

最近の技術から

光点変位型表面形状センサー

北島博愛

九州工業大学工学部電気工学科電子工学教室 〒804 北九州市戸畑区仙水町 1-1

1. ま え が き

光点変位方式による表面粗さ測定に関する論文は、実時間測定に関するものが報告されていて^{1,2)}、 $60\ \mu\text{m}$ の範囲で直線性を示し、半導体位置検出素子の周波数応答は $3\ \text{MHz}$ の性能をもっているので広く実用化されている。その他光学的表面粗さ測定に関しては、臨界角法による微細形状測定機³⁾は、極めて高い変位分解能が得られているが、実用測定範囲の調整は容易でない。ナイフエッジ法、非点収差法や、ヘテロダイナミクス干渉法⁴⁾もあり²⁾、いずれも高感度であるが線形範囲が狭いのが欠点である。高分解能測定としては、走査電子顕微鏡(SEM)による粗さ測定⁴⁾があるが、真空にする必要から製造工程への組み込みには難がある。走査トンネル電子顕微鏡(STM)は大気中でも原子サイズの測定⁵⁾が可能であるが、ミクロンのオーダーの粗さ測定には不適である。

表面粗さの定義と表示に関する日本工業規格の解説⁶⁾によると触針式測定では実用測定範囲は、 $0.002\sim 125\ \mu\text{m}$ であるのに対して、光学式測定では、 $0.002\sim 5\ \mu\text{m}$ である。従って光学式測定は非接触、非破壊測定の利点はあるが、実用測定範囲が狭いのが大きな欠点である。近年、光学レベルでの球面、非球面の鏡面加工が可能となり、その応用は益々拡大されている。しかしながらそれらを加工するバイトの刃の形状、あるいはダイヤモンド接触針の形状等の効果的な検査機はまだ実用化されていないので⁷⁾、新しい非破壊検査機の開発が要請されている。その問題に 대응するために、ここでは分布屈折率レンズを用いた光点の小さい光点変位型表面形状センサーについて紹介する。実用測定範囲は、 $0.002\sim 125\ \mu\text{m}$ 以上であることを確認している⁸⁾。具体的には、ステンレス鋼板をダイヤモンド触針で測定した傷跡付近の測定例と、ダイヤモンド触針の形状の測定例を示している。

2. 測定方式の構成

図1に示すように、入射光線が被測定物表面から反射して再びビーム波として出射するように、2個の分布屈

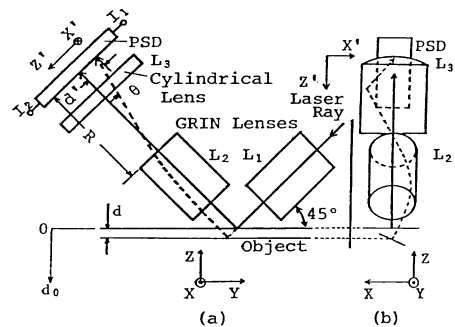


図1 表面形状センサーの構成図

折率レンズ L_1 , L_2 を配置する。次にレンズ L_2 からの二次元的な散乱光を一次元的な光点変位になるように、円筒レンズ L_3 を、出射光が半導体位置検出素子 (PSD) 面上で焦点を結ぶように配置する。基準面 ($d_0=0$) からの反射光を実線で、基準面から d だけ変位し、ある角度をもった面からの反射光を点線でそれぞれ示している。被測定面からの二次元的散乱光の X' 成分は、円筒レンズ L_3 により、PSD 面上の焦点に集光されるので、光点として PSD 面上を一次的に Z' 軸方向に変位する。被測定物表面が基準面 ($d_0=0$) より Z 軸方向に d だけ変位すると、出射角は θ だけ偏向する。従って、変位 d は PSD 面上 Z' 軸方向に出射角と光路長 R との積 $d' = \theta R$ に拡大される。その光点変位を PSD により検出している。なおこの図には示していないが、被測定面を顕微鏡で観測できる構造になっているので、光点のスポット径の調整や、被測定面の特定が可能である。

3. 測定例と考察

- (1) ステンレス鋼板 (AISI NO 4 仕上げ 304) の表面形状

図2に触針式検査により表面に傷のついた様子の顕微鏡写真を示し、図3に光点変位法で測定した例を示す。同図は、ダイヤモンド触針検査により破壊された面(a)と破壊されていない面(b)との境界付近の測定例である。触針(先端半径 $5\ \mu\text{m}$) による測定では、peak to

