

## Fertigungsstrategien für zuverlässige Baugruppen im Fokus des 11. EE-Kollegs

Vom 16. bis 20. April 2008 trafen sich knapp 200 Personen aus dem Bereich Elektronikbaugruppenfertigung und dessen Umfeld in Colonia de Sant Jordi, Mallorca, Spanien, zum 11. Europäischen Elektroniktechnologie-Kolleg, das von den Firmen Christian Koenen, Cobar, EKRA, Koenen, Kolb, Rehm Thermal Systems, Siemens, TBB und ZEVAC veranstaltet wurde. Neben 11 Fachvorträgen wurden dort mehrere Workshops und zudem reichlich Gelegenheit für Fachgespräche im Teilnehmerkreis sowie mit den Referenten und den Repräsentanten der veranstaltenden Firmen geboten.

Auch dieses Mal war es den Veranstaltern wiederum aus Kapazitätsgründen nicht möglich, alle Interessenten am 11. Europäischen Elektroniktechnologie-Kolleg zu berücksichtigen. Innovative Fertigungskonzepte, fortschrittliche Technologien und Zuverlässigkeitsthemen sind schon immer sehr gefragt. Wenn dann noch, wie bei dieser Veranstaltungsreihe Tradition, eine große Offenheit beim Informationsaustausch hinzukommt, d.h. auch über Probleme, Fehlerraten usw. geredet wird, profitiert jeder Teilnehmer in vielfacher Hinsicht. Dies ist gepaart mit den ausgewählten Vorträgen der Grund für das enorme Interesse am EE-Kolleg.

Dr. Hans Bell, Rehm Thermal Systems, Blaubeuren-Seissen, moderierte die Veranstaltung wie in den Vorjahren. Er stellte im Rahmen der **Eröffnung und Einführung** zuerst die Partnerfirmen der Veranstaltung und deren Repräsentanten vor und ging danach auf die Entwicklung des Elektronikmarktes ein. Basismaterialien und Leiterplatten kommen heute überwiegend aus Asien, wo die Wachstumsraten allgemein sehr hoch sind. Zudem kommt der ungünstige €-US\$-Kurs. Trotzdem wurde im Januar 2008

ein Exportüberschuss von 1,8 Mrd. € erzielt. So schlecht ist die Situation also gar nicht. Gut sieht es auch bei der Fehlerratenentwicklung aus; denn seit 1999 ist die Fehlerrate von 1083 dpm auf 327 dpm in 2007 gesunken, wie eine Auswertung bei 14 führenden Firmen weltweit ergab. Für Mitteleuropa sind die beim 11. EE-Kolleg im Mittelpunkt stehenden Fertigungsstrategien für zuverlässige Baugruppen aufgrund des Produktmixes von besonderer Bedeutung.

### Bei den Vorträgen überwiegen die Löttechnikthemen

Prof. Dr. Mathias Nowotnick, Universität Rostock, Rostock, informierte ausgehend von den Treibern über die **Entwicklungstrends in der Verbindungstechnologie**. Miniaturisierung und neue Technologien wie Mehrfach-Chip-Aufbauten und insbesondere die Mikrosystemtechnik erfordern eine neue (Definition der) Verbindungstechnik. Probleme bereiten u.a. die vor der Montage nicht voll getesteten Chips und die kleinsten Bauformen (01005 Chips), die kaum größer als Staubpartikel sind. Durch zu-



Moderator Dr. Hans Bell in Aktion



Vortragende des ersten Kollegtages

nehmend kleinere Partikel (z.B. Lotpulver) kommt deren im Verhältnis größere Oberfläche als weiteres Problem hinzu. Dasselbe gilt für die bei dünnsten Schichten (im Nanometerbereich) veränderten Materialeigenschaften. Dort ist z.B. der Schmelzpunkt erniedrigt. Mit dem Einbetten von Bauteilen in Leiterplatten werden als neue Verbindungstechniken Durchkontaktierungen und gedruckte Leiterverbindungen eingesetzt, deren Zuverlässigkeitseigenschaften noch unzureichend bekannt sind. Lotpasten können mit Suszeptoren versehen werden, um das Aufschmelzen mit Mikrowellen zu ermöglichen. Neu entwickelte Reaktionslote ergeben höher-schmelzende Verbindungen als das Ausgangsmaterial, was für Hochtemperaturanwendungen höchst interessant ist. Um lunkerfreie Lötverbindungen für die Leistungselektronik zu erzeugen, wurden Vakuum-Lötssysteme entwickelt.

