

## Optische Inspektion mit Scanner oder mit Kamera?

### A. Allgemein

Automatische optische Inspektion AOI erfolgte in der Vergangenheit durch eine oder mehrere schwarz/weiß Kameras, die in X-/Y-Richtung über den Prüfling gesteuert wurden. Über die CAD-Daten berechnet das System, an welchen Stellen überall Aufnahmen gemacht werden müssen, um die gewünschten Inspektionen durchzuführen.

Diese Vorgehensweise ist also selektiv, denn es wird nur dort ein Bild erzeugt, wo Bauteile zu prüfen sind.

Je nach gewünschter Auflösung deckt das Bild eine Fläche zwischen ca. 8X8 und 40X40 mm ab.

Je größer der Prüfling und je kleiner die Bauteile, um so mehr Aufnahmen müssen erstellt werden und um so länger dauert dem entsprechend die Prüfung.

Die moderne Scannertechnik hat die Kamerasysteme in der letzten Zeit etwas in Bedrängnis gebracht.

Schnelle Bildverarbeitung, einfache Programmierung und Farbbildauswertung und ein attraktiver Preis bestechen auf den ersten Blick und veranlassen viele Interessenten, sich für ein Scannersystem zu entscheiden.

Für den Einstieg in die AOI Problematik ist das sicher ein gangbarer Weg.

Doch je länger man mit einem Scannersystem arbeitet, um so deutlicher treten die Unterschiede und Einschränkungen zu Tage, so dass man das in der Vergangenheit aufgetauchte Argument, die Scanner könnten die Kamerasysteme ablösen, doch kritischer betrachten muß.

### Anforderungen an AOI Systeme

So unterschiedlich, wie die Anforderungen an AOI Systeme ist auch das Systemangebot am Markt.

Generell werden AOI Systeme eingesetzt, um Schwachstellen im Fertigungsprozess zu entdecken. Das können fehlende, vertauschte oder verdrehte Bauteile, sein oder in der nächsten Stufe korrekte die Prüfung der Bauteilplacierung mit Überwachung der Parameter des Bestückautomaten (Maschinenfähigkeitsnachweis).

Gerade die immer kleiner werdenden Pitchabstände erfordern eine präzise Kontrolle der Placierung.

Auch der Lötstelleninspektion wenden viele potentielle Anwender große Aufmerksamkeit zu, obwohl inzwischen hinreichend bekannt ist, wie problematisch bei kleineren Stückzahlen die Ergebnisse dieser Inspektion sind.

Einem großen Teil der Lötprobleme kann man mit einer zuverlässigen Pasteninspektion vorbeugen, die aber umfangreicher sein muß, als die häufig im Drucker integrierten und teuer erkaufte partiellen Inspektionsmöglichkeiten.

Exakter Pastenauftrag ist gerade für BGA's und Micro BGA's die Grundlage für sichere Lötprozesse.

Eine Faustregel besagt, dass sich ca. 60 % aller Lötprobleme auf den Pastendruck zurückführen lassen.

Während fehlende Bauteile immer seltener ein echtes Problem darstellen, liegt der Schwerpunkt der Inspektion heute mehr auf der Überwachung menschlicher Bedienfehler und der Maschinenfehler.

Erkennung von falschen und verpolten Bauteilen, sowie exakte Platzierung von BGA's und Finepitch IC's, deren spätere Reparatur sehr aufwendig ist und die Qualität nachhaltig beeinflussen kann, sind heute wesentliche Inspektionskriterien.

Dazu muß das AOI System in der Lage sein, die Verdrehung und den Versatz von Bauteilen zuverlässig zu messen.

Einflüsse durch Wölbung und Verbiegung des Trägermaterials müssen dabei natürlich in geeigneter Weise kompensiert werden können.

Natürlich sollten die Programme auch von einem zum anderen System portierbar sein, ohne die sie jedesmal neu überarbeiten zu müssen.

## **B. Scannersysteme**

Ein Scanner erfaßt in einem Scanvorgang die gesamte Baugruppe. Da auch bei dieser Technologie, wie bei der PC Technik, die Verarbeitungsgeschwindigkeiten enorm steigen, ist heute ein Prüfling im Doppelseuropaformat in ca. 15 Sekunden mit 600 dpi (dots per inch) eingescannt.

Die Bildauswertung selbst dauert dann noch etwa 3 Sekunden, womit der gesamte Prüfvorgang etwa 18 Sekunden dauert.

Die Dauer des Scanvorgangs ist so nur vom Weg, den der Scanner zurücklegen muß (entspricht der Baugruppenlänge/Breite) und von der Auflösung abhängig.

Das hat den Vorteil der schnellen Prüfung, aber den Nachteil, dass der gesamte Prüfling nur mit einer Auflösung gescannt werden kann.

