

PerfecTest

Der sichere Weg Materialbewegungen bei
“high density” Leiterplatten zu
kontrollieren und Registrierungsfehler zu
eliminieren.

1 Problemstellung.

Die Bestimmung exakter Verhaltensweisen von Materialien während des Herstellungsprozesses komplexer Leiterplatten wird zunehmend schwieriger. Engere Toleranzen sind oft gleichbedeutend mit mehr Innenlagen Registrierungsfehlern. Siehe **Bild 1**.

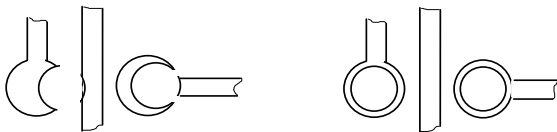


Bild 1:

Innenlagen Registrierungs-
Innen-fehler: Lochdurchbruch
und Kurzschluß.

Perfekte
Innenlagen Registrierung.

OEM Kunden fordern höhere Bestückungsdichten, um mehr Funktionen auf Platinen unterzubringen, oder um die Anzahl der Innenlagen zu reduzieren. Die Basismaterialien werden dünner. Feinleiterbahnen und die Abstände zueinander werden kleiner. “Micro Via and sequential build-up” Technologien gewinnen an Popularität.

Gleichzeitig wird der Kostendruck für

Leiterplattenhersteller größer. Die Produktivität muß gesteigert werden. Defekte Leiterplatten müssen zur Ausnahme werden. Die Fertigung muß sich auf wenige möglichst große Platinenformate beschränken.

Im Bemühen, die Leiterplatten Technologie ständig voranzutreiben und die Produktivität immer weiter zu verbessern, gewinnt die Kontrolle von Innenlagen Registrierungen bei Mehr-lagenleiterplatten zunehmend an Bedeutung. Selbst kleine Innenlagen-Registrierungsfehler können nicht länger toleriert werden.

2 Ursachen für Innenlagen-Registrierungsfehler.

Fünf variable Faktoren verursachen über 90% aller Innenlagen Registrierungsfehler:

1. *Materialausdehnung* und *-schrumpfung* während der Fertigung ;
2. *Filmveränderungen* während der Fertigung oder ungenau kalibrierte Plotter;

3. *Image Transferfehler*: Stanzfehler bei Filmen oder Auflagefehler beim Belichten,
4. *Innenlagenverzug* beim Pressen,
5. *Bohrfehler*

Die zwei Hauptursachen für Innenlagen-Registrierungsfehler fallen in die Kategorien

- a) Materialausdehnung, -schrumpfung ~60% und mehr,
- b) Filmveränderungen ~25%.

Der Rest der Fehler verteilt sich auf die übrigen Kategorien.

3 Materialveränderungen während der Leiterplatten-fertigung.

Materialausdehnung und schrumpfung sind damit die wichtigsten Größen, die es zu bestimmen, zu messen und zu kontrollieren gilt. Die einzelnen Ursachen von Materialveränderungen können folgenden Kategorien zugeordnet werden:

- *Materialaufbau* – starr oder starr-flexible Lamine, die Stärke des Materials und des aufgetragenen Kupfers, die Art des Materials, die Webmuster und die Webrichtung der Fiberglasmatten, die Menge des verwandten "resin".
- *Temperatur* und verwendeter *Druck* beim Pressen der Leiterplatten.
- *Materialspannungen*, die während des Ausschneidens, des Trimmens, des Waschens oder des Stanzens der Leiterplatten mechanisch erzeugt werden und im weiteren Verlauf der Fertigung freigesetzt werden.

- Die während des Ätzens entfernte *Kupfermenge*.
- Die vorherrschende *X-Y Orientierung* des verbleibenden Kupfers.
- Das *Layout* einzelner Leiterplatten-innenlagen und die Position im Stapel, zum Beispiel: befinden sich Strom- und Masseleitungen auf einer Seite eines Innenlagenkerns und Datenleitungen auf der anderen, oder sind beide Seiten mit Datenleitungen beschichtet, wechseln die verschiedenen Kerne ihre Position im Leiterplattenstapel von Fertigungsreihe zu Fertigungsreihe?

Positiv an dieser langen Liste von Ursachen ist, daß jeder Faktor im voraus bestimmbare Auswirkungen auf das Wachsen und Schrumpfen von Leiterplattenmaterialien während der Fertigung hat, vorausgesetzt, die Variablen werden in vorgegebenen Kombinationen verwandt.

