

Einsatz kognitiver Inspektionsverfahren in der Elektronikfertigung

Zuverlässige Testergebnisse durch neue Erkennungstechnologien

Konventionelle optische Inspektionssysteme verlassen sich auf eine einzige flexible Bildauswertungsmethode, die allerdings eine aufwändige Anpassung der Messbedingungen und das Lernen der Normal- und Grenzwerte für jedes Testobjekt erfordert. Das neue Erkennungsverfahren ‚Configural Recognition‘ setzt dagegen auf mehrere unabhängige und intelligente Verfahren zur Bildanalyse und eine anschließende Kombination der Einzelergebnisse. Hierdurch lassen sich nicht nur eine einfachere Programmerstellung, sondern auch deutlich zuverlässigere Testergebnisse erreichen.

Automatische optische Inspektionssysteme (AOI) ermöglichen die Erkennung von Fertigungsfehlern auf elektronischen Baugruppen, ohne dass ein physikalischer Zugang zur Baugruppe notwendig ist. Sie werden mittlerweile erfolgreich in der Produktion eingesetzt und ergänzen dort elektrische Testmethoden bei der Suche nach Fertigungsfehlern (Löten, Bauteile, Baugruppe). Die Programmerstellung erfolgt bei konventionellen Inspektionssystemen zwar weitgehend automatisch, bevor jedoch ein Testprogramm in der Produktion eingesetzt werden kann, müssen erst die individuellen Einstellungen (z.B. Beleuchtung, Blickwinkel) für jede Messung bestimmt und mittels einer gewissen Zahl von Prüfbobjekten optimiert werden. Dabei müssen für jedes Objekt auch die Normalwerte, die Streuung und die Grenzwerte für Pass/Fail-Entscheidungen empirisch angepasst werden. Die ‚Kompetenz‘ dieses Verfahrens nimmt damit im Lauf der Zeit mit der Zahl der geprüften Baugruppen zu.



Abb. 1a und 1b: Holistische Erkennung. Die verschwommenen Bilder enthalten kaum erkennbare Objekte, durch den Gesamtsammenhang wird aber klar, was auf dem Bild dargestellt ist

Das Problem

Ein Inspektionssystem muss drei grundsätzliche Probleme lösen:

- ▶ Wie lässt sich das Objekt finden?
- ▶ Wie lässt sich das Objekt messen?
- ▶ Wie lassen sich die Messwerte in eine Pass/Fail-Entscheidung umsetzen?

Zuerst muss das optische Inspektionssystem das zu prüfende Objekt auf der Baugruppe finden. Erst wenn das Objekt lokalisiert ist, kann eine qualifizierte Untersuchung des Objekts erfolgen. Hierzu werden gewisse Schlüsselmerkmale wie Farbe, Helligkeit, Markie-

rungen, Orientierung oder Position betrachtet. Schließlich erfolgt anhand von früheren Messungen eine Unterscheidung zwischen fehlerfrei (Pass) und fehlerhaft (Fail).

Streuungen im Inspektionsprozess

Bei automatischen optischen Inspektionssystemen wird meist durch eine aktive Veränderung der Quellen- und Messbedingungen versucht, die visuellen Merkmale der zu untersuchenden Objekte so hervorzuheben, dass eine zuverlässigere, genauere und umfassen-

C.05

▶ Autor
JOHN ARENA ist Marketing Manager im Bereich Inspektions- und Testsysteme bei Teradyne, Teradyne GmbH; Dingolfinger Straße 2, D-81673 München
Fon: 089/41861-132, Fax: 089/41861-283
E-Mail: John.Arena@Teradyne.com

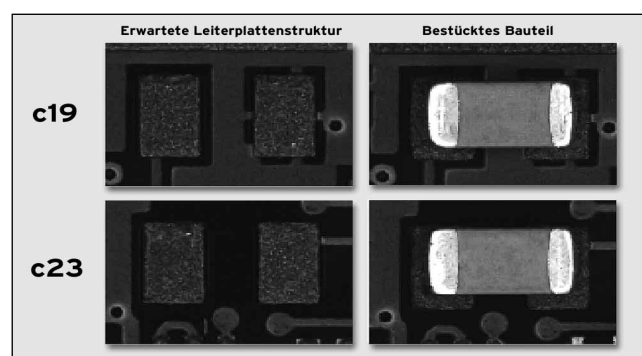


Abb. 2: Mittels einer holistischen Erkennung lässt sich trotz unterschiedlicher Hintergrundstrukturen zuverlässig erkennen, ob ein Bauteil bestückt ist oder nicht

