

Silber-Palladium-Schichten als Kontaktoberflächen für elektrische Anwendungen

Sascha Berger, Friedrich Talgner, Robert Ziebart
Umicore Galvanotechnik GmbH, Schwäbisch Gmünd

Die Eigenschaften der neuen Silber-Palladium-Legierung lassen sich hervorragend für Anwendungen im Bereich der elektrischen Kontaktoberflächen und Steckverbinder nutzen. Insbesondere die erhöhten Anforderungen an Silberschichten aus dem Umfeld der Elektromobilität, wie höhere Härte und verbesserte Abrieb- und Temperaturbeständigkeit zeigen die Notwendigkeit von verbesserten Schichten und Schichtsystemen. Im Vergleich zu etablierten Hartgoldschichten kann die Silber-Palladium-Legierung auch ein deutliches Edelmetalleinsparpotenzial bieten. Die galvanische Beschichtung der Kontaktoberflächen erfolgt in einem Silber-Palladium-Legierungselektrolyt, dieser ist frei von cyanidischen Komplexen und kann in einen konventionellen Galvanikablauf integriert werden.

The new silver-palladium alloy offers exceeding layer properties for applications in the field of electrical contacts and connectors. In particular the increased requirements for silver layers in the field of electro mobility, such as higher hardness, improved abrasion and temperature resistance, are evidence of the request for improved layer and layer systems. In comparison to established hard gold coatings the silver-palladium alloy can also offer significant savings in terms of precious metal costs. The electrical contacts are plated in a cyanide-free silver-palladium alloy electrolyte which can be integrated into conventional electroplating process sequence.

Einleitung

Edelmetalle wie Gold, Palladium, Silber aber auch andere PGM-Metalle wie Rhodium und Platin werden in der Regel wegen ihrer „edlen“ Eigenschaften vornehmlich für die Signal- und auch Leistungsübertragung in der Elektronik eingesetzt. Durch eine gute, stabile elektrische Leitfähigkeit sowie die hohe Beständigkeit dieser Edelmetalle gegenüber korrosiven Medien stellen sie eine zuverlässige und langlebige Kontaktierung im Steckverbinder sicher. Die zunehmende Anzahl an elektrischen und elektronischen Bauteilen und Geräten sowie deren interne und externe Anbindungen steigert auch die Nachfrage an einzelnen Kontaktpunkten. Dies führt insgesamt auch zu einem erhöhten Kostendruck und der Suche nach kostengünstigeren Lösungen sowie alternativen Kontaktmaterialien. In der Folge setzt z. B. die Automobilindustrie vermehrt Silberoberflächen ein. Gleichzeitig ändern sich für einzelne Anwendungen aber auch die Eigenschaftsprofile mit gesteigerten Anforderungen in Richtung Härte, Abriebbeständigkeit und Gleiteigenschaften.

In der Industrie- und Automobilelektronik werden Silber-Palladium-Legierungen bereits jetzt eingesetzt. Die Eigenschaften einer solchen Legierung wurden schon früher beschrieben [1–3]. Die galvanische Abscheidung von Palladium-Silber (60/40 Gew. %) wurde in [1] vorgestellt. Grundlegende physikalische und Kontakteigenschaften von silberreichen Legierungen wurden in [2] untersucht. Insbesondere ein Prozess für die galvanische Bandbeschichtung von Steckverbindern jedoch ist neuartig. Daher war es das Ziel eine Silber-Palladium-Legierung mit Eigenschaften anzubieten, die mit Hartgold und goldbeschichteten Palladium-Nickel Oberflächen konkurrenzfähig ist sowie die nachteiligen Eigenschaften von Silberschichten verbessert. Vielversprechende Ergebnisse erster Untersuchungen in praxisnahen Tests wurden bereits beschrieben [4, 5]. Speziell unter dem Aspekt der Langzeitstabilität zeigte die Silber-Palladium Legierung ein sehr großes Potential. Die neuen Erkenntnisse aus weitergehenden Untersuchungen werden hier vorgestellt.

