

北海道大学工学部 ○外山潔、高谷裕浩、三好隆志、斎藤勝政

はじめに

前報までにおいて矩形の極微細溝形状の溝パラメータ (溝のピッチ、幅、深さ) を回折光の各次光強度から定量的に求める手法について、その理論と検証を行った。

本報ではこの計測法により光ディスクスタンプの測定を行い、あわせて測定対象である溝が矩形でなく台形形状である場合、本手法による溝パラメータの推定にどのような影響があるか計算機によるシミュレーションを行ったので報告する。

計測方法と装置

矩形溝のピッチ、溝幅、溝深さは、回折光から次式によって求められる。

ピッチ
$$p = \frac{\lambda f}{l_1} \cdot m \quad (m=1, 2, 3, \dots)$$

溝幅
$$W = \frac{p}{\pi} \arccos \sqrt{\Gamma_1}$$

溝深さ
$$D = \frac{\lambda}{2\pi} \arcsin \left\{ \sqrt{\Gamma_2 / 2(\Gamma_0 - r_0^2)(\Gamma_2 + 1)} \right\}$$

ただし
$$\Gamma_1 = \frac{I_2}{I_1} \quad \Gamma_2 = \frac{\Sigma I - I_0}{\Sigma I} \quad r_0 = \frac{W}{p}$$

回折光の測定に使用した装置の構成を図1に示す。試料に照射されるレーザー光のスポット径はφ480 μmで、ピッチ1.65 μmの光ディスクの溝の場合およそ300本の溝がスポット内にあることになる。

台形溝形状での溝パラメータ推定について

光ディスクのトラッキング用の溝のように溝形状が正確には矩形とは見なせず図2のように台形状になっている場合、本手法によって溝パラメータの推定を行ったとき推定値がどのような影響を受けるのか計算機によるシミュレーションを行った。シミュレーションの手順は、まず台形形状の溝による回折光を計算し次に得られた回折光強度から式(1)~(3)を用いて溝パラメータを算出する、という手順で行う。台形溝からの回折光を計算する方法は、1次元でモデル化したフラウンホーファ回折理論によって結像面での回折像の強度を与える式、

$$I(\xi) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(\frac{i4\pi h(x)}{\lambda}\right) \exp\left(-\frac{i2\pi \xi x}{\lambda f}\right) dx \right|^2$$

ここで、x、ξは各々光ディスク面、結像面の座標 h(x)は溝形状の凹凸関数である。

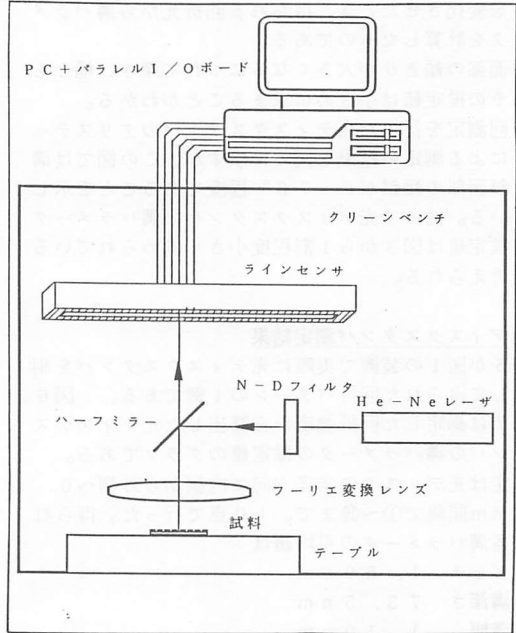


図1 測定システム構成図

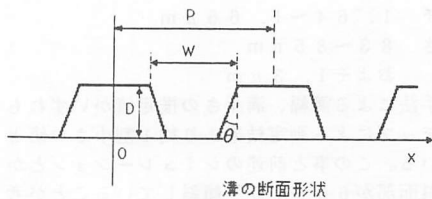


図2 台形溝形状の溝パラメータ

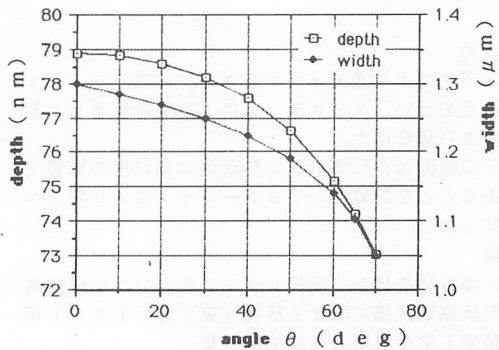


図3 溝の斜角θと各溝パラメータの推定値の関係

この積分を解いた式から計算機を用いて各次回折光の強度を計算した。

図3は台形状溝のピッチ1.65 μm 、溝幅1.30 μm 、溝深さ84nmで固定し斜面部の傾き θ のみを変化させたとき、得られる回折光から溝パラメータを計算したものである。

