

透明コート材のワンショット不良計測システムの開発

カメラやスマートフォンディスプレイなどに使われる透明基材に、さまざまな機能を付与する透明コート材の開発が盛んに行われています。基材・コート材ともに透明な製品には、目視やカメラによる検査では検出が難しい不良があります。都産技研では、並列位相シフトデジタルホログラフィとよばれる技術に着目し、透明コート材における膜質や膜厚ムラなど、カメラで観察できない不良をワンショットで計測するシステムを開発しています。

目に見えない膜質や膜厚の不良の検出が課題

透明基材にさまざまな機能を付与する透明コート材は、スマートフォンディスプレイの耐傷性・防汚性向上など幅広い用途で利用されています。透明コート材では、その性能や美観を保つために、均一な膜質・膜厚が要求されます。高品質で競争力の高いコーティング技術やコート材を開発する上で、試料内の不良検出は不可欠な技術です。

透明コート材の不良は、目視で確認できる膜中の異物や気泡の混入だけではありません。膜質や膜厚のムラなど、目視やカメラで検出できないものがあります。光音技術グループでは、並列位相シフトデジタルホログラフィとよばれる技術に着目し、膜質や膜厚の不良をワンショット計測で検出できるシステムを開発しています。

ワンショット不良計測システムの開発

位相シフトデジタルホログラフィは、物体の3次元情報を干渉縞(ホログラム)としてカメラのイメージセンサに記録し、その干渉縞を計算機によって解析することで、物体の3次元情報を取得する技術です。位相シフトデジタルホログラフィでは、膜の屈折率や膜厚の

わずかな変化に対して敏感に反応する光の位相分布をイメージングできるため、目視やカメラによる画像計測では観察できない透明体の計測に優れています。また、記録のためにイメージセンサを用いるため面計測に対応できることに加え、カメラのフレームレートに応じた経時的な計測が可能です。

位相シフトデジタルホログラフィでは、物体の3次元情報を解析するために、異なる位相分布をもつ3枚のホログラム群が必要です。ところが、この位相シフトデジタルホログラフィでは3枚のホログラム群を同時に記録できないため記録時間を要し、経時的に変形する物体へ適用することが困難です。また、空気の振動などの外乱に弱いため、環境によっては記録されたホログラム群に誤差が生じ、正しい解析結果を得られません。

そこで、今回は並列位相シフトデジタルホログラフィとよばれる技術を利用しました。並列位相シフトデジタルホログラフィでは、3枚のホログラム群を同時にワンショットで記録するため、外乱による影響を受けず、製品の製造現場などで安定したインライン検査を実現できます。

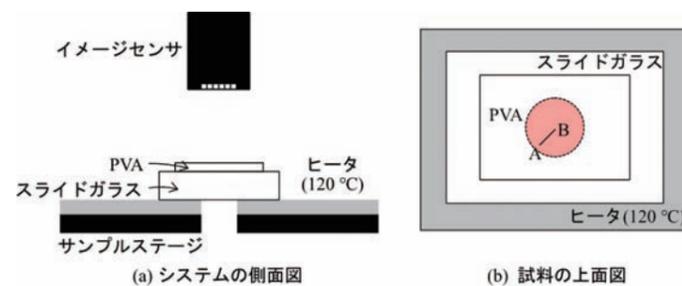


図1 膜厚分布計測における試料の配置

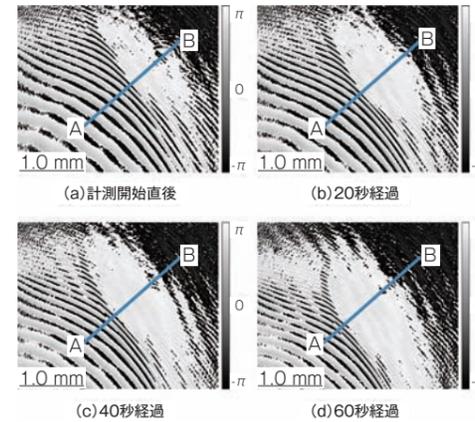


図2 乾燥中の試料面内における位相分布の解析結果

乾燥中の透明コート材の膜厚分布計測も可能

開発したシステムを用いて、透明コート材の乾燥過程を模擬し、膜厚の変化をモニタリングしました。スピコートを用いてスライドガラス上にポリビニルアルコール(PVA)を塗布した試料を作成し、その乾燥過程のPVAの膜厚を計測しました。実験の配置を図1に示します。図1(a)のように、貫通穴の開いた120℃の加熱ステージ上に試料を設置しました。図1(b)の試料内の赤い円内の計測スポットで、ホログラム群を経時的に記録し、円内A-B間の膜厚を解析しました。

実験結果を図2、3に示します。図2(a)~(d)は試料乾燥中の60秒間の膜厚変化を20秒間隔で4回解析した時の計測面内の位相分布です。位相分布は試料面内の膜厚の分布を表しており、 $-\pi \sim \pi$ までの値で折りたたまれた値で表されます。計測面内の膜厚の変化が計測用光源の1波長を超えると、不連続な位相の飛びが生じます。この位相分布を連続的に接続することで、膜厚の情報を得られます。図3(a)~(d)は図2(a)~(d)の各計測時間におけるA-B間の膜厚の解析結果です。位相接続した位相分布を実際の膜厚に数値変換するためには、試料面内の屈折率分布を考慮する必要があるため、今回は0~1の範囲で規格化した値で示しました。ヒータから試料に伝わる熱はヒータに近いA側から穴の中心のB側に向かうため、時間経過によりA側から先に乾燥し始めます。図3(a)~(d)をそれぞれ比較すると、膜厚の値が小さい領

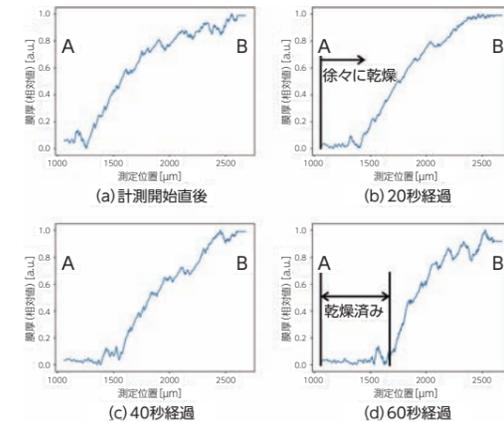


図3 乾燥中の試料内A-B間における膜厚ムラのプロット結果

域が時間経過によりB側に向かって増加しており、乾燥による時間的な膜厚の変化を確認できます。このように、本計測システムを用いることで、カメラで観察できない透明コート材の膜厚の変化をワンショットで経時的に計測することができました。

今後の展開

光音技術グループでは現在、並列位相シフトデジタルホログラフィの「光の位相分布をイメージングできる」点に着目して、透明コート材の膜厚・膜質不良をワンショットで経時的に計測するシステムを開発しています。今回は、膜厚の変化を経時的に計測した結果を紹介しました。

並列位相シフトデジタルホログラフィでは、今回ご紹介した計測システムのほかにも、通常のカメラで計測できる情報も解析できるため、膜の厚さ方向に分布する異物や気泡の検出も可能です。このとき、カメラのレンズの機械的駆動をせずに任意の位置で計算により焦点を合わせられるので、厚み方向の異物を見逃さず高速に検出できます。

本研究についてご興味をお持ちの方は、ぜひお気軽にご相談ください。



光音技術グループ
研究員
平 健吾

お問い合わせ

光音技術グループ
(本部)
TEL 03-5530-2580