**Die Zuverlässigkeit von Wellenlotlegierungen** bzw. deren Verbindungen im Zusammenhang mit dem Übergang zur Bleifreitechnik hat *Siemens* in einem Praxisversuch analysiert, wie *Dr. Frank-Peter Schiefelbein, Siemens AG, Berlin*, darlegte (siehe auch Beitrag auf S. 1###). Mit einer typischen Serienbaugruppe wurden die Verarbeitungseigenschaften bleifreier Lote und Anschlüsse sowie deren Auswirkungen auf die Prozessfähigkeit und die Qualität der Lötverbindungen untersucht und mit den bisherigen Ergebnissen bleihaltiger Produkte verglichen. Die bleifreien Lote benetzen zwar etwas schlechter und ergeben rauer aussehende Lötverbindungen, so dass die Verarbeitungs- und die AOI-Parameter angepasst werden müssen. Die Lötverbindungen entsprechen aber den Forderungen der IPC-A-610 und zeigten bei Zuverlässigkeitstests keine signifikanten Unterschiede zu bleihaltigen. Bei Bauteilen mit FeNi-Leadframe ist die Zuverlässigkeit von Reflowlötverbindungen allerdings ca. 80 % geringer.

*Dr. Walter Odermatt, Enics AG, Turgi, Schweiz*, zählte an Beispielen auf, was alles zum „**Sündenfall**“ Bauelemente gehört und appellierte dabei daran, die allgemein bekannten Elektronikmontage-Gebote einzuhalten. Überlagerte, nicht mehr benetzbare Bauteile und intern falsch verbundene Bauteile werden angeliefert und meistens aus Gutgläubigkeit angenommen. Ähnliches gilt für das

Layout. Probleme bereiten zu dicht liegende Lötflächen in Verbindung mit unterschiedlichen Bauteilmetalisierungen. Ungleiche Lötflächen können den Grabsteineffekt bewirken. Dieser und weitere Fehler können auch durch ungünstige Platzierungen bzw. Löt-Schatten hervorgerufen werden. Zu fest angezogene Schrauben führen auf Leiterplatten zu Spannungen, die sich bis hin zu Bauteilschäden auswirken können. Bauteilschädigend sind auch Überhitzung und elektrische Überlastung. Weitere Beispiele waren verschiedene Modifikationsünden, ungünstige Feldbedingungen und Überlastungen mit Folgefehlern.

Die Organisation und die **Technologien für die Fertigung komplexer Baugruppen** seiner Firma, die als EMS tätig ist, erläuterte *Uwe Wiesner, Atlas Elektronik GmbH, Bremen*, indem er die zur Verfügung stehenden Einrichtungen sowie typische Produktbeispiele vorstellte. Die Rückverfolgbarkeit beginnt bereits mit der Erfassung der einzelnen Gebinde. Es erfolgt eine permanente Bestandsinventur. Beim Leiterplattendesign werden Fertigungsaspekte berücksichtigt und der Test vorbereitet, wofür Beispiele aufgezählt wurden. Er plädierte für eine enge Zusammenarbeit aller Beteiligten (Entwicklung, Layout, Fertigung und Test) von Anfang an, um so den komplexen Gesamtprozess beherrschen zu können und die kürzest mögliche Markteinführungszeit zu erreichen.

Wie die **Traceability in der Elektronikproduktion** erreicht werden kann, beschrieb *Roland Heigl, Zollner AG, Zandt*. Nach Vorgaben von *Zollner* gestaltete einheitliche 2D-Code-Etiketten werden nach Möglichkeit bereits von den Distributoren ansonsten beim Wareneingang auf die Verpackungen der Komponenten aufgebracht und beim Wareneingang gescannt. Dabei können ggf. zusätzlich Bemerkungen wie z.B. „2 Chargen im Drypack“ erfasst werden. Denn jedes einzelne Gebinde wird separat gekennzeichnet. Die Leiterplatten werden mittels CO<sub>2</sub>-Laser mit einem Datamatrix-Code individuell gekennzeichnet. Kommissionierung und Maschinenrüstung werden mittels Online-PDA erfasst und überwacht. Die Maschinen erfassen die Leiterplatten bzw. Baugruppen beim Einlaufen und protokollieren die zugehörigen Prozessdaten. Die Löttrah-

men und Werkstückträger sind hierfür mit RFID-Einheiten ausgestattet. Bis hin zum Verpacken und Versand werden so auch an allen Handarbeits- und Prüfplätzen alle Produkt- und zugehörigen Prozessdaten erfasst und den Auftragsdaten zugeordnet. Dies erfolgt über das *intra-FACTORY*-System mit der *Oracle*-Datenbank. Zum Abschluss verwies *Roland Heigl* auf den *ZVEI*-Leitfaden *Traceability in der Elektronikfertigung*, in dem die entsprechenden Forderungen aus dem Automobilbereich berücksichtigt sind.

