

ホログラフィック光学素子を用いた光沢面外観検査用照明の開発

株式会社マクシスエンジニアリング 開発室／技術部 シニアプロフェッショナルエンジニア

西郷 知泰

1. テーマ設定の背景

光沢表面をもつ製品の外観検査では、作業者での目視官能検査が実施されることが多く、作業員の人手不足や検査基準の教育が困難である。したがって、画像処理技術を活用した外観検査自動機の導入ニーズが多いものの、光沢面の場合、検査に適した照明条件を安定的に構築することが困難であり導入は進んでいない。

そこで本テーマの目標は、ホログラフィック光学素子（HOE）を用いた、新しい原理の外観検査用照明を開発し、光沢表面を安定して検査可能なシステムの製品化を目標としている。

2. 素形材分野との関連性

ファインセラミクスをはじめ、金属、ガラス、プラスチック等の素形材分野において、ますます高機能化が進められている。高機能化／高精細化により、微小な欠陥が機能劣化の要因となるケースも多く、検査の重要性が高まっている。一方、検査対象が光沢表面を有しており、顕微鏡目視検査等の負荷の高い官能検査に依存する工程も多い。本開発成果は、不良検査の自動化／検査品質安定化に寄与する。

3. 研究開発の成果

光沢面の凹凸を効率的に検査するため、照明光の進行方向により波長が変化する、特殊照明を構築した。以下に、上記機能のコア要素であるHOEの製造技術、具体的に構築した光学ユニット、開発したユニットを組み込んだ検査システムについて説明する。

3. 1 高速ホログラム製造

ホログラフィは、2つの光（物体光と参照光）

の干渉パターンをホログラム材料に記録することで、参照光方向からの入射光が回折され、物体光を再生する技術である（図1）。この技術により、光の波長により進行方向を変化させるHOEを製造することができる。

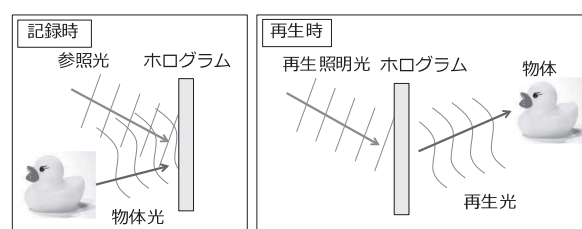


図1 ホログラムの機能

今回、適した機能を有するフォトポリマによる位相体積型ホログラムを高速で製造できるプリンタを開発した¹⁾。同一の対物レンズから物体光と参照光を同時に照射できるコリニア方式を採用し、Qスイッチパルスレーザを光源として2重露光を行うことにより、250mm/sの高速移動を行いながら200mm角以上の大面積HOEを製造可能である（図2）。

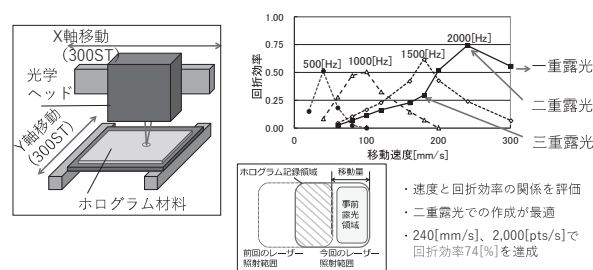


図2 ホログラム製造装置と回折効率

3. 2 ホロ照明ユニット

本項ではHOEを用いた照明システム（ホロ照明ユニット）について説明する。白色LED照明の前方に前項にて説明したHOEを設置し、回折

により得られる光を照明光として使用している。単一波長では、体積ホログラムの持つ高い角度選択性により高い指向性を持った光を生成することができる。また、透過型ホログラムでは波長選択性が低く、波長に応じて回折角度が変化する。連続スペクトルを有する白色光源をHOEに照射することにより、光の進行角度の変化に応じて連続的に波長が変化する光を構築可能である。複数の進行方向（波長）の光の混在領域を活用し、光沢面検査に適したシステムを構築した。

上記特徴を有する光が光沢表面に照射され、正反射する光の一部を産業用カラーカメラにて撮像する。光沢のある対象表面に凹凸変化が存在する場合、カメラに届く光は凹凸部分のみ光源から対象への光線方向が変化するため、凹凸部分の存在を色変化として識別可能となる効果を発揮する(図3)^{2),3)}。ホロ照明ユニットは、カメラを含めて幅200mm、重量1.5kg程度のユニットとして構成した。

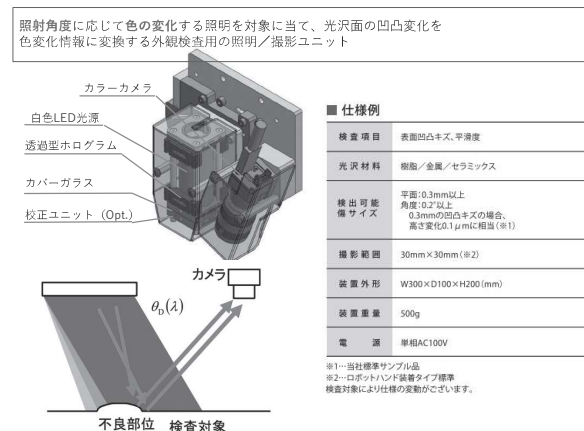


図3 HOE照明の構成

3.3 ホロ照明自動外観検査設備

開発したホロ照明ユニットを多関節ロボットに取り付け、意匠性のある対象を検査する自動外観検査設備を構築した(図4)。開発した検査設備では、1回の撮影視野は20mm角程度であるが、ロボットを1,000mm/sの速度で動作させながら秒間100枚の撮影を行い、リアルタイム検査することが可能となっている。

高速動作(1m/s(typ.))中、100fps撮影⇒10ms画像処理にて1000枚中、1箇所の不良を検出

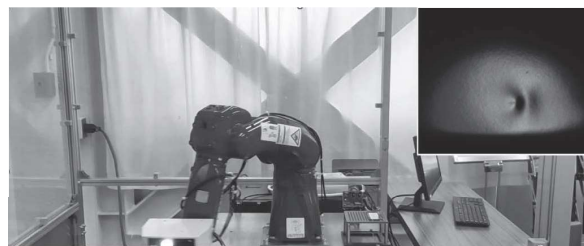


図4 自動外観検査設備

4. 訴求点

開発したホロ照明ユニットは、一般的な外観検査用照明で検出困難な光沢部品の表面の微細な凹凸傷や細傷などの形状不良を、色の違いとして視認／検査できる。

光沢部品の外観検査工程は、今でも目視検査が多いが、本開発成果は、工程の自動化に資する技術であり、省人化の観点で多大に貢献できる。そして、不良部位の大きさを定量化できるため、検査員による合否判定閾値のばらつきを抑え、安定品質の確保に寄与する。光沢部品は、高機能フィルム・ガラス・ステンレス精密部品等、広範であり、二次電池や高機能化する電子部品の外観検査が簡便となるため、来る5G/6G時代のものづくりを支え、豊かな社会の実現への貢献が期待できる。

参考文献

- 1) T. Saigo, H. Horimai, R. Taguchi and T. Umezaki: "Ultra-high-speed holographic printer system for the photo-polymer and evaluation of fabricated HOE's characteristics", Proc. of OSA-OPJ Joint Symposia (2016) 30pOD6.
- 2) 西郷知泰, 柴田進, 堀米秀嘉, 服部公央亮, 田口亮, 梅崎太造: "ホログラフィック回折光学素子による光沢面検査用RGB照明の開発", 精密工学会誌, Vol. 83, No. 12, pp.1131-1138, 2017
- 3) 西郷知泰, 服部公央亮, 堀米秀嘉, 鷺見典克, 保黒政大, 田口亮, 梅崎太造: "ホログラフィック光学素子を用いた光沢物体の表面法線方向の角度測定", 精密工学会誌, Vol.85, No.2, pp.182-188, 2019