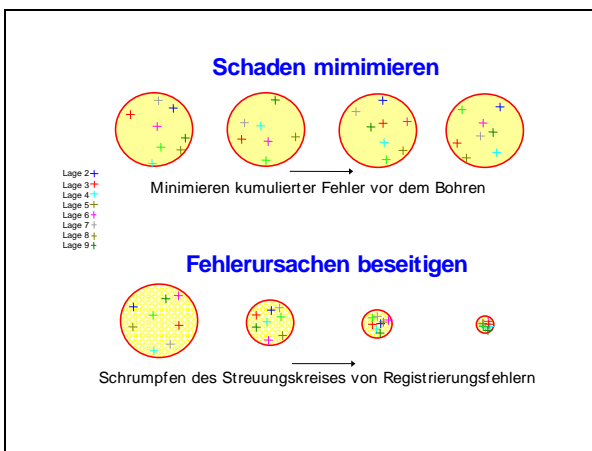
PerfecTest ermöglicht die Zuordnung von Registrierungsfehlern auf allen Innenlagen zu Variablen im Fertigungsprozeß und zu Variablen bei Leiterplattenmaterialien.

Materialveränderungen während des Fertigungsprozesses werden damit meßbar und kontrollierbar.

4 Den Herstellungsprozeß kontrollieren anstatt Fehler minimieren.

Herkömmliche Innenlagenregistrierungskontrollmethoden basieren weitgehend auf dem Prinzip der *Schadens-minimierung*. Dieses Prinzip versucht, die *Auswirkungen* von

Registrierungs- Fehlern auf Mehrlagen Leiterplatten durch die Optimierung anderer Produktionsparameter z.B. "Offset" am Bohrautomaten zu minimieren. *Schadensminimierung* geht von mehr oder weniger genau gemessenen Innenlagen Registrierungsfehlern aus und versucht Registrierungsfehler, die bis zu dieser Messung während des Herstellungsprozesses entstanden sind, zu minimieren. Dieser Vorgang wiederholt sich von Platine zu Platine.



PerfecTest dagegen verbessert den Herstellungsprozess. Mit PerfecTest werden Ursachen von Innenlagen-Registrierungsfehlern jeder einzelnen Innenlage erkannt, quantifiziert und bei zukünftigen Produktionslosen beseitigt, bevor sie Registrierungsfehler verursachen können. Der Kreis, in den die Fehler einzelner Lagen einer Platine fallen, wird kleiner von Produktionslos zu Produktionslos.

Konventionelle Methoden zur Kontrolle von Materialveränderungen sind zu aufwendig. Mikroschnitte zur Bestimmung von Innenlagen Registrierungsfehlern dauern lange und können aus Kostengründen nur an einer begrenzten Zahl von Musterplatinen durchgeführt werden. Leiterplatten werden durch Mikroschnitte zerstört. Röntgenbilder von

übereinander-liegenden Kontrollmarkierungen werden mit zunehmender Anzahl von Innen-lagen undeutlich und erlauben keine klare Abgrenzung einzelner Innenlagen. Kontrollmarkierungen auf den Innen-lagen dienen in erster Linie zur Optimierung von Bohrpositionen und sind darüber hinaus aber nur bedingt für den Innenlagen Kontrollprozeß zukünftiger Produktionslose verwendbar.

Zutreffende Analysen von Innenlagen Registrierungsfehlern bei Anwendung konventioneller Kontrollmethoden erfordern viel Erfahrung, weil Meßdaten nur schwer in passenden Formatierungen quantifiziert werden können. Die Interpretation dieser Daten ist oft zeitaufwendig und subjektiv.

Der zunehmende Bedarf komplexer Mehrlagenleiterplatten mit höheren Bestückungsdichten erfordert neue Methoden, Registrierungsfehler zu bestimmen. Fehler müssen schnell und exakt quantifizierbar sein. Herstellungsprozesse für zukünftige Produktionslose müssen ständig verbessert werden.

5 Kontrolle von Innenlagen Registrierungen mit PerfecTest.

PerfecTest vereinfacht das Über-wachen von Innenlagen Registrierungsfehlern und liefert in leicht verständlicher Form Informationen zur Kontrolle von Faktoren, die diese Fehler verursachen.