斜面部の傾き θ が大きくなるにつれて深さ、幅ともにその推定値は小さめに求まることがわかる。

今回測定を行った光ディスクスタンプのタリストープによる測定の結果を図4に示すが、この図では溝の斜面部の傾斜が $\theta = 70^\circ$ 程度であることを示している。従って光ディスクスタンプの溝パラメータの推定値は図3から1割程度小さく求められていると考えられる。

光ディスクスタンプ測定結果

図5が図1の装置で実際に光ディスクスタンプを測定して得られた回折パターンの1例である。図6、図7は測定した回折強度から算出した光ディスクスタンプの溝パラメータの推定値のグラフである。測定は光ディスクの半径方向に内側から外側へ0.5mm間隔で①～⑩まで、10点で行った。得られた各溝パラメータの平均値は

ピッチ 1.59 μm

溝深さ 73.5nm

溝幅 1.10 μm

となった。タリストープによる測定結果は図4から

ピッチ 1.64～1.66 μm

溝深さ 83～85nm

溝幅 およそ1.3 μm

で、本手法による溝幅、溝深さの推定値がいずれもタリストープによる測定結果より約1割小さい値となっている。この事と前述のシミュレーションとから溝の斜面部が60～70°傾斜していることが考えられる。この傾斜角は図4から求めた角度とよく一致している。

まとめ

- ・本手法により光ディスクスタンプの溝パラメータ測定を行い、タリストープによる測定値より1割小さい値を得た。
- ・その原因は台形状溝形状の斜面部の傾斜角の影響であることを計算機シミュレーションにより明らかにした。

文献

- 1) 高谷裕浩ほか：回折パターンを用いた極微細溝形状測定評価に関する研究(第1報)1991年精密工学会春季大会講演論文集
- 2) 外山潔ほか：同上(第2報)1991年精密工学会春季大会講演論文集

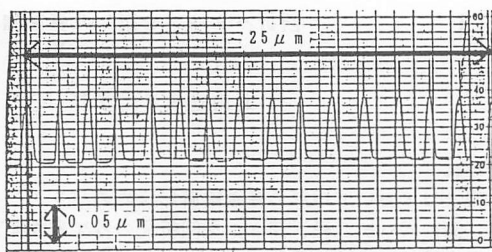


図4 タリストープによる光ディスクスタンプ測定例

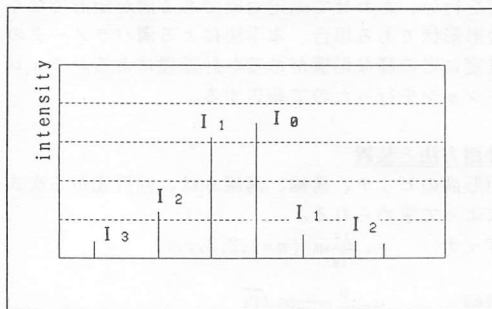


図5 回折光測定例

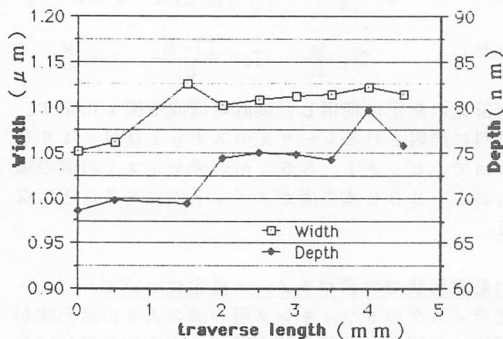


図6 計測された光ディスクスタンプの溝深さと溝幅

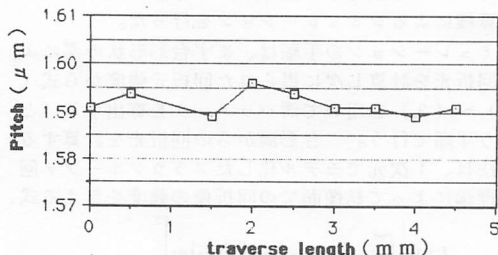


図7 計測された光ディスクスタンプのピッチ