

最近の技術

レーザービーム走査による2次元微小パターン計測

藤田宏夫

シチズン時計(株)技術研究所 〒359 所沢市下富 840

1. まえがき

近年の精密加工技術の進歩により、ミクロンメートルオーダーの2次元パターンが形成されるようになり、被加工物の寸法、形状、欠陥等を $0.1\mu\text{m}$ 以上の精度で計測する2次元パターン計測が必要になっていている。この種の計測では、測定の空間分解能を高めるために、微小スポットに集光したレーザー光を $0.01\mu\text{m}$ オーダーの走査分解能で走査する2次元スキャナーが必要である。従来の2次元スキャナーは、一方の軸(X)走査には音響光学偏向素子(AO)を、他方の軸(Y)走査にはガルバノミラーを用いているが、ガルバノミラーはAOに比べて走査精度が低く、2次元ともに精度の良い走査を行うことができない。そこで、AOと特殊形状を有する偏向プリズムをPZTで駆動することにより、2次元ともに $0.01\mu\text{m}$ の走査分解能を有する2次元スキャナーを開発した。本稿ではレーザービームを2次元走査するスキャナー、および微小2次元パターンの計測例を述べる。

2. 偏向プリズムの構成と動作

図1に偏向プリズムの構成例を示す。偏向プリズムは正三角形プリズム(A)と直角プリズム(B)を重ねた構成である¹⁾。プリズム(A)の垂直面に入射したビームはプリズム内部でV字形の反射経路をたどり、プリズム(B)の垂直面から入射光と平行な光軸で出射する。実線で示

した位置が偏向プリズムの基準位置である。この構成のプリズム底面をPZTでY方向に移動させる。点線で示した位置が移動後の位置である。入射光はX軸方向には変化するが、光軸高さ位置は一定であるから、プリズム底面が h だけY方向に移動すれば、プリズム底面でのZ方向の反射位置が変化し、出射光の光軸高さは移動前に比べてY方向に平行に $2h$ だけ変化する。このようにして、プリズム底面移動量の2倍の距離のビーム走査が行われる。なお、偏向プリズムの入射、出射面を垂直面とすることにより、発散光を用いても非点収差によるビーム形状の変形の影響を防ぐことができる。

3. 2次元スキャナーの構成

図2に2次元スキャナーの構成例を示す。X軸はAOで、Y軸はPZTに結合された偏向プリズムで走査する。AOは偏向角度 θ が 3.25 mrad 、PZTは移動距離が $75\mu\text{m}$ の素子を用いる。計測対象とする2次元パターンは数 $10\mu\text{m}$ の領域であるため、走査範囲はX、Y軸とともに $50\mu\text{m}$ に設定している。図2のスキャナーにおいて、X軸、Y軸の走査距離 D_x 、 D_y は $D_x = f_0 \cdot f_3 \cdot \theta / f_5$ 、 $D_y = 2h \cdot f_0 / f_5$ であり、レンズの焦点距離 f_i により任意に設定できる。このとき、AOの偏向角を $1\mu\text{rad}$ 、PZTを 15 nm ステップで駆動し、X、Y軸とともに走査ステップを $0.01\mu\text{m}$ に設定できる。

4. 2次元微小パターン計測への応用例

2次元スキャナーの計測への応用として、2次元微小パターンの形状、寸法測定システムを図3に示す。

パターンの形状、寸法を測定するには、パターンのエッジを正確に決定することが必要である。AOはランプ波電圧信号、PZTはステップ電圧信号で駆動し、レーザー光をラスター走査する。ビームの各走査位置ごとに被測定物からの反射光を検出し、走査の1周期についての反射光強度パターンを作成する。この反射光強度パターンを解析して被測定物のパターンエッジを決定し、エッジ間をレーザー光が走査したときの走査制御信号の電