5.1 Der PerfecTest X-Y Coupon.

Der PerfecTest X-Y Coupon ist das Kernstück des patentierten PerfecTest

Systems. Auf *jeder* Innenlage werden an jeder Ecke der Leiterplattenrahmen Coupons, **Bild 2**, in der Form von Masseflächen im rechten Winkel zueinander aufgetragen. Die ab-gestufte Form der Masseflächen erlaubt es, Innenlagenregistrierungs-fehler auf den X *und* auf den Y Koordinaten genau zu bestimmen. Der im **Bild 2** abgebildete Coupon zeigt perfekte Innenlagen Registrierung. Kein Bohrloch berührt eine Massefläche. **Bild 2a** zeigt einen Coupon mit Innenlagen Registrierungsfehlern auf der X Koordinate. Durchkontaktierte Bohrlöcher berühren eine Massefläche und erzeugen einen Kurzschluß.

Masseflächen auf den verschiedenen Innenlagen sind versetzt aufgetragen, so daß sie am Ende des

Fertigungsprozesses der Mehrlagen-leiterplatten einen PT Testcoupon bilden **Bild 3** bilden.

Ein PT Testcoupon kann Daten für acht Innenlagen testen. Zusätzliche PT Testcoupons ermöglichen das Testen bis zu 50 Mehrlagen Leiter-platten.

PT Testcoupons befinden sich in jeder Ecke auf dem Leiterplattenrahmen.

Ein Binärcode, **Bild 3**, am Anfang eines jeden PT Testcoupons erlaubt der Software, die abgefragten Daten definierten Eckpositionen auf den Leiterplattenrahmen automatisch zuzuordnen.

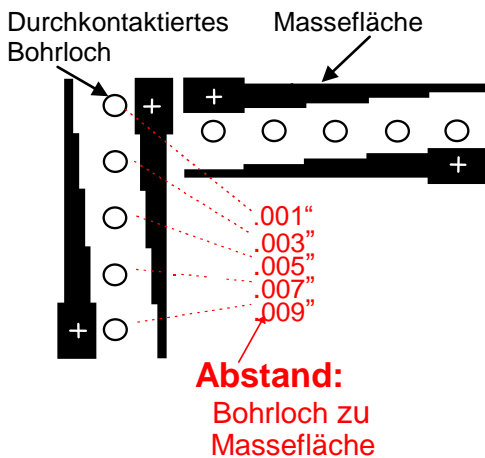


Bild 2

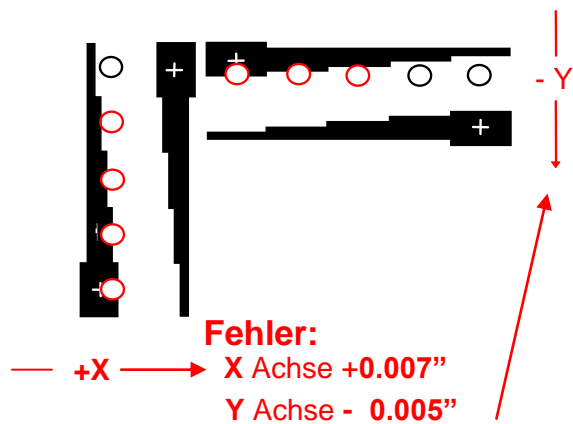


Bild 2a

Der PT - Testcoupon

stark vergrößert.

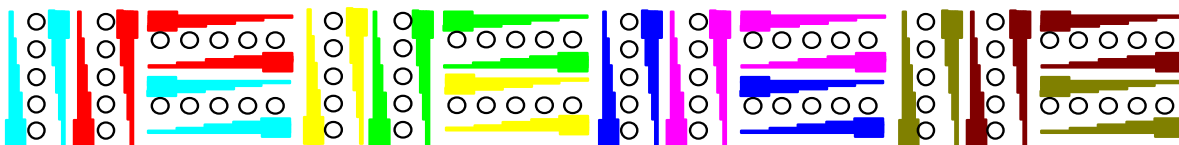


Bild 3



Bild 4
PT - Testcoupon, maßstabsgerecht

Bild 4 zeigt einen PT-Testcoupon in maßstabsgerechter Größe ~2,5" x 0.25" oder ~6.3cm x 0.63cm.

5.2 Erfassen von Innenlagen Registrierungsdaten.

Das Erfassen von Innenlagen-Registrierungsdaten geschieht durch einen elektrischen Test. Eine Sonde wird auf die durchkontaktierten Bohrlöcher der PT Testcoupons aufgesetzt. Alle Innenlagen-Registrierungsdaten werden in Sekundenschnelle erfaßt. Die Sonde registriert, wo durchkontaktierte Bohrlöcher Masseflächen berühren und wie groß die Fehler in jeder Ecke der Platine sind.