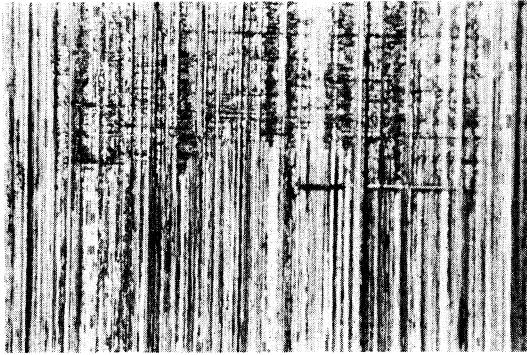


図 2 ダイヤモンド触針で破壊された表面の様子を示すステンレス鋼板の顕微鏡写真

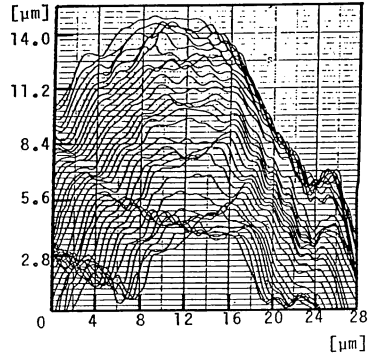


図 4 ダイヤモンド接触針の形状

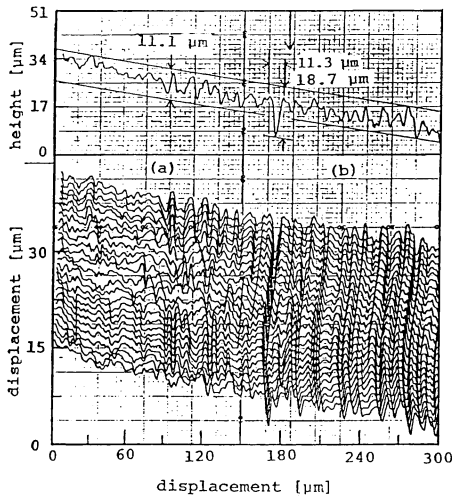


図 3 触針検査により破壊された部分を含むステンレス鋼板の表面形状の光点変位法による測定例

peak は約 $1.9 \mu\text{m}$ であったが、この図より約 $19 \mu\text{m}$ の深さがあることがわかる。触針式測定では図 2 からわかるように、表面を傷つけながら測定し、しかも深い溝は跳び越しているため、どの程度忠実に表面状態を表しているか疑問である。

(2) ダイヤモンド接触針の形状の測定

ダイヤモンド接触針(株)小坂研究所, PU-CA 5(s), (触針先端半径 $5 \mu\text{m}$, 頂角 90° 円錐)の先端付近の形状の測定結果を図 4 に示す。記録紙上で縦倍率約 9000 倍、横倍率約 5000 倍である。このように、先端付近や稜線方向の形状の様子が評価できるので、本測定方式は極めて有望と思われる。

4. おわりに

光点変位型表面形状センサーは、非破壊検査で、従来の触針式測定機と同等以上の実用測定範囲が得られることを紹介した。この方式はバイトの刃の形状や、ダイヤモンド接触針の形状検査機として実用化できるものと思われる。分布屈折率レンズの先端を球状にすると有効開口数を大きく出来るので⁹⁾、スポット径を更に小さく絞ることが可能である。

今後の課題として、被測定面がスポット面より十分大きく緩やかに変化していても、Y軸に対するZ軸方向の勾配が正か負により光スポットの変位も実際の位置より正か負方向に拡大されるので、必ずしも忠実に表面形状を示さない。また被測定面の機械的振動による外乱と、面の粗さによる出力信号とも区別出来ない等の問題を解決する必要がある。

文 献

- 1) 三井公之, 佐藤壽芳: “表面粗さの実時間測定に関する研究”, 日本機械学会, **44** (1978) 321-331.
- 2) 三井公之: “インプロセス粗さ測定法とその応用”, 精密機械, **51** (1985) 681-687.
- 3) T. Kono, K. Miyamoto and T. Musha: “High precision surface sensor,” Appl. Opt., **27** (1988) 103-108.
- 4) 佐藤壽芳: “SEM による粗さ測定”, 精密機械, **51** (1985) 686-694.
- 5) 竹内義尚, 御子柴宣夫: トンネル現象の物理と応用 (培風館, 1987).
- 6) 日本工業規格: 表面粗さの定義と表示, B 0601-1982 (1982) 1-20.
- 7) 日本工業規格: 触針式表面粗さ測定器, B 0651-1976 (1976) 1-12.
- 8) 前園伸二, 宮脇英樹, 村上拓大, 北島博愛: “光点変位型表面形状センサー”, 電子情報通信学会, 研資 OQE 90-59 (1990) 7-10.
- 9) 河野健治: 光結合系の基礎と応用 (現代工学社, 1991)

(1991年4月12日受理)