Elektrolyteigenschaften, Arbeitsbereich und Durchsatzverhalten

Der Elektrolyt zur Abscheidung von Silber-Palladium-Überzügen ist cyanidfrei und verzichtet auf harte Komplexbildner. Damit ist er problemlos in der Abwasserbehandlung zu handhaben. Alle Bestandteile entsprechen den Vorgaben europäischer bzw. weltweiter Chemikalienverordnungen. Die Eigenschaften des Elektrolyten wurden bereits früher beschrieben [5, 8, 9].

Der Elektrolyt ist ausgelegt auf die Bandbeschichtung in Durchlaufanlagen. Wichtigste Voraussetzung dafür ist eine hohe Abscheidungs geschwindigkeit aufgrund der kurzen Expositionszeiten. Durch eine erhöhte Arbeitstemperatur, eine starke Umwälzung und hohe Metallkonzentrationen bis zu 20 g/l Silber bzw. bis zu 12 g/l Palladium können mit dem Silber-Palladium-Elektrolyten Geschwindigkeiten von bis zu 5 $\mu\text{m}/\text{min}$ erreicht werden.

Weiterhin bietet der Elektrolyt für konstante Qualität der Überzüge ein breites Arbeitsfenster und hat sich unter Produktionsbedingungen als prozesssicher erwiesen [9]. Dazu gehört auch die gleichmäßige Schichtzusammensetzung über den gesamten anwendbaren Stromdichtearbeitsbereich hinweg (Abb. 1). Der Silberanteil im Überzug liegt im Bereich von 88–94 % bei Stromdichten bis zu 10 A/dm^2 . Der Palladiumanteil ist konstant und beträgt zwischen 4 % und 5 %. Weiterhin enthält der abgeschiedene Überzug geringe Anteile (ca. 3 %) eines metallischen Glanzzusatzes. Die Abscheidungs geschwindigkeit steigt bei ausreichender Elektrolytbewegung linear mit der Stromdichte an.

Ein Belastungstest des Elektrolyten über 2 Metal-Turn-Over (MTO) zeigt ein stabiles Verhalten: sowohl die Abscheiderate als auch die Abscheidungs geschwindigkeit [8, 9] bleiben in einem engen Bereich konstant. Betrachtet man die Legierungszusammensetzung im bevorzugten Stromdichtebereich so findet sich auch hier ein sehr gleichbleibendes Bild über 2 MTO (Abb. 2).

Die ersten Erfahrungen aus Anlagentests bei Kunden wurden bereits früher beschrieben und bestätigten die Tauglichkeit des Elektrolyten im Produktions-