5.3 Die PerfectTest Datenbank.

In der Datenbank werden außer den Meßergebnissen auch alle Variablen des Leiterplattenaufbaus und des Herstellungsprozesses abgespeichert. Die variablen Daten können entweder direkt am PerfectTest Arbeitsplatz eingegeben werden oder über ein internes Datennetz vom CAM Arbeitsplatz, wo die Daten bereits vorhanden sind, an das PerfectTest System geschickt werden.

Jedes getestete Produktionslos wird automatisch abgespeichert. Die Datenbank ist daher immer auf einem aktuellen Stand. Erfaßt werden hierbei neben den Testdaten alle jeder

Produktionsstätte eignen Produktionsverfahren. Neue Kompensationsfaktoren (scaling) basieren auf historischen Werten derselben Fertigungsstätte, in der getestete Platinen früherer Produktionslose hergestellt wurden..

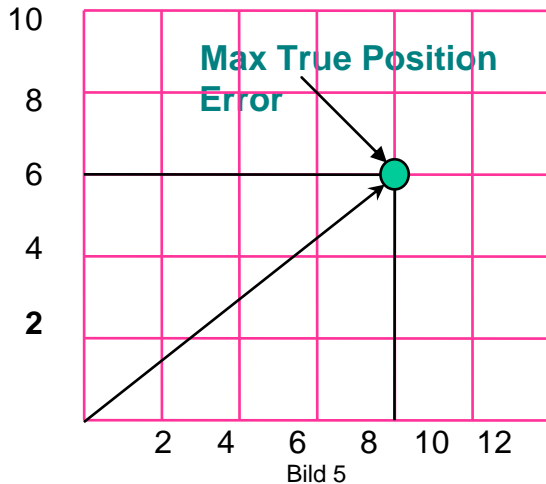
5.4 Präsentation von PerfectTest Testdaten.

PerfectTest mißt Innenlagen Registrierungsfehler aller Innenlagen und erlaubt den Zugriff auf diese Daten in tabellarischer und in grafischer Form. Gemessen wird in mm oder Zoll. Kalkulierte Durchschnittswerte haben einen Genauigkeitsgrad von 2.5 Micron (0.0001").

ÜBERSICHTSTABELLEN getesteter Platinen zeigen Messungen von allen Leiterplatten Testpunkten. Rot und gelb ausgedruckte Werte deuten auf Innenlagen Registrierungsprobleme hin.

Die Übersichtstabellen zeigen auch den größten Registrierungsfehler auf jeder Platine. Das ist ein berechneter Wert, definiert als größte Positionsabweichung = *Maximum True Position Error*. Die Größe dieses Wertes entscheidet, ob Leiterplatten verwendbar sind oder wegen zu großer Innenlagen Registrierungsfehler auf den Schrott gehören.

Die folgende Darstellung, **Bild 5**, illustriert die Berechnung von *Maximum True Position Error*.



Aus den gewonnenen Testdaten er-rechnet PerfectTest weitere Durch-schnittswerte, die Aufschluß über Trends bei Innenlagenregistrierungs-fehlern geben: der "Scaling Summary Report" und der "Material Expansion and Shift Report".

Der *Scaling Summary Report*, zeigt korrigierte Spreizfaktoren (corrected scaling) für jede Innenlage, die bei zukünftig aufgelegten Produktions-serien direkt am CAM Arbeitsplatz bei der Arbeitsvorbereitung eingegeben werden.

Der *Material Expansion und Shift Report* quantifiziert Materialverän-derungen **und** Innenlagenversatz. Innenlagenversatz deutet auf werk-zeugbedingte Innenlagen Registrier-ungsfehler hin.

Die klare Unterscheidung bei PerfectTest zwischen "Expansion" und "Shift" ermöglicht gezielte und schnelle Korrekturen am Innenlagen Registrierungskontrollprozeß.

GRAFISCH werden Innenlagen Regis-trierungsfehler als Umrißzeichnungen einzelner Lagen 100fach vergrößert und farbig dargetellt. Die Abbildungen lassen auf einen Blick das Ausmaß von Registrierungsfehlern auf jeder einzelnen Innenlage erkennen.

Wahlweise können Umrißzeichnungen *einzelner* Innenlagen oder als Durchschnittswerte *aller* Innenlagen in einer Grafik gezeigt werden. Solche Darstellungen lassen auf einen Blick das Ausmaß der Materialausdehnung bzw. -schrumpfung **und** den Versatz jeder einzelnen Innenlage erkennen.

