

マシンビジョンの基礎知識

第10回

照明と撮像システムについて

FAビジョン(株)
丸地三郎

照明の方法・種類について紹介する。照明の概念が整理されたところで、良い照明とは何か？を記すことにする。マシンビジョンとして適切な画像を撮るために、カメラ・レンズ・照明・その他で構成される撮像システムがある。その事例と内容について、半導体ウエーハのID識別用文字・2Dコード読取用の撮像システムとラインスキャン・カメラを使用した精密撮像システムを通して紹介する。

照明の方法・光源について

照明機器を調べるには、展示会（6月の画像センシング展・12月の画像機器展・いずれも横浜にて）で見て、聞くことが一番判りやすい。雑誌の「画像ラボ」「映像情報」などにも照明機器メーカーが一覧表として掲載されていたり、特集があったりして、

便利。インターネットで引くこともできる。

照明に関しては、詳細な説明記事も多く参考になる。ここでは、照明の主な種類と光源の種類の紹介を行う。

光源の種類

LEDの照明が形状も様々なものが用意され、白色光も可能になり、光源が切れる心配も少なく、寿命も長く、多用されている。しかし、アプリケーション、対象ワークの大きさや設置条件、光量などから、LED以外の多様な光源が使われる。その種類と特長などを一覧表にしてみる。

2値化画像処理の時代には、照明の安定性が、アプリケーションの成否を直接的に握っていたため、使える照明の光源が限定され、光量の安定化には注

第1表

	種類	説明	特長	制約
1	通常の白熱光	画像と限らず、一般用途	安価・種類が豊富	エリアカメラで露光時間が50 / 60HZの倍数にできる場合、有用。
2	通常の蛍光灯	画像と限らず、一般用途	安価・種類が豊富	エリアカメラで露光時間が50 / 60HZの倍数にできる場合、有用。
3	白熱光	インバータなどで、電圧変化の影響を抑え、画像処理用に、光量を安定	比較的安価・扱い易い	経年変化で光量落ちがあり、対処の工夫をするか、調光機能付を選択する。
4	蛍光灯	インバータなどで、電圧変化の影響を抑え、画像処理用に、光量を安定	比較的安価・扱い易い	経年変化で光量落ちがあり、対処の工夫をするか、調光機能付を選択する。
5	LED	色が揃い、白色光も単色光も選べる	光量の経年変化も少なく、様々な形状ランプハウジングが供給され、画像処理用照明の主流	光量の特に大きな場合は向いていない。
6	ハロゲン・ランプ	通常電源と光源が一体化し、光ファイバーを経由しランプハウスから照	光量が大きい安定した光が供給可能	光ファイバーの引き回し、ランプハウスの形状が、LEDより自由が少ない。
7	メタハラ・ランプ	通常電源と光源が一体化し、光ファイバーを経由しランプハウスから照明	光量が「特に」大きい安定した光が供給可能	光量が大きいので、熱に注意
8	冷陰極管	蛍光灯の一種で、細い管にすることが可能	光量があり細い管が必要なラインスキャンに向く	光への変換効率は蛍光灯より低いので、熱処理に留意。(名称と違い注意)
9	ストロボ光	ランプハウス内で発光させる場合と、電源・光源のBOX内で発光させ、光ファイバーを使う場合などがある。	短時間で強い光が供給できるため、画像処理上、有用	人の目にストロボ光が入ると、作業環境として不具合あり、注意。発光時の音も留意する必要あり。発光寿命に留意。
10	LEDストロボ光	ストロボとして利用可能なLED光が提供される。	LEDの便利な、多様なハウジングが利用可	やや光量が少ない。

