

# AOI-Pseudofehler vermeiden

## Prozesskontrolle und verbesserte Arbeitsorganisation sind der Schlüssel

**P**seudofehler sind scheinbar ein AOI-spezifisches Problem. Für aktuelle Systeme gilt das nicht mehr, sodass als Ursachen nur noch verfahrenstechnische und organisatorische Probleme bleiben. Im Folgenden wird erklärt, wie man auch diese beseitigt. Lange waren Pseudofehler in der automatischen optischen Inspektion (AOI) ein großes Problem. Dank besserer Systemzuverlässigkeit und -stabilität dürfte es bald keine AOI-Pseudofehler mehr geben. Ohne Streuungen bei AOI-Systemen im Fertigungsprozess und bei der menschlichen Beurteilung gäbe es keine Pseudofehler. Daraus folgen sechs Grundforderungen zur Vermeidung unerwünschter Fehler.

### Streuungen mittels TQM vermeiden

„Total Quality Management“ (TQM) ist eine Methode zur kontinuierlichen Produktentwicklung und -verbesserung. Mit dieser Technik lassen sich Streuungen wirksam eindämmen. Diese können von Los zu Los, von einem AOI-System zum nächsten, von Baugruppe zu Baugruppe, auf dem gleichen AOI-System oder auf der gleichen Baugruppe auftreten. Bei stabilem Grenzwert impliziert dies, dass schwankende Messwerte einmal zu ‚Pass‘ und das andere Mal zu ‚Fail‘ führen.

Weil es, verglichen mit der Anzahl tatsächlicher Fehler, relativ wenig ‚falsche‘ Fehler gibt, und die Gesamtzahl der Fehler klein gegenüber der Anzahl der Tests im Inspektionsprogramm ist, benötigt man eine Methode zur Konzentration der spärlichen Daten. Ein Histogramm aller Messwerte aus mehreren

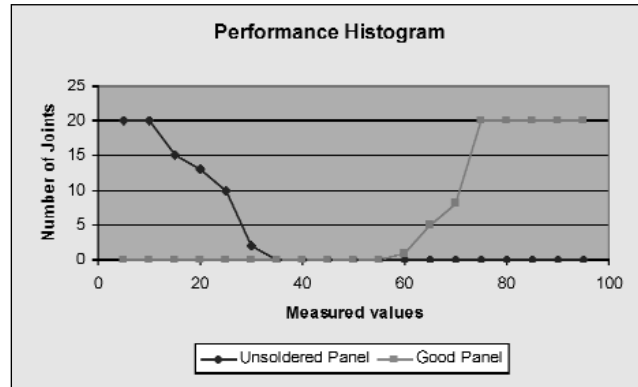


Abb. 1:  
Hier würde man den PIG-Grenzwert auf 35 und das FIB-Limit auf 55 setzen

aufeinander folgenden Inspektionsläufen und eine Chronologie der einzelnen Durchläufe kann wichtige Zusammenhänge aufzeigen.

### Toleranzen passend definieren

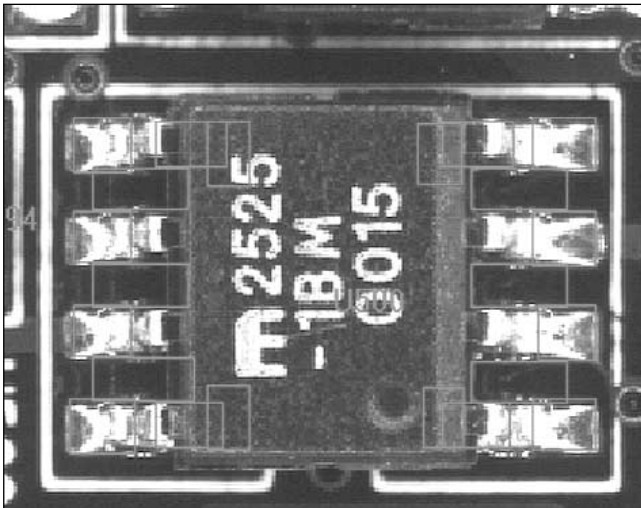
Ein Inspektionsprogramm für eine typische Baugruppe kann mehrere zehntausend Inspektionsfenster fassen. Hätte jedes Fenster seinen eigenen Grenzwert, wäre das ein Albtraum für den Programmierer. Stattdessen klassifiziert man die Fenster in einige Dutzend Kategorien mit jeweils einem gemeinsam definierten Grenzwert, da vergleichbare Lötstellen (z.B. an QFP-Anschlusspins) ähnlich aussehen. So kann es in jeder Kategorie hunderte oder tausende Fenster mit gleichem Grenzwert geben. Weil aber jedes Fenster individuell ist, ergibt sich ein Spektrum an Messwerten. Der Programmierer muss die Gruppenlimits nun so wählen, dass alle Fenster mit ‚guter‘ Bestückung durchgehen, alle mit ‚schlechter‘ aber als fehlerhaft erkannt werden. ‚Schlechte‘ Bestückungen kann man durch die Fertigung einer Baugruppe mit Lötung, aber ohne Komponenten und einer anderen mit Komponenten, aber ohne Lötung nachbilden.

