

Elektrische Kontakte für die Aufbau- und Verbindungstechnik

Bericht über ein Seminar der Umicore Galvanotechnik und des Z.O.G. am 14. Oktober in Pforzheim

Seminarleiter *Stefan Müller* von der *Umicore Galvanotechnik* konnte zum Seminar über elektrische Kontakte in der Elektronik und Elektrotechnik etwa 20 Teilnehmer begrüßen. Einführend stellte er kurz das *Zentrum für Oberflächentechnik Schwäbisch Gmünd e.V. (Z.O.G.)* vor. Die seit mehr als 20 Jahren bestehende Einrichtung wird von Unternehmen der Oberflächentechnik, der Stadt Schwäbisch Gmünd, Schulen im Landkreis und einem Förderverein getragen. Die Einrichtung bietet ein umfangreiches Angebot an theoretischen und praktischen Seminaren aus dem gesamten Feld der Oberflächentechnik. Dazu zählt neben den technischen Bereichen für die klassische Oberflächenbeschichtung, die Herstellung von Leiterplatten und elektronischen Bauteilen auch Weiterbildungsveranstaltung im technisch-kaufmännischen Bereich. Die *Umicore Galvanotechnik GmbH* mit Sitz in Schwäbisch Gmünd, der zweite Partner der Veranstaltung, ist eines der führenden Unternehmen im Bereich der Edelmetallgalvanotechnik. Mit 190 Mitarbeitern werden Beschichtungsverfahren entwickelt, hergestellt und vertrieben. Zugleich ist die *Umicore Galvanotechnik* auch Lohnbeschichter, der mit den vertriebenen Produkten arbeitet. Neben den Elektrolyten und Ergänzungen werden platinerte Titananoden selbst hergestellt. Die Produkte finden sowohl im dekorativen als auch im funktionell-technischen Bereich Anwendung.

Edelmetalle

Die Vortragsreihe wurde von *Albert Klotz* mit einer Übersicht über die Edelmetalle und deren Verfügbarkeit eröffnet. Als wichtigstes Edelmetall seit jeher gilt Gold. Das Metall besitzt nicht nur wertvolle Eigenschaften wie hervorragende Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit oder eine gute elektrische Leitfähigkeit, sondern es dient vor allem als Anlagegut. Aus diesem Grund ist der Preis auch kaum an den Bedarf oder die Verfügbarkeit gekoppelt, sondern wird in der Regel aufgrund von Spekulationsgeschäften bewertet. Der größte Teil des weltweit verbrauchten Goldes findet sich nach wie vor im Schmuckbereich. Die

Hauptförderländer sind China, USA, Südafrika, Australien, Russland und Peru. In Deutschland werden derzeit etwa 10 Tonnen Gold pro Jahr verarbeitet. Als größte Halter von Gold als Währungsreserve gilt nach wie vor die USA, gefolgt von Deutschland. Bei den Verbrauchern stehen Indien und China an erster Stelle.

Beim Edelmetall Silber ist die Verfügbarkeit als Rohmaterial ähnlich wie bei Gold. Auch der Silberpreis wird derzeit durch Spekulation getrieben. Die im Umlauf befindliche Menge liegt bei Silber in der Größenordnung von 27 000 Tonnen. Die Industrie verarbeitet etwa 40 % der angebotenen Mengen, gefolgt von Schmuck und Photographie. Die Hauptförderländer von Silber liegen in Süd- und Mittelamerika.

Die Platinmetalle kommen als Erz in der Regel in einem bestimmten Verhältnis von Platin, Palladium und Ruthenium vor. Die Verteilung als Erz ist lokal auf Südafrika und Russland beschränkt. Aus diesem Grund ist der Platinpreis stark von der Fördersituation dieser beider Staaten abhängig; hier können sich auch kleine wirtschaftliche Probleme bemerkbar machen. Wegen dem gemeinsamen Vorkommen verhalten sich auch die Preise von Platin, Palladium, Rhodium, Ruthenium und Iridium ähnlich. Das derzeit teuerste Metall ist Rhodium mit etwa 60 000 Euro pro Kilogramm. Die Platinmetalle gehen neben der Schmuckindustrie zu einem großen Teil in den Bereich Automotiv für Kontakte und Katalysatoren. Im Gegensatz zu Gold und Silber werden die Platinmetalle im freien Handel bewertet.