意とコストが払われてきた。濃淡・多値の画像が主流になり、制約がゆるくなってきた。

「画像処理は、所詮、画像の良し悪しで決まりません。」という言葉が良く聞かれるが、その意味合いは、2値化と濃淡画像では、やはり、変わっている。

鮮明な画像を撮るために単色光を使うことがある。この場合、LEDは赤、青、緑の単色光が容易に使えるため便利。ハロゲン・ランプなどの場合、照明側か、レンズ側に光学フィルターを取り付ける。光学フィルターの種類を選択することで、単色光も、ある幅の周波数領域など、希望の周波数を選択できる点、便利。但し、それ以外の周波数の光を切るため、光量が落ちることになるは要注意。

大きな光量が必要な場合には、メタハラ・ランプが有効。直線や円形の光が必要な場合には、蛍光灯照明が便利。対象ワークと撮りたい画像によって、各々、光源を選択することになる。

照明機器の基本的構造

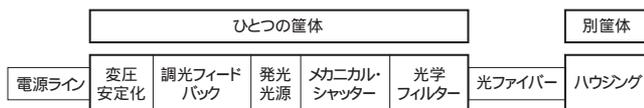
照明機器の場合、通常2つのBOX（筐体）に分かれている。これには2つのタイプがある。

ハロゲンやメタハラ・ランプの場合、100V電源を接続するBOXがあり、そこに光源が入っている。その光をファイバーで導きリングやドームなどの光の束にして注ぐ、ランプハウスがある。

LED照明の場合は、100Vの電源からDC12または24Vに変換する電源BOXがあり、ランプハウス自体に発光部分が直接取り付けられている。

光学フィルターを設置する箇所は、Aの場合は光ファイバーの前に入れることができる。Bタイプの場合には、光源自体の選択か、カメラのレンズ側に入れることになる。

A ハロゲン・メタハラ・ランプなど



B LED・蛍光灯など



第1図 照明機器の基本的構造

主な照明方法

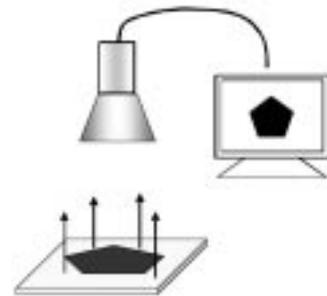
適切な画像を撮るために、様々な工夫が凝らされて、照明方法が編み出されてきた。これらの方法の組み合わせもあり、光の照射方は千差万別になっている。簡単に、各々の方法について図示する。

第2表 照明機器の基本的構造

方法	説明	主な対象形状や用途
バックライト照明	レンズ鏡筒内型	シルエットで計測・認識可能なもの
同軸落射照明	レンズ先端へ取付け型	平面形状でくぼみ・突起のあるもの
同軸落射照明		平面形状でくぼみ・突起のあるもの
リング照明		
ドーム照明		影を取り除いた画像用
箱型照明	丸いリングと同様だが、四角・4方向から照明	四角い突起物などを均等な明るさで
面照明		
平行光照明		

1. バックライト照明

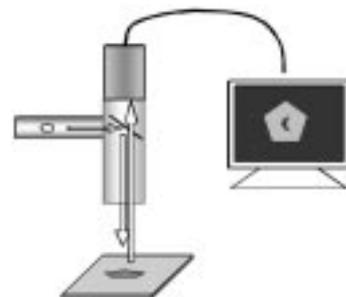
バックライト照明はシルエット状の画像が撮れる。巾計測などでこの方法は安定した好ましい画像になる。特に2値化システムの場合には、必須条件のように言われた。



第2図 バックライト照明

2. 同軸落射照明（鏡筒内同軸落射）

鏡筒内にハーフミラーを置き、レンズの光軸に沿って光を落とし、反射する光でレンズが像を結ぶ方

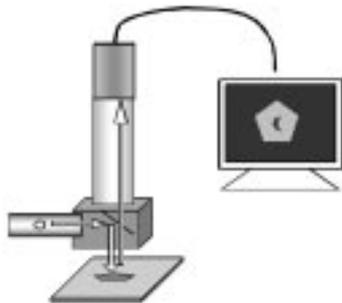


第3図 同軸落射照明（鏡筒内同軸落射）

法がある。光軸に直角に置かれた平面の対象ワークの画像を撮るのに有効。平面でない部分、キズ、異物などの検出には明瞭な画像がとれる。原理的に、ワークのサイズが鏡筒より大きい時には不可。

