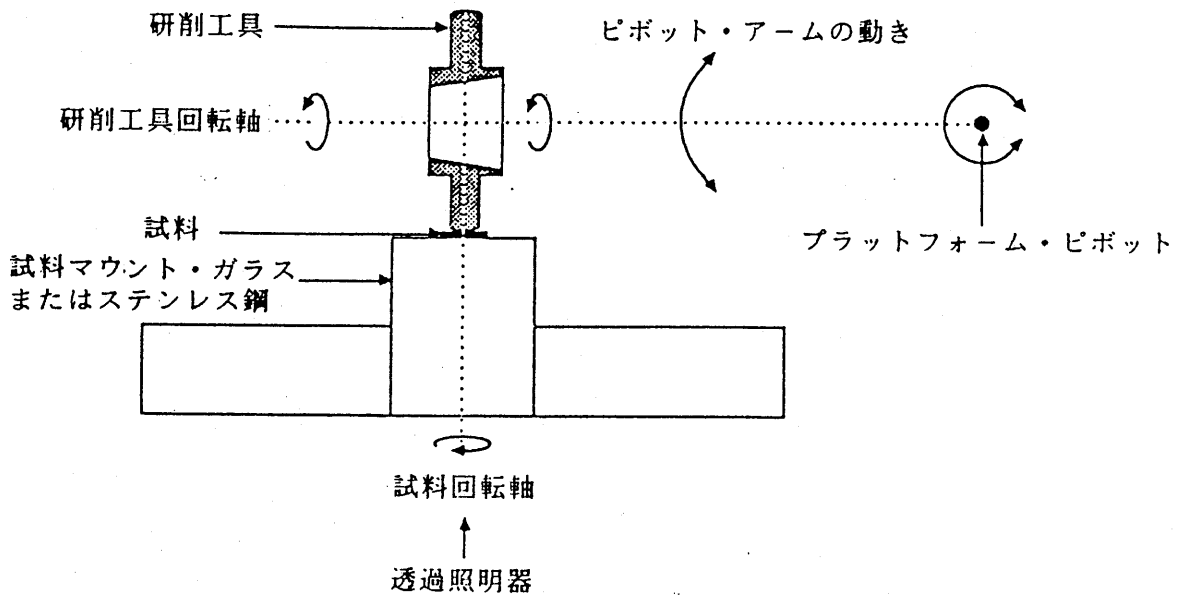
- コーム・コネクタからパワー・コードを取り外す。
- 鋳造体のトップにあるベース保持ネジを取り外し、ディンプル・グラインダ・ベースをまっすぐ上に上げると電子部が見える。
- 電球をゆるめ、モータとギヤボックスのリードのはんだを除き (適切な方法で)、正しい予備部品と交換する。モータ/ギヤボックスは、六角軸の上に引張り上げるだけでマウントから取り外すことが出来る。
- ベースを注意して電子部ベースに下し、ベース保持ネジをしっかりと締付ける。

ヒューズの交換または入力電圧の変更



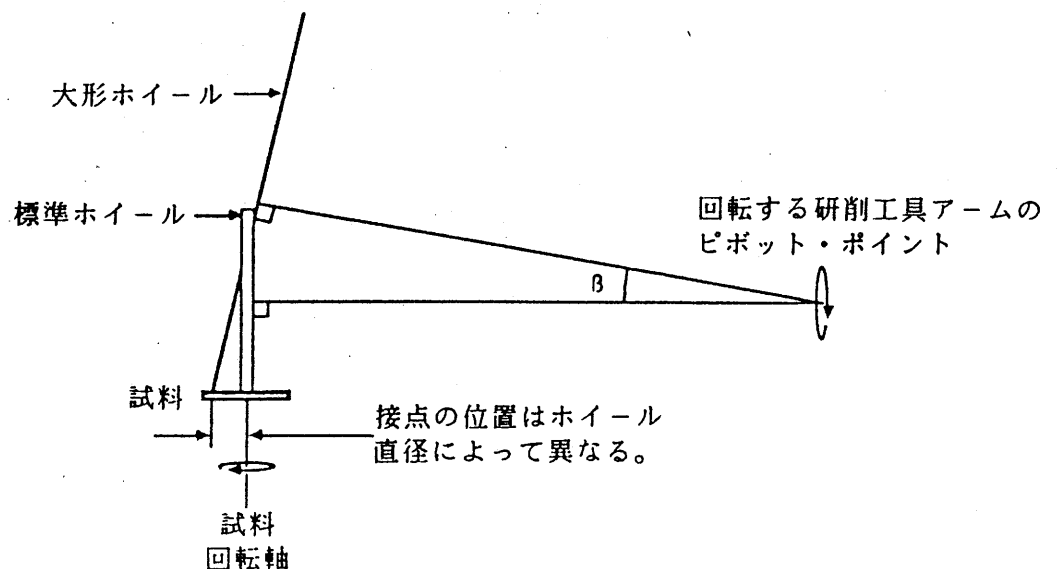
- acパワーのスイッチを切る。
- acパワー・コードを外す。
- このヒューズ・カバーをてこによって外すとヒューズが見える (1/4A、250V)。
- 電源電圧を変えるには、ハウジングから電圧セレクト・カードを引き抜き、カードの場所を180°回転させる。白いプラスチック表示計をカードの反対エッジの方に移動させる。カードを再び挿入し、ヒューズ・カバーを戻す。
- 白いピンがヒューズ・カバーの正しい電圧マーカーの穴から見えることを確認する。180°

第5図 試料の回転と研削工具軸

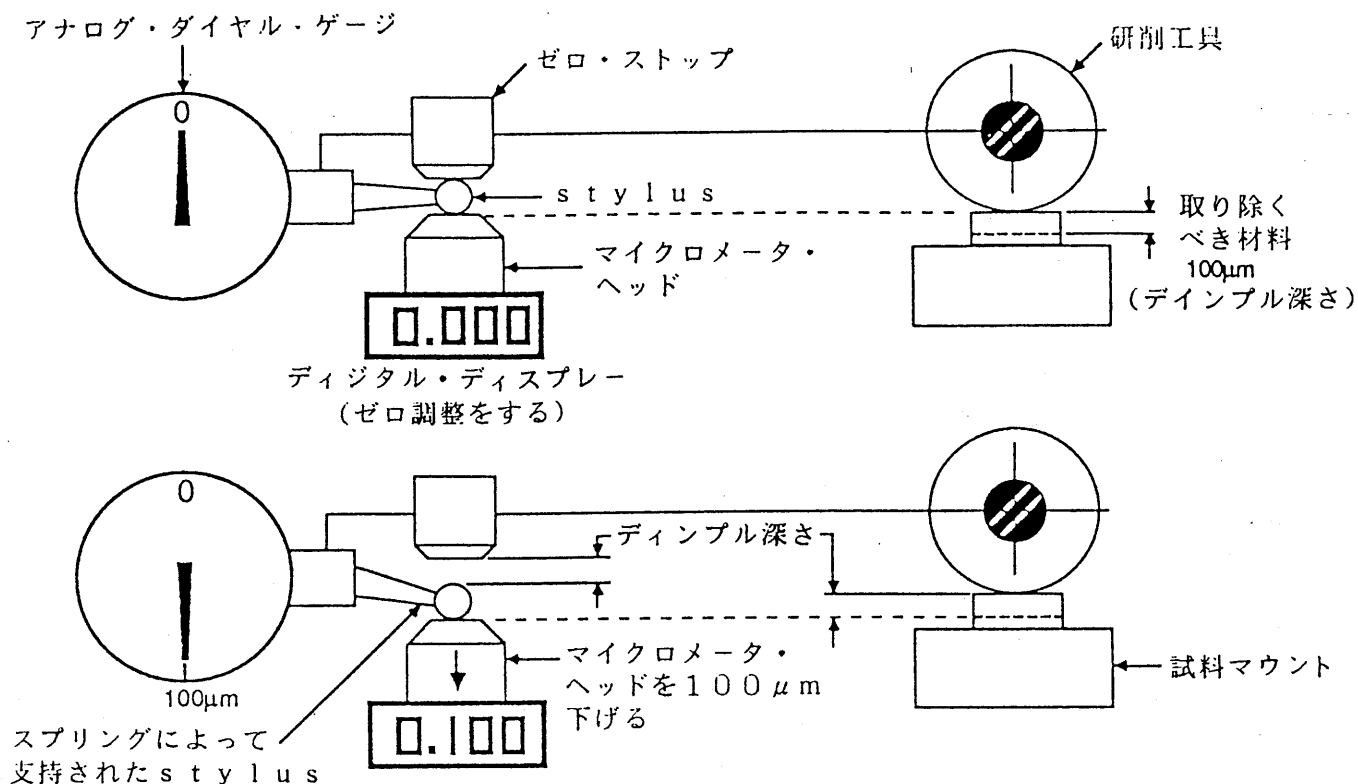


第6図 研削工具の回転軸がなぜ傾斜してはならないか

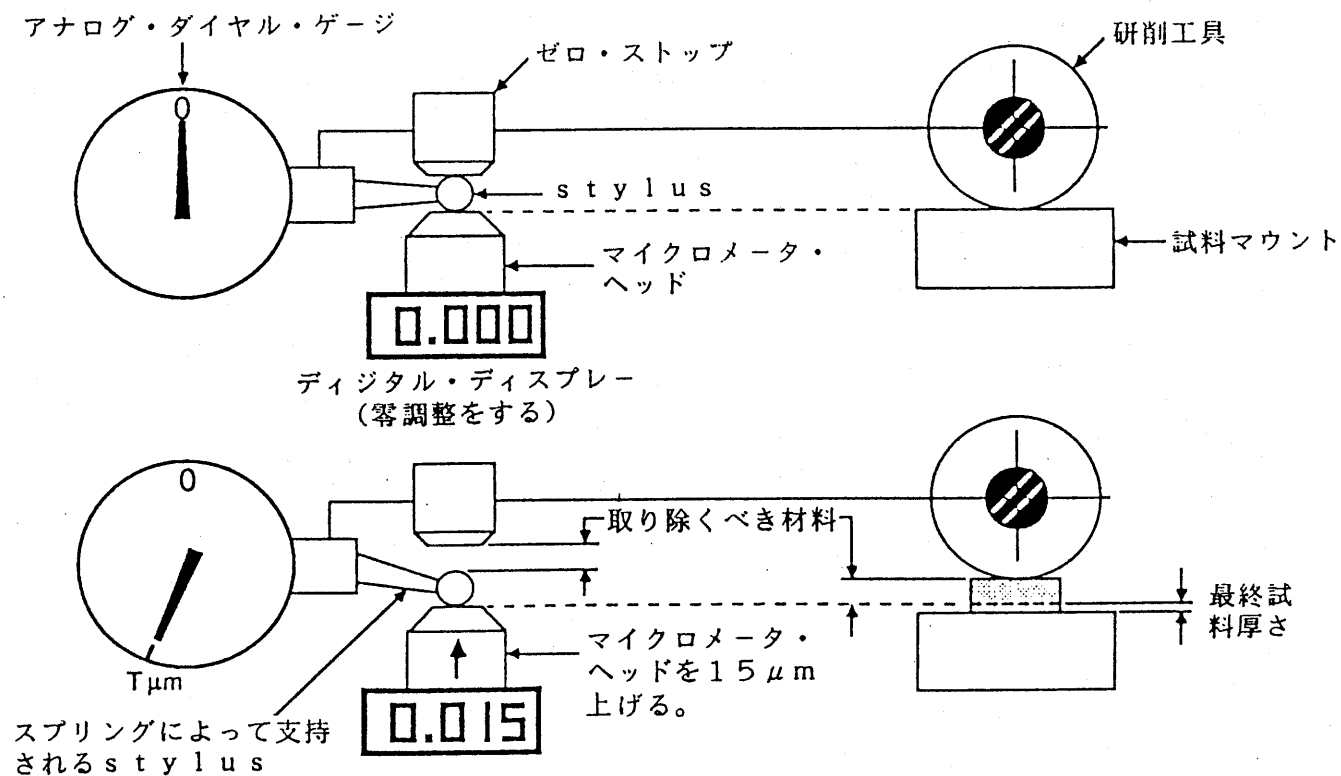
注 明確にするため、研削工具軸の角度のある傾斜 (β) は誇張されて示されている。この図に示される幾何学が実際に適用される場合は、大形ホイールがドーナツ形のデインプルを作製する。型式56は試料マウントの高さを変え、研削工具の軸が常に水平であるようにして、すなわち $\beta = 0^\circ$ とすることによってこの問題を解決している。



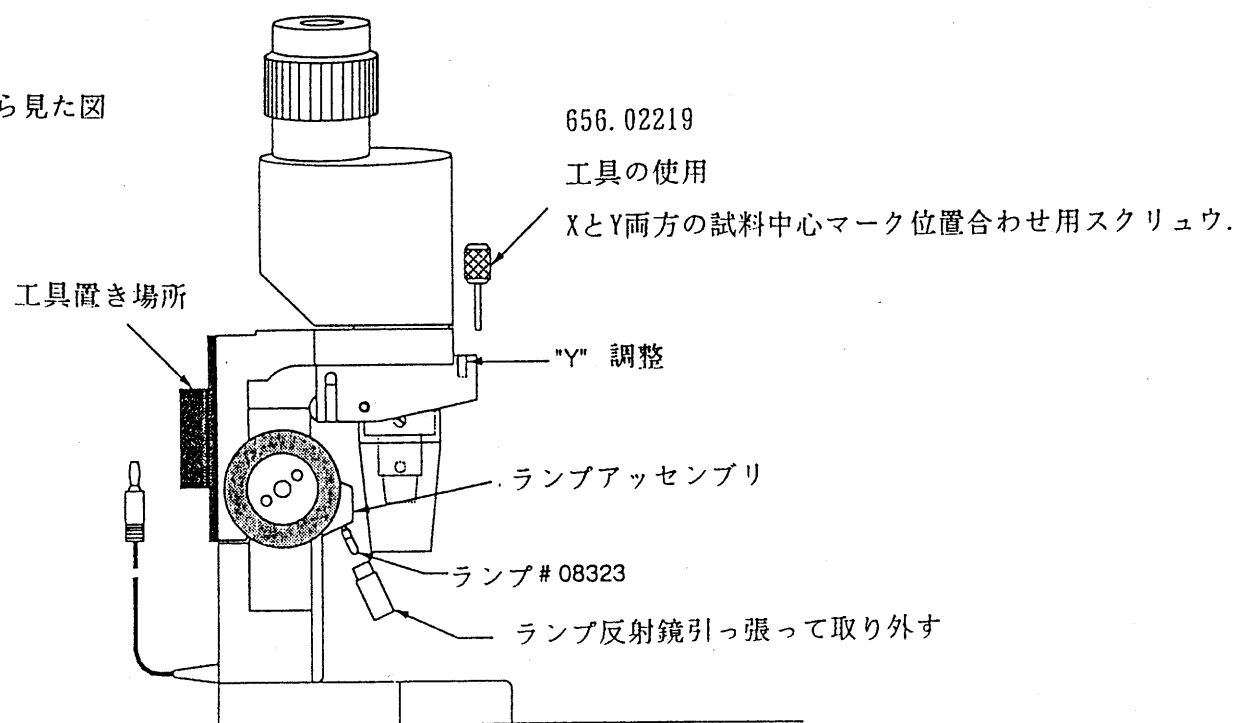
第7 a 図 ディンプル深さを設定することによる研削



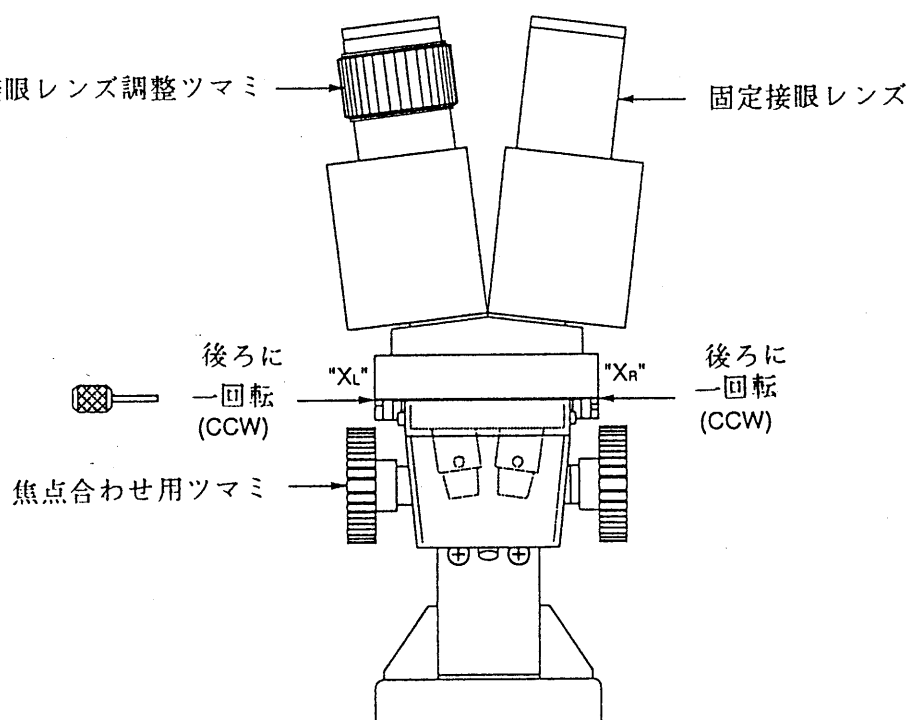
第7 b 図 最終試料厚さを設定することによる研磨



横から見た図



正面から見た図



1. X_L 側スクリュウを緩め(左回転)X_R側を押し込む(右回転)と試料中心は右側に移動する.
2. X_L 側スクリュウを押し込み(右回転)X_R側を緩める(左回転)と試料中心は左側に移動する.