Toleranzen lassen sich wie folgt festlegen: Für eine gewisse Anzahl von Baugruppen sammelt man die Ergebnisse der einzelnen Kategorien in Histogrammen und betrachtet deren Flanken. Überschneidet sich die obere Linie der ‚schlechten‘ Menge mit der unteren der ‚guten‘ Menge, so gibt es keinen idealen Grenzwert zur Trennung der beiden Möglichkeiten. Verlaufen beide Linien getrennt, aber mit nah zusammenliegenden Flanken, so kann man zwar einen Grenzwert setzen, muss sich aber für einen von zwei Wegen – ‚Pass if good‘ (PIG) oder ‚Fail if bad‘ (FIB) – entscheiden.

Bei PIG wählt man den Grenzwert so, dass keine Werte der Gut-Menge als Fehler gemeldet werden, wobei man aber einige Werte der Schlecht-Menge übersehen könnte. Für FIB setzt man den Grenzwert so, dass keine Werte der Schlecht-Menge übersehen, jedoch einige

#### ► Autor

MICHAEL D. EARLY ist Product Marketing Manager bei Teradyne Imaging Systems; 12365 First American Way Poway, CA 92064, USA  
Fon: 001/858/391-3805  
Fax: 001/858/391-3801  
e-Mail: michael.early@teradyne.com  
Teradyne, Inc.; Assembly Test-Division  
Adalperostraße 29, D-85373 Ismaning  
Fon: 089/96285-303, Fax: 089/41861134  
e-Mail: rene.tritz@teradyne.com



**Abb.2**  
Durch die spezielle Beleuchtung erzeugen die Lötstellen ein charakteristisches Hell/Dunkel-Muster mit vorhersagbaren Grenzen zwischen dunklen und hellen Zonen

Werte der Gut-Menge als fehlerhaft erkannt werden könnten. Hersteller von komplexen oder kritischen Baugruppen neigen zum FIB-Ansatz, weil das AOI-System dabei nahezu jede Baugruppe zurückweist. Damit müsste man zwar auf fast jeder Baugruppe gewisse Dinge näher untersuchen, im Allgemeinen jedoch weit weniger, da das AOI-System das Problem auf bereits wenige fragliche Fälle eingengt hat. Großserienhersteller mit kostengünstigen, unkritischen Baugruppen tendieren zum PIG-Ansatz, da die Kosten einer zusätzlichen Sichtkontrolle neben den Baugruppenkosten relativ hoch wären. In Abb. 1 würde man den PIG-Grenzwert auf 35 und das FIB-Limit auf 55 setzen.

Die dritte Möglichkeit heißt ‚keep on working – weiterarbeiten‘ (KOW). Mit systematischem Vorgehen kann man Ausreißer und ihre Ursachen finden sowie Inspektionsprogramme an den entsprechenden Fenstern verfeinern. Schatten andere Komponenten das Sichtfeld ab, sodass sich die Leistungsfähigkeit des Beleuchtungssystems nicht ausnutzen lässt? Unterscheidet sich das Lötpad dieser Komponente von denen anderer Bauteile der Gruppe? Ist ein Bestückungsaufdruck im Fenster? Solche Fenster sollte man in eine eigene Kategorie mit speziellen Limits oder mit besonderer Beleuchtung einordnen, da Pseudofehler eher bei Fenstern in einer solchen Situation auftreten.

### Störabstand sichern

Die optische Inspektion nach dem Reflow-Löten prüft die Oberflächenkontur frisch erstarrender Lötstellen. Dabei wirkt die Oberfläche einer frischen Lötstelle als Spiegel. Blickt die Kamera in diesen Spiegel, sieht sie nicht den Spiegel selbst, sondern Reflexionen der Umgebung. Mit individueller Beleuchtung lässt sich das AOI-Ergebnis aber optimieren.