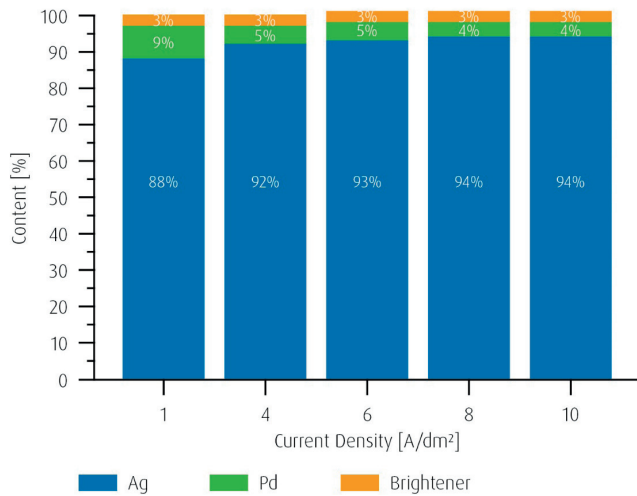


Abb. 1: Legierungszusammensetzung über den Stromdichtebereich

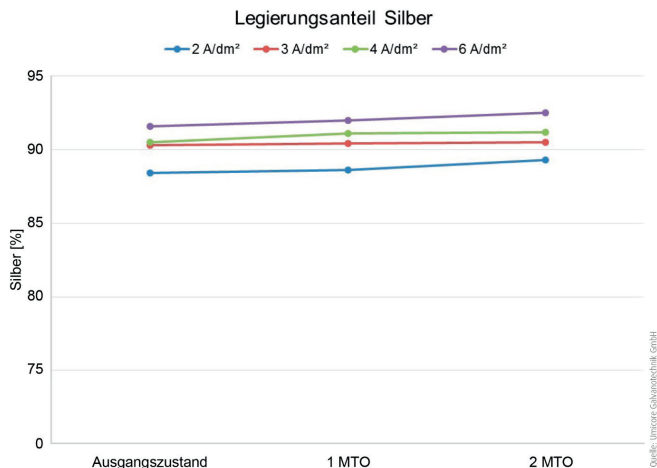


Abb. 2: Silberanteil in der Legierung über 2 MTO in Abhängigkeit von der Stromdichte

maßstab [9]. Zur detaillierten Bestimmung von Prozessgrenzen und Ermittlung von Arbeitsparametern wurden weitere Tests durchgeführt und in deren Folge auch Qualifikationen auf Produktionsanlagen durchgeführt. Bei diesen zeigte sich, dass die hohen Anforderungen an einen produktionsfähigen Prozess erfüllt werden konnten. Neben ausreichenden Leistungsdaten des Elektrolyten in puncto Abscheidungs-geschwindigkeit und Stabilität bei erhöhten Temperaturen (bis 65 °C) zeigte sich auch, dass unabhängig von anlagenbedingten Parametern wie Durchlauf-geschwindigkeit und Strömungsverhältnissen eine stabile Schichtzusammensetzung und eine konstante Schichtqualität erzielt werden.

Schichteigenschaften

Tribologische und elektrische Eigenschaften

Die Abriebbeständigkeit wurde bereits in früheren Veröffentlichungen beschrieben [4, 5, 8, 9]. Der Reibkoeffizient nach 500 Zyklen bei einer Kontaktkraft von 50 mN mit einer Hartgoldkugel als Gegenstück liegt im Bereich unter 0,25 und ist damit vergleichbar mit dem von Hartgold nach gleicher Belastung. Reine Silberschichten weisen unter diesen Bedingungen bereits nach ca. 150 Zyklen eine deutliche Erhöhung der Reibkoeffizienten bis zu 1,2 auf. Die Silber-Palladium-Schicht verhält sich auch nach Wärmebehandlung mit einheitlich niedrigen Reibkoeffizienten sehr stabil [9], ein ähnliches Verhalten zeigen wiederum Hartgoldschichten.

Die Kontaktwiderstandswerte von Silber-Palladium-Überzügen nach 1000 h bei 180 °C liegen im Bereich derer von Reinsilberschichten und sind bei 50 cN deutlich unter 5 mOhm. Eine Degradation der Silber-Palladium-Überzüge nach Temperatúrauslagerung konnte sowohl bei der Messung der Kontaktwiderstände als auch beim Reib- und Verschleißverhalten nicht beobachtet werden [9].

Härte

Die Härte der abgeschiedenen Silber-Palladium-Schichten wurde mit einem Nanoindenter (UNAT, Asmec/Zwick) bestimmt. Die Werte wurden im Ausgangszustand (as plated) und nach Wärmeauslagerung bei 200 °C bis zu 250 Stunden bestimmt. Zur Absicherung der Ergebnisse wurde der Palladiumgehalt in der Schicht zwischen 4 % und 10 % variiert. Die Härtewerte liegen im Bereich zwischen 240 und 280 HV und weisen eine Schwankungsbreite von 5–10 % auf. Es ist kein Trend nach Temperatúrauslagerung zu erkennen, die Ausgangswerte bleiben also unabhängig von dem betrachteten Legierungsbereich erhalten (Abb. 3).

Kornstruktur und Morphologie

Die Untersuchungen im Rasterelektronenmikroskop (REM) wurden mit einem Zeiss Gemini 3000 am Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallochemie (fem) in Schwäbisch Gmünd durchgeführt. Zur Darstellung des Schichtaufbaus wurde die Focused-Ion-Beam (FIB)-Technik angewandt.