Steckverbinder im Automobilbereich

Der deutsche Markt für Steckverbinder liegt bei etwa 1,7 Mrd. Euro, wie *Dr. Jochen Horn* einführend darlegte. Dabei entfällt mehr als ein Drittel auf die Kfz-Elektronik und ein weiteres Drittel auf die Industrieelektronik. Der inzwischen beachtliche Anteil im Automobil trat allerdings erst in den letzten 20 Jahren auf und hat inzwischen den Anteil der Steckverbinder in der Industrieelektronik überholt. Mit diesem Wechsel haben sich auch die Anforderungen an die Steckverbinder geändert. Die hohe Integrationsrate

der Elektronik belastet nicht nur die aktiven Bauelemente durch Wärme, sondern auch die Steckverbinder, was zu Neuerungen bei der Verarbeitung führt, ebenso wie der Trend zur Bleifreiheit. Schwerpunkte des Einsatzes im Automobil liegen derzeit vor allem in sicherheitsrelevanten Systemen, der Reduzierung des Schadstoffverbrauchs sowie der Erhöhung des Fahrkomforts. Dies alles muss aber mit immer höherer Zuverlässigkeit erfüllt werden.

Zu den technischen Anforderungen kommen effiziente Prüf- und Freigabeverfahren für Komponenten, Module und Systeme hinzu. Die treibenden Faktoren sind vor allem gesetzliche Vorgaben und derzeit die Reduzierung der Schadstoffentwicklung und -freisetzung. Dabei prognostiziert beispielsweise der ZVEI ein deutliches Wachstum der Nachfrage nach Steckverbindern und verwandten Bauteilen.

Steckverbinder bestehen aus metallischen Teilen mit einer Umhüllung aus Kunststoff und einem oder mehreren Drähten. Wichtig ist unter anderem, dass das Gehäuse die Lage der Einzelkontakte, die bei komplexen Steckverbindern auch bis zu 200 Einzelkontakten betragen kann, konstant und exakt vorliegen. Des Weiteren schützt das Gehäuse gegen Umwelteinflüsse. Für die Fixierung der eigentlichen Kontaktfläche sind eine Rastfeder sowie ein mechanische Verbindung im Gehäuse verantwortlich.

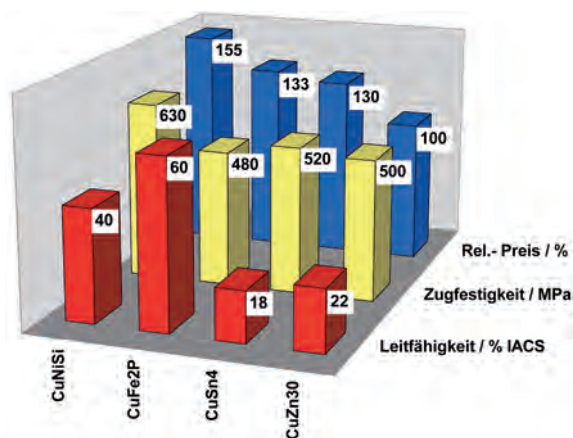
Die elektrischen Anforderungen an Steckverbindern begründen sich in erster Linie in der verlustfreien Übertragung von Signalen. Dabei sollen sich die Eigenschaften durch die unterschiedlichen Belastungen durch Atmosphäre, Vibration und Schwingung nicht verändern. Eingesetzt werden für Steckverbinder meist Kupferlegierungen und Zinn, Silber oder Gold als Oberfläche.

Prinzipielle Elemente eines Steckverbinders sind Kontaktzone, Federelement, Kontaktkörper und Anschlussbereich. Beschrieben wird ein Steckverbinder unter anderem durch den Durchgangswiderstand, Steckkräfte, Stechkhäufigkeit oder Einsatztemperatur. Bestimmt wird der Durchgangswiderstand mittels Vierpolmethode. Dabei werden der Messstrom auf unter 100 mA und der Spannungsabfall unter 20 mV beschränkt. Durch diese Begrenzungen lassen sich entstehende Fremdschichten auf der Kontaktfläche mitbestimmen, anderenfalls würden diese durch die höhere Spannung durchschlagen und nicht erkennbar sein. Ein wichtiger Anteil ist der so

genannte *Engewiderstand*, der durch die Mikrorauheit einer Oberfläche sowie die Härte der beiden Kontaktbereiche vorgegeben ist. Der Engewiderstand ist eine materialabhängige Größe: den geringsten Engewiderstand hat Silber, gefolgt von Gold, Zinn und Palladium. Die Mikrorauheit und die vorhandene Deckschichten machen es erforderlich, dass der Kontakt mit einer bestimmten Kontaktnormalkraft belastet wird. Die erforderliche Kontaktnormalkraft ist vom Werkstoff abhängig. Deshalb muss bei der Änderung des Oberflächenwerkstoffes die Kontaktkraft angepasst werden. Ähnliches gilt für die Reibung beim Herstellen des Kontaktes.