Durch die spezielle Beleuchtung erzeugen die Lötstellen ein charakteristisches Hell/Dunkel-Muster mit vorhersagbaren Grenzen zwischen dunklen und hellen Zonen (Abb. 2). Einfache Beleuchtungssysteme erlauben dagegen nicht immer eine zuverlässige Unterscheidung ‚guter‘ und ‚schlechter‘ Umrisse. Komplexere Beleuchtungssysteme erscheinen zunächst kompliziert, ermöglichen der Kamera aber eine deutlich bessere und zuverlässigere Unterscheidung.

Auch die Kamera beeinflusst den Störabstand. Eine einzige, senkrecht nach unten sehende Kamera erlaubt nur eingeschränkte Beobachtungen. Rotierende Prismen ermöglichen zwar eine Inspektion aus gewissen Winkeln, kosten aber Inspektionszeit. Zudem kann eine einzelne Kamera nur wenig Frames pro Zeiteinheit erfassen. Mit fünf Kameras

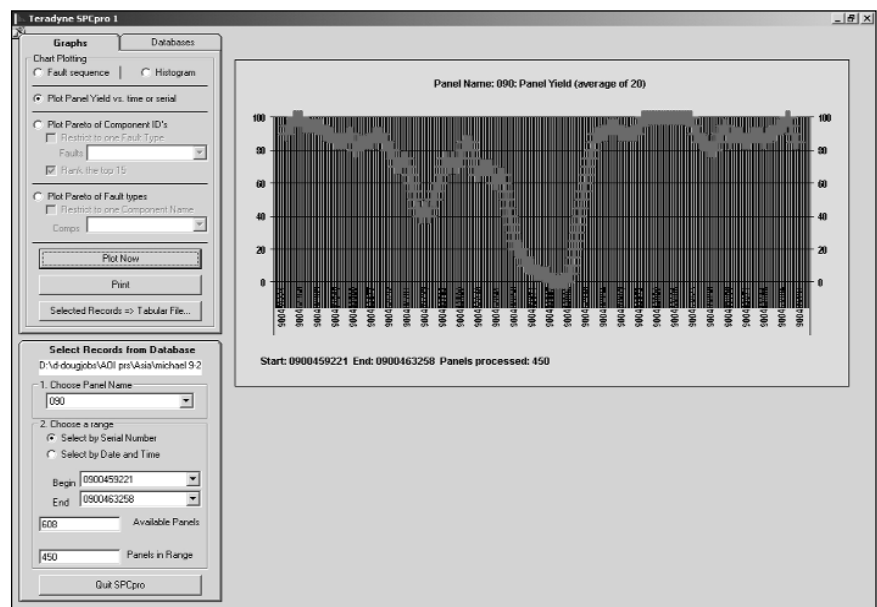
(eine blickt senkrecht nach unten und vier aus unterschiedlichen Winkeln) kann das System Bilder aus verschiedenen Winkeln aufnehmen und fünf Mal so viele Daten erfassen.

Die Inspektion aus unterschiedlichen Winkeln ist speziell bei ‚PLCCs‘ mit J-Pins wichtig und erlaubt eine viel zuverlässigere Erkennung angehobener Bauteilpins für ‚Gull-Wing SOICs‘ und ‚QFPs‘.

Auch wenn man keine J-Pins untersucht, bietet die 5-fache Kamerabandbreite oft unerwartete Vorteile. Verteilt sich die Inspektionsarbeit auf fünf Kameras mit jeweils eigenem Beleuchtungsmodus, lässt sich die Baugruppe oft in nur einem Durchlauf untersuchen. Eine einzige Kamera mit mehreren Beleuchtungsmodi braucht meist mehrere Durchläufe, was bei Ein-Kamera-Systemen zu unerträglich langen Inspektionszeiten führen kann.

### Kontinuierliche statistische Beobachtung

Erfahrene Anwender verfolgen die Meldungen des AOI-Systems unabhängig vom Ergebnis ‚fehlerhaft‘ oder ‚fehlerfrei‘. Aussageverschiebungen weisen meist auf Änderungen im Fertigungsprozess hin. Dies kann annehmbar (z.B. Lieferantenwechsel bei einem Bauteil) oder inakzeptabel sein (z.B. geänderte Lotpaste verursacht kalte Lötstellen oder Lötbrücken). Mit einer retrospektiven statistischen Analyse lässt sich eine Korrelation zwischen AOI-Ergebnissen und Fertigungsprozess-Änderungen herstellen. Der Verlauf der Fertigungsausbeute in Abb. 3 zeigt eine solche Änderung und den Effekt der darauf



**Abb. 3:** Mit einer retrospektiven statistischen Analyse lässt sich eine Korrelation zwischen AOI-Ergebnissen und Fertigungsprozess-Änderungen herstellen. Der Verlauf der Fertigungsausbeute zeigt eine solche Änderung und den Effekt der darauf folgenden Korrektur



**Abb 4:**  
**Scheibenförmige**  
**Beleuchtungseinheit**  
**des Teradyne Optima**  
**7350 Post-Reflow AOI-**  
**Systems**

folgenden Korrektur. Ohne AOI-System wäre die Korrektur wohl kaum so schnell erfolgt.

### Verifikation der AOI-Ergebnisse

Mit der AOI gefundene Fehler werden an das Reparaturpersonal weitergegeben, wo sie manchmal nicht repariert, sondern stattdessen als Pseudofehler gewertet werden. Dabei sollte aber größte Vorsicht gelten. So wurden z.B. bei einem Kunden vom AOI-System gemeldete Lötbrücken zu Pseudofehlern deklariert: Sie waren zu fein, um vom Reparaturpersonal mit bloßem Auge erkannt zu werden. Später filterte der In-Circuit-Test diese Lötbrücken heraus. Unglücklicherweise rechnete man diese Fehler (mehrmals pro Tag) dem AOI-System zusätzlich als nicht erkannte Fehler zu. Obwohl das AOI-System richtig lag, wurden diese Lötbrücken mehrere

Monate lang einmal als Pseudofehler und einmal als nicht erkannter Fehler gezählt.

Menschen können keine konsistente Inspektionsleistung erbringen. Sie halten ihre Arbeit aber für konsistent, die des AOI-Systems im Gegensatz zu anderen automatischen Messsystemen jedoch nicht.

Die Lösung des Problems: Man protokolliert die Entscheidungen der Reparateure mit einer Reparatursoftware. Da sich jeder Mitarbeiter anmeldet, kann man die Entscheidungen in einer Datenbank speichern und sie dann nach diversen Kriterien auswerten. Unterschiedliche Reparaturleistungen der einzelnen Mitarbeiter lassen sich so identifizieren.

### Wartung der AOI-Programme

Angesichts der in der Elektronikfertigung unvermeidlichen Änderungen benötigen AOI-Programme kontinuierliche Wartung.

Eine ständige, enge Kommunikation zwischen Programmierern und Reparateuren ist für rechtzeitig ausgeführte Programmänderungen unverzichtbar. Oft arbeiten Programmierer und Reparateure für verschiedene Abteilungen oder sogar Unternehmen. Aufgrund solcher administrativer Hindernisse für die Kommunikation zwischen den Mitarbeitern wird die Pseudofehlerzahl noch gesteigert. Wer für den Fertigungsprozess verantwortlich ist, sollte daher für eine möglichst direkte Rückkopplung sorgen.

### Fazit

Pseudofehler sind die Folge von Inkonsistenzen in der Produktion oder der menschlichen Interpretation, von unzureichender Kommunikation, mangelnder Prozessdisziplin oder falscher Sparsamkeit bei der Systemkonstruktion.

Pseudofehler auszuschließen erfordert systematisches Vorgehen mit stabilen und flexiblen TQM-Systemen, Fehler-Histogrammen und statistischen Tools zur Erkennung von Prozessveränderungen sowie eine Reparaturdatenbank. Das AOI-System benötigt darüber hinaus eine flexible Beleuchtung für aussagekräftige Ergebnisse sowie genügend Bildbandbreite für guten Durchsatz. Gewinnt der Bediener Vertrauen zum System, so werden schnelle und effektive Änderungen an Programm und Prozess möglich. Dann gehören Pseudofehler der Vergangenheit an.

**TEST**

www.publish-industry.net  
more @ click TK3C0501

## LESERTIPP

**Sie möchten sich per Internet eine kostenfreie Leseprobe  
der Jahress Ausgabe 2004 des TEST KOMPENDIUMS sichern?**

**Unter www.publish-industry.net können Sie sich im Internet schnell  
und einfach für die  
kostenfreie Leseprobe des TEST KOMPENDIUM 2004 vormerken.**

Messen • Prüfen • Verifizieren

publish industry  
TECHNIK KOMMUNIZIEREN

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