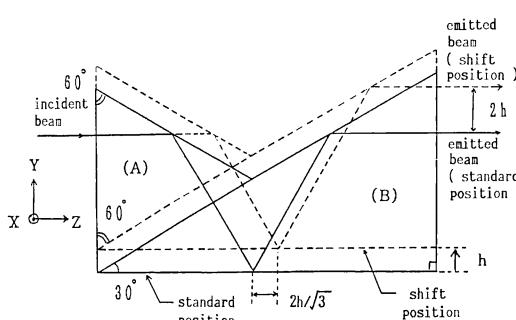


図1 偏向プリズムの構成と光偏向動作

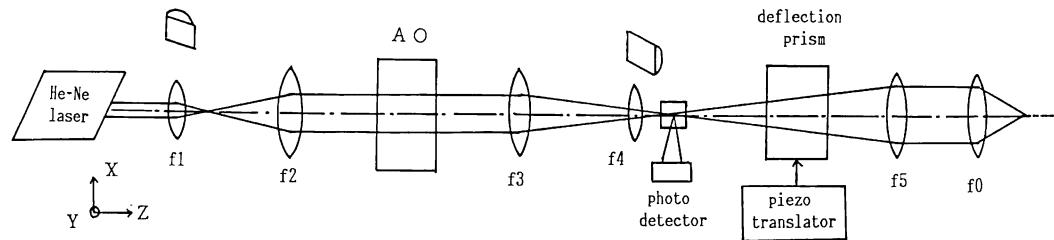


図2 2次元スキャナーの構成

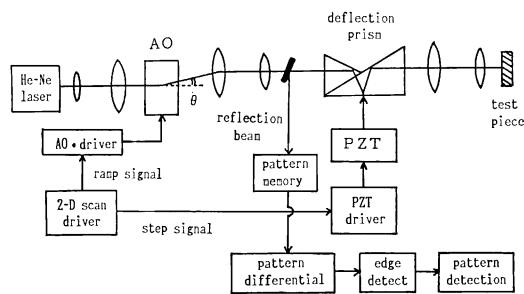


図3 2次元微小パターン計測のシステム構成

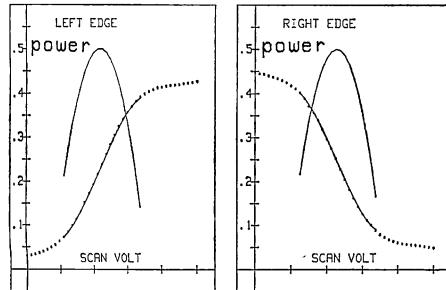


図4 エッジからの反射光強度パターン波形

圧差から寸法、形状を計測する。

被測定物が反射率の異なる複数の部材から構成されている場合、レーザー光をパターン上で走査すると、反射率と照射ビームの強度分布に応じた反射光が検出される。

図4にエッジによる反射光強度パターンを示す。この強度変化は照射ビームがガウス型の強度分布を有するため、ガウス分布を積分した形であるが、とくに強度レベ

ルが10~90%の領域ではよい精度で3次関数に近似できる。図の実線は最小二乗法での近似曲線である²⁾。この近似曲線を微分すると2次曲線が得られ、そのピーク位置をパターンエッジと定義する。この状態は照射ビームの強度ピーク位置がパターンのエッジに照射された状態である。ビーム走査を0.02 μmで行ったとき、検出されたエッジ位置の変動は3σで0.02 μmである。この方法はパターン寸法が照射ビーム径の75%以上の場合に有効である。本方式により、振動、ゴミ、等の測定の外乱、および被測定物の材質の変化に影響されないで安定なエッジ位置が検出される。

5. むすび

精密2次元スキャナーの構成と計測への応用について述べた。この装置は現在、当社の生産ラインで全自動計測システムとして実用化されている。PZTはAOに比べて動作速度が遅いため、走査速度を上げるために高速応答のPZTが望まれる。さらには、広い領域に形成された微小パターンの計測に適用するためには、高走査分解能を保ちつつ走査領域を拡大することが今後の課題である。

文 献

- 1) 藤田宏夫: 1989年秋季応用物理学会講演会予稿(3) (1989) p 748.
- 2) 藤田宏夫: 1989年春季応用物理学会講演会予稿(3) (1989) p 812.

(1990年10月30日受理)