

転写用樹脂を用いた光学部品微細凹部の形状評価

光科 中野雅青
工業技術研究所 照明音響科 柳原 亘

Evaluating the Shape of Micro Indentations on Optical Components Using a Replication Polymer

NAKANO Masaharu and YANAGIHARA Wataru

Keywords : replication polymer, micro depressions, shape measurement, surface roughness, confocal microscopy

共焦点顕微鏡による形状測定が難しい微細で深い凹部を、転写用樹脂を用いて凸形状に反転させて測定した。本研究では、原盤と転写物の表面粗さを比較測定して、樹脂の転写精度を評価した。転写用樹脂は複雑な形状を高精度に転写することができ、光学部品の形状や表面性状の評価に有用であることが分かった。

キーワード：転写用樹脂、微細凹部、形状測定、表面粗さ、共焦点顕微鏡

1 はじめに

光学部品をはじめとする微細な表面凹凸の形状評価では、非接触で三次元的な形状測定が可能な共焦点顕微鏡や白色干渉計が使われている。これらの機器では、光を試料の表面に集光し、その反射光強度から表面の位置を測定する。このため、鋸刃形状のような深い凹部を有する光学部品の形状測定では、凹部から十分な反射光強度が得られず、正確な測定が困難であった。

そこで、転写用樹脂を用いて凹部を凸形状に反転させて形状測定した。転写用樹脂で反転させた凸形状からは十分な反射光強度が得られるため、正確な形状測定が可能になる。本研究では、転写用樹脂の転写精度を評価し、高さ数十 nm から数十 μm の形状評価が必要となる光学部品の評価に有用かどうかを検討した。

2 方法

2.1 転写精度の評価

転写用樹脂には、シリコン樹脂 Microset 202 (Microset Products Ltd 製) を用いた。シリコン樹脂の転写精度を評価するため、ショットブラスト加工面の粗さ比較見本板 KB129 (Rubert & Co Ltd 製) の転写物を作製し、ハイブリッドレーザー顕微鏡 OPTELICS HYBRID L7 (レーザーテック(株)

製) の共焦点計測モードで形状測定した。そして、転写物と原盤の同一領域における断面プロファイルと表面性状パラメータ (JIS B0681-2 : 2018) を比較した。

2.2 光学部品の形状と表面性状の測定

表面が鋸刃形状の光学部品 (プリズムアレイ) における凹部 (傾斜角度 33° 、深さ 1.5mm) を形状測定した。凹部周辺を共焦点顕微鏡で測定すると、図 1 に示すように、凸部からは十分な反射光があり形状測定が可能だが、凹部からは反射光が少ないため正確に形状を測定することができない。そこで、シリコン樹脂で凹部を凸形状に反転させて転写物の形状を測定した。



図 1 プリズムアレイの表面顕微鏡像

凹部の一部明るい像は、底部の円弧形状で反射した部分。

次に、プリズムアレイ傾斜面の表面性状を測定した。表面性状を正確に測定するためには、測定面に対して垂直方向から測定する必要がある¹⁾。しかし、プリズムアレイを傾けて測定すると、顕微鏡の対物レンズと物理的に干渉したり、隣接す

るプリズムの影となり測定できない領域が生じてしまう。そこで、シリコン樹脂で転写物を作製し、測定する傾斜面だけが残るように周辺を切断した。表面性状はハイブリッドレーザー顕微鏡の白色干渉計測モードで測定した。

3 結果および考察

3.1 転写精度の評価

図2に、粗さ比較見本板の原盤と転写物において、粗さ測定値を比較した結果と断面プロファイルを示す。断面プロファイルは、粗さを測定した基準領域の一部である。表面性状パラメータを比較すると、高さ方向のパラメータである輪郭曲面の算術平均高さ Sa と突出谷部深さ Svk (転写物は突出山部高さ Spk) は、原盤と転写物でよく一致している。このことから、原盤の凸部だけでなく複雑で深い凹部にもシリコン樹脂が入り込み、形状が高精度に転写されていることが確認できた。