3. 同軸落射照明（レンズ先端に取付け型）

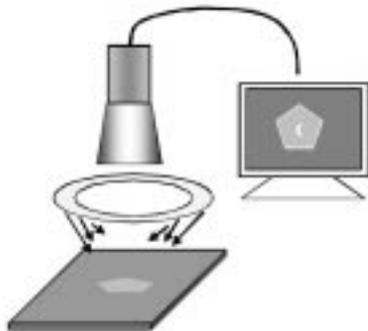
レンズの先端にBOXを置き、ハーフミラーでレンズの光軸に沿って光を落とし、反射する光をレンズが像を結ぶ。鏡筒内とほぼ同一だが、鏡筒内同軸落射に比べ、光軸に沿う角度の許容度が大きい。光軸との直角度が、正確に取れない時などは、このほうが良いことがある。



第4図 同軸落射照明（レンズ先端取付け型）

4. リング照明

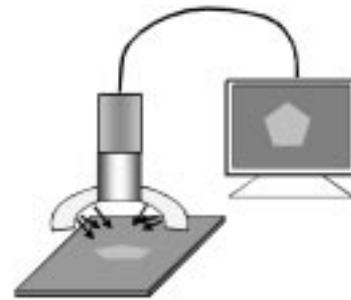
リング照明は、使いこなすと便利な照明。リングの位置を高くすると、同軸落射に近い画像もとれるし、低くとると、同軸落射と濃淡逆の画像がとれる。明視野照明、暗視野照明の双方が可能になる。光源自体の巾を広くすることやリングのサイズを広げることで、面照明に近い効果を生むこともできる。



第5図 リング照明

5. ドーム照明

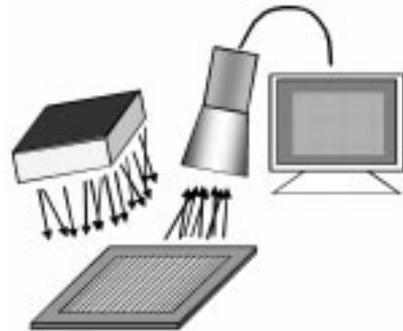
上方全方向からの光が満遍なく注がれるため、影のない画像がとれる。



第6図 ドーム照明

6. 面照明

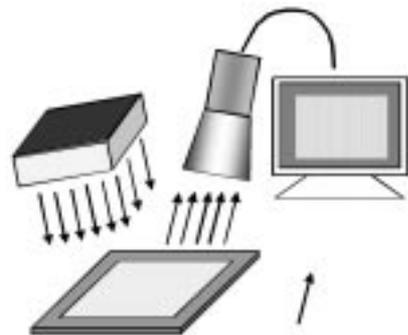
幅広い面からのランダムな方向の光を使う。少しずつ面の向きが変わっているようなタイル状の面も1つ1つのタイルが同じような明るさに撮れる。面上のキズなどは隠れる。



第7図 面照明

7. 平行光照明

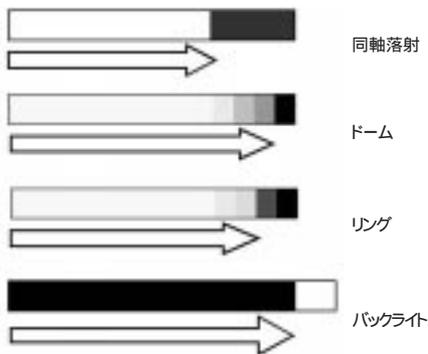
光の方向を揃えた、平行光を使うことで、面の表面の傷を明瞭に出す場合など、面白い使い方ができる。リードフレームなどを拡大したときに、金属の引き目は検出せずに、それ以外の方向のキズ、打痕などは映る画像をとることもできる。