Auch wenn nur bestimmte Bereiche mit hoher Auflösung inspiziert werden müßten, muß die gesamte Baugruppe mit dieser Auflösung gescannt werden.

Damit beginnt bereits die Problematik der Scanner. Während ein schwarz/weiß Bild im DIN A4 Format mit 600 dpi nur einen Speicherplatz von 4 MB erfordert, beträgt dies bei einem Farbbild bereits 100 MB.

Die Datenmengen betragen bei 1200 dpi dann schon entsprechend 16 MB s/w zu 400 MB für ein Farbbild.

Wenn man versucht, mit einem Standard Betriebssystem ein 100 MB Objekt zu bearbeiten, kann dies bereits schnell zu Speicherverwaltungsproblemen führen, auch wenn man seinen PC auf 1 GB Arbeitsspeicher auferüstet hat.

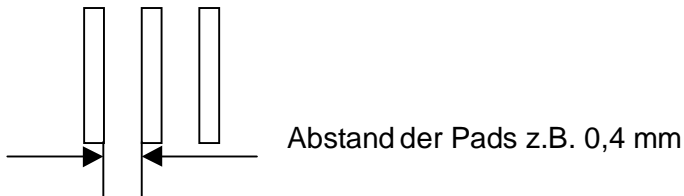
## Auflösung vs Speicherbedarf

Es leuchtet ein, dass zur Kurzschlußprüfung an Finepitch IC's eine Mindestanzahl von Pixeln in den Zwischenräumen der IC-Anschlüsse benötigt werden.

Das sind für eine sichere Auswertung im Finepitchbereich mindestens 600 dpi (eher 900 dpi), (siehe Bild).

Diese hohe Auflösung erzeugt aber eine mächtige Datenmenge, so dass man bei größeren Baugruppen sehr schnell an die Grenze des möglichen Speicherformates stößt.

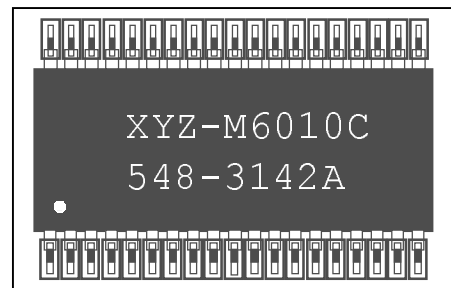
Hinzu kommen Ungenauigkeiten durch Verbiegung der Baugruppe und in der nicht reproduzierbaren Bildfanggenauigkeit von mind. +/- 1 Pixel der Fiducials, die das Bild schnell aus dem Betrachtungsbereich verschwinden lassen.



Berechnung der Anzahl der Pixel im Zwischenraum zur Kurzschluss Suche bei 600 dpi Auflösung:

600 Pixel auf 25,4 mm entsprechen 23,6 Pixel pro mm

Bei einem Pad Abstand von 0,4 mm ergeben sich 9 Pixel im Zwischenraum.



Selbst bei einem Betrachtungsfenster von nur 3 Pixel Breite hat man nur 3 Pixel Spielraum links und rechts des Inspektionsfensters. Eine Durchbiegung um 2 Pixel ( $\approx 1/10\text{mm}$ ) in Addition mit der Einfangertoleranz des Fiducials von mind. +/- 1 Pixel läßt das Auswertefenster auf den PAD rutschen und führt so unweigerlich zum Pseudokurzschluss.

Erschwerend kommt hinzu, dass einige Scannersysteme nicht über Suchfenster verfügen, was zwar die Bildverarbeitung beschleunigt, aber die o.g. Ungenauigkeiten können nur über die Erhöhung der Toleranz kompensiert werden und das wiederum führt zu erhöhtem Schlupf.

## Focus

Ein Scanner hat einen festen Focus. Um ein auswertbares Bild zu haben, muß also der Bereich in den Brennpunkt gelegt werden, der die kleinen Bauteile trägt. Was aber, wenn die Baugruppe eine Mischbestückung mit hohen Bauteilen aufweist?

Für In-Line Systeme läßt sich der Focus des Scanners zwar einmalig einstellen. Je weiter man den Brennpunkt aber nach unten legt, um so unschärfer wird das Bild und um so größer ist die Problematik der Parallaxe.

## **Parallaxenproblem**

Ein weiteres Kriterium des Scanners ist seine Parallaxe, also einer Verzerrung des Bildes in einer oder in beiden Betrachtungsrichtungen, die individuell von Scanner zu Scanner unterschiedlich ist und sich an den Außenrändern besonders störend auswirkt.

Zwar kann man diese Verzerrung in der Focusebene messen und kompensieren, nicht aber in den unterschiedlichen Höhen der Bauteile.

Dadurch entsteht eine Diskrepanz zwischen der kompensierten Verzerrung auf der Baugruppenoberfläche und der verstärkt auftretenden Verzerrung im 3D-Bereich in Höhe der Bauteiloberflächen.

Zusätzlich sind die Verzerrungen noch vom Drehwinkel des Bauteils abhängig und somit unterschiedlich.

Diese Verzerrungen erlauben keine korrekte Placierung des Inspektionsfensters und haben weitere Einschränkungen zur Folge:

### **1. Sichtbehinderung**

Selbst wenn man Kurzschlüsse an Finepitch Devices prüfen könnte (siehe oben), werden die Anschlüsse bei höheren Bauteilen mindestens an einer Seite vom IC-Körper abgedeckt und sind nicht oder nur unvollständig sichtbar. Eine Kurzschlussprüfung ist dadurch nicht vollständig durchführbar.

### **2. Nacharbeiten bei CAD**

Die automatische Programmerstellung (Placierung der Prüffenster über CAD-Daten) ist abhängig von der Drehung, der Höhe des Bauteiles und dem Ort, in der das Prüfprogramm einst dafür erstellt wurde. Befand sich das Bauteil eher am Rande einer großen Baugruppe, sind die Sichtverhältnisse anders als bei einem Bauteil in der Mitte eines kleinen Prüflings.

Die Prüffenster müssen also trotz CAD nachträglich erheblich korrigiert und justiert werden oder es muß die Toleranz erhöht werden, was den Schlupf fördert.

Dieser Effekt wirkt sich besonders negativ (arbeitsintensiv) an Nutzenbaugruppen aus.

### **3. Kein Maschinenfähigkeitsnachweis**

Eine Maschinenfähigkeitsanalyse zur Überprüfung der exakten Plazierung von Bauteilen ist mit einem Scanner nicht möglich.

Bei höheren Bauteilen läßt sich nicht einmal nachprüfen, ob sich das Bauteil in einem vorgegebenen Bereich befindet, weil die Bildverzerrung zunimmt, je weiter man sich von der Baugruppenoberfläche entfernt.

Geringe Durchbiegungen und Wölbungen der Baugruppen beeinflussen diese Ungenauigkeiten zusätzlich.

## 4. Keine Vermessung von Abständen

Durch die genannten Effekte sind natürlich auch keine Messungen möglich. Weder über Pixelanzahl noch über metrische Umrechnung.

### Zusätzlicher Speicherbedarf bei Variantenbestückung

Moderne Scannersysteme erlauben den Aufbau einer Bildbibliothek für zulässige Bestückungsvarianten, z.B., braunes und blaues Bauteil am gleichen Ort zulässig.

Um zu vermeiden, die Toleranzen bei Pseudofehlern „aufzuweichen“ und dadurch einen höheren Schlupf zu bekommen, nimmt man ein weiteres Bild für diesen Pseudofehler in der Bibliothek auf.

Das aber bedeutet in kurzer Zeit die Ansammlung einiger zusätzlicher Bibliotheksbilder pro Bauteil, wie das Bild an der Stelle auch aussehen darf, ohne Pseudofehler auszulösen.

Obwohl diese Bilder nur wenige KB Speicher benötigen, addiert sich dies schnell zu einem enormen Speicherbedarf, der das Prüfhandlung rapide verlangsamt.

1000 Bauteile X 10 Alternativbilder X 10 KB Speicherbedarf pro Bild = 100 MB Datenfile zusätzlich zum Scanfile.

Trotz schneller Rechner kann der Ladevorgang für ein anderes Prüfprogramm so mehrere Minuten dauern.

### Keine Portierbarkeit der Programme

Die Eingangs angesprochenen Parallaxenprobleme verhindern die Portierbarkeit der Programme auf andere Systeme. Ein Programm, das an einem manuellen System erstellt wurde, lässt sich ohne umfangreiche Nacharbeiten nicht auf ein In-Line System übernehmen, weil die Focuseinstellungen dort anders sind.

Selbst bei Umrechnungen der Daten in andere Focusebenen lässt sich das Parallaxenproblem nicht automatisch kompensieren.

### Vorteile der Scanner

Der Vorteil der Scanner Systeme ist ihre schnelle unkomplizierte Programmierung und die Möglichkeit schnell effektive Prüfungen durchführen zu können, die trotz erheblichen Schlupfes immer noch zuverlässiger sein sollte, als eine menschliche Sichtprüfung.

Hat der Anwender aber ein derartiges System im Einsatz, erkennt er schnell dessen Grenzen und wird früher oder später ein System suchen, das mehr kann, als ein Scanner und landet so zwangsläufig beim Kamerasystem.

### Warum?

#### C. Kamerasysteme

Bei Kamerasystemen werden entweder eine oder mehrere Kameras durch X-/Y-Steuerung über den Prüfling geführt oder der Prüfling wird, ähnlich wie bei einem Scanner, unter einer oder mehrerer Kamerazeilen (Y-Richtung) in X-Richtung hindurchgeführt.

Erst die verzerrungsfreie Darstellung eines Kamerabildes in seiner hohen Auflösung und der individuellen Einstellung des Brennpunktes in Verbindung mit einer Kompensationsmöglichkeit der Baugruppenwölbung durch Stereoaufnahme oder Laservermessung machen ein Kamerasystem zu einem präzisen Inspektionstool.

## **Farbe oder schwarz/weiß**

Der große Erfolg der schwarz/weiß Systeme zeigt auch, dass Farbauswertung wohl nicht unbedingt für eine zuverlässige Inspektion erforderlich sind.

Der Preisverfall der Farbkameras macht aber heute den Einsatz von Farbe zu gleichen Einstandspreisen möglich, so dass immer mehr moderne AOI Systeme auch Farbauswertung bieten. Aus Gründen der Verarbeitungsgeschwindigkeiten werden aber Farbauswertungen dabei nicht standardmäßig eingesetzt, sondern nur, wenn es die spezielle Applikation erforderlich macht.

## **Kameraanordnung von oben oder seitlich**

Die Kameraanordnung nur von oben hat den Nachteil, wie beim Scanner, dass nur eine 2D Darstellung möglich ist. Unebenheiten der Baugruppenoberfläche können nur mit einem Laserhöhenmesser ausgeglichen werden.

Bei zwei abgewinkelten Kameras können durch die sich damit ergebende 3D Darstellung diese Unebenheiten kompensiert werden, ohne eine zeitintensive Laserhöhenmessung durchführen zu müssen.

Zusätzlich entsteht dadurch ein räumliches Bild, das auch abgehobene Bauteilanschlüsse eindeutig erkennen läßt.

## **Messmöglichkeit**

Kamerasysteme bieten präzise Meßmöglichkeiten von Abständen und Längen, weil die Parallaxenproblematik mit guten Linsen kaum ins Gewicht fällt.

Das erlaubt auch eine genaue Definition, bis zu welcher Drehung Bauteile auf den PADS noch als GUT akzeptiert werden, um die geltenden Normungen für den Versatz oder die Verdrehung von Bauteilen auch garantieren zu können.

## **Focussierung und Auflösung**

Der Focus und die Auflösung lassen sich von Bild zu Bild individuell festlegen.

Es muß nur an den Stellen mit hoher Auflösung inspiziert werden, wo es tatsächlich erforderlich ist.

Das spart Zeit und Datenmengen.

## **Lötstelleninspektion**

Auch Lötstelleninspektion können Kamerasysteme effektiver durchführen, weil sie meist über mehrere Lichtquellen verfügen und so eine bessere (reflexionsärmere) Beleuchtung gewählt werden kann.

## **OCR/OCV**

Auch beim Lesen von OCR Beschriftung (optical character recognition/verification) sind die Kamerasysteme den Scannersystemen weit überlegen. Das gilt im Weiteren auch für laserbeschriftete Objekte, wo Scanner mit dem senkrecht einstrahlenden Weißlicht chancenlos sind.

Durch flexible Kameraeinstellungen, veränderter Tiefenschärfe und Helligkeit und besonderer Beleuchtung kann das Problem individuell besser gelöst werden.

Das führt beim Kamerasystem zu echter Erkennung der Character statt nur zu einer Verifikation, dass das erwartete Bild nicht aufgetreten ist

## **Portierbarkeit der Programme**

Bei guten AOI Systemen lassen sich die Programme problemlos auf andere Maschinen gleichen Typs übertragen, weil an Kamerasystemen mit entsprechend guten Linsen kaum Parallaxenverzerrungen auftreten.

## **D. Schluss**

Die aufgeführten Unterschiede zeigen deutlich, wodurch die Preisunterschiede zwischen beiden Systemen gerechtfertigt sind.

Nach intensiver Auseinandersetzung mit beiden zeigt sich doch eindeutig die Überlegenheit der Kamerasysteme.

Lediglich der günstigere Preis spricht für die Scannerlösung.

Der potenzielle Anwender sollte also vorher genau prüfen, was er künftig inspizieren möchte, damit gleich zu Beginn die Entscheidung für das geeignete System fallen kann und nicht erst nach einem Ausflug in die Low Cost Inspektion.

Sicher haben beide Systeme ihre Berechtigung, wenn man seine künftigen Anforderungen kennt und präzise definiert hat.

Autor: Detlef Köcher Syslab Handelsges.. Am Anger 17 86633 Neuburg  
Tel: 08431 1091, Fax 08431 1092, email: [syslab-@t-online.de](mailto:syslab-@t-online.de)  
[www.syslab.info](http://www.syslab.info)