**Die Bedeutung der IPC-Richtlinien in der Baugruppenfertigung** zeigte *Lars-Olof Wallin*, *IPC Europe*, Stockholm, Schweden, auf, indem er zahlreiche beispielhafte Vorgaben neuer *IPC*-Standards vorstellte. Zudem gab er einen Überblick über die *IPC*-Standards für Leiterplattendesign, Leiterplattenqualifikation, bleifreie Produkte, Prozesskontrolle, Reparaturen und Baugruppenqualität. Für alles vom Start(-material) bis hin zum Endprodukt gibt es *IPC*-Standards.

Nach einer Einführung in das **Reklamationsmanagement** berichtete *Mark Strahl*, *Kolb Fertigungstechnik GmbH*, Willich, was sein Unternehmen in diesem Bereich unternimmt. Bei *Kolb* werden alle Qualitätsdaten einschließlich Kundenreklamationen, Sperrungen und Reparaturen mit einem – da die am Markt angebotenen Systeme nicht passen – eigenentwickelten *CAQ*-System (Computergestützte Qualitätssicherung) erfasst und ausgewertet sowie Maßnahmen bis hin zum Schulungsbedarf abgeleitet. Wie das System weiterentwickelt werden soll, wurde angegeben. U.a. soll die Fertigungsdokumentation auf eine reine *EDV*-Lösung umgestellt werden.



Vortragende des zweiten Kollegtages

*Dr. Viktor Tiederle*, *RELNETyX AG*, Leinfelden-Echterdingen, erläuterte, mit welchen Methoden und Modellen **Zuverlässigkeitsprognosen für Bauelemente** erstellt werden können. Ausgangsbasis sind je nach Verfügbarkeit Felddaten, theoretische Betrachtungen und Qualifikationsprüfungen sowie die geplanten bzw. voraussichtlichen Betriebsbedingungen, wofür jeweils Beispiele genannt wurden. Eine Datenbank mit verifizierten Zuverlässigkeitsdaten ist vorhanden. Zu berücksichtigen ist, dass die benutzten Modelle als Vereinfachungen die Wirklichkeit nicht zu 100 % widerspiegeln und auch keine Wechselwirkungen beinhalten. Die additive Überlagerung wird als Worst Case betrachtet und mit einem Vertrauensniveau von 60 % bewertet. Bei der im Prinzip möglichen Prognose von Ausfallraten im Feld über entsprechende Testbedingungen müssen die Grenzen für die verschiedenen Fehlermechanismen beachtet werden.

*Joachim Krause*, *Macro Science Technology GmbH*, Unterhaching, machte klar, was die **AXI im Fertigungsalltag** heute zu leisten vermag. Er gab einen Überblick über die heutigen Herausforderungen für die Inspektion in der Elektronik sowie über das Angebot an unterschiedlichen Röntgensystemen und -verfahren, wobei er deren Unterschiede aufzeigte. Das bei den Systemen von *Macro Science Technology* eingesetzte verbesserte digitale Tomosyntheseverfahren *IPCT (Inline Planar Computed Tomography)* zeichnet sich durch den großen Winkelbereich (45°), die gefilterte Rückprojektion und die Fokussierung auf die gewünschte Schicht aus, was deutlich schärfere Bilder ergibt, wie mit zahlreichen Beispielbildern verdeutlicht wurde. Die *IPCT* ist zudem sehr schnell; in 1 s werden min. 8 Winkelpositionen pro Bildfeld erfasst und rekonstruiert.

*Dietmar Birgel*, *Endress+Hauser GmbH*, Maulburg, beschrieb mit **BSR ein innovatives Reflowlötverfahren**, mit dem das Wellenlöten bedrahteter Bauteile vermieden werden kann. Die Anschlüsse der *THT*-Bauteile werden zum *BSR (Back Side Reflow)* von unten in so genannte *Softlock*-Bohrungen der Leiterplatte gesteckt, die so designt sind, dass die Anschlüsse gehalten werden und das Bauteil nicht abfällt. Die Anschlüsse dürfen nach der Montage auf der Oberseite nicht überstehen. Danach wird

## Workshops – intensive Diskussion in kleinen Gruppen



Lotpaste gedruckt, was alternativ auch zuvor möglich ist. Das Lötens erfolgt mit einer modifizierten Reflowlötanlage, bei der während des Lötens von unten gekühlt wird, so dass sich das THT-Bauteil nicht zu stark erwärmt. Qualität und Zuverlässigkeit der *BSR*-Lötverbindungen erfüllen die Anforderungen. Bei 5 THT-Bauteilen ist das *BSR*-Verfahren kostengünstiger als Selektivlötens. Zudem verkürzt sich die Gesamtprozesszeit. Bei *Endress+Hauser* wurden bereits 2 Mio. Bauteile in *BSR*-Technologie verarbeitet.