Eine weitere Kenngröße von Kontakten ist die Strombelastbarkeit, die temperatur- und werkstoffabhängig ist. Daraus ergibt sich die maximale Betriebstemperatur, die sich in der Praxis aus der Umgebungstemperatur und der Wärmeentwicklung bei Stromfluss zusammensetzt. Eine wichtige Größe bei Kontakten ist die Wärmeentwicklung im Kurzschlussfall: hierbei darf der Werkstoff nicht aufschmelzen. Dies ist besonders bei Zinn zu beachten.

Die Gestaltung der Kontaktspitze beeinflusst die Steck- und Ziehkraft. Daraus ergeben sich sowohl die Eigenschaften in Bezug auf Verschleiß, aber auch die Steckkraft. Werkstoffe für Verbinder müssen über die gesamte Lebensdauer des Bauteils ihre Elastizität erhalten, das heißt eine geringe Relaxation besitzen. Bevorzugt werden als Substrat Kupferlegierungen, wobei heute als Legierungselemente Nickel und Silizium primär verwendet werden, die in der Legierung



Vergleich von Eigenschaften wichtiger Substratwerkstoffe

zu einem guten Relaxationsverhalten bei guter Festigkeit führen.

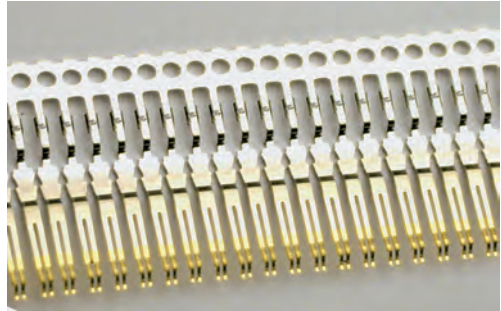
Als Beschichtungswerkstoff wird im Bereich Nichtedelmetall vorzugsweise Zinn in verschiedenen Ausführungen sowie Nickel-Phosphor als Unterschicht eingesetzt. Bei Edelmetallen spielen in erster Linie Silber, sowie Palladium und Gold, in der Regel jeweils mit einer Nickelzwichenschicht versehen, eine Rolle. Eine wichtige Methode zur Beschichtung ist die Feuerverzinnung, mit der bei heutiger Technik dünne Schichten und sehr gleichmäßig Dicke hergestellt werden können. Beim Herstellungsprozess entsteht eine intermetallische Phase, die einen tribologisch günstigen Aufbau ergibt aus weicher Deckschicht auf hartem Untergrund.

Vor allem bei Edelmetallschichten ist zu berücksichtigen, dass Kontaktkorrosion bei porösen Edelmetallschichten auf unedlerem Substrat zu einer starken Schädigung des Bauteils führen kann. Verstärkt wird der Korrosionsvorgang durch den fließenden Strom im geschalteten Zustand. Deshalb ist hier die Dichtigkeit der Edelmetallschicht auf unedlerem Metall sehr wesentlich.

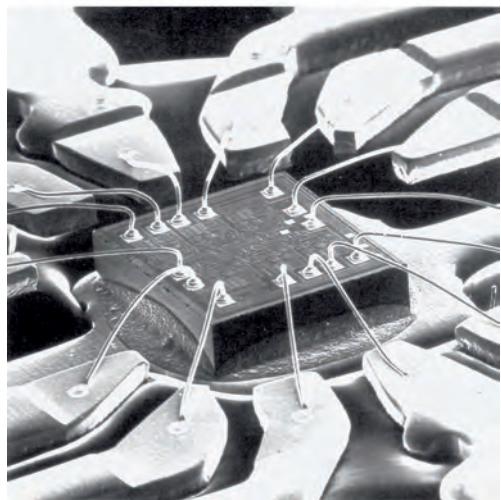
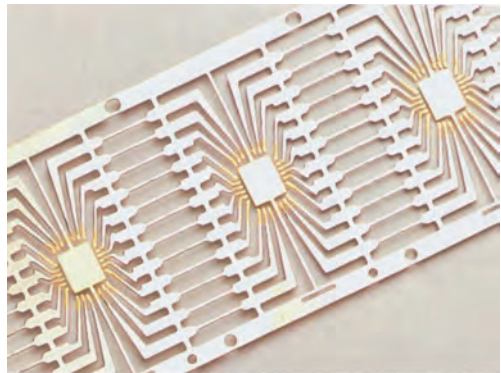
Selektivbeschichtung in Bandanlagen

