

○学 原田 要 (新潟大) 正 新田 勇 (新潟大)

Kaname HARADA, Niigata University, 8050, Ikarashi 2-nocho, Niigata

Isami NITTA, Niigata University, 8050, Ikarashi 2-nocho, Niigata

Key Words: Optical Microscope, Depth of Focus, Image Processing

1. 緒言

トライボロジには少なくとも固体表面が必ず存在し、それらの接触状態や形状などをその場観察する事は不可能に近い。そのため、トライボロジ的な現象が起こる前後の表面観察結果から推定する事が多くなる。固体表面の観察は、走査型電子顕微鏡(SEM)、走査型トンネル顕微鏡(STM)、原子間力顕微鏡(AFM)など種々の顕微鏡によって行なわれる¹⁾²⁾。そのなかでも、SEMはよく用いられる。その理由の一つに、光学顕微鏡では焦点深度が浅いために、視野中の一部分しか観察できないことがあげられる。SEMは、焦点深度が深いという利点を有しているため、光学顕微鏡でも十分観察可能である倍率であっても、SEMが用いられる場合がある。しかしながら、光学顕微鏡はSEM等と違って観察資料の準備等が簡単であるという利点がある。最近、深い焦点深度を有するレーザ顕微鏡が開発されているが、まだ非常に高価である。

通常の光学顕微鏡でも、画像処理を用いて焦点の合った部分をつなぎ合わせれば、視野全体の観察が可能になると考えられる。そこで、本研究ではこの考えに基づいて光学顕微鏡を改良し、その特性について調べた。

2. 表面の観察装置

図1に、本研究で観察を行う装置の概略を示す。落射照明式の光学顕微鏡にCCDカメラ(東京電子工業, CS3430B)を取り付けた。256階調(黒:0, 白:256)の画像取り込みボード(サイバーテック, CT-

9800B)を介してパーソナルコンピュータ(NEC, PC9801VX)に取り込み、ビデオモニタで画像を写すことができるようにした。

顕微鏡の照明電源として、常に一定の明るさになるように直流電源を用いた。また、顕微鏡のテーブル上下動はステッピングモータで駆動できるようにし、その制御にパーソナルコンピュータを用いた。ステージの変位量は、変位センサ(オムロン, リニア近接センサE2CA-X1R5A)により計測した。ステッピングモータの1ステップ当たりのステージの変位量を測定したところ、約0.4 μ mであった。

3. 観察方法

使用した画像処理ボードは、1画面当り512 \times 512画素を取り扱うことができるが、本研究では観察する1画面を352 \times 352画素に制限した。さらに、それを16 \times 16の256ヶ所(1ヶ所22 \times 22画素)に分割した。以下に観察の手順を簡単に示す。

- (1)顕微鏡ステージをある一定間隔ずつ移動させ、その度に256ヶ所の画像を取り入れ、それぞれのコントラスト(明るさの差)を求める。
- (2)各箇所の焦点の合っている顕微鏡ステージの高さ、すなわちコントラストが最大となる位置を求める。これは、コントラストとステージ高さの関係を最小自乗法により2次曲線に近似して、その極大値の位置を求めることで決定した。
- (3)各箇所の焦点の合う位置に顕微鏡ステージを移動させ、対応している画像を取り込む。

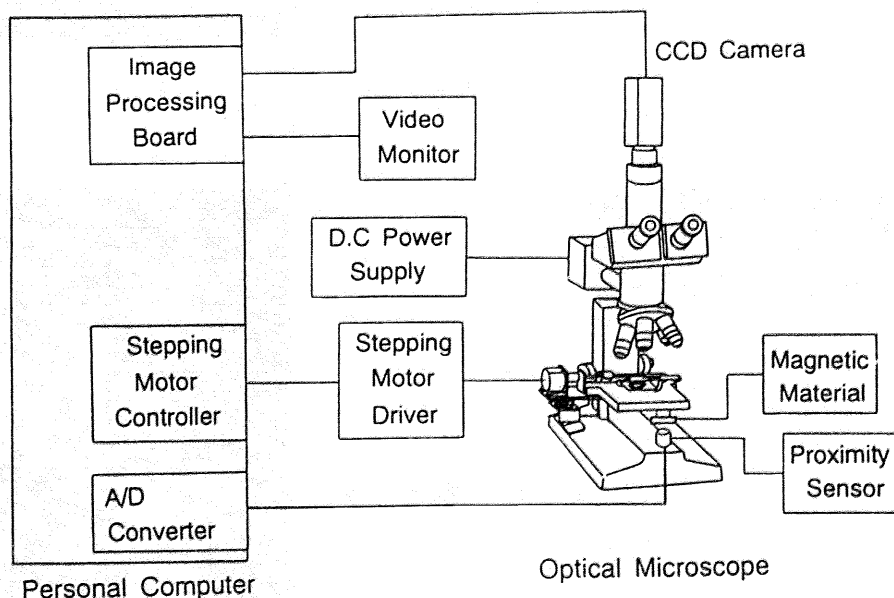


Fig.1 A schematic diagram of a modified optical microscope system

(4)各箇所を取り込んだ画像を合成し、一度に表示することにより表面全体に焦点を合わせた画像が得られる。

4. 観察の結果

今回の観察では、曲率をもつ金属表面の観察を行った。その表面は、サンドペーパーでポリシングしたものである。

図2には、通常の光学顕微鏡の観察像を示す。図の左側に焦点が分かっていることが分かる。焦点深度が浅いために、それ以外の所では像がぼやけてしまっている。

図3には、図2と同じ場所を前項で説明した手順に従って観察したものを示す。全体的に焦点があっていることが分かる。したがって、通常の光学顕微鏡であっても、画像処理を利用することにより深い焦点深度を与えることが可能である。

さらに、対物レンズの倍率を上げて、図2,3と同じ場所を観察した。図4はその原画像であり、図5は画像処理したものである。図5と図3を比べると図5の方が焦点の合わない箇所が多少増加していることがわかる。なお、図2,3の表面の高低差は約 $30\mu\text{m}$ 、図4,5の表面の高低差は約 $8\mu\text{m}$ であった。

5. 結言

(1)画像処理を用いることにより、普通の光学顕微鏡でも深い焦点深度を有することができた。

(2)反射率が高い表面あるいは、反射率が低い表面では、正確なコントラストを求める事ができず、焦点の合う位置が分からない場合がある。

(3)倍率を高くしたときに、焦点の合わない箇所が増加する原因として次の事柄が挙げられる。第一に空間分解能が高くなればなるほど観察する画像の明るさが均一になり、コントラストを求めるのが困難となる。第二に観察する表面の深度が浅くなるので、1ステップ当たりのステージの変位量が大きすぎ、目標の位置まで制御するのが困難となる。今後は、これらの点の改良が必要である。

文献

- 1.河田, 日本機械学会誌(1992)Vol.95, No.889 pp.1050-1054
- 2.柳, 小林, 田口, トライボロジスト: 第39巻 第2号 pp.98-104

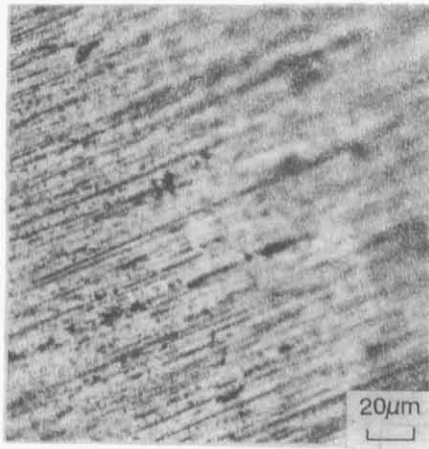


Fig.2 A field view of a metal specimen before focussing

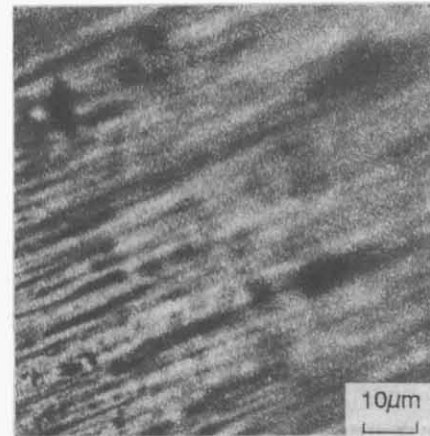


Fig.4 A field view of a metal specimen before focussing

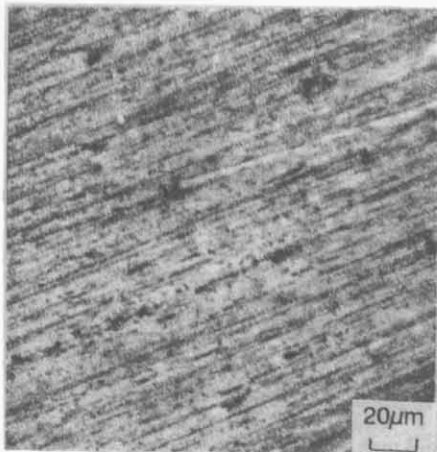


Fig.3 A field view of a metal specimen after focussing

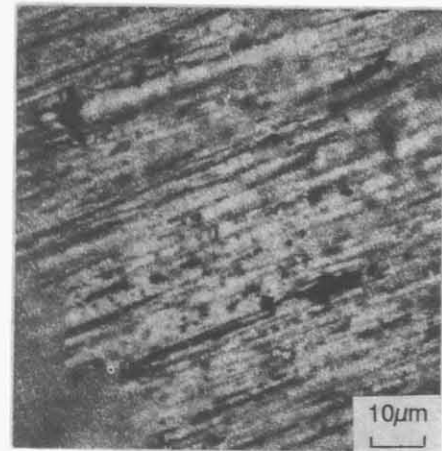


Fig.5 A field view of a metal specimen after focussing