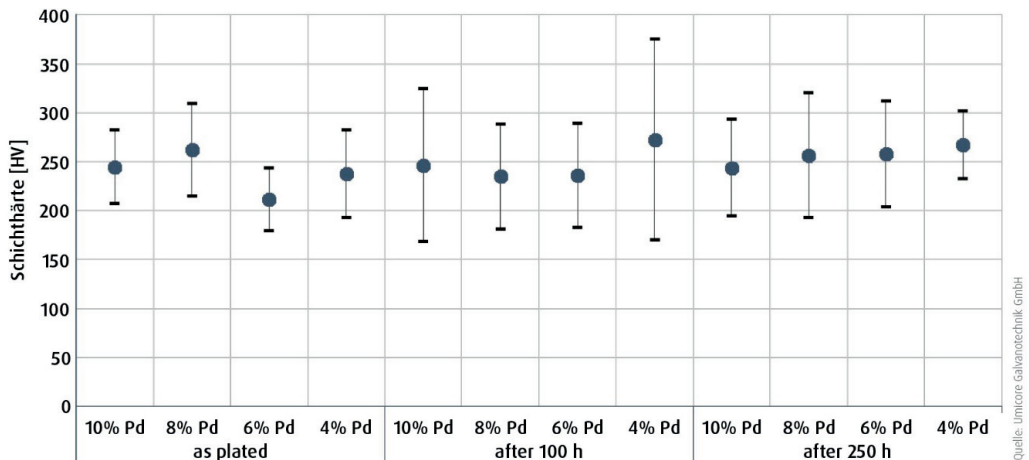
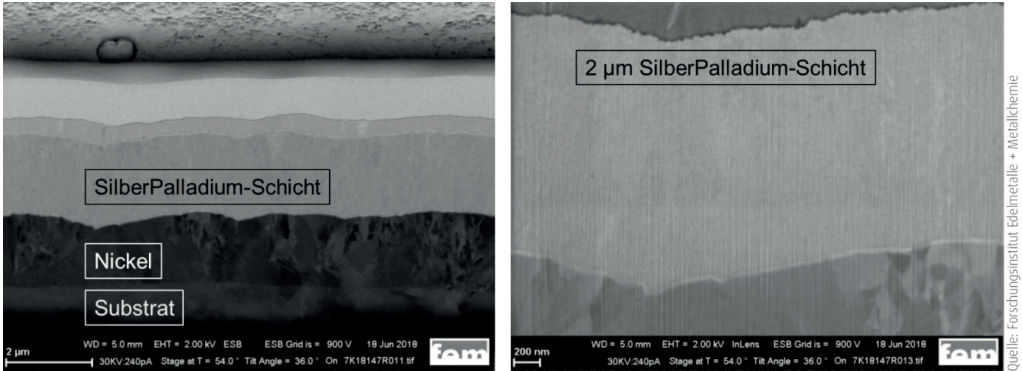


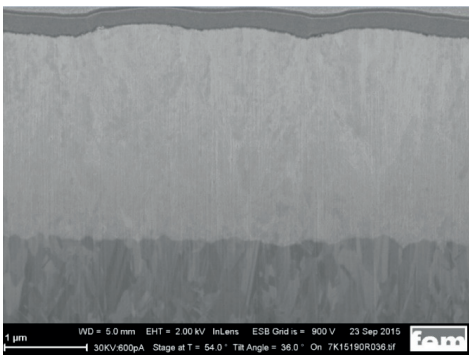
Abb. 3: Schichthärte in der Abhängigkeit des Palladiumgehalts im Ausgangszustand und nach Wärmebehandlung bei 200 °C



Quelle: Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie

Abb. 4: FIB-Schnitte des Schichtaufbaus (Substrat/Nickel/Flash-Gold/Silber-Palladium) (links) mit Ausschnittsvergrößerung der Silber-Palladiumschicht im Ausgangszustand (rechts)

Abbildung 4 zeigt sehr gut die feinkristalline Kornstruktur der Silber-Palladium-Schicht im abgeschiedenen Zustand. In Abbildung 5 ist die unveränderte Mikrostruktur und Morphologie nach Wärmeauslagerung bei 150 °C für 1000 Stunden zu erkennen. Die Silber-Palladium-Schicht zeigt keine Rekristallisation oder Interdiffusionseffekte und erweist sich somit als sehr temperatur- und langzeitstabil.