Über *Vakuumlöten – Motivation, Anforderungen, Iterationsschritte* referierte *Thomas Lauer, EADS Deutschland GmbH, Ulm*. Möglichst porenarme Lötverbindungen werden wegen entsprechender Vorgaben, aus Gründen des Wärmemanagements, zur Vermeidung von auf Asymmetrien basierenden Spannungen sowie zur Reduzierung des Prüfaufwands bei der Röntgeninspektion angestrebt. Um Porenarmut ohne die Zunahme anderer Lötfehler, insbesondere von Lotbrücken zu erreichen, ist eine iterative Prozessoptimierung sinnvoll. Das gilt auch für den Einsatz spezieller Lotpasten und von Vakuum-Dampfphasenlötanlagen. Denn wenn bei letzteren das Vakuum zu dynamisch ist, resultieren Lotspritzer und -brücken, ist es dagegen zu wenig dynamisch, resultieren mehr oder vergrößerte Poren. *Thomas Lauer* bemerkte abschließend, dass die Forderung der IPC-A-610D, dass der Porenanteil maximal weniger als 25 % der Lötverbindung betragen soll, unzureichend ist, denn es hat sich bei entsprechenden CBGA-Lötverbindungen gezeigt, dass bei Vibrationsbelastungen diejenigen in den Eckbereichen brechen.

### **Umfrageergebnis belegt, dass die Workshops gut ankommen**

In den Workshops wurden unterschiedliche Themen in kleineren Gruppen unter der Anleitung von Experten intensiv diskutiert. Die wichtigsten Ergebnisse wurden am nächsten Tag allen Teilnehmern präsentiert.

Im *Workshop 1*, den *Günter Grossmann, EMPA, Dübendorf, Schweiz*, moderierte, ging es um die Zuverlässigkeit. *Lothar Pietrzak, ZEVAC AG, Grabsbrunn*, fasste als Berichterstatter die Ergebnisse folgendermaßen zusammen. In der Praxis bereiten

Lötverbindungen meist keine Probleme für die Zuverlässigkeit. Die Probleme kommen von den Komponenten. Die als Beispiele für typische Ausfälle dekorierten Bilder stammen oft von Belastungstests.

Der von *Thomas Lauer* moderierte **Workshop 2** hatte laut *Bernd Marquardt, Reh Thermal Systems GmbH*, Blaubeuren-Seissen, folgendes Resultat. Ein Standard für eine einheitliche Bauteilbeschreibung, die auch sämtliche Lötparameter umfasst, wird gewünscht. Ebenso Richtlinien für die Löttemperaturprofiloptimierung.

*Mark Strahl* moderierte den **Workshop 3**, als dessen Quintessenz *Günter Herbold, Siemens AG*, München, vortrug, dass der Erfolg vor allem davon abhängt, dass alle gemeinsam an der Optimierung der Prozesse mitwirken.

*Thomas Kolossa, Balver Zinn Josef Jost GmbH + Co. KG*, Balve, erklärte zum von *Dietmar Birgel* moderierten **Workshop 4**, dass 90 % der Teilnehmer wellenlöteten und davon 50 % Bleifreitechnik-Erfahrungen haben. Sie erwarten, dass sie mindestens noch weitere 10 Jahre lang Wellenlöteten. Die Bleifreifehlerraten sind mit demselben Layout nach der Optimierung der Anlagen gleich. Lotbrücken und Nichtbenutzungen sind die häufigsten Fehler.

Im von *Uwe Wiesner* geleiteten **Workshop 5** ging es um die Zusammenarbeit mit EMS-Firmen. *Harald Grumm, Christian Koenen GmbH*, Ottobrunn, erklärte, dass die Teilnehmer die Partnerschaft als wichtig betrachten, ferner eine genaue Spezifikation des Produkts, einen Rahmenvertrag, die Zulieferer-Freigabe sowie umfassende Nachweise und die Dokumentation von Problemen.

Die Teilnehmer des von *Dr. Thomas Ahrens, Fraunhofer ISIT*, Itzehoe, betreuten **Workshop 6** kamen laut Berichterstatter *Oliver Stetter, EKRA Automatisierungssysteme GmbH*, Bönningheim, zum Schluss, dass die Qualifikation der Mitarbeiter für erfolgreiche (Reparatur-)Arbeiten die wichtigste Voraussetzung ist. Aber auch eine geeignete Ausrüstung muss zur Verfügung stehen. -gk-

#### Kontaktadresse

TBB Technologie Beratung Bell, Dipl.-Krist. Franziska Bell, Kreuzstrasse 18 b, 13187 Berlin, Tel. 030/4810363, Fax 030/48097689, franziskabell@tbb-bell.de, www.ee-kolleg.com

In den Pausengesprächen wurden Details erörtert