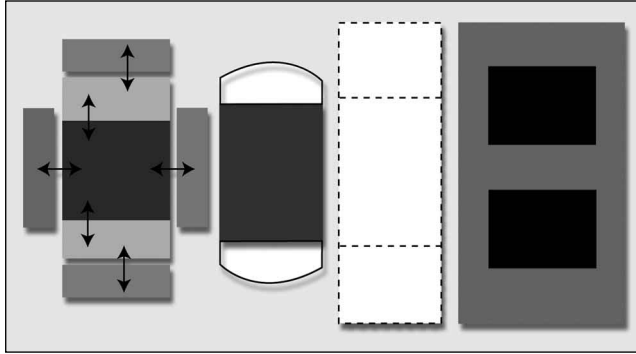


Abb. 3: Jedes Bauteil wird mit Hilfe mehrerer Verfahren und im Hinblick auf unterschiedliche Kriterien (z.B. Struktur, Farbe, Größe/Position, Hintergrund) untersucht, wobei erst durch die Kombination der Einzelergebnisse zuverlässige und gültige Ergebnisse möglich sind

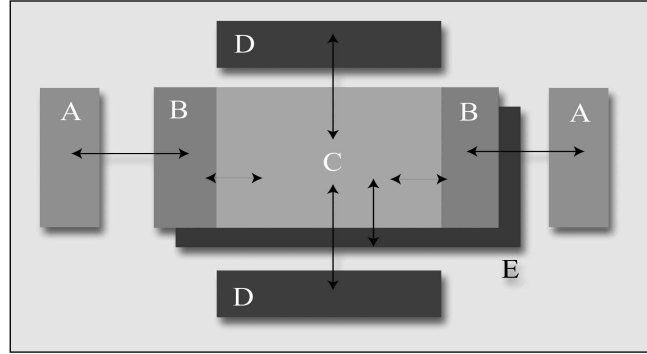


Abb. 4: Durch das integrierte Prozesswissen lassen sich Störungen und Änderungen im Erscheinungsbild, wie z.B. bei der Helligkeit der Endkappen (B), Bauteilfarbe (C), Helligkeit der Lotpaste (A), Farbe der Leiterplatte (D) oder Bauteilgröße (E), problemlos kompensieren

dere Erkennung und Auswertung möglich ist. Mittels unterschiedlicher Kameraauflösungen oder Blickwinkel werden dabei redundante oder komplementäre Daten für die Auswertung gewonnen.

Durch die Veränderung der Messbedingungen können allerdings die in der Fertigung normalen und alltäglichen Störungen verschleiert oder sogar vergrößert werden. Derartige Störungen werden durch Prozessänderungen oder durch die Materialien, Abmessungen, Farbe, Bauform und Positionierung der zu prüfenden Objekte verursacht. Sie können zu Abweichungen in den Messergebnissen führen und haben auch einen gewissen Einfluss auf die nachfolgenden Pass-/Fail-Auswertungen des Systems.

Intelligente Bilderkennung

Ein völlig anderer Ansatz, mit dem sich diese Einschränkungen vermeiden lassen, basiert auf dem Prinzip einer intelligenteren Form der Bilderkennung. Anstatt verschiedene flexible Beleuchtungsquellen und Messverfahren zu nutzen, die oftmals eine aufwändige Nachbearbeitung durch den Anwender erfordern, ermöglicht diese Lösung durch eine ausgeklügelte Bildanalyse eine Erkennung der Objekte im natürlichen Umfeld.

Erkennung statt Inspektion

Der Mensch kann Objekte weitgehend unabhängig von der Beleuchtungsstärke, dem Blickwinkel oder der Bildhelligkeit erkennen. Menschen ‚wissen‘ a priori was sie suchen und gehen hierzu von bestimmten Schlüsselmerkmalen wie Form, Farbe und Größe aus. Zudem erwarten sie das gesuchte Objekt in einem vertrauten Zusammenhang. Meist verfügen sie außerdem über Hintergrundinformationen, die eine rasche Lokalisierung und Qualifikation des Objektes erlauben.

Ein weiterer wichtiger biologischer visueller Prozess ist der holistische Vergleich – die Erkennung als integrales Ganzes, sogar wenn eine Erkennung einzelner Bildobjekte nicht möglich ist. Dadurch können wir Bilder erkennen, in denen einzelne Objekte undeutlich sind, das Ganze aber einen Sinn ergibt (Abbildung 1a und 1b). Aus den zur Verfügung stehenden Informationen lassen sich dabei Folgerungen ziehen, die einzeln zwar irrelevant sind, kombiniert aber ein sinnvolles Ergebnis liefern.

