

FISCHER LEITERPLATTEN GmbH
Witten

**Identifizierung und Entwicklung einer neuartigen,
ökologisch verträglichen und ökonomisch
optimierten Verfahrenskette zur Erzeugung
dauerlötbarer Leiterplattenoberflächen**

Acronym: Nickel-/Gold-Beschichtung

Abschlußbericht

**über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert von der**

DBU Deutschen Bundesstiftung Umwelt

unter AZ: 26578 – 21 / 0

von

Peter Wagner

Juli 2010

06/02Projektkennblatt		der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	26578	Referat	21/0	Fördersumme	125.000,00 EUR
Antragstitel		Identifizierung und Entwicklung einer neuartigen, ökologisch verträglichen und ökonomisch optimierten Verfahrenskette zur Erzeugung dauerlötbarer Leiterplattenoberflächen Acronym: Nickel-/Gold-Beschichtung			
Stichwörter		Leiterplatten, PCB, Multilayer, lötbare Oberflächen			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
24 Monate		02.07.2008		01.07.2010	
Projektphase(n)		keine			
Zwischenberichte		alle 6 Monate Kurzbericht			
Bewilligungsempfänger		FISCHER LEITERPLATTEN GmbH		Tel 02302 963510	
		Wullener Feld 15		Fax 02302 963511	
		58454 Witten		Projektleitung	
				Peter Wagner	
				Bearbeiter	
Kooperationspartner					
Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens					
<p>Gegenstand des Vorhabens war die Entwicklung einer neuartigen Prozeßkette zur Beschichtung von Leiterplatten. Das Ziel besteht darin, sowohl die Dauerlöteigenschaften der Leiterplatten gegenüber herkömmlichen Verfahren zu verbessern als auch die Mengen der eingesetzten Rohstoffe und Energien beträchtlich zu reduzieren. Das Verfahren gestattet in einem vereinheitlichten Prozeß, Leiterplatten sowohl für den Einsatz in Standard-Verzinnungsverfahren (Heißluftverzinnung) als auch für High-End-Anwendungen herzustellen. Die Einsparung von Ressourcen zusammen mit der gegenüber herkömmlichen Verfahren stark vereinfachten Prozeßführung führt zu einer Kostensenkung und gleichzeitigen Qualitätssteigerung in der Leiterplattenfertigung mit der Folge, daß die Attraktivität der inländischen Fertigungsressourcen gegenüber der Konkurrenz aus Fernost zunimmt. Besondere Bedeutung erlangt das neue Verfahren auch dadurch, daß einige infolge der Einführung bleifreier Lote aufgetretene Probleme – wie etwa verstärkter Kupferabtrag bei höheren Prozeßtemperaturen – eliminiert werden.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
<p>1. Erstellen Pflichtenheft für die Identifikation, Entwicklung und Optimierung eines Beschichtungssystems als Grundlage für die Entwicklung eines robusten, praxisgerechten und umweltfreundlichen Verfahrens zum Einsatz in industrieller Fertigung</p>					
<small>Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de</small>					

2. Identifikation der einzelnen Prozeßschritte für die Prozeßkette
physikalische und chemische Mechanismen
3. Basic Engineering des Systemprozesses
4. Detail Engineering, Aufbau Erprobungsanlage, Versuchsbetrieb
Konstruktion, Beschaffung und Fertigung
Planung und Durchführung von Versuchsserien, Verifizierung der Eignung der Systembeschichtung für unterschiedliche praktische Anwendungen unter Verwendung industriüblicher Leiterplattenbeispielen
5. Ökonomische / ökologische Bilanzierung

Ergebnisse und Diskussion

Das **wichtigste Ergebnis** des Projektes ist, daß das **Vorhabensziel**, eine **neuartige, ökologisch verträgliche und ökonomisch optimierte Verfahrenskette zur Erzeugung dauerlötbarer Leiterplattenoberflächen** zu entwickeln, **erreicht werden konnte**.

Außerdem konnten im Laufe der durchgeführten Entwicklung weitere damit im Zusammenhang stehende Ergebnisse erzielt werden:

- ein Fluxmittel wurde formuliert, das einen Verzicht auf die Heißluftverzinnung der Leiterplatten ermöglicht
- Beherrschen von Flüssigkeitseinlagerungen in Multilayer-Platinen, die früher bei plötzlicher Erhitzung spontan verdampften und zu Abrissen der Kontaktierungen in den Bohrlochwandungen führen konnten
- Einsparung des mechanischen Bürstens durch Erzeugen einer mikro-rauen Nickelschicht
- drastische Reduzierung von Korrosionen des Kupfers in den Verbindungsbohrungen infolge von Lötstoplackresten, die in den Bohrungen verblieben sind und den Aufbau einer deckenden Nickelschicht verhindert haben.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Der vorliegende Projektstatus macht weiterführende Untersuchungen erforderlich und kann noch nicht der Fachöffentlichkeit vorgestellt werden. Bei den angesprochenen Kunden gab es lebhaftes Interesse am neuen Verfahren, und es wurden Leiterplatten zum Test unter realen Bedingungen ausgegeben.

Zu diesen Tests gehören insbesondere Langzeituntersuchungen, die die Erprobung der Langzeitlagerfähigkeit zum Gegenstand haben. Die Ergebnisse sollen abgewartet werden, um anschließend auf gesicherter Erkenntnisbasis die Fachöffentlichkeit zu informieren durch Internetauftritte und Messepräsentationen sowie Veröffentlichungen in Fachmedien und Verbänden.

Fazit

Die im Antrag beschriebenen Ziele konnten nicht nur vollständig erreicht werden, sondern es wurden **zusätzliche umweltbezogene und wirtschaftlich/technische Fortschritte** erzielt:

- ✓ Gewährleistung einer hochpräzisen Topographie der Leiterplatten in den Nickelpads und
- ✓ eine hervorragende praxisgerechte Rauigkeit der erzeugten Nickeloberflächen).
- ✓ Außerdem konnte die Verarbeitung von Multilayer-Leiterplatten mit Feuchteeinlagerungen, die sich bei plötzlicher Temperatureinwirkung entsprechend ausdehnen und zu Abrissen der Durchkontaktierungen – damit zum frühen oder auch gefürchteten späteren Ausfall der Schaltung – führen können, prozeßsicher gestaltet werden. Die im Antrag quantifizierten Einsparpotentiale sind ausnahmslos zu realisieren.

Inhalt

- 1 Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen
- 2 Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen
- 3 Zusammenfassung
- 4 Einleitung
- 5 Hauptteil
- 6 Fazit

1 Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen

- Abb. 1 Vereinfachung der Komplexität der Bearbeitung
Abb. 2 Stand der Technik
Abb. 3 Einzelne Prozessschritte
Abb. 4 Gegenüberstellung herkömmliches vs. neues Verfahren
Abb. 5 Einsparpotentiale
Tab. 1 Erzielte Projektergebnisse
Tab. 2 Zusätzlich erzielte Projektergebnisse
Foto 1 Integration der Versuchsanlage in die Produktionslinie
Foto 2 Kontrolle einer nickelbeschichteten Leiterplatte
Foto 3 Leiterplatte: gebohrt, Bohrlöcher leitfähig gemacht, fotosensibel beschichtet, Kupferschichtdicke galvanisch auf Sollmaß gebracht
Foto 4 Leiterplatte mit abgeschiedener Nickelschicht
Foto 5 Gestrippte Leiterplatte (Fotoresist-Schicht wurde entfernt)
Foto 6 Geätzte Leiterplatte
Foto 7 Leiterplatte mit Lötstoplack, fototechnisch strukturiert und entwickelt
Foto 8 Leiterplatte: die Nickelschicht wurde mit HAL-Verfahren verzinkt

2 Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

Abkürzungen:

- BGA** **Ball Grid Arrays;** Löt pads unterhalb des Bauelementes; diese Löt pads sind nach dem Einlötvorgang nicht mehr sichtbar
- HAL** **Hot Air Levelling;** Heißluftverzinnung
- MSR** **Mess-, Steuer- und Regelsystem**
- PCB** **Printed Circuit Board;** gedruckte Leiterplatte

Es werden durchgängig die in der Physik üblichen Einheiten benutzt¹.

¹ Symbole, Einheiten und Nomenklatur in der Physik, Dt. Ausgabe von *Symbols, Units and Nomenclature in Physics*, Document U. I. P. 20 (1978), Physik Verlag, Weinheim, 1980

3 Zusammenfassung

Durchgeführte Untersuchungen, Entwicklungen, Modellanwendungen mit Angabe des Ziels

Ziel:

Ziel war, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem moderne Leiterplatten kostengünstiger, schneller und umweltfreundlicher für die anschließende Bestückung beschichtet (Zinn bzw. Gold) werden können.

Die Einführung der bleifreien Lote hat unter anderem das Problem mit sich gebracht, daß Leiterplatten nach der Verzinnung je nach Lagerzeiten und der dabei herrschenden Umweltbedingungen (Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen, chemische Einwirkungen) nur schwer bzw. gar nicht mehr lötlbar waren bzw. sind. Die verzinneten Leiterbahnen nehmen beim Lötprozeß (Festlöten der Bauteile) nur schwer Lötzinn an mit der Folge, daß schlechte Lötstellen entstehen, die dann wiederum zu Ausfällen der Leiterplattenschaltungen führen. Die Dauerlötfähigkeit verschlechterte sich rapide, die Prozeßsicherheit ohne Zusatzmaßnahmen war nicht mehr gegeben.

Zusätzliche Bearbeitungsschritte wurden erforderlich, um die schlecht lötbaren Oberflächen zu aktivieren. Diese notwendigen zusätzlichen Schritte begünstigen Fertiger in Niedriglohnländern gegenüber inländischen Fertigern/Bestückern und wirken sich damit negativ auf die hiesigen Arbeitsplatzbedingungen aus. Neben diesen ökonomischen und technischen Nachteilen sind damit auch ökologische Nachteile verbunden, wie später beschrieben wird.

Ziel des vorliegenden Projektes war daher, den Verzinnungsprozeß radikal zu vereinfachen und die ökonomischen und ökologischen potentiellen Vorteile – Energieeinsparung, Schonung der Ressourcen, Wassereinsparung, Reduzierung Abwassermengen, Vermeidung neurotoxischer Gase etc. – nutzbar zu machen.

Durchgeführte Untersuchungen

Die Untersuchungen betrafen hauptsächlich:

- Haft-Festigkeit der Schichtsysteme
- hoher Duktilität der Nickelschicht
- Streuverhalten (Einsatz von Reverse-Pulse-Plating)
- Reduzierung der Sprödigkeit
- Reduzierung der Oxidationsanfälligkeit
- Anforderung an Mindest-Nickelschichtstärken für Ni+Au und Ni+HAL.
- Reduzierung der Au-Schicht auf ein Minimum bei gleichzeitigem Erhalt der Dauereinsetzbarkeit/Lötaffinität der zwischengelagerten Leiterplatten
- Reduzierung der Kosten des Gesamtprozesses und

- Prüfung der bestückten Leiterplatten mittels Wechselklima- und Vibrationstests
- Verbesserung der elektrischen Leiteigenschaften für hochfrequente Wechselspannungen (Skin-Effekt) für High-End-Anwendungen
- Identifizierung von zusätzlich verzichtbaren Prozessschritten

Erzielte Ergebnisse

Die im Antrag vorgestellten Ziele konnten vollständig erreicht werden und gehen aus untenstehender Tabelle hervor.

Ergebnisse des Neuen Verfahrens gemäß Antrag auf einen Blick	NEUES VERFAHREN
Eignung für	
- Standard-Anwendungen	✓
- High-End-Anwendungen	✓
Einsparung von...	
- teurer Prozeßchemie	✓
- 730 t Zinn p.a.	✓
- 700.000 kWh p.a. hierfür	✓
- 80 m ³ Kupfer p.a.	✓
- 1,7 Mio kWh p.a. hierfür	✓
- 4.800 m ³ Salpetersäure plus Additive p.a.	✓
- 4.000 t Lötzinn /a	✓
- Spülwasser	✓
- Abwasser	✓
- Investkosten	✓
- Herstellkosten	✓
- Betriebsflächen	✓

Tabelle 1: Erzielte Projektergebnisse

Über die Ziele des Antrages hinaus konnten weitere Ergebnisse erzielt werden, die die Kosten und Komplexität des Verfahrens weiter einschränken:

<u>Zusätzliche</u> Ergebnisse des Neuen Verfahrens	NEUES VERFAHREN
Formulierung eines neuen Fluxmittels Vorteil: Verzicht auf Heißluftverzinnung möglich (unter Vorbehalt)	✓
Beherrschen von Feuchteeinlagerungen in Multilayer-Leiterplatten Vorteil: Abreißen der Kontaktierung auf Bohrlochwandungen wird verhindert	✓
Mechanischer Bürstvorgang verzichtbar Erzeugung einer μ -rauen Nickelschicht ersetzt mechanischen Aufrauh- Vorgang Vorteil: Reduzierung der Prozeßschritte; Energieeinsparung	✓

Tabelle 2: Zusätzlich erzielte Projektergebnisse

Nachfolgende Übersicht stellt das neue Verfahren gegenüber denen nach dem Stand der Technik dar:

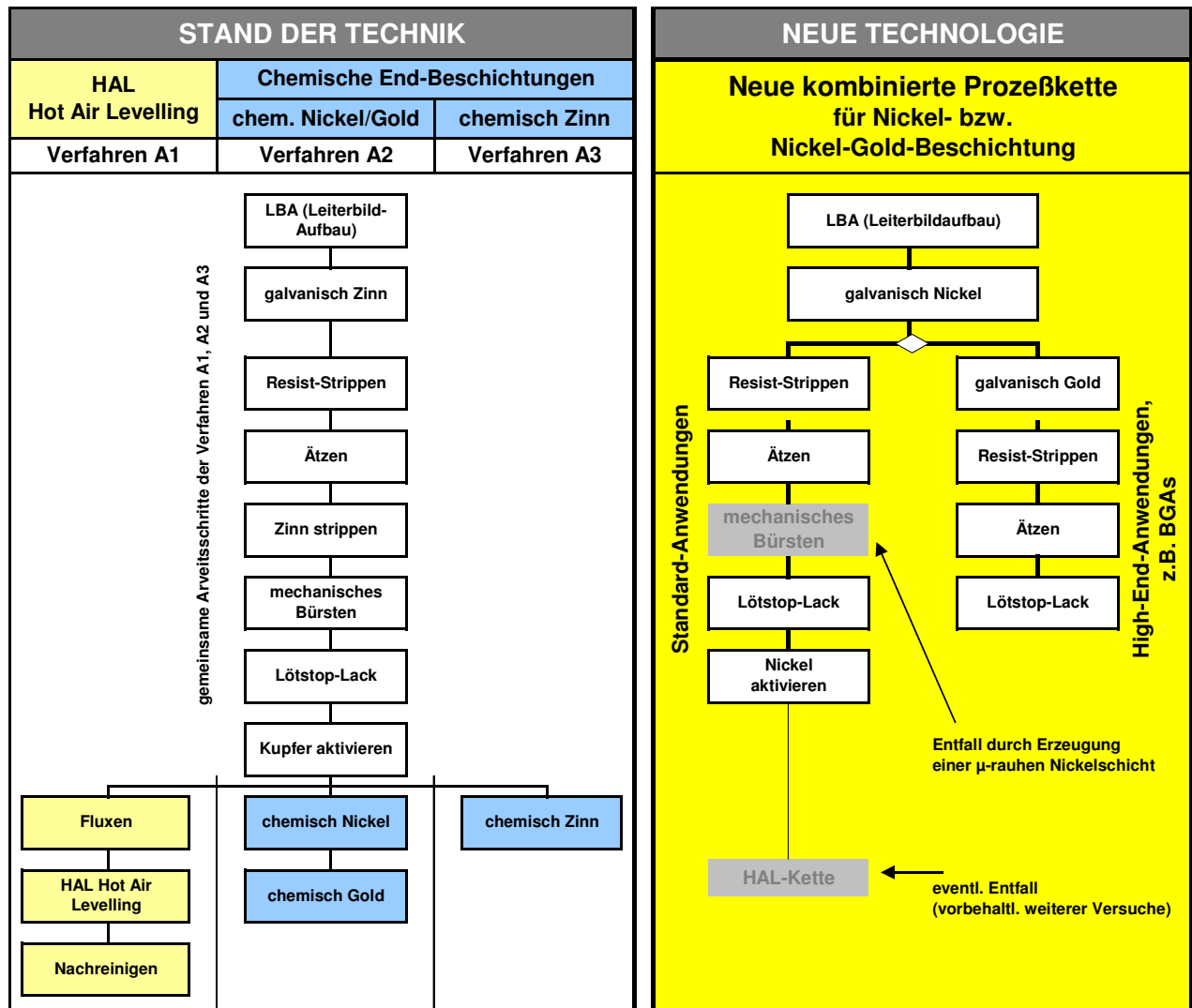


Abb. 1: Die Komplexität der Bearbeitung kann dank des neu entwickelten Verfahrens erheblich vereinfacht werden und damit gleichermaßen ökonomische wie ökologische Vorteile nutzbar machen.

Empfehlungen für das weitere Vorgehen / Ausblick

Das Verfahren muß für die Praxis ertüchtigt und parallel die Freigabe des Verfahrens (UL-Labor) betrieben werden, um die Akzeptanz durch die Partner (PANASONIC, MAN Diesel, SEVERIN, KOSTAL etc.) zu erwirken.

Eine weitere Empfehlung betrifft die Fluktuationen in der Nickel-Schichtdicke, die jetzt noch zu beobachten sind. Hier könnten Versuche mit Reversepuls-Gleichrichtern erfolgen. Wegen der Kosten für diese Gleichrichter (ca. 13 kEUR)

konnten im Rahmen dieses Vorhabens keine weiterführenden Versuche durchgeführt werden. Es wird erwartet, daß durch das Verfahren zusätzlich eine noch rauhere Nickelschicht gebildet werden kann, was wiederum zur verbesserten Haftfähigkeit führen würde.

Nach Abschluß des Projektes wird diese Frage weiterverfolgt; es ist beabsichtigt, einen Reverse-Pulse-Gleichrichter selber zu entwickeln, der speziell auf die Anlage zugeschnitten ist, und der in die Anlage implementiert wird.

Angaben von Kooperationspartnern und Hinweis auf die Förderung durch die DBU

Das Verfahren wurde mit den Partnern u. a. von PANASONIC diskutiert unter Hinweis auf das mittelstandsgerechte Engagement durch die DBU. Wegen der möglichen Kosteneinsparungen – und damit Rückkehr zur „heimischen“ Fertigung – wurde die Entwicklung mit großem Interesse verfolgt und wird auch nach Abschluß des Vorhabens fortgesetzt.

Auf ebenso vitales Interesse ist die Entwicklung bei dem Unternehmen McDermid gestoßen, das u. a. chemische Produkte für die Galvano- und PCB-Industrie herstellt bzw. vertreibt.

4 Einleitung

Ausgangssituation

Die herkömmliche Leiterplattenfertigung ist charakterisiert durch eine Vielzahl von Faktoren, die den Herstellungsprozeß aufwendig – und damit lohnintensiv – gestalten. Hinzu kommt eine Reihe technischer Probleme. Nachfolgend sind die hauptsächlichlichen Problemfelder bezeichnet, die dazu geführt haben, die vorliegend beschriebene Entwicklung in Angriff zu nehmen.

Erhalt der Anwendbarkeit der HAL

Die Heißluftverzinnung HAL (Hot Air Levelling) stellt ein praxisbewährtes und prozeßsicher beherrschtes Verzinnungsverfahren dar, das auch künftig in sicherheitsrelevanten Anwendungen (Automotive, MIL, Medizintechnik etc.) angewendet werden wird. Einschränkend muß erwähnt werden, daß bei dieser Technik ein Diffusionsprozeß einsetzt, bei dem das Kupfer in die Zinnschicht diffundiert und damit die Lötbarkeit einschränkt bzw. – bei Zwischenlagerzeiten oberhalb einiger Monate – sogar verhindert. Daher muß sichergestellt werden, daß die Leiterplattenverzinnung mit neuentwickelten Verfahren kompatibel bleibt und die Ausbildung einer „Kupfer-Zinn-Diffusion“ zuverlässig verhindert wird.

Höhere geometrische Qualität

Der steigende Einsatz von miniaturisierten Bauteilen und Komponenten macht eine höhere Qualität der Beschichtung der Leiterplatten notwendig. Beispielsweise gestattet die Montage von ICs nur minimale Abweichungen in der Planarität der Löt pads auf der Leiterplatte.

Reduzierung der Anzahl an Prozeßschritten

Komplexe Fertigungsmethoden mit vielen Prozeßschritten begünstigen die Verlagerung der Herstellung in Niedriglohnländer mit allen bekannten Problemen. Eine Rück-Verlagerung der Fertigung in das Inland ist daher entscheidend davon abhängig, wie viele Zwischenschritte durch das neue Verfahren eingespart werden können.

Neue Herausforderungen durch Einführung der Bleifrei-Technik (RoHS)

Bleifreilote erfordern **höhere Prozeßtemperaturen** wg. der höheren Schmelztemperatur dieser Lote. Damit verbunden ergeben sich mehrere Probleme:

- verstärkter Cu-Abtrag der Löt pads Leiterbahnen sowohl beim Anätzen als auch während des Verzinnungsvorganges
- Nachlötarbeiten erhöhen den Kupferabtrag zusätzlich

Das ist insofern kontraproduktiv, als in den vorangegangenen Herstellschritten der Leiterplatten das Kupfer mit hohem Energie- und Zeitaufwand aufgebracht worden ist.

Kritische Bereiche: Die Durchkontaktierungen

- Kontaktunterbrechnungen durch „Auflösung“ des Kontaktierungskanals bzw. Bildung von stationären Unterbrechnungen
- hohe Ausschußraten
- erst später auftretender Ausfall in der Praxis

Badbelastung

Das gelöste Kupfer reichert sich im Lötbad an und zwingt zu ökologisch und ökonomisch unerwünschten Badwechseln

Stand der Technik

Derzeit werden vier verschiedene Verfahren angewendet:

- HAL – Heißluftverzinnung
- chemisch Nickel/Gold
- chemisch Zinn
- organische Passivierung.

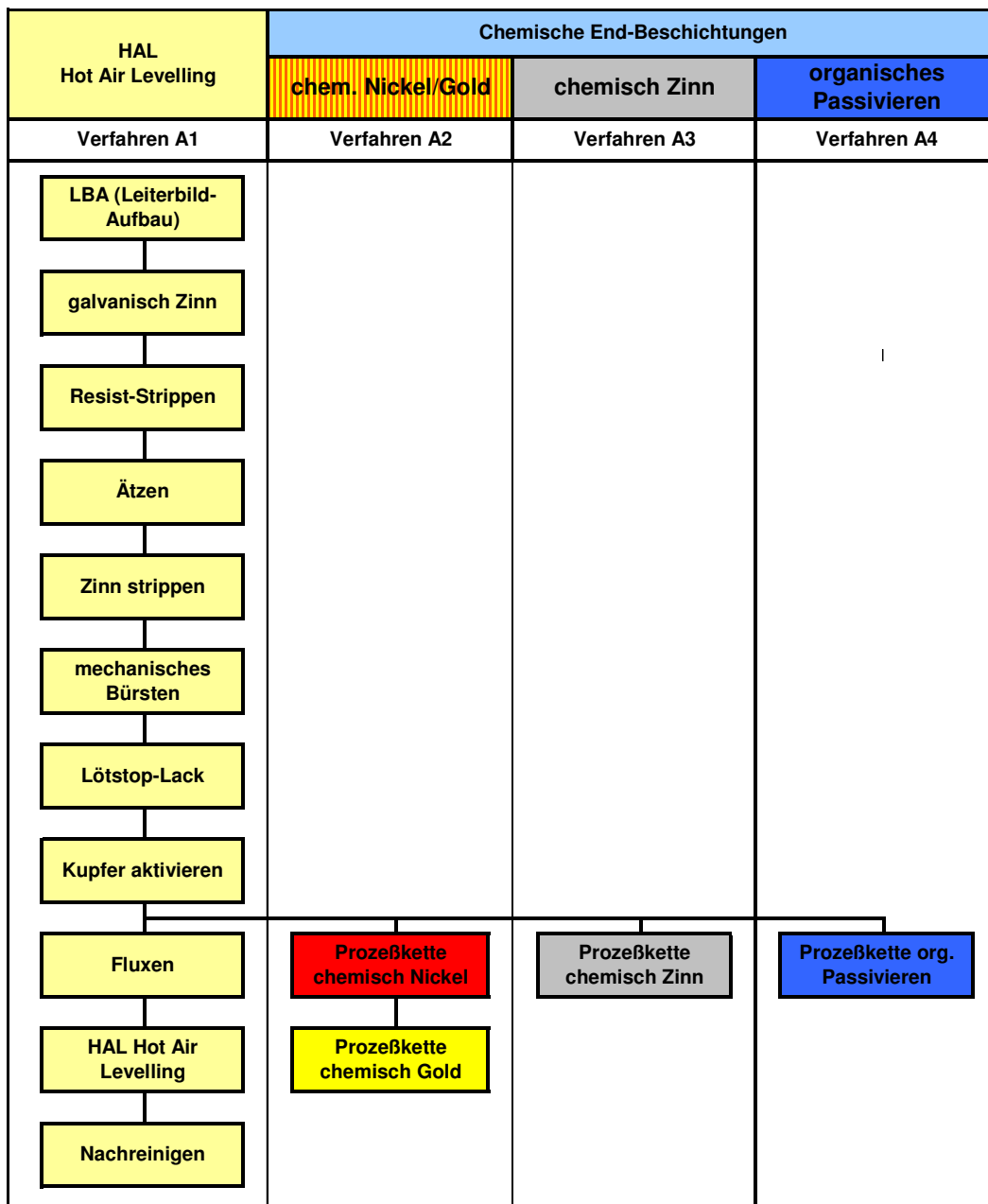


Abb. 2: Stand der Technik

Chemisch bedeutet in diesem Zusammenhang, daß die Schichten in einem Bad galvanisch aufgebracht werden.

Allen Verfahren gemeinsam ist die Vielzahl der benötigten Prozeßschritte und damit den Einsatz von Ressourcen vor Ort bzgl.

- Chemikalien und Rohstoffen
- Anlagen-Investitionen

- Platzbedarf
- Zeit
- Wartung.

Zielsetzung

Das Ziel bestand daher u. a. darin, die Anzahl dieser oben beschriebenen Schritte beträchtlich zu reduzieren.

Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung für das Projekt ergab sich aus der Zielsetzung und betraf :

Optimierung der Nickelschichten

Ni-Schicht soll Diffusionsprozeß (Cu diffundiert in Zinnschicht) unterbinden, sodaß die Lötbarkeit auch bei längerer Lagerung gewährleistet ist.

Erzeugung von mikrorauen Nickel-Oberflächen

Zur Herstellung einer ausreichenden Haftung des Lötstoplacks auf der Nickelschicht muß diese aufgeraut werden. Dies geschieht – wie ursprünglich geplant – mittels mechanischen Bürstens.

Durch geeignete Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Ni-Elektrolyten war es möglich, eine mikrorauhe Ni-Oberfläche herzustellen unter Verzicht auf den mechanischen Bürstvorgang. Zusätzlich wäre es möglich, durch Anwendung eines Reverse-Pulse-Gleichrichters die Topographie zusätzlich zu verbessern.

Überflüssigmachen einer Heißluftverzinnung

die bisherigen Versuche sind noch nicht abgeschlossen, die erzielten Ergebnisse deuten aber darauf hin, daß auf eine nachfolgende Verzinnung verzichtet werden kann; dies war zwar nicht das Ziel dieses Vorhabens, könnte aber den Herstellungsprozeß im Erfolgsfall weiter vereinfachen

Verhindern der Kupferanreicherung im Lotbad

das zuvor als Leiterbahn auf die Platte galvanisch aufgebrauchte Kupfer geht zu einem gewissen Anteil in dem Lot in Lösung, reichert sich dort an, und das Bad muß regelmäßig durch kupferfreies Lot bzw. neue Bäder ersetzt werden; dies ist weder ökonomisch noch ökologisch sinnvoll;

Eintrag von Nickel in das Lotbad

während der Eintrag von Kupfer unerwünscht ist, ist eine Anreicherung von Nickel aber geradezu erwünscht und muß bei anderen Technologien regelmäßig zugesetzt werden; dies ist nicht mehr notwendig, da sich Nickel im richtigen stöchiometrischen Verhältnis im Bad anreichert

Versuche mit verschiedenen Einstellungen von Fluxmitteln

mit dem Ziel, eventl. in einem späteren Entwicklungsschritt auf die chemische Vorbehandlung ganz verzichten zu können (ökonomisch und ökologisch vorteilhaft) durch entsprechende Formulierung des Fluxmittels (unter Vorbehalt).

5 Hauptteil

Darstellung Arbeitsschritte mit dabei angewandten Methoden und den erzielten Ergebnissen

Im Vordergrund des Projektes stand die Identifikation, Entwicklung und Erprobung eines geeigneten galvanischen Vernickelungs- und Vergoldungsverfahrens:

- Herstellen ausreichender Haft-Festigkeit der Schichtsysteme
- Forderung; hohe Duktilität der Nickelschicht
- Streuverhalten (Einsatz von Reverse-Pulse-Plating prüfen)
- Reduzierung der Sprödigkeit
- Reduzierung der Oxidationsanfälligkeit
- Anforderung an Mindest-Nickelschichtstärken für Ni+Au und Ni+HAL.
- Reduzierung der Au-Schicht auf ein Minimum bei gleichzeitigem Erhalt der Dauereinsetzbarkeit/Lötaffinität der zwischengelagerten Leiterplatten
- Reduzierung der Kosten des Gesamtprozesses / Schonung der Ressourcen
- Prüfung der bestückten Leiterplatten mittels Wechselklima- und Vibrationstests
- Verbesserung der elektrischen Leiteigenschaften für hochfrequente Wechselspannungen (Skin-Effekt) für High-End-Anwendungen

5.1 Erstellen Pflichtenheft für die Identifikation, Entwicklung und Optimierung eines Beschichtungssystems

Die Anforderungen an die zu entwickelnde Verfahrenskette wurden erfaßt und systematisiert. Dies bezieht sich u. a. auf die unterschiedlichen Gruppen von Leiterplatten, die branchenüblichen Vorgehensweisen bei der Verarbeitung und Lagerung, die Qualifikation des Personals und die gleichzeitige Akquisition von späteren Anwendern für den Probetrieb.

5.2 Identifikation der einzelnen Prozeßschritte für die Prozeßkette

Die elementaren Prozeßschritte sind:

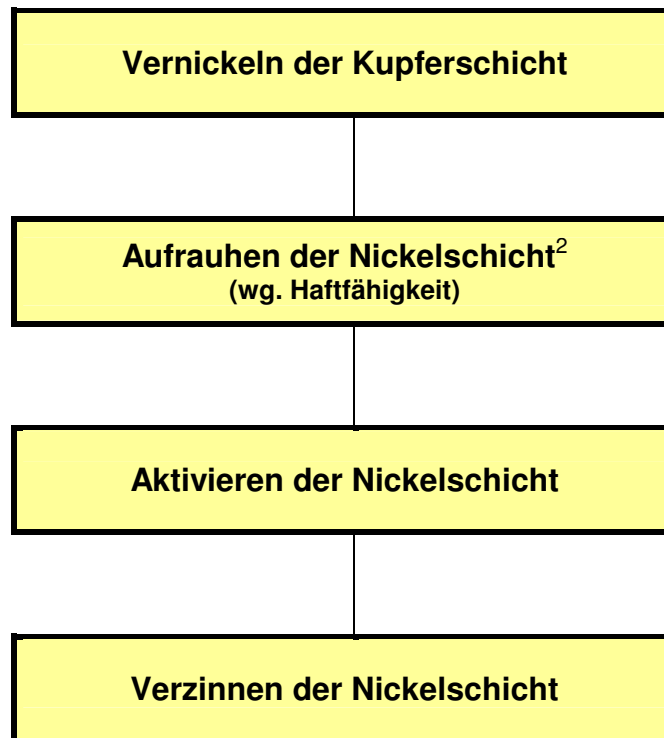


Abb. 3: Einzelne Prozessschritte

5.3 Basic Engineering des Systemprozesses

Die Bildung eines Prozeßkonzepts und seiner Auslegung betrafen:

- **Entwicklung des Nickelbades einschließlich der MSR und der chemischen online-Analyse des Bades**
- **Aktivierung der Nickelschicht**
- **Erhöhung des Oberflächenaustausches**

abhängig von Art und Lage sowie der Positionierung der Leiterplatte bei der Aktivierung besteht die Gefahr, daß stationär Bereiche verbleiben, die nicht ausreichend aktiviert sind; dieses Problem wurde strömungstechnisch gelöst

² kann später entfallen, da eine μ -raue Nickelschicht bei dem gewählten Verfahren entsteht

- Formulierung der Aktivierungschemie
- Formulierung des Fluxmittels vor der HAL-Stufe

5.4 Detail Engineering, Aufbau Erprobungsanlage, Versuchsbetrieb



Foto 1: Die Versuchsanlage ist in die Produktionslinie integriert



Foto 2: Die Leiterplatte ist mit Nickel beschichtet; hier erfolgt die Erfolgskontrolle mit einem Schichtdickenmeßgerät in Bohrungen

Die Erprobungsanlage ist in die bestehende Produktionslinie integriert.

5.5 Ausführliche ökologische, technologische und ökonomische Bewertung der Vorhabensergebnisse im Abgleich mit dem Stand des Wissens, der Technik, des Handelns und der gesetzlichen Mindestanforderungen; besonders darstellen: Umfang der zusätzlichen Umweltentlastung durch das Vorhabensergebnis

Bilanzierung ökonomischer und ökologischer Art der Ergebnisse aus dem Versuchsbetrieb gegenüber herkömmlichen Verfahren

Ergebnisse des Neuen Verfahrens auf einen Blick	NEUES VERFAHREN
Eignung für - Standard-Anwendungen - High-End-Anwendungen	✓ ✓
Einsparung von... - teurer Prozeßchemie - 440 t Zinn p.a. - 420.000 kWh p.a. hierfür - 50 m ³ Kupfer p.a. - > 1 Mio kWh p.a. hierfür - 2.900 m ³ Salpetersäure plus Additive p.a. - 2.4000 t Lötzinn /a - Spülwasser - Abwasser - Investkosten - Herstellkosten - Betriebsflächen	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓

Abb. 4: Gegenüberstellung der herkömmlichen gegenüber dem neuen Verfahren und Einsparungen; das ursprünglich für notwendig erachtete mechanische Bürsten im neuen Verfahren kann entfallen, weil es gelungen ist, die Nickelschicht „mikro-rauh“ zu erzeugen; möglicherweise kann sogar die HAL-Behandlung entfallen, aber hierzu sind noch weiterführende Versuche erforderlich

In Erreichung des Ziels, die Verfahrenskette drastisch zu verkürzen, sind sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile entstanden. Diese Vorteile sind in der vorstehenden Tabelle synoptisch im Vergleich mit den Verfahren nach dem Stand der Technik aufgeführt.

Differenziert nach den einzelnen Verfahrensschritte ergeben sich mit dem neuen Verfahren zum Teil erhebliche Einsparungen, die in nachfolgender Ta-

belle – wiederum im Vergleich mit herkömmlichen Verfahren – quantifiziert sind. Der Rechengang ist im Annex wiedergegeben.

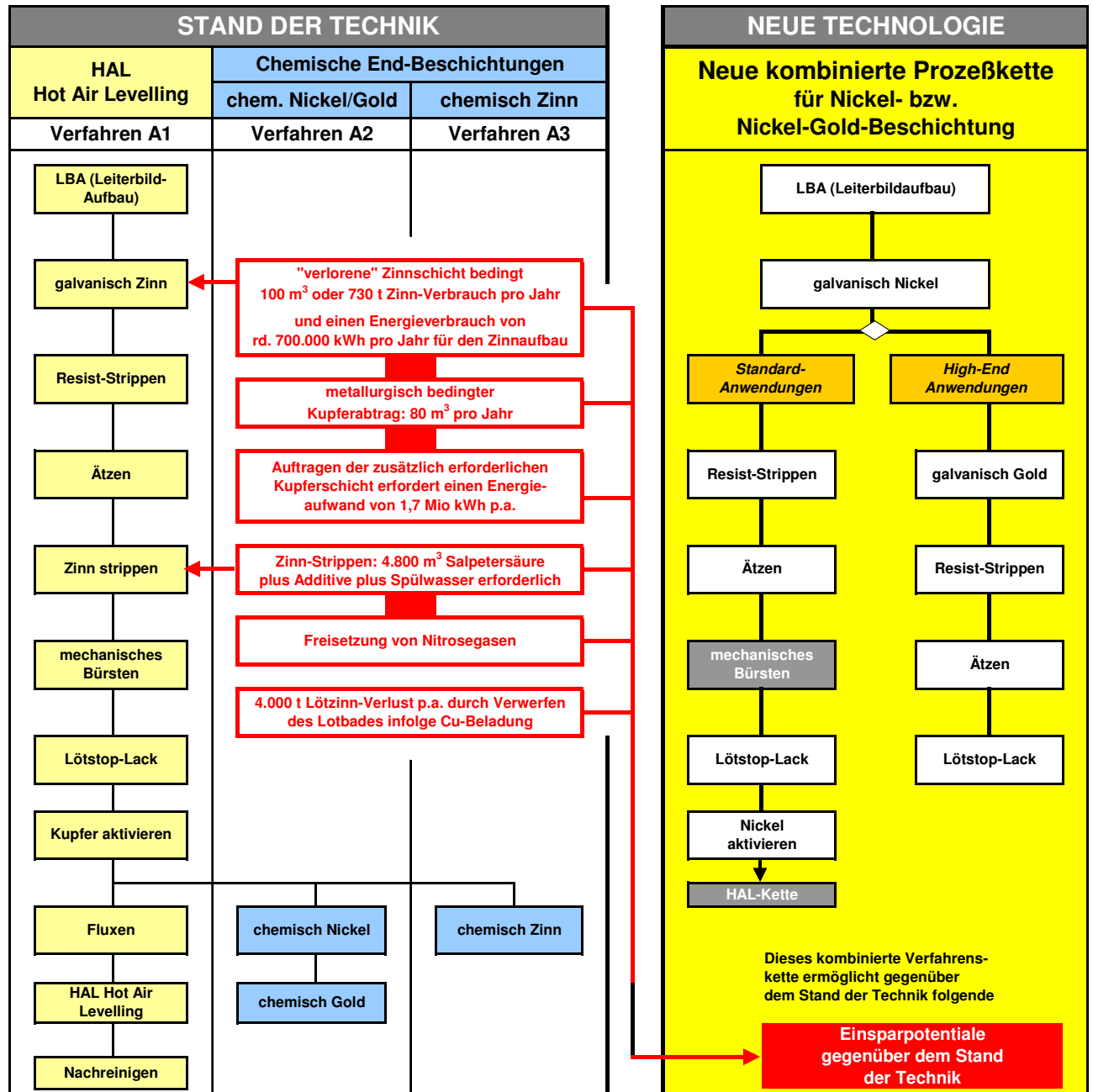


Abb. 5: Einsparpotentiale

Technologische Bewertung

Die Innovation liegt in einer Prozeßkette, die in dieser Weise bisher nicht zur Anwendung gekommen ist.

Das neue Verfahren gestattet in einem vereinheitlichten Prozeß, Leiterplatten sowohl für den Einsatz in Standard-Verzinnungsverfahren (Hot Air Levelling) als auch für High-End-Anwendungen herzustellen. Dabei ist der vorgeschlagene Prozeß gegenüber herkömmlichen Technologien stark vereinfacht.

Ökonomie und Ökologie sind insofern vereint, als der neue Prozeß eine erhebliche ökologische Schonung zuläßt (Material, Energie, Chemikalien, Wasser, Luft, Abwasser) unter gleichzeitiger Kosteneinsparung, die sich einerseits ergibt aus der Reduzierung der Verfahrensschritte und des apparativen betrieblichen Aufwandes und andererseits aus einer beträchtlichen Einsparung von Material (Lötzinn, Kupfer, Salpetersäure, Energie, Wasserverbrauch, Abwasseranfall, Badverwerfungen etc.).

Die neue Verfahrenskette erlaubt die Herstellung von lange lagerfähigen Leiterplatten mit präziser Planität.

Diese Eigenschaft ist von besonderer Bedeutung für die nachfolgende Bestückung mit miniaturisierten Bauteilen. Fluktuationen in den Höhen der Löt pads beeinträchtigen die Prozeßsicherheit unmittelbar, d. h. die Ausschußrate steigt steil an, weil teilweise nur unzureichende Lötverbindungen entstehen.

Das neue Verfahren weist eine Nickel-Sperrschicht auf, die die Lötbarkeit – auch bei längeren Lagerphasen – gewährleistet.

Eine nachfolgende Entwicklung wird sich mit der Aktivierung der Nickelschicht beschäftigen. Ziel dabei wird sein, die nachfolgende Verzinnung mit dem Bestückungsvorgang zu kombinieren und damit auf eine vorherige Verzinnung gänzlich verzichten zu können. Derzeit ist aber eine Verzinnung (HAL-Verfahren) noch erforderlich, um sicherzustellen, daß die Leiterplatten – die vor dem Bestückungsvorgang oft monatelang unter Einwirkung von Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen zwischengelagert werden, das Lot während der Bestückung annehmen.

Für die Praxis der Leiterplattenfertigung, in der der Zeitfaktor eine entscheidende Rolle spielt, hat das neue Verfahren eine überragende Bedeutung: die vereinfachte und verkürzte Prozeßkette erlaubt das schnelle und flexible Reagieren auf Kundenwünsche. Viele der Fertiger können unter Nutzung der neuen Technologie nunmehr Eildienste anbieten (Lieferung innerhalb von 24 Stunden!). Damit dürfte die Innovation den inländischen Leiterplattenherstellern neue Chancen im Wettbewerb vermitteln und das Abwandern von Fertigungskapazitäten nach Fernost eindämmen.

Damit hat die DBU mit ihrer Förderung die Entwicklung eines Verfahrens in einem KMU ermöglicht, das künftig Einzug in allen Fertigungsbetrieben halten dürfte und damit dazu beiträgt, Arbeitsplätze und Know How im Inland zu verorten.

Darlegung der Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse (geplante Veröffentlichungen, Messe- oder Vortragspräsentation usw. und ggf. Quellenangabe im Text)

Der vorliegende Projektstatus macht weiterführende Untersuchungen erforderlich und kann noch nicht der Fachöffentlichkeit vorgestellt werden. Bei den angesprochenen Kunden gab es lebhaftes Interesse am neuen Verfahren, und es wurden Leiterplatten zum Test unter realen Bedingungen ausgegeben.

Zu diesen Tests gehören insbesondere Langzeituntersuchungen, die die Erprobung der Langzeitlagerfähigkeit zum Gegenstand haben. Die Ergebnisse sollen abgewartet werden, um anschließend auf gesicherter Erkenntnisbasis die Fachöffentlichkeit zu informieren durch Internetauftritte und Messepräsentationen sowie Veröffentlichungen in Fachmedien und Verbänden.

Fotos von Leiterplatten

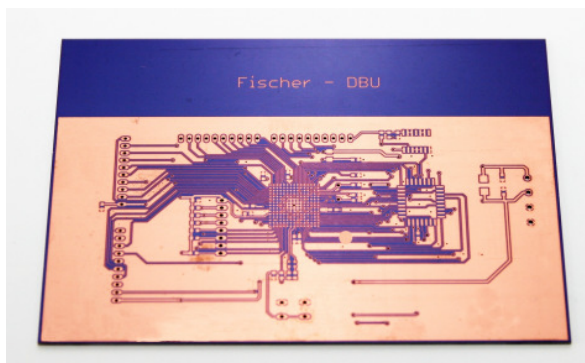


Foto 3: Diese Leiterplatte ist gebohrt, die Löcher sind leitfähig gemacht, die Platte ist fotosensibel beschichtet und strukturiert; Kupferbelegung ist auf Endstärke galvanisiert

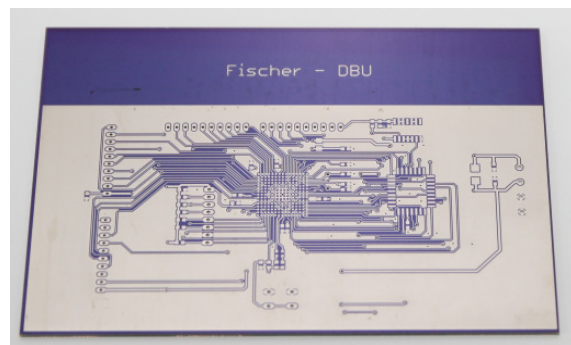


Foto 4: Die Nickelschicht wurde abgetrennt

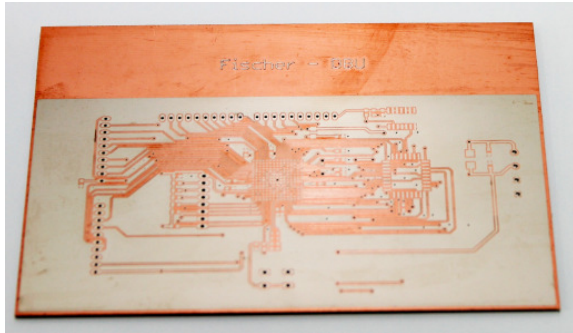


Foto 5: Die Fotoresist-Beschichtung wurde entfernt (gestriipt)

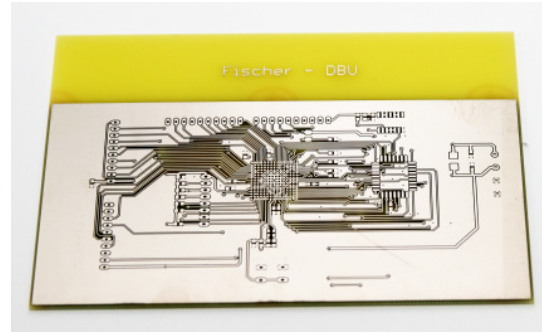


Foto 6: Die Leiterplatte wurde geätzt und wird weiter behandelt (s. Foto 7)

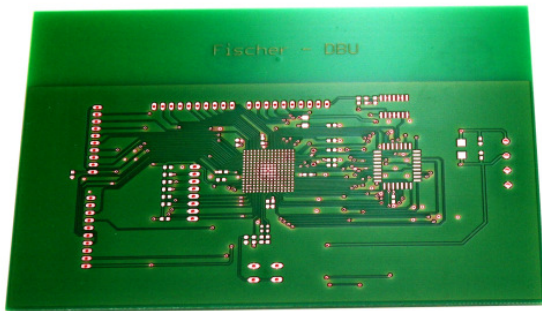


Foto 7: Beschichtung mit Lötstopplack, fototechnisch strukturiert und entwickelt

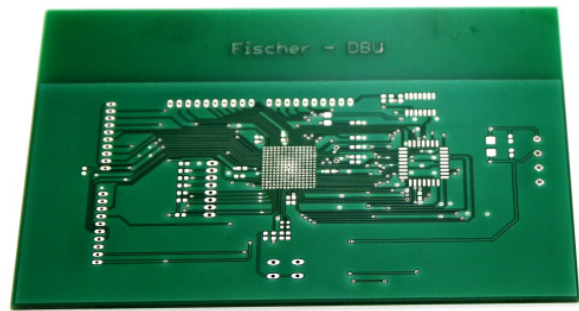


Foto 8: Die Nickelschicht wurde aktiviert und mit dem HAL-Verfahren verzinkt

6 Fazit

Kritische kurze Zusammenfassung der Vorhabensergebnisse und Feststellungen über künftige, für nötig erachtete Arbeiten

Die im Antrag beschriebenen Ziele konnten nicht nur vollständig erreicht werden, sondern es wurden

zusätzliche umweltbezogene und wirtschaftlich/technische Fortschritte

- ✓ Gewährleistung einer hochpräzisen Topographie der Leiterplatten in den Nickel-pads und
- ✓ eine hervorragende praxisgerechte Rauigkeit der erzeugten Nickeloberflächen.

erzielt.

Außerdem konnte die Verarbeitung von Multilayer-Leiterplatten mit Feuchteinlagerungen, die sich bei plötzlicher Temperatureinwirkung entsprechend ausdehnen und zu Abrissen der Durchkontaktierungen – damit zum frühen oder auch gefürchteten späteren Ausfall der Schaltung – führen können, prozeßsicher gestaltet werden.

Die im Antrag quantifizierten Einsparpotentiale sind ausnahmslos zu realisieren.

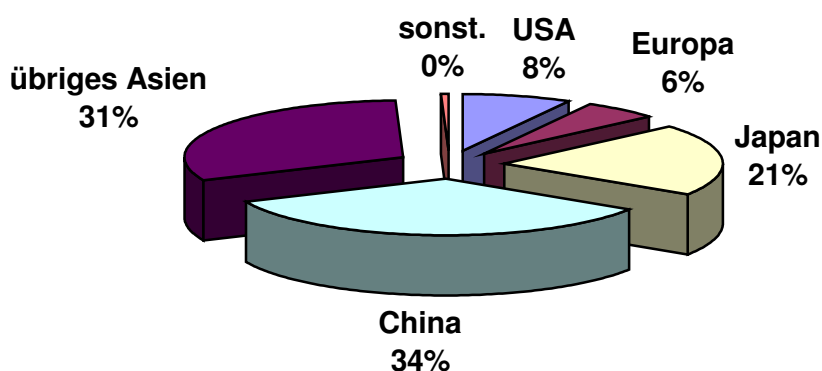
Wie bereits dargelegt wird das Hauptaugenmerk der weiteren Entwicklung neben der Serienreifmachung des Verfahrens insbesondere den Möglichkeiten der chemischen Aktivierung der Nickeloberflächen gelten, um die an die Leiterplattenfertigung anschließende Verzinnung als gesondertem Schritt überflüssig zu machen und damit eine weitere Einsparung – ökonomisch wie ökologisch – zu ermöglichen.

ANNEX

Wie bereits im Antrag dargelegt, ergibt sich eine Reihe von umweltrelevanten Vorteilen. Diese sind im Rechengang nachfolgend wiedergegeben.

Abschätzung umweltrelevanter Ziele

In China ⁵ werden jährlich rd. 200 Mio. m² Leiterplatten hergestellt.

Verteilung der Produktionswerte

Grafik DCS 2010

Die vorstehende Grafik gibt die Verteilung der Produktionswerte⁶ für das Jahr 2009 wieder. Entsprechend wurde für die nachfolgenden Rechnungen angenommen, daß in Europa davon 6 % produziert werden.

Ferner wurde angenommen, daß die Leiterplatten eine Kupferbelegung von im Mittel 50 % haben – 50 % Kupfer gegenüber den restlichen 50 %, die nicht beschichtet sind - . Dieser Wert soll berücksichtigen, daß zum Zwecke der Abschirmung und Kühlung teilweise recht hohe Kupferbelegungen⁷ vorliegen.

Im Falle des Standardverfahrens wird eine Zinnschicht mit einer Stärke von 5µm

⁵ China Sourcing Report; www.chinasourcingreports.com

⁶ PIUS Fachzeitschrift für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik, Okt. 2010, S. 2246 ff

⁷ Anteil der Leiterplattenoberfläche, die mit Kupfer bedeckt ist

galvanisch aufgebracht als Schutz für die Kupferschicht. Nach dem Ätzvorgang wird diese Zinnschicht wieder entfernt – gestrippt – und stellt im Produktionsprozeß daher eine „verlorene“ Schicht dar.

Berücksichtigt man, daß Vorder- und Rückseite zu verzinnen sind, ergibt sich eine

Zinn-Menge für die verlorene Schutzschicht von 60 m³ Zinn p.a.

Für den galvanischen Aufbau dieser Sn-Schicht wird bei einer Stromstärke von 1 A/dm² und einer Spannung von U=2V während einer Beschichtungszeit von 0,17 h also eine

elektrische Energie von 396.000 kWh verbraucht.

Diese Zinn-Schutzschicht wird nach dem Ätzvorgang wieder entfernt. Dies erfolgt auf chemischem Wege durch Anwendung von Salpetersäure, der Additive zugemischt werden. Pro Liter Salpetersäure kann rd. 150 g Zinn entfernt werden. Damit ergibt sich ein

Verbrauch von rd. 2.900 m³ Salpetersäure p.a.

Anschließend müssen die Platten gespült werden; hierbei fallen zusätzlich ein Wasserbedarf und ein Abwasseraufkommen an.

Im weiteren Verlauf des Standardprozesses erfolgt – höchst unerwünscht – der Abtrag der Kupferschichten. Dabei entfällt

- beim Zinn-Strippen (siehe oben) ein Abtrag von 1 µm Kupfer
- beim erstmaligen Verzinnen ein Kupferabtrag von 3µm (Kupfer geht im Bad in Lösung)
- und weitere 1,5 µm Kupferabtrag für den Fall, daß die Leiterplatte mehrfach verzinkt werden muß; da das aber etwa nur in 10 % der Fälle erforderlich ist, wird dieser Kupferabtrag in der weiteren Betrachtung vernachlässigt.

Damit ergibt sich im Verarbeitungsprozeß ein

Kupferabtrag von 48 m³ pro Jahr!

Diese zusätzliche „Opfer“-Menge an Kupfer muß am Anfang der Prozeßkette zusätzlich aufgebracht werden; hierfür ist bei einer Stromstärke von 1 A/dm² und einer Badspannung von U = 2V bei beidseitiger Kupferkaschierung eine

elektrische Energie von 1.020.000 kWh erforderlich!

Wie oben beschrieben, geht ein Teil des Kupfers beim Verzinnen im Lotbad in Lösung. Die Kupferanreicherung kann aus metallurgischen Gründen nur bis zur maximalen Grenze von ca. 1 % toleriert werden, danach erhöht sich die erforderliche Prozeßtemperatur dramatisch. Da die Betriebe das Kupfer nur schwer wieder austragen können, bleibt nur übrig, die Zinnbäder zumindest zum Teil zu verwerfen. Hierdurch tritt ein weiterer ökonomischer wie ökologischer Nachteil ein.

Der Kupfereintrag in das Lotbad macht es erforderlich, regelmäßig ein Teil des Lötzinns zu verwerfen, um unter die Konzentrationsschwelle von 1 % zu gelangen. Die Lötzinn-Mengen betragen hier ca. 50 kg pro 25.000 dm² und bezogen auf den eingangs bezifferten Bemessungsfall von 20 Mio. m² Leiterplattenproduktion wird durch die Badbeladung

zusätzlich ca. 2.400 t Lötzinn pro Jahr zusätzlich verbraucht.

Die vorgenannten Einsätze von Material und Energie stellen also eine erhebliche Einsparungsressource dar, wenn die neue Technologie angewendet werden kann. In der Prozeßübersicht „Stand der Technik – Neue Technologie“ sind diejenigen Stellen den Prozeßschritten zugeordnet.