Bandanlagen weisen gegenüber konventionellen galvanischen Beschichtungen einige Besonderheiten auf. Wie der Referent *Alexander Peters* ausführte, befindet sich bei Bandanlagen in der Regel der Elektrolyt in einem Speicherbehälter und nur ein kleines Volumen des Elektrolyten wird direkt an den zu beschichtenden Bereich gebracht. Für die Beschichtung sind die lokalen Stromdichten sehr hoch, aber auch die Kontaktstellen zwischen Bandmaterial und Netzzuführung erfordern aufwändigere Techniken für die Übertragung von hohen Strömen. Schließlich wird das zu beschichtende Gut kontinuierlich durch die Beschichtungsanlage befördert, wobei Gut und Transporteinrichtung körperlich dasselbe sind.

Ein besonderer Vorteil der Bandanlagentechnik ist die gute Möglichkeit, eine hohe Selektivität der Abscheidflächen realisieren zu können. Dies bedeutet, dass sehr kleine Abscheidflächen oder auch weitreichende Kombinationsmöglichkeiten der Abscheidung unterschiedlicher Schichtmaterialien auf eng begrenzten Flächen gewählt werden können. Die geringen möglichen Beschichtungszonen auf dem kontinuierlichen durch die Anlage laufende Band erlauben



Steckverbinderrohreile, bei denen nur die Spitzen vergoldet sind

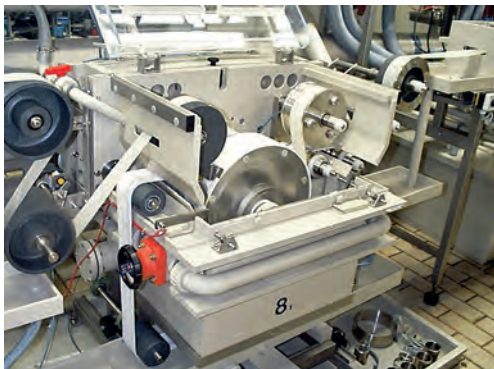


Leadframe im Rohzustand und bestückt

es, geringe Schichtdicken mit deutlich unter einem Mikrometer in sehr engen Toleranzen abzuschneiden. Eine der wichtigen Edelmetallschichten für Steckverbinder ist Hartgold, eine Legierung aus Gold mit

einem sehr geringen Anteil (deutlich unter 1 %) an Kobalt oder Nickel. Die Schichten zeichnen sich durch einen geringen Übergangswiderstand, gute Korrosionsbeständigkeit und hohe Verschleißfestigkeit aus. Zur Einsparung von Gold wird oft eine Kombination aus Palladium-Nickel und einer sehr dünnen Goldschicht verwendet.

Neben Steckverbindern in den verschiedenen Ausführungen eignen sich Leadframes zur Beschichtung in Bandanlagen. Bei der Beschichtung von Leadframes handelt es sich um eine Kombination aus Nickel und drei Goldschichten mit einer Gesamtdicke der Edelmetallschicht von weniger als 2 Mikrometer. Bondschichten aus Silber bestehen beispielsweise aus Nickel, Kupfer und zwei Silberschichten, wobei die Dicke der Silberschichten bei 2 bis 5 Mikrometer liegt. Einige Elektrolyten erlauben Stromdichten bis 250 A/dm^2 , wodurch Abscheidengeschwindigkeiten um 1 Mikrometer pro Sekunden möglich sind. Dabei ist aber auch zu berücksichtigen, dass die Abscheidung unter anderem von der Konzentration der Metallionen, von der Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit sowie der Viskosität des Elektrolyten abhängen. Somit erlaubt diese Eigenschaft es auch, dass durch Änderung der Parameter die Abscheidung optimiert wird. Eine Technik zur Veränderung der Schichtverteilung auf der Oberfläche der Bauteile kann deshalb in der Gestaltung von Düsen zum Auftrag des Elektrolyten auf die Oberfläche sein. Zu den verschiedenen Selektivtechniken gehört im einfachsten Fall das selektive Eintauchen. Durch Einbringen von Blenden kann hier die Verteilung der abgeschiedenen Schicht modifiziert werden. Etwas



Meco-Technik zur Abdeckung von Bereichen auf Bändern, die nicht beschichtet werden sollen

aufwändiger ist die Selektivität durch Verwendung von Maskierungen. Neben einer Einsparung an Edelmetall kann durch die kleinere freie Fläche auch die Abscheidengeschwindigkeit erhöht werden. *Alexander Peters* stellte einige der verwendeten Varianten der Abdeckung vor.

Fehler oder Schäden

Um beispielsweise Rückrufaktionen bei Automobilunternehmen zu vermeiden, die immense Summen kosten und das Image schwer schädigen können, werden nach Aussage von *Dr. Olaf Günnewig* Schäden und Fehler bei einzelnen Produkten bereits in frühen Phasen analysiert. Der existierende Zeit-, Kosten und Personaldruck fördert das Auftreten von Fehler durch häufig nicht ausgereifte Produkte.

Problematisch ist häufig, dass die typische Fehlerlaufzeit bei etwa einem Jahr liegt. Dies ist die Zeit zwischen dem Verbauen von fehlerhaften Teilen und dem Auftreten der ersten Fehler; während dieser Zeit werden weiterhin fehlerhafte Teile verwendet. Abhilfe schafft hier eine frühzeitige, zum Teil entwicklungsbegleitende Prüfung von Produkten und Identifizierung von Schwachpunkten. Dazu werden beispielsweise Komponenten unter betriebsähnlichen Bedingungen stark belastet. Derartige Projekte werden vom Unternehmen des Referenten für verschiedene elektrische und elektronischen Komponenten, Sensoren und Aktoren oder sonstige Bauteile in Fahrzeugen durchgeführt.

Im Bereich der Elektronik und Elektrotechnik stellt sich heute die Situation so dar, dass die Systeme in Fahrzeugen oder Flugzeugen sehr komplex sind und sehr hohen Belastungen ausgesetzt werden. Als typische Ausfallursachen bei Steckverbindern gelten hier unter anderem die Bildung von Schichten, Vibrationen oder Verschleiß.

Im Falle von widerstandserhöhenden Schichten wird unter anderem die Elektronenmikroskopie mit EDX oder TOF-SIMS eingesetzt. Damit wird eine Aussage über die Art der an der Oberfläche vorhandenen Elemente und deren Häufigkeit gewonnen. Mit XPS werden Schichten tiefenabhängig aufgelöst. Das Verfahren liefert neben den Elementen auch Aussagen über Bindungen.

An Hand von unterschiedlichen Beispielen stellte *Dr. Günnewig* dar, wie sich Fehler im ersten Schritt zeigen, wie die Analyse abgewickelt wird und welche

Verfahren und deren Charakteristika

	AES	XPS	TOF-SIMS
Anregung	Elektronen	Röntgenstrahlen	Ionen
Messprinzip	Energieverteilung der Augerelektronen	Energieverteilung der Photoelektronen	Masse und Ladung der Sekundärionen
Nachweistiefe / Tiefenauflösung	0,5 nm – 5 nm	0,5 nm bis max. 10 nm	0,5 nm
Nachweisempfindlichkeit	ca. 0,5 – 5 Atom%	ca. 0,1 bis 1 Atom%	$10^9 - 10^{12}$ Atome/cm ²
laterale Auflösung	10 nm	10 µm bis 30 µm	0,5 µm
Aussage zur chemischen Beschaffenheit	nur bedingt	gut	sehr gut (lange Molekülketten)
Tiefenprofil	ja	ja, bis ca. 10 nm auch winkelaufgelöst	ja für flache Profile

Rückschlüsse aus den Ergebnissen geschlossen werden können. Wie bei vielen technischen Problemen stellt auch hier die mangelhafte Kommunikation zwischen den einzelnen Prozessstufen bei der Herstellung von Bauteilen einen nicht zu unterschätzenden Nachteil dar.

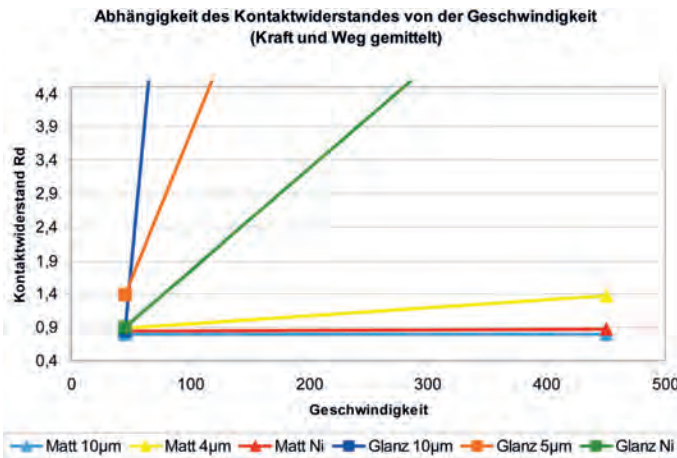
Zinn und Zinnschichten

Wie *Thomas Wielsch* ausführte, steigen die Anforderungen an Zinnschichten kontinuierlich. Um die elektromechanischen Eigenschaften, die ein Steckverbinder aufweisen muss, erfüllen zu können, wird die Abscheidung von Zinn in unterschiedlicher Weise angepasst. Darüber hinaus muss zur Erfüllung der Anforderungen das Grundmaterial betrachtet werden.

Dies beginnt bei der Materialauswahl, geht über die Oberflächenbearbeitung bis hin zur Vorbehandlung vor dem Beschichten.

Für die vom Referenten diskutierten Steckverbinder kommen verschiedene Schichtsysteme in Betracht, wie Glanz- und Mattzinn auf einer Unterschicht aus Nickel (aus einem Sulfamatelektrolyten) sowie Zinn (galvanisch und Schmelzzinn) direkt auf das Substrat aufgebracht. Solche Schichtsysteme wurden mit verschiedenen Methoden genauer untersucht. Dazu gehören die Benetzungsprüfung, die Neigung zur Whiskerbildung, die Schichtmorphologie sowie die tribologische Prüfung.

Die Benetzungsprüfung zeigte Unterschiede zwischen Matt- und Glanzzinn mit Unternickelung.



Beispiel für den Zusammenhang zwischen Widerstand und Steckgeschwindigkeit

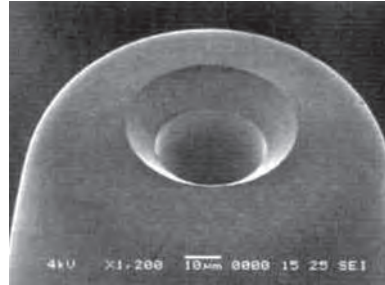
Deutlich anders sind die Ergebnisse bei Schichten ohne Unternickelung, wobei vor allem nach Alterung deutliche Entnetzungsvorgänge zu vermerken sind. Vergleichbare Ergebnisse erbrachte der Praxisversuch mittels Wellenlötens sowie das Reflowlötens. Stets war bei Glanzzinn auf Substrat ohne Nickelzwischen-schicht eine deutliche Entnetzung festzustellen.

Eine weitere Charakterisierung der Beschichtungen bezog sich auf die Neigung zur Whiskerbildung. Die untersuchten Proben zeigten zum Teil eine sehr hohe Whiskerdichte, wobei bei hoher Whiskerdichte meist relativ kurze Whisker entstehen.

Ein großes Thema bei Steckverbindern kommt der Tribologie zu. Tribologie ist dann als Systemeigen-schaft wichtig, wenn zwei Kontaktpartner gegeneinander eine Relativbewegung ausführen. Um die Tribologie genauer zu untersuchen, wurde ein entsprechende Messgerät eingerichtet, bei dem das Stecken und Ziehen simuliert wurde. Unter Heranziehen einer statistischen Versuchsplanung konnte eine relativ große Zahl an Parametern auf deren Wirksamkeit hin untersucht werden. Ein Ergebnis mit drastischer Änderung liegt beim Kontaktwiderstand bei unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten vor: Glanzzinnschichten zeigen eine drastische Änderung des Kontaktwiderstands. Insgesamt ergibt sich die Empfehlung, eine hohe Kontaktkraft und einen niedere Reibgeschwindigkeit zu verwenden, um einen niederen Kontaktwiderstand zu gewährleisten. Die besten Reibbeiwerte werden bei Verwendung einer Unternickelung erzielt.

Drahtbonden

Beim Bonden unterscheidet man, wie *Stefan Schmitz* im letzten Beitrag zu Beginn ausführte, zwischen verschiedenen Verfahren (Ball/Wedge, Wedge/Wedge), Energieformen beim Bonden (Ultrasonic, Thermo-compression, Thermosonic) sowie der Halbzeugverarbeitung. Beim Ball/Wedge werden Golddrähte und beim Wedge/Wedge Aluminiumdrähte verarbeitet. Für das Bonden wären Goldschichten der beste Untergrund, allerdings ist die Auftragung nur bedingt möglich. Aus diesem Grund wird auf andere Schichtsysteme wie chemisch abgeschiedenem Nickel mit Gold, chemisch abgeschiedenes Silber (Ball/Wedge) sowie chemisch Nickel + Gold, chemisch Silber sowie Nickel bei Wedge/Wedge zurückgegriffen. Beim Ball/Wedge-Bonden ergeben sich technik-



Spitze der Kapillare zum Bonden

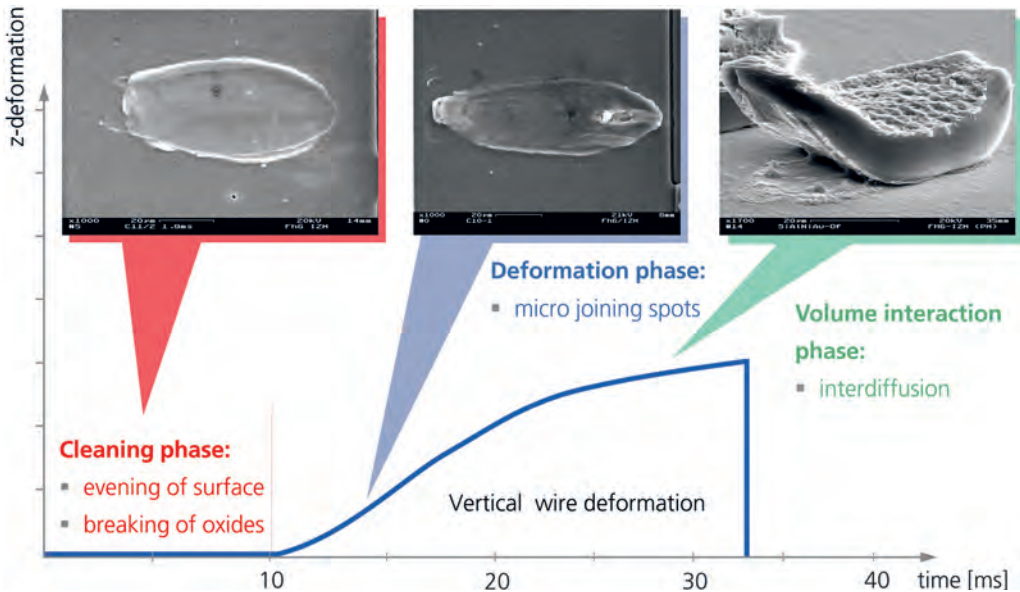
bedingt zwei vollständig unterschiedliche Verbindungen: eine flachgedrückte Kugel und einen abgequetschten Draht. Hinzu kommt, dass die Goldoberfläche der Kontaktfläche des Substrats teilweise durchgerieben wird, was einen gewissen Nachteil ergibt.

Beim Wedge/Wedge-Bonden wird der Bonddraht in einem Winkel von 45° eingeführt und nach dem Aufsetzen auf die Oberfläche plattgedrückt. Hier zeigen beide Kontakte das selbe Erscheinungsbild. Wichtig ist, gut beschichtete Oberflächen anzubieten.

Beim Dickdrahtbonden wird mit Drähten in der Größenordnung von 500 Mikrometer gearbeitet, während bei den zuvor genannten Verfahren die Drähte um 25 Mikrometer dick sind. Bei allen Verfahren ist darauf zu achten, dass die Drähte in Nähe der Bondstelle nicht zu sehr mechanisch belastet werden. Anderenfalls werden die elektrischen und mechanischen Eigenschaften der Verbindungen nachteilig verändert.

Das Bonden wird in verschiedene Phasen unterteilt: der erste Schritt wird als Reinigungsphase bezeichnet, bei der noch keine Verbindung aufgetreten ist. Im zweiten Schritt erfolgt die Deformation und im dritten nach Herstellung der eigentlichen Verbindung die Bildung einer intermetallischen Phase durch Nachlieferung der Energie.

Genauere Untersuchungen haben gezeigt, dass beim Aluminiumdrahtbonden auch nach dem Bonden die Goldschicht unbeschädigt vorhanden ist und sich zwischen Gold und Aluminium eine intermetallische Phase gebildet hat. Aus diesem Grund ist es wichtig, eine optimale Goldschicht herzustellen, dies bedeutet auf jeden Fall eine im Nanometerbereich möglichst gleichmäßige Dicke der Goldschicht zu erzielen. Für die verschiedene Drahtmaterialien und -ausführun-



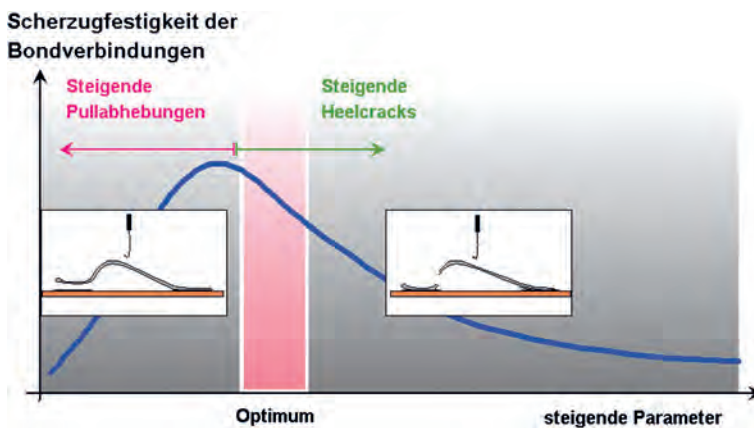
Phasen der Verbindungsbildung

gen sind unterschiedliche Drähte zu empfehlen. Mit einer Ausnahme gibt es eigentlich keine Universalbauten.

Abschließend gab der Referent einen Überblick über die Fülle der Parameter, die die Qualität einer Bondverbindung beeinflussen. Diese reichen, wie bei vielen anderen Produktionsprozessen von der Auswahl und Bearbeitung des Grundmaterials über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Anlagen und Maschi-

nen bis hin zur Qualität der zugekauften Werkstoffe und dem Personal, das das Bonden betreut. Zu den wichtigeren Größen gehören beispielsweise die Kontamination der Bondoberflächen oder die Haftfestigkeit der abgeschiedenen Schichten.

Die Charakterisierung der Bondverbindungen erfolgt unter anderem durch den Pulltest, bei dem die Kraft zum Abreißen eines Bonddrahts bestimmt wird. Besonders wichtig ist bei diesem Verfahren die Bewer-



Scherzugkräfte bei steigender Parameterwirksamkeit



tung der Reißstellen, das heißt die Definition, wie der Abriss erfolgt ist. Ein weiteres Prüfverfahren ist der Schertest. Der optimale Zustand liegt vor, wenn der Bruch im Material der abgeflachten Kugel des Drahtes auftritt.

Fazit

Die Aufbau- und Verbindungstechnik spielt heute eine nicht zu unterschätzende Rolle, auch wenn, wie bei den Referenten des Seminars mehrmals angeklungen ist, derzeit kaum finanzielle Mittel für weitergehende Forschungen zur Verfügung gestellt werden. Dabei stellt vor allem die voranschreitende Miniaturisierung mit der damit verbundenen höheren Wärmeentwicklung auch für die Verbindungselemente der Elektronik eine große Herausforderung

dar. Hinzu kommt, dass einige Werkstoffe wie beispielsweise Blei, die bisher gute Dienste geleistet haben, nicht mehr oder in deutlich verringertem Umfang eingesetzt werden können. Und schließlich wird sowohl eine hohe Zuverlässigkeit, aber auch eine stetige Kostenreduzierung gefordert.

Das Seminar der *Umicore Galvanotechnik* und des *Z.O.G.* hat einen sehr interessanten und weitreichenden Überblick über die Technologien zur Aufbau- und Verbindungstechnik geliefert. Die Referenten haben es ausgezeichnet verstanden, den Blick auf die Schwierigkeiten und Möglichkeiten der heutigen Technologien, aber auch die zu erwartenden Schwierigkeiten und Herausforderungen zu lenken.

Umicore Galvanotechnik GmbH, Klarenbergstraße 53-79,
D-73525 Schwäbisch Gmünd; www.umicore-galvano.com

Reflowlötten

Grundlagen, Verfahren, Temperaturprofile und Lötfehler

Von Dr. Hans Bell. Erste Auflage 2005. 216 Seiten mit 217 Abbildungen und 41 Tabellen. ISBN 3-87480-202-7. Preis € 58,- inkl. MwSt., zuzüglich Porto

Das Buch soll Praktiker der Baugruppenfertigung mit den Facetten des Reflowprozesses vertraut machen, wobei Grundzüge des Weichlötens und Prinzipien der Wärmeübertragung erläutert werden.

Eugen G. Leuze Verlag KG

Karlstraße 4 · D-88348 Bad Saulgau · Tel. 07581/4801-0 · Fax 07581/4801-10
buchbestellung@leuze-verlag.de · www.leuze-verlag.de