Schließlich werden unterschiedliche Erkennungsmodelle oder Methoden genutzt und diese in eine kollektive Entscheidung eingebunden. Der Vorteil eines solchen Systems ist, dass Entscheidungen nicht nur von einer einzelnen Methode abhängen und dass auch keine der verwendeten Methoden ‚unfehlbar‘ sein muss. Zudem können biologische Systeme aus bisherigen Erfahrungen lernen und sich damit laufend verbessern.

Was können wir nun von der Biologie lernen?

Diese Erkenntnisse über die biologischen Prinzipien lassen sich als Grundlage für eine alternative Form der optischen Bilderkennung nutzen. Mit ‚Configural Recognition‘ wurde eine auf diesen Prinzipien basierende Bildanalysetechnologie entwickelt, die in einer neuen Klasse von Testsystemen – ‚Optical Process Test‘ (OPT) – eingesetzt wird. Configural Recognition arbeitet mit kognitiven Verfahren für die Objekterkennung und benötigt daher keine optimierte Beleuchtungs- und Kameraeinstellung zur Erfassung der Objektbilder.

Die Vorteile dieses Verfahrens bestehen darin, dass Baugruppenartefakte selbstständig erkannt werden und dass die Normalwerte nicht empirisch ermittelt werden müssen. Zudem werden Störungen als unvermeidliche Tatsache akzeptiert und kompensiert, wodurch weit weniger Beispiele erforderlich sind, um ein stabiles Testprogramm zu erhalten.

Für die Bildanalyseverfahren von Configural Recognition ist eine einfache Bilderfassung völlig ausreichend. Anstatt das Objekt umständlich zu belichten und abzubilden, erfolgt die Bildaufnahme der Zielobjekte und des Umfelds mit gewöhnlichem weißem Licht.

Erkennung auf der Basis integrierten Prozesswissens

Eine Erkennung setzt internes, eigenes Prozesswissen voraus – das System hat a priori eine Vorstellung von dem, was erkannt werden soll. Dieses Prozesswissen umfasst nicht nur eine gewisse interne Vorstellung der erwarteten Objekte, sondern auch der Umgebung und der potenziellen Abweichungen.

Systeme, die auf der Basis von Configural Recognition arbeiten, verfügen über interne Systembibliotheken, welche die nominellen Abmessungen und wichtige Strukturen der zu prüfenden Objekte spezifizieren. Damit sind für die Zielbaugruppe die Lötstellen, der Lotpastenauftrag, die Löt pads, die Form der Passermarken und andere Charakteristika der Baugruppe, des Materials und der Bauteile dem System als Nominalwert vorab bekannt.

Dementsprechend müssen diese Normalwerte und die möglichen Abweichungen nicht mehr mühsam gelernt werden. Um außergewöhnliche Störungen einfach kompensieren zu können, lassen sie sich aber auch jederzeit ändern.

Holistischer Ansatz

Der holistische Ansatz der OPT-Systeme integriert mehrere visuelle Merkmale, die nicht nur vom zu prüfenden Objekt allein kommen. So ermöglicht auch der Zusammenhang, in dem das zu prüfende Objekt gefunden wird, Rückschlüsse auf das Objekt.

Beispielsweise lässt sich aus dem Hintergrund, vor dem das Objekt erkannt wird – den Abmessungen der Pads/des Pastenbereichs und der unterschiedlichen Erscheinung des Hintergrunds – auf die Anwesenheit des gesuchten Objekts schließen (Abbildung 2). Ein System, das mehrere Merkmale berücksichtigt, erreicht damit eine höhere Erkennungsverlässigkeit als ein System, das eine Entscheidung nur anhand eines einzigen Aspekts trifft.

Andere Zusammenhänge – z.B. die Farbe – lassen sich ebenfalls zur Entscheidungsfindung heranziehen. Konventionelle Inspektionssysteme betrachten die Farbe meist aber als ein Kriterium, das wegen der vorhandenen Streuung kompensiert werden muss. Configural Recognition ignoriert zwar den Absolutwert der Farbe, nutzt für die Erkennung statt dessen aber eine relative Betrachtung der Farbe.

Multimodale Erkennung

Anstatt sich wie konventionelle Inspektionssysteme auf eine einzige flexible Erkennungsmethode zu verlassen, setzt Configural Recognition auf mehrere unabhängige und intelligente Erkennungsverfahren mit einer anschließenden Kombination der einzelnen Ergebnisse.

Jedes der verschiedenen Bilderkennungsverfahren weist gewisse Stärken und Schwächen auf. Deshalb werden bei der Erstellung des Testprogramms die einzelnen Verfahren für jedes Objekt auf der Baugruppe hintereinandergeschaltet. Jedes Verfahren nutzt dabei unabhängige Suchmechanismen, die sich auf bestimmte Merkmale in dem erfassten Bild konzentrieren (Abbildung 3). Die Einzelergebnisse werden dann in einer Art demokratischem Prozess analysiert und gewichtet. Alle

Ergebnisse, die nicht überzeugen konnten, fließen nicht in den Entscheidungsprozess ein.

Durch die Kombination der unterschiedlichen Verfahren lassen sich die Schwachstellen einzelner Methoden ausgleichen, ohne dass die jeweilige Methode durch eine spezifische Anpassung im restlichen Testprogramm nicht mehr genutzt werden kann. Als Endergebnis lassen sich trotz der nicht perfekten visuellen Informationen richtige Folgerungen erzielen.

Lernfähiges Erkennungsverfahren

Der Prozess der Entscheidungsfindung muss angepasst werden können, wenn neue oder unerwartete Kriterien auftreten oder wenn die Streuung bei bestimmten Merkmalen über das normale Maß hinausgeht (Abbildung 4). Da Configural Recognition zur Entscheidungsfindung nicht nur verschiedene Merkmale, sondern auch den Zusammenhang und eine holistische Erkennung nutzt, kann es sich an neue Varianten anpassen und diese folgerichtig als gute oder schlechte Beispiele einordnen. Configural Recognition ist damit in der Lage, die Entscheidungskriterien durch erlerntes oder trainiertes Wissen zu erweitern.

Fazit

Inspektionssysteme haben sich mittlerweile als effektive Lösung zur Entdeckung von Fertigungsfehlern etabliert. Konventionelle Systeme nutzen heuristische Programmier Techniken, um mit Hilfe einer gewissen Zahl von Baugruppen die Normalwerte für die Pass/Fail-Grenzwerte zu erlernen, wobei der Anwender bei den einzelnen Tests für die opti-

male Einstellung der verschiedenen Systemparameter verantwortlich ist.

Systeme mit neuen Erkennungsmethoden nutzen statt des aufwändigen statistischen Ansatzes alternative, aus der Biologie abgeleitete Methoden. Configural Recognition ist ein solches Verfahren, das die Grundlage einer neuen Generation von Inspektionssystemen darstellt, die auch als optische Prozess-Testsysteme bezeichnet werden. Diese Systeme verfügen über ein internes Prozesswissen zur SMD-Fertigung, wodurch der Programmieraufwand für den Anwender stark reduziert werden kann und auch kein aufwändiges Erlernen von Grenzwerten mittels einer großen Zahl von Produktionsmustern mehr notwendig ist.

Erkennungsbasierende Lösungen versprechen damit eine Automatisierung der Bildanalyse in der gleichen Art, wie mittlerweile Expertensysteme die Diagnose in konventionellen elektrischen Testsystemen automatisieren.

Literatur

- [1] Palmer, S.E., (1975). The effect of contextual scenes on the identification of objects, *Memory and Cognition*, Volume 3, 519-526.
- [2] Sinha, P. and Poggio T. (1996). I think I know that face..., *Nature*, 384, 404.
- [3] Johnson M. H and Morton J. (1991). *Biology and cognitive development. The case of face recognition*, Cambridge, MA; Blackwell Press.
- [4] Sinha, P. (2002). *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Verlag; Biologically Motivated Computer Vision. (In Press)

Beitrag als PDF im Internet:

www.duv24.net

more @ click TK4C0501



LESETIPP



Sie interessieren sich für die Internet-Seite eines bestimmten Unternehmens?

**Das alphabetische Firmenverzeichnis (Griffmarke D.01)
listet von wichtigen Anbietern die entsprechende
Internet- und E-Mail-Adresse**

Messen • Prüfen • Verifizieren!

publish industry
TECHNIK KOMMUNIZIEREN

Gollierstraße 23 · 80339 München, Germany · Fon +49/89/500383-0 · Fax +49/89/500383-10 · info@publish-industry.net · www.publish-industry.net