第8図 平行光照明

良い照明とは何か？

ビジョンの仕事として、何をするかは、要求仕様によって決まる。キズの検査であったり、巾の計測であったりする。



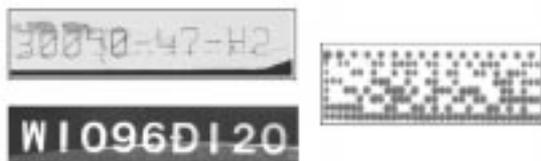
第9図 計測のケーススタディ

第3回のビジョンの基礎技術で示したように、照明によって得られる画像が違いため計測結果が、異なってくる。画像処理側で、ツールやパラメータの選択で部分的な対処はできるが、目的に沿った画像を撮る必要がある。良い画像か否かは、画像処理することができる画像か？という問いになる。照明や光学系の専門家のアドバイスはもらっても、判断は、画像処理技術者が行うものと言える。決して、「照明の良否は、画像がきれいに写っているか」ではない。

撮像システムの例

カメラ・レンズ・照明が一体化した撮像システム（撮像ユニット）を開発し、販売している例がある。有名なアプリケーションでは、半導体ウエーハの1枚毎についているユニークな文字・番号のID#を識別するための装置がある。最新の300mmウエーハでは、2Dコードも採用されている。

ウエーハ上にマーキングされた文字は、きれいな文字と思われるが、これが文字と思うほど、困難な



第10図 ID認識用OCR文字と2Dコード

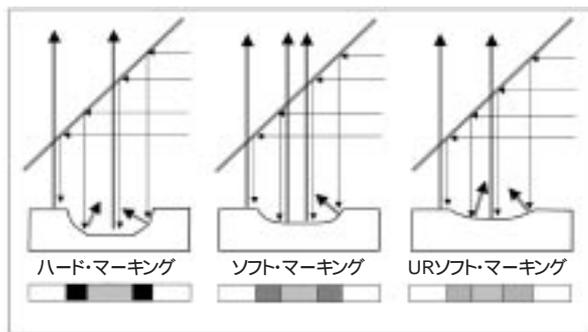
画像になる。従って、技術的課題は、いかに読める画像をとるか？ 次いでその画像を如何に読むかと言う画像処理技術の難題になる。

IDのマーキングは、プロセスの変化により、ハードマーキングからソフトマーキング、ウルトラ・ソフトマーキングに変遷。その都度、画像の撮り方が難しくなっている。



第11図 IDマーキングの変遷

ハードマーキングの場合には、一般的な同軸落射の撮像ユニットでもかなり明確な画像がとれた。ソフトマーキングになり、テレセントリック・レンズをベースにし、落射光の軸を同軸からほんの少しずらすため、光源を中心から少しずらし星状に配列し、その中から最適な軸を選択する方法などとれた。工夫を凝らした撮像システムでやっと読める画像がとれた。



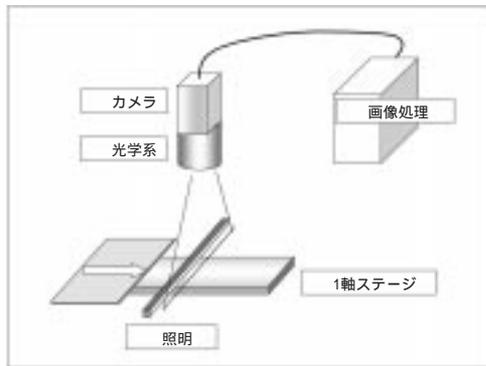
第12図 落射光の反射・入力光と断面の濃淡イメージ

ウルトラソフト・マーキングになり、さらに複雑な撮像システムになると想像したが、レンズ先端へ取付け型の同軸落射光ベースの安価な撮像ユニットが主流になっている様子。

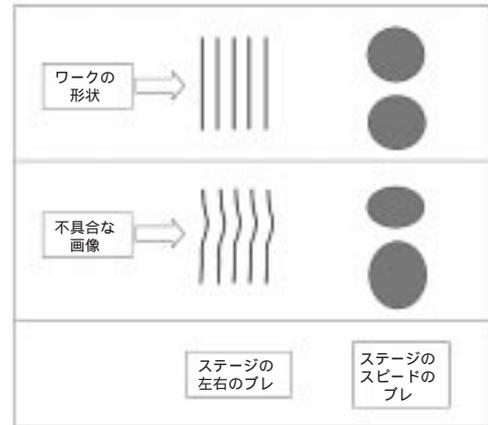
1990年以前（ハードマーキングの時代）は、日本市場では、年間100台未満の導入数であったが、1995年ころから年間数100台になり、ウエーハ1枚ごとの管理が進展するにつれ急増している。

ラインスキャン・カメラの撮像系

これまで記述したのは、ほぼ、エリアカメラを想定した照明と撮像システムである。エリアカメラと比較して、ラインスキャン・カメラを使用した撮像



第13図 ラインスキャン・カメラ撮像ユニット



第14図 1軸ステージのブレと結果の画像

は、かなり異質なものがある。

ミクロン単位、10ミクロン単位の精密な画像をとり、計測や外観検査に使う場合には、撮像の各構成ユニットに十分な留意が必要。

カメラ

CCDの各セルの露光時間がエリアカメラより大幅に短くなるため、回路上の無理があり、ノイズが問題。外観検査では、ノイズ対策と光量不足を避けることが必要。

光学系

物理的に長いCCDの素子長と、5000、7500といった高解像度の要求から、光量落ちのない、歪のない、しかも解像力の高い光学系が必要になる。

照明

直線状で均一で明るい照明が必要。エリアカメラ用の各種の照明方法がそのまま使えないため工夫が必要になる。

1軸ステージ

この軸自体が撮像系の一部であり、軸のブレ、スピードのブレが第14図のような不具合な画像を生み出す。

ミクロン単位、10ミクロン単位では、ステージの微小のブレが画像上にそのまま現れる。また、スピードのムラは、真円が横長・縦長の楕円に変化した画像となり、画像処理上不都合が生じる。

均一のスピードが確保され、ブレのないステージを評価して選択することが不可欠。従来から言われてきた、エンコーダの情報をフィードバックしCCDのデータ転送を制御する方法は、1画素がmm単位以上の場合では有効だが、ミクロン、10ミクロン単位の画像をとる場合には、無理がある。

画像処理のスピード

巨大な画像データ（エリアカメラの数百倍）の処理を超高速で行う。そのため、ツールを制限して、

フィルタとプロブ・ツールだけ検査などを行ってきたが、外観検査には不十分で、無理も多い。能力も性能も限定されてしまう。

そこで、エリアカメラ用の処理ツールとは異なる要素を持った、専用の処理アルゴリズムが必要で、ツールとして開発されることが不可欠。

また、ハードウェア面では、現在入手可能な最も高速のCPUとギガ単位の十分なメモリーが不可欠。

ラインスキャン・カメラを精密な外観検査のアプリケーションに利用する場合には、撮像の実績に配慮することが不可欠。

まとめ

照明と撮像システムは、画像処理の成否を決める。2値化画像処理と濃淡画像処理では要求に違いがある。いづれにしても、安定した画像を、継続的に撮れることが、画像処理の問題と難しさを単純にする。

画像処理の技術者の能力は、ソフトウェア開発能力も必要だが、結果を出すためには撮像能力も不可欠。ともかく、画像を目指す人は、「画像処理に必要な良い画像を撮る」ため、習って、研究して、沢山の実績を積み重ねて欲しい。

筆者紹介

丸地三郎

FAビジョン(株)
〒337-0043 埼玉県さいたま市見沼区中川68-1
TEL : 048-682-4192 FAX : 048-682-4191
E-mail : smaruchi@fa-vision.com
URL : http://www.fa-vision.com