



触針による加工表面の検査

最近の電子、半導体、光学機器の部品についてサブミクロンまたはそれ以下の高精度加工が要求されている。そのなかに加工面の表面粗さが取り上げられている。たとえば表面に情報をためる磁気ディスク等では、表面粗さが小さいほど単位面積当りの情報量を大きくとることができる。と同時に製品の信頼性や安定性が増大するため、重要な因子の一つとなっている。したがって表面粗さの測定や、表面の統計的性質を評価することは多くの応用面で重要である。

また光学部品においても高エネルギー光に対する低散乱の鏡面加工の要求があり、その仕上面粗さも 10 \AA 以下の加工精度が要求されるようになった。光学面での反射による全散乱光量 (TIS) は

$$TIS \cong [4\pi\delta \cos \theta / \lambda]^2$$

で与えられる¹⁾。ここで δ は光学面の表面粗さ (rms), θ は入射角, λ は使用波長である。この式は可視領域の波長でのスカラー散乱理論から導かれたものであるが偏光の効果が無視できるならば X線領域の短波長でも適用できる。したがって紫外、軟 X線等の反射鏡では、その性能は表面あらかの大ききで決まり、それが非常に小さいことが要求される。これにともない加工表面の検査も高精度化されサブミクロンからナノメータ領域へ入っている。

表面形状の測定に古くからダイヤモンド触針を用いた表面検査機がよく用いられている。古くは光てこ方式であったが最近では Fig. 1 に示すように測定面の凹凸に応じて触針の上下方向の動きを差動トランスで検出し、その出力を増幅してレコーダで画く方式となっている。さらにデータ処理機能を持ち、統計的性質を評価できるものもある。触針法の特徴は高感度であるうえ、測定範囲が広く、光干渉法のように測定表面を銀蒸着したり、参照表面を必要とせず、直接測定したい部分に触針をあてて行なうこと、短時間で測定できることである。しかし、これまでの表面検査機は触針への荷重が大きく $10 \sim 100 \text{ mg}$ あり、軟らかい試料では傷をつけ正確な測定ができなかった。また、触針のダイヤモンドチップの先端

形状が滑らかでなく、その曲率半径も $10 \mu\text{m}$ 程度と大きく、微細表面の検査ができなかった。

これに対し、最近 Bennett²⁾ らはシャープな $1 \mu\text{m}$ 以下の曲率半径のダイヤモンドチップを用い、針圧も $0.5 \sim 2 \text{ mg}$ とした Talystep により $1 \sim 2 \text{ \AA}$ の凹凸を検出し、光学研磨したガラス、金属などの表面を測定している。また、針圧の影響を調べるため、測定試料に軟らかい KCl の単結晶 (モース硬度で 2 以下) を用い、 $1 \mu\text{m}$ 程度の曲率半径のチップへの荷重と引かき傷の関係から、チップ形状の影響があるものの 0.5 mg の荷重で完全に傷がなくなることを示している。

微細な凹凸を正確に検出するためには、当然のことながらチップの頂角を小さく、曲率半径の小さなもので針圧を軽くする必要がある。現在、円錐形チップで頂角が 60° 以下で先端の曲率半径が $1 \mu\text{m}$ 以下のものは製作が困難なことから市販されていない。ダイヤモンド結晶の原石は正八面体、斜方 12 面体が多く、一般に原石の加工成形はスケイフ上での研磨位置、結晶の研磨面およびその方向により硬さの異方性を示し、とくに (111) 面に平行な研磨は不可能とされている³⁾。このため、円錐形に研磨しようとしてもシャンクに埋め込まれた原石の結晶状態により三角錐、ピラミッド、シヨベル形に近いものとなるという報告もある⁴⁾。このようにチップの研磨製作においては研磨に異方性があり一般的な量産品でないことも加わり、ダイヤモンド工具メーカーでは閉鎖的に生産されており、技術的発表はほとんど見当たらない。

これに対し、最近高精度鏡面の粗さを測定することを目的に触針用ダイヤモンドチップの研磨機を試作して研磨を行なっている⁴⁾例について述べる。Fig. 2 にその研磨機の機構図を示す。スケイフはシャフト部と一体に作られ、直径 10 cm でその表面は鏡面仕上げされている。材質は S45C である。シャフト部は 4 kg/cm^2 の空気源による静圧空気軸受で支持されている。研磨時の回転速度は $7,000 \text{ rpm}$ である。回転時の面ぶれは $0.1 \mu\text{m}$ 以下である。またスケイフは別のモーターで紙面と垂直方向

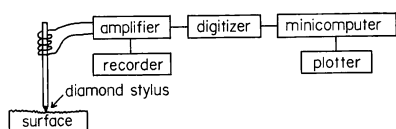


Fig. 1 表面検査機のブロック図

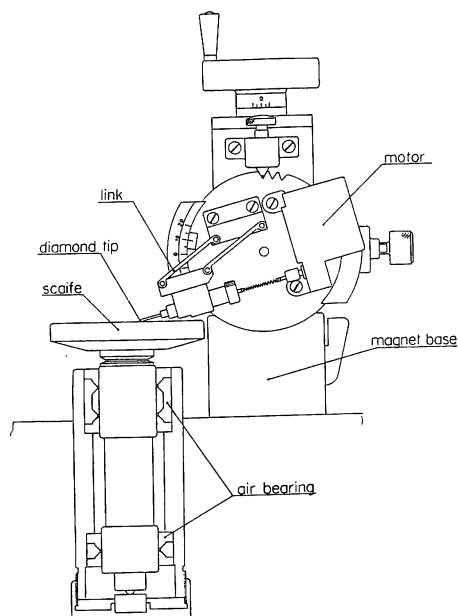


Fig. 2 ダイヤモンド研磨機の機構図

に揺動させスケイフの全面で研磨される。なお研磨は $1\ \mu\text{m}$ 以下のダイヤモンド粉末をスケイフ表面に塗布している。チップは太さ $1\ \text{mm}$ 、長さ $20\ \text{mm}$ のシャックの端に埋め込まれている。これをリンク機構をもつコレットチャックに取り付け、スケイフのあげ降しによる角度の変動を生じないようにしてある。チャックは小さなモーターで回転 ($20\ \text{rpm}$) しながら研磨する。このようにして円錐形チップとする。Fig. 3 は本方法で研磨した円錐形チップの一例を示す。頂角は 45° 、先端半径は $1\ \mu\text{m}$ 以下である。

Fig. 4 は同一条件で光学研磨した SiO_2 , BK 7 の表面の Fig. 3 のチップによる測定例を示す。 SiO_2 表面は硬い材質のため BK 7 より滑らかな表面となっている。測定時の針圧は約 $3\ \text{mg}$ である。

以上、触針の研磨法とそれによる表面検査の一端を紹介した。最近、高出力レーザービームに対し damage resistance の大きい表面への要望があり、研磨方法およ

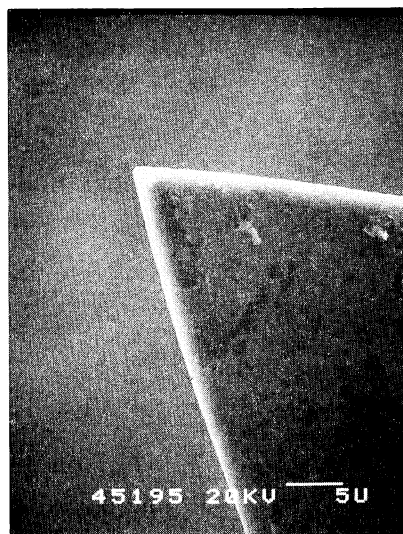
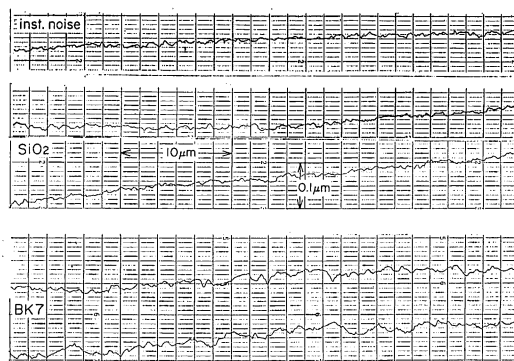


Fig. 3 ダイヤモンド円錐形チップの電顕写真

Fig. 4 SiO_2 , BK 7 表面の測定例

び反射防止、増加等の表面処理に関する報告⁵⁾が多く見られる。そして表面が非常に滑らかで、内部歪のないものがよいと指摘している。これらのことから今後ますます表面検査に触針法が使用されていくものと考えられる。

文 献

- 1) H. B. Bennett : Opt. Eng., **19** (1980) 610.
- 2) J. M. Bennett and J. H. Dancy : Appl. Opt., **20** (1981) 1785.
- 3) 深尾良郎 : 応用物理, **41** (1972) 1221.
- 4) 高島幸史, ほか : 東北大科研報告, **31** (1982) 171.
- 5) たとえば, P. A. Templ, et al. : Appl. Opt., **21** (1982) 3249.
D. Milam, et al. : Appl. Opt., **21** (1982) 3689.

(東北大科研 高島幸史, 1983年2月24日受理)