また、断面プロファイルを見ると、転写物は、原盤の複雑な形状をよく再現している。一部、原盤の凸部で転写物の高さが数 μm 低い部分(点線囲み部)が見られた。この部分は、転写物では凹部となるため反射光が弱く転写物の測定形状が正確ではないと考えられる。

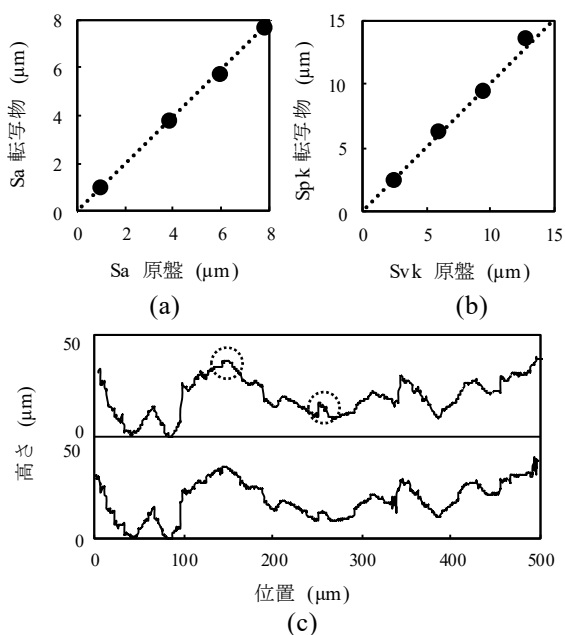


図2 転写精度の評価

(a)、(b)それぞれ、表面性状パラメータの Sa 、 Svk 、(c)上が原盤、下が転写物(データ反転)の断面プロファイル (Sa が $6\mu\text{m}$ の見本板の一部)。

3.2 光学部品の形状と表面性状の測定

図3に、プリズムアレイの凹部と傾斜面の転写物を作製し、形状測定した結果を示す。転写物からは測定に十分な反射光が得られ、凹部の底(図3(a)の凸部先端)の曲率や傾斜面の角度といった形状評価が可能になった。

また、傾斜面の表面性状(図3(b))を見ると、加工工具による微小なツールマークも高精度に転写されており、鏡面に近い高さ数十 nm の表面性状の評価にも有用である²⁾。これらの結果から、転写用樹脂を用いた形状評価は、深い凹形状や表面性状の正確な測定を可能にし、光学部品の加工品質評価に活用できることが確認できた。

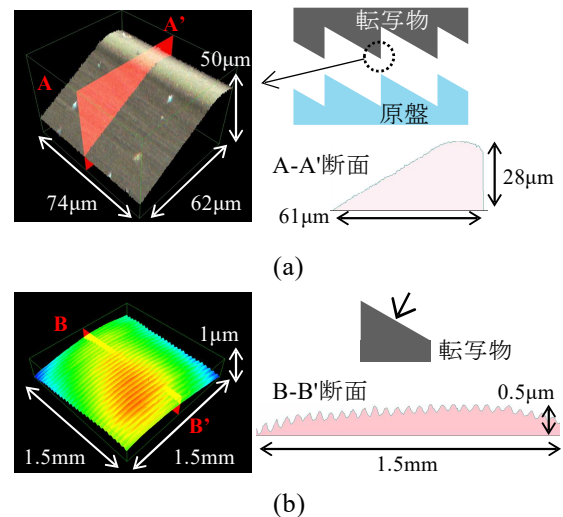


図3 プリズムアレイの形状評価

(a)凹形状、(b)傾斜面の表面性状。

4 まとめ

共焦点顕微鏡では難しい深い凹部について、転写用樹脂で凸形状に反転させることで形状評価が可能であることを確認した。今回用いた転写用樹脂は複雑な形状を高精度に転写しており、光学部品の形状や表面性状の評価に有用である。また、本手法は、外側に露出していない内壁や大型部品の部分的な形状評価にも活用できる。

参考文献

- 1) 柳原亘 他：非接触形状測定機による傾斜面測定誤差評価. 2023年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.410-411, 東京(2023).
- 2) 柳原亘：微細曲面の表面性状評価技術について. 静岡県工業技術研究所研究報告, 第14号, 40-42 (2021).