Quelle: Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie

Abb. 5: FIB-Schnitte der Silber-Palladiumschicht nach Wärmeauslagerung bei 150 °C für 1000 Stunden

Die Untersuchungen mittels EBSD (Electron backscatter diffraction) wurde durch die Firma Matworks GmbH in Aalen durchgeführt. EBSD ist eine kristallographische Technik zur Strukturanalyse von Kristallen. Die EBSD-Messsysteme kommen vornehmlich in Rasterelektronenmikroskopen (REM) und Transmissionselektronenmikroskopen (TEM) zum Einsatz. Im Falle der hier gezeigten Untersuchun-

gen wurden die EBSD-Messungen an FIB-Schnitten von beschichteten Proben durchgeführt. Die FIB-Querschnittpräparation und die Orientierungsanalyse erfolgten mit einem Zeiss Crossbeam 540.

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen jeweils eine Übersicht des FIB-Schnitts der Silber-Palladium-Schicht (links). Darin ist der Schichtaufbau Substrat/Nickel/Flash-Gold/Silber-Palladium zu erkennen. Abbildung 6 zeigt den Zustand wie abgeschieden. Die Orientierung der Kristalle kann als stäbchenförmig bezeichnet werden. Die länglichen Körner weisen eine Breite von <1 µm auf. Abbildung 7 zeigt den Zustand nach Wärmeauslagerung bei 185 °C für eine Dauer von 30 min. Hier ist zu erkennen, dass nur eine geringe Veränderung der Orientierung und Korngröße beobachtet werden kann. Es gibt somit also keine Hinweise auf eine Rekristallisation der Silber-Palladium-Schicht.

Zur weiteren Untersuchung der Schichteigenschaften wurden die Silber-Palladium-Überzüge mittels REM-EDX an FIB-Schnitten untersucht. Diese wurden am Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie (fem) in Schwäbisch Gmünd durchgeführt. Dazu wurde ein Zeiss Gemini 3000 mit EDX Detektor verwendet. Durch die Kombination des bildgebenden Rasterverfahrens (REM) mit der energiedispersiven Röntgenanalyse (EDX) ist es auch möglich die Verteilung der verschiedenen Elemente auf einer vordefinierten Fläche zu bestimmen. Abbildung 8 zeigt im linken Bereich den Schichtaufbau im REM: Auf der Nickelsulfamat-Schicht (NiS), ist eine Flash-Gold Lage (Au-flash) und schließlich

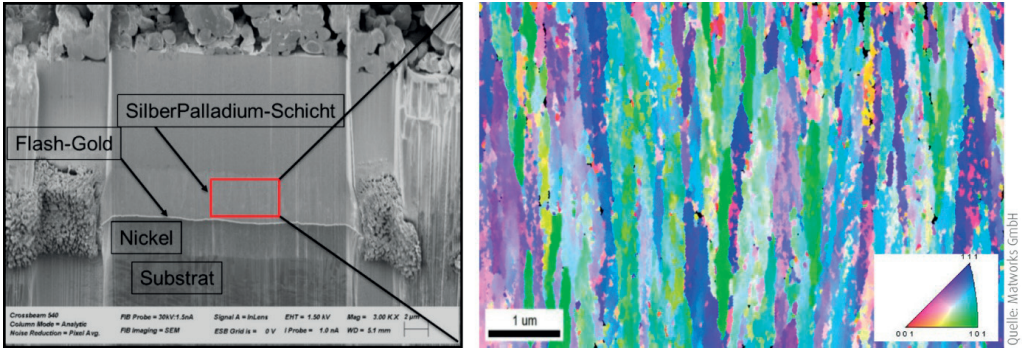


Abb. 6: Übersicht FIB-Schnitt der Silber-Palladium-Schicht für EBSD-Messung vor Wärmeauslagerung (links) und EBSD Übersicht, IPF, 15.000 x (rechts)

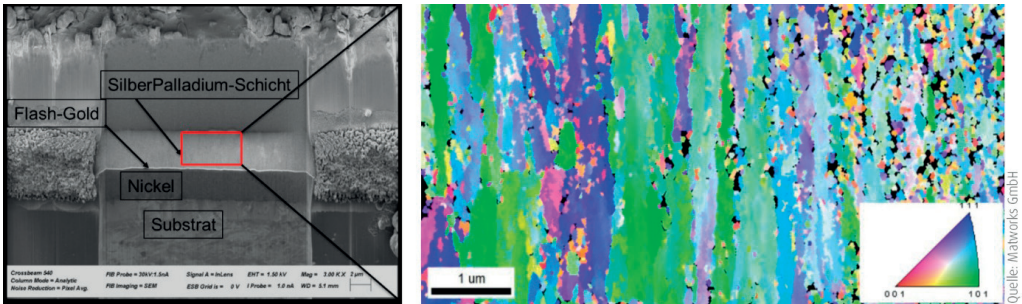


Abb. 7: Übersicht FIB-Schnitt der Silber-Palladium-Schicht für EBSD-Messung nach Wärmeauslagerung (links) und EBSD Übersicht, IPF, 15.000 x (rechts)

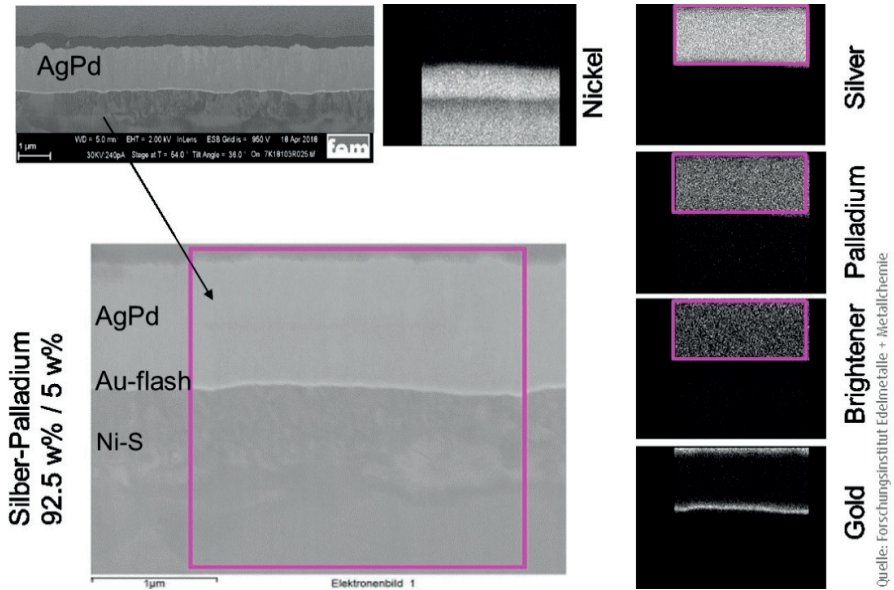


Abb. 8: Element-Mapping im Rasterelektronenmikroskop (REM-EDX)

die Silber-Palladium-Schicht zu erkennen. Auf der rechten Seite der *Abbildung 8* sind die Verteilungsbilder der verschiedenen Elemente dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die Elemente Silber, Palladium und der metallische Glanzzusatz sehr homogen über den betrachteten Bereich verteilt sind.

Kristallstrukturanalyse

Die Untersuchungen per Röntgendiffraktometrie (XRD) wurde am Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie (fem) in Schwäbisch Gmünd durchgeführt. Die XRD-Technik wird genutzt, um die Kristallstrukturanalyse der Silber-Palladium-Überzüge durchzuführen. Dazu wurde ein Röntