

調査・研究報告書の要約

書名	平成 18 年度先端的外観検査技術に関する調査研究報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・社団法人 日本オプトメカトロニクス協会				
発行年月	平成 19 年 3 月	頁数	234 頁	判型	A4

[目次]

第 I 章 序言

- 1 はじめに
- 2 調査概要
 - 2.1 委員会の開催状況
 - 2.2 報告書の概要
- 3 第 II 章 基礎分野の概要
- 4 第 III 章 応用分野の概要

第 II 章 基礎分野

- 1 基礎分野の概要
- 2 MTシステムを使った外観検査
- 3 テラヘルツ波を利用したセンシング技術
- 4 形状検査
- 5 光イメージセンサ・変調器
- 6 ニューロ視覚センサによる先端的超汎用外観検査システム
- 7 外観検査のための先端的画像処理アルゴリズム
- 8 CNT（カーボンナノチューブ）のラマン分光

第 III 章 応用分野

- 1 応用分野の概要
- 2 シート検査

- 3 事務機器の外観検査
- 4 ディスプレイ分野における画質検査
- 5 次世代内視鏡イメージングへの新展開
- 6 顔・肌の検査技術
- 7 農産物の非破壊検査技術
- 8 建築・土木分野の検査技術
- 9 近接場光を利用した検査技術
- 10 電子デバイスにおける画像処理を使った外観検査技術
- 11 ウェーハのエッジおよび裏面の検査技術
- 12 光学部品の高精度・高速計測
- 13 文書鑑識における外観検査

第IV章 おわりに

[要約]

本調査研究では、その調査方針として、

- ① 基礎技術分野と応用技術分野の2つのカテゴリーについて調査を行うこと
- ② 基礎技術分野では、特定の産業分野に限定されない共通基盤技術、ならびに、近い将来、産業応用が期待される最先端技術について調査すること
- ③ 応用技術分野では、さまざまな産業分野における外観検査技術を取り上げ、具体的応用事例の紹介と、将来に向けた課題について重点的に調査すること

の3つを掲げた。

これに基づいて本調査研究では、2つの分科会が活動を行い、基礎技術分科会が第II章基礎分野、応用技術分科会が第III章応用分野の執筆をそれぞれ担当した。各項目の執筆者は目次に記した通りである。

第II章基礎分野では、外観検査における共通基盤的な技術として、マハラノビス距離を使った外観検査技術、格子投影による形状検査技術、新しい機能デバイス技術、人間の視覚メカニズムを応用したセンシング技術、遺伝的アルゴリズムによる画像処理の最適化手法を、また今後の産業応用が大いに期待される最先端技術として、テラヘルツ波を利用したセンシング技術、共鳴ラマン分光による新たな非破壊検査技術をそれぞれ取り上げ、調査報告を行った。

第Ⅲ章応用分野では、メカトロニクス分野、医療・美容等のヘルスケア分野、農作物等の食料品分野、建築・建設分野、防犯・セキュリティ分野の中から、計 12 の応用分野について調査を行い、具体的な事例を取り上げながら、各応用分野における外観検査技術の現状および将来動向について展望した。なお、半導体製造のマスク検査やウエハの異物検査に代表されるように、すでに他の多くの出版物で扱われている技術分野については、あえて調査対象から除くことにした。

1 はじめに

近年の機械工業においては、東アジア諸国をはじめとした新興工業国の技術の進展が著しく、天然資源の少ないわが国においては部品や製造物にいつそうの高性能化と高信頼性が求められている。そのため、それらの部品や製造物の外観（形状等）を非接触で高精度かつ高速に検査する先進的検査技術を確立することによって、機械工業部品および製造物に高付加価値と高信頼性を与え、その競争力を高めることが期待されている。

しかしながら現状は、さまざまな産業分野でさまざま新製品が次々に生産されているが、それらの製品に対しての検査は各社それぞればらばらに行っており、それらの検査技術は閉ざされがちである。そのため汎用検査機器はあってもその数が少なく、さまざまな製品検査には必ずしも十分対応しているとは言えないのが実情で問題となっている。

当該調査研究では、最近進歩の著しい光技術などを主な手段として用い、さまざまな産業における部品や製造物または生産物の外観（形状等）を非接触で高精度かつ高速に検査する技術およびシステムについて注目されているトピックスを中心に現状の調査を行い、その結果を分析することによって、機械工業における検査技術のこれからのあるべき方向を探り、もって機械工業製品に高付加価値と高信頼性を与えてその競争力を高め、同時にエコロジー効果をも得るための一つの指針を示すことを目的とする。

調査研究は産学官の学識経験者による「先端的外観検査技術に関する調査研究委員会」を設置して行い、その報告書は、前半が先端的外観検査技術に関する基礎技術分野の調査研究とし、後半を先端的外観検査技術に関する応用技術分野の調査研究とした。

2 基礎分野の概要（基礎技術分野分科会担当）

基礎分野では、外観検査に関わる基本技術に注目し、測定方法、基本デバイス、データ処理アルゴリズムなど、全部で 7 つの節（2 節～ 8 節）に分けて調査報告を行った。以下、それぞれの節ごとに概要を記述する。

2 節は、外観検査を自動化する際に、近年使用されるようになった MT システムについて

て記述している。外観検査を行う場合、検査で得られた多項目のデータから、良品か不良品かの一元的な判断をしなければならない。MT システムは、多次元データから検査の可否を決定することができる処理法を提供するもので、外観検査の自動判別を可能にする。例えば、軸と軸受けという二つの部品が組み合わさった製品検査の場合、軸と軸受けは別々の工程で加工されるので、それぞれの工程で管理されている良品寸法の範囲は単独に決まっている。軸と軸受けが、どちらも良品同士ならば、それらを組み合わせて、製品にすれば問題ないが、良品同士でなくても問題のない組み合わせもありえる。つまり小さめの軸には小さめの軸受けを、反対に大き目の軸には大きめの軸受けを組み合わせるという、“選択勘合”という考え方である。MT システムは、このように検査項目間の相対関係を利用して、組み合わせた製品の総合精度を高めることが出来る本質的な判定を下す方法である。始めに、良品だけから構成される基準サンプル群に対して、検査項目ごとのデータを取得する。各々の検査データは、平均値が 0 で標準偏差が 1 の規格化データに変換された後、多変量解析により“マハラノビスの距離”が算出される。基準サンプル群から算出されたマハラノビスの距離は、1 を中心とした近傍に分布するのに対して、不良品から求められたマハラノビスの距離は異なる分布パターンを示す。報告書では、MT システムを利用した、蛍光ランプとはんだ付け部の外観検査についての具体例が示されている。

3 節は、次世代の計測・センシング用光源として有望なテラヘルツ波 (THz 波) について、その物理的な特徴から光源と検出器の開発について概観し、外観検査をはじめとしたセンシングへの応用例を報告している。テラヘルツ波は、可視光と電波の間の周波数帯に存在する電磁波であり、光波のようにレンズやミラーで屈折や反射する一方、電波のように物質を透過する性質を持っている。さらに、波長が数百 μm なので、物質を透過するときの散乱や回折の影響を受け難く、イメージングに対して必要十分な空間分解能が得ることができる。唐辛子内部の種子やエビの内部構造が、はっきり現れているテラヘルツ透視イメージの結果が与えられており (空間分解能は約 0.4 mm)、X 線でのイメージングに比べて、物質構造を壊すような被ばくの心配がまったくなく、コントラストの高い像が得られている。また、薬物・爆発物などの試薬類は、テラヘルツ帯に固有の吸収スペクトル (指紋スペクトル) を有しており、テラヘルツ波分光計測を利用した郵便物中の禁止薬物を非破壊で検出した、世界で初めての例が示されている。紙やプラスチックに比べて、水に対する吸収係数が大きいというテラヘルツ波の性質を利用して、プラスチックフィルム製小袋のヒートシール部に生じた漏れ (マイクロリーク) の高速な欠陥検出システムが実現されている。さらに、テラヘルツ波を利用した集積回路の電氣的な欠陥箇所検出や癌診断の可能性まで触れられており、今後の展開が楽しみな領域である。

4節は、光技術を利用した形状検査についての調査報告で、主に格子投影法について報告している。線幅が狭く、かつ輝度の高い平行で等間隔の直線群上の格子は、フィゾー干渉計や横シア干渉計を利用した多光束干渉によって生成され、被検物体に照射される。照射された直線群上の格子は、物体の表面形状に従い変形する。格子投影法は、この格子の変形量から被検物体の形状を求める方法である。横シア多光束干渉縞格子投影像とフィゾー多光束干渉縞格子投影像の測定結果が与えられており、被検物体の形状によって干渉縞格子が変形している様子が示されている。4節では、さらに形状補正型格子投影による形状検査技術が報告されており、外観検査へ応用できることが示唆されている。形状補正型格子は、物体に照射された後の変形格子像が直線状となるように、被検物体の理想的な表面形状によって生じる格子の変形量を考慮して設計されている。補正型格子の照射パターンは、マスクや液晶パネルで作成され、被検試料に照射される。もし、被検試料が理想的な形状を有しているときは、変形格子像は直線上となるが、被検試料が不良品の場合、不良箇所の部分の格子像は、直線状でなくなる。この部分を検出することによって、物体の外観形状検査における欠陥検出を行うことができる。この方法は、光干渉計測技術で長年実用化されてきた null test を格子投影法へ適用したものと考えられ、被検物体が既知な形状を有している基準試料と同等な形状であるかどうかを高速、簡便に検査する技術へ応用することができる。

5節は、光イメージセンサ・変調器についての報告で、検査対象をセンシングするデバイスや画像演算機能を実現するための空間光変調器について、最近の進展を含めて調査している。EM-CCD (Electron-Multiplier-CCD) は、通常の CCD 転送ラインの最終段に、数百段の電子増倍転送部を持たせることで、オンチップに数千倍の電子増倍機能を実現したものである。センサを -50°C に冷却し、読み出しノイズを1電子レベルに押さえることにより、微弱なイメージを撮像することができる。TDI-CCD (Time-Delay-Integration-CCD) は、一定の速度で動く対象物に対して、対象物の移動方向と CCD の電荷転送方向の速度を合わせることで、高感度化を実現したカメラである。TDI-CCD は、半導体検査、電子部品製造ラインやフラットパネル検査など、オンライン検査システムへの応用が考えられている。プロファイルセンサは、スポット光の2次元位置情報を高速・高精度に取得することができるカメラである。プロファイルセンサを構成する各画素は、X方向/Y方向のそれぞれに対応した受光エリアを持ち、それぞれの受光エリアは、行方向または列方向に電氣的に接続されている。そのため、プロファイルセンサは、X方向およびY方向の射影データを直接出力することになる。プロファイルセンサを2つ用いたステレオ計測モジュールにより、対象物の位置が3kHzの速度で計測された実験結果が与えられて

いる。IVS (Intelligent Vision System) は、高速読出し可能な CMOS イメージセンサと同じ CMOS プロセス技術で製造可能な並列演算部を組み合わせることで、汎用画像処理演算をミリ秒オーダーで実行できるシステムである。IVS を用いたロボット制御やステレオ視、微弱光計測などへの応用研究が進められている。光アドレス型液晶 SLM (Spatial Light Modulator) は、書込み光の強度に応じて読出し光の位相を 2 次元的に高速変調する機能を持っている。SLM による波面制御を用いた補償光学システムは、ハワイのマウナケア山頂のすばる望遠鏡で、大気のゆらぎを計測し逆向きの位相を与えることで、大気ゆらぎを除いたシャープな星像を得ることに成功している。電気アドレス型空間光変調器は、コンピュータからの信号により読出し光の位相変調を行うことができ、フェムト秒レーザ加工技術、光ピンセット、顕微鏡、検眼鏡、光メモリーなど、幅広い応用が期待されている。

6 節は、人間の目の機能をコンセプトに開発されたニューロ視覚センサについての報告で、人間の目の 116.5 倍の微細欠陥検出精度と、目視の 14 倍以上のムラ検知性能が実現された外観検査システムについて紹介している。人眼の網膜上にある光受容細胞は、5% のバラツキを持つ光センサと考えられている。神経細胞 (ニューロン) のうちの水平細胞は、60~80 個程度の光受容細胞のデータを集めて明度データを取得しており、光受容細胞一個一個の感度のバラツキが結果的に測定精度の向上につながっている。また人間の目は、固視微動という、人間の意志とは関係のない勝手な動きをしており、いくつかの光受容細胞をまたがって入射してくるイメージの空間的な分解能を等価的に向上させることができる。ニューロ視覚センサは、このような人間の目の機能に着目し、その細胞構築の電子化や、眼筋の動きを電子回路化するといった、従来のアプローチとは全く異なる原理によって高精度化を達成している。既に鉄鋼・自動車・半導体・フィルムなどの業界で、ニューロ視覚センサを利用した外観検査技術が用いられており、今後ますます他の業界での利用が期待される。

7 節は、外観検査のための先端的画像処理アルゴリズムについての報告で、汎用的に用いられている画像処理エキスパートシステム、汎用画像処理ライブラリについて述べた後、進化計算法などの最適化法を利用した画像処理アルゴリズムについて紹介している。画像処理エキスパートシステムは、人間の専門家が持っている知識を、『もし~なら、~である』という if~then 形式のルール (プロダクションルール) で記述・蓄積してデータベース化しておき、推論・検索処理によってそこから有益な知識を得ようとするものである。ただし、対象領域が限定されている上、新たな検査対象に対しては、画像処理プロセスを一から作り直す必要があり、あまり有効であるとは言えない。汎用画像処理ライブラリは、これまでに構築された画像処理アルゴリズムをライブラリ化することにより、情報資源とし

て使用者が共用しようというものである。これまでに、コンピュータビジョン用画像処理ライブラリ OpenCV などが知られており、それらを組み合わせるだけで様々な画像処理を構築することができるが、必要とされる処理を実現するために、どの関数・サブルーチン・フィルタをどのように組み合わせれば良いかが煩雑で、画像処理アルゴリズムの構築に膨大な時間がかかってしまう。一方、画像処理に最適化法を利用する手法が近年報告されており、効率的なアルゴリズム構築が検討されている。数値最適化は、画像処理の一部に最適化法を取り入れる手法で、2次元パターンの位置決め問題の場合、そのパターンの特徴的な部分を手掛かりにしてパターンを抽出するという従来の方法に対して、パターンのパラメータ（中心の x 、 y 座標、拡大倍率、回転角度）自体を決定する（＝最適化する）手法である。組み合わせ最適化は、画像処理プロセス構築の自動化・省力化に最適化法を使う方法で、例えば原画像に何種類かの画像処理フィルタを順次適用して必要な画像に変換する場合には、原画像に何番のフィルタをどのような順序で適用すれば最も目標画像に近い画像を得ることができるかを見出す最適化問題を解くことになる。このように最適化法を画像処理に適用する方法は、近年の計算機や処理ボードの処理能力の向上、進化計算法（Evolutionary Computation）などの有効な方法論の発展が後押ししており、外観検査のための画像処理のほとんどを、人手による人海戦術に頼らずに自動的に構築することができる時代がすぐそこまでやってきている。

8 節は、非破壊検査の方法として今後有望と考えられる共鳴ラマン分光を紹介し、共鳴ラマン分光を利用したカーボンナノチューブの試料評価について報告している。ラマン分光は、試料にレーザー光を照射して入射光と同じ波長の弾性散乱光（レイリー散乱光）を除いて、試料によって波長変換された非弾性散乱光（ラマン散乱光）を取り出し、スペクトル測定する方法である。ラマンスペクトルは、試料の分子振動などと密接に関係しており、それを利用して試料の分子構造などの情報を得ることができる。ラマン分光において、入射光の光子エネルギーが試料分子の電子遷移エネルギー（試料の吸収、もしくは発光のエネルギー）に等しい場合には、ラマン散乱強度が非常（約 1000 倍）に強くなり、これを共鳴ラマン散乱という。8 節では、共鳴ラマン分光を利用したカーボンナノチューブの欠陥評価が報告されており、マイクロメートルの精度で欠陥位置が検出されている。近年共鳴ラマン分光は、空間分解能がナノメートル領域まで高まっており、試料評価の標準検査技術として発展していくと考えられる。

3 応用分野の概要（応用技術分野分科会担当）

本報告における応用分野に関しては、さまざまな産業において、さまざまな検査物体に

対して、非接触、高速計測と言う光計測の特徴を利用した先端的な外観検査技術の応用事例の調査研究を行い、その結果を本章において報告を行う。

今回は、あまりこれまでに報告されてない範囲の研究開発の技術に注目して、調査を行い、報告を行った。このため、例えば半導体製造のマスク、レチクル、あるいはウェーハの異物検査と言う様な既に多々報告がされており、教科書の様な本の出版も行われている技術範囲の最新動向は含まれていないことは、ご了解頂きたい。

尚、応用分野の範囲としたのは、委員会で協議した上で報告者の合意により決めたものであるが、報告の内容には応用範囲に限る必要はなく、基礎研究の内容も含むこともよしとした。

以下、報告順に、12の外観検査の応用分野の調査報告の概要を示す。

2節は、シート検査としては、走行するシート状物に含まれる欠陥を検出するものであり、検査対象は液晶関連向けの、偏光フィルム、位相差フィルム、保護フィルム、反射防止フィルム、AG (Anti-Glare) フィルム、光拡散フィルム、反射フィルム、離型フィルム、プリズムシートなどの光学フィルムである。検出すべき欠陥は、微弱な凹凸欠陥（打痕、クレーター、核無フィッシュアイ）、微小キズ、無色透明欠陥（異物、コートムラ、コートスジ、コート部のピンホール）である。検出方法は、走行するシートを照明装置で照明し、その反射光、または、透過光をライン CCD カメラで読み取りその出力を画像処理によりリアルタイムで行うものであり、走行速度 30、200m/分、フィルム幅 1600、1700mm の実用化例を紹介している。微小キズ検出用として、斜め植え込みタイプの光ファイバ照明装置を使用することによって、ライン CCD カメラの幅分解能（100 μ m 程度）よりも大幅に細かいキズ（幅が数 μ m、長さが数 mm）を検出可能としている。

今後の課題として、欠陥検出能力の向上、欠陥検出性能が保持されていることを現場で容易に確認できる技術、品質の向上と保守体制の向上、不具合発生の予防を挙げている。

3節は、事務機器の外観検査として、複写機、プリンター等の事務機器内で使用され、画像品質に大きな影響を及ぼすローラ状部品の外観検査方法に関して、事例を中心に紹介した。ローラを回転させながら、その表面をラインカメラで撮像し、画像処理で欠陥部を検出しているのが一般的である。検査項目は、キズ・異物・汚れ等の外観検査や、部品位置・欠品有無等の組立状態確認、画像出し後の印字品質テストなどである。事務機器製造時においては近年、資源の有効利用、リユース・リサイクルに対する要求が高まっており、再生工程が構築されており、ユニットや部品の再利用、マテリアルへの分解等が積極的に進められている。製品の各段階（部品、ユニット、本体）において、様々な検査工程が存在し、製造工程全体において検査工程の占める工数はかなり高くなっている。

対象の特性（直径、表面粗さ、色合い等）が変わると、光学系や画像処理パラメータを調整するのに多大な労力を要するため作業自体を支援あるいは自動で最適化できる手法が求められる。

4 節は、ディスプレイ分野における画質検査として、液晶、プラズマディスプレイ、有機 EL、FED 等の新しい表示デバイスにおける画質検査項目を挙げ、その各項目の評価方法・特徴・注意点を説明し、将来の方向性を示す報告である。画質検査項目は現在一番使用用途範囲が広く身近な存在である液晶パネルの、輝度（明るさ）、色度（色み）、コントラスト、応答時間、視野角、フリッカ、輝度・色度ムラ、解像度、欠陥、ガンマ特性等を挙げた。検査にとって重要な色彩輝度計について解説した。

将来的にはコストダウンを図るためには、生産現場での検査に要する工数・設備も最低限にする方向になるとし、CCD センサを用いて輝度・色度のみならず、他の評価項目も計測できるような方向に進むと予想している。

5 節は、次世代内視鏡イメージングへの新展開として、従来の内視鏡イメージングが抱える課題を改善しうる次世代の内視鏡イメージング技術として特殊光観察技術である、Narrow Band Imaging, Auto-Fluorescence Imaging, Infra-Red Imaging について紹介し、各々が切り開く内視鏡診断の近未来の世界について、舌裏粘膜、消化管粘膜、消化管（食道静脈瘤、腫瘍の深達度診断）への適用例を示し報告を行った。

これらの技術の登場により、スクリーニングから病変の精密診断に至るまで、従来よりも格段に診断精度の向上や内視鏡診断の効率化が図られ、近い将来、内視鏡分野における質的診断能患者、及び、患者 QOL を向上させる診断技術の更なる発展、普及を期待している。

6 節は、顔・肌の検査技術として、肌の状態（肌の柔軟性や弾力性、表面形状、色、皮質および水分）を測定する技術や機器について概観し、これらを統合した美容カウンセリングセールスのツールへの応用例の報告を行った。測定法として、圧力法、吸引法、回転変位法および固有振動法、目視評価法、トレース法、画像解析法、SEM 画像法、共焦点顕微鏡法および光投影法、光透過法、オスミウム酸ろ紙法、クロマトグラフィ法、赤外分光法等を紹介した。

測定作業者の技能により正確性が左右されやすいことやデータの解釈が難しい等の問題を指摘し、一人ひとりの肌に適した化粧品を選択するために、また化粧品の効能効果を適切に評価するために、肌の検査技術・機器の研究開発はさらに進められ、改善・向上が図られていくと予想している。

7 節は、農産物の非破壊検査技術として、非破壊検査法として、光学的方法による農産

物・食品の外観等測定多くの事例を挙げ報告を行った。紫外線、可視光線、近赤外線、赤外線を利用し、鱈（タラ）フィレ残留小骨・回虫の自動選別装置、渋柿判定装置、果実の色、傷およびサイズを測定する「カラーグレーダ」と称する選別機、パイナップル熟度測定装置、精米の自動色彩選別機、一粒玄米の色彩・形状・胴割の自動選別機、カビ豆選別機、糖度選別機の紹介を行った。

近赤外イメージングの測定可能な計測器により対象物中の成分分布を明らかにすることで、新たな応用技術を期待している。

8 節は、建築・土木分野の検査技術として、昨年、建築物の耐震偽装問題が発覚し、検査技術は新設構造物においても重要なものとなっており、その検査技術に関して、可視光線を利用した外見検査、デジタル写真による外観検査、レーザ光線を利用した外観検査、ノンプリズムトータルステーションを用いた外観検査、赤外線を用いた外観検査の例を挙げ報告を行った。既設構造物の維持管理を合理化し、構造物の維持保全を低コストかつ効率的に行う必要があり、構造物に発生する劣化・損傷を効率的に検出・計測し、構造物の機能や安全性を的確に判断する技術が要求されているとしている。

検査方法の標準化、品質管理による生産性向上を達成すべく、産学官一体での研究開発型企業の努力を生産活動に反映させ、より良質で安全快適な社会資本整備を行う必要を示している。

9 節は、近接場光を利用した検査技術として、近接場光を利用した検査技術に関する研究内容の報告を行った。半導体ウエハ基板のナノ欠陥検査に関して、従来法では検出が困難だった数 10nm スケールの微小欠陥検出の可能性、ナノインプリント残膜検査に関して、FDTD シミュレーションにより膜厚情報を計測できる可能性があることを示した。

近接場光を利用した検査技術は、原理的にリモートセンシングは困難であるが、非破壊性等の光学的な外観検査技術としての優れた特性を本質的に有しており、遠隔伝搬光では不可能だったサブマイクロメートル以下のナノスコピックな微小領域の計測評価技術として展開可能なポテンシャルを有していると指摘し、基盤要素技術のさらなる開発とともに、それら要素技術の高度な融合による近接場光応用外観検査技術のさらなる発展を期待している。

10 節は、電子デバイスにおける画像処理を使った外観検査技術として、半導体、一般電子部品（その中でも特にコネクタ）の現在の外観検査技術について調査を行い、その結果の報告を行った。まず、検査技術の現状を述べ、画像検査装置のハードウェア構成（CPU、産業用カメラ、照明）、次に画像処理技術として、正規化関連サーチ、エッジ検出、グロブ解析の紹介を行った。

事例として半導体（パッケージ）の検査、コネクタ検査を挙げ、最近の動向、検査内容、主な画像検査装置メーカーの順で報告を行った。

今後の市場要求としては、パッケージ、コネクタ検査ともに共通で、更なる高精度化、3次元計測を指摘し、産業用カメラの高解像度化、CPU等ハードウェアの高速化による対応を予想している。

1 1 節は、ウェーハのエッジおよび裏面の検査技術として、半導体製造プロセスにおけるウェーハエッジおよび裏面の検査に関する報告である。この検査ニーズは、半導体プロセスの高精度化や高集積化にともなう副作用による歩留まり低下が顕著なってきたことに由来する。この検査技術は、大別して2種類に分類され、レーザビームをプローブとして散乱光あるいは反射光で検出する方法と、発光ダイオードまたは白色ランプ光源を用いて画像計測を行う方法である。エッジ検査技術として、レーザ照射の場合は高立体角検出、画像計測の場合は多方向照明など曲面という形状の影響を緩和する方法、レーザビームを用いるエッジ検査技術としては、楕円鏡を利用する方法、エッジ部の画像計測の技術として、エリアカメラまたはラインセンサカメラを用いる方法等の紹介を行っている。裏面検査として、多数のエリアカメラによるステップアンドリピートで静止画像によって全面を検査する方式の紹介を行っている。ウェーハ全面のデータ量は莫大な量となるため、リアルタイム画像処理の重要性を指摘している。

1 2 節は、光学部品の高精度・高速計測として、位相シフト法を、リファレンス面又はテスト面を駆動させることなく、光学部品のレンズ・ミラー・プリズムの表面精度や内部透過波面の検査を高精度、高速に行う瞬間位相シフト干渉法と呼ぶ方法の報告である。計測原理は、干渉計の測定部に3つのCCDを位相差が0度、90度、180度となる様に配置し、位相情報を3つ同時に取り込むものである。

この瞬間位相シフト干渉計は、光学部品の高速計測だけに留まらず、空気の擾乱の計測も可能になり、新たな測定分野の開拓に貢献するとしている。

今後、CCDカメラの画素数も超ハイビジョン化され、デジタル画像技術もますます発展していくものと考えられ、より精細な測定が可能になることを期待している。

1 3 節は、文書鑑識における外観検査として、犯罪鑑識の一分野である、犯罪に関係する文書を解析し、その真偽、作成方法、改ざんの有無等を識別することを目的とする文書鑑識における外観検査について、応用例を多数示して報告を行っている。文書鑑識では、経験豊富な文書鑑定担当者の目視による検査とともに、光画像計測を応用して資料の分光反射特性及び反射光の角度依存性等の各種光学的特性を解析することにより、資料の外観を検査している。応用例として、偏角分光反射特性を使用する方法、分光画像計測を利用

した外観検査として塗抹・改ざん文字の検査に関して、マルチバンド画像ヒストグラムの解析による印刷物の分類、偏角画像計測を利用した外観検査としてインクジェットプリンタ拍車痕の検査と昇華型熱転写プリンタサーマルヘッド痕の検査、複眼光学系を利用した外観検査の紹介を行っている。

光画像計測に基づく検査は、光源、光学素子、光センサなどの成熟した要素技術をもとに構築された光システムに支えられており、今後の光システムの進展は、従来は不可能であった切り口で偽造文書を解析することを可能とし、文書鑑識、犯罪鑑識に効果をもたらすものと期待している。



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://keirin.jp/>