Vergleiche grafischer Darstellungen von *Durchschnittswerten* mit Tester-gebnissen *einzelner* Leiterplatten offenbaren "Random" Fehler. Diese Betrachtungsweise erlaubt, Rück-schlüsse auf werk-zeugbedingte Innen-lagen Registrierungsfehler und wo im Herstellungsprozeß nach deren Fehler-ursache zu suchen ist.

Der *Maximum True Position Error Report* zeigt die größten Innenlagen-registrierungsfehler einzelner Platinen kompletter Produktionslose in einer Übersichtsgrafik. Dieser Bericht eignet sich als Dokumentation im Rahmen von ISO 9002 Prozeßkontroll-vorschriften.

Bei der Akquisition neuer Kunden ist der *Maximum True Position Error Report* eine wirksame Verkaufshilfe. Detaillierte

Innenlagenregistrierungs-daten können kritischen Kunden als Qualitätsbeweis präsentiert werden.

Der "Range of Error Report" zeigt die Bandbreite der größten Innenlagen Registrierungsfehler einzelner Platinen innerhalb einer Serie. Diese Information läßt Rückschlüsse auf die Stabilität des Herstellungsprozesses zu.

6 Perfekte Innenlagen Registrierungen mit PerfecTest.

Die PerfecTest Datenbank ermöglicht schnellen Zugriff auf alle Innenlagen relevanten Daten in jeder nur denkbaren Kombination ohne dabei in einem Datenmeer zu ertrinken. Aktuelle Spreizfaktoren (scaling) für die Kompensation von Materialver-änderungen können unmittelbar von der Datenbank bei der Arbeits-vorbereitung neuer Prototypen und Fertigungs-serien abgerufen werden und bei der Arbeitsvorbereitung am CAM Arbeitsplatz eingegeben werden.

Die Datenbank liefert alle kritischen Daten, die es während des Fertigungs-prozesses besonders zu beachten gilt.

PerfecTest liefert quantifizierte Innen-lagen Registrierungsdaten **aller Innen-lagen** für die Qualitätskontrolle un-mittelbar nach der Datenerfassung.

PerfecTest ist ein patentierter Kontroll-prozeß mit dessen Hilfe Innenlagen Registrierungsprobleme bei Mehrlagen-leiterplatten gelöst werden. PerfecTest öffnet die Tür zu neuen Geschäften für komplexe

Mehrlagenleiterplatten mit hohen Bestückungsdichten.

PerfecTest Systeme amortisieren sich schnell. Kosteneinsparungen und Produktivitätsverbesserungen werden mit dem Beginn der Inbetriebnahme eines PerfecTest Systems erzielt. Sie reichen von:

- dem *schnellen* Erfassen aller Innenlagenregistrierungsdaten bei hochlagigen Leiterplatten bis zu 50 Lagen
- der *Verkürzung* von Durchlaufzeiten in der Entwicklung und in der Fertigung von Prototypen als auch bei Änderungen von alten und neuen Serien
- den erheblichen Einsparungen durch *verringerte Ausfallraten* bei Proto-typen, bei kleinen Serien und Gro-serien.
- der Fähigkeit, neue Entwicklungen *im ersten Anlauf* frei von Innen-lagen Registrierungsfehlern zu bauen,
- dem Fertigen von dicht bestückten Leiterplatten auf *dünnen Basis-materialien*,
- der Möglichkeit, Prototypen auf Innenlagenregistrierungsfehler zu testen ohne Platinen durch Mikroschnitte zu zerstören, bis zur
- **Fähigkeit, Mehrlagenleiterplatten auf großen Fertigungsplatinen kostengünstig und schnell zu produzieren.**

PerfecTest und FilmCheck Verfahren und Systeme werden weltweit von

*führenden Leiterplattenherstellern
eingesetzt.*

*PerfecTest . . .der neue Standard zum
Bestimmen, Messen, Überwachen, und
Handhaben zu erwartender
Materialbewegungen bei dicht
bestückten Leiterplatten!*

*PerfecTest und Filmcheck Verfahren
sind durch Patente weltweit geschützt.*

*Weitere Informationen sind auf Anfrage
erhältlich von:*

Horst Mader
PerfecTest Corporation LLC
14221 65th Avenue West
Edmonds WA 98026, USA

TEL 206-465-4997

☎: +1(206) 465-4997

e-mail: maderh@aol.com

Am Internet finden Sie uns unter

<http://www.perfectest.com>

perfecTest™
○
○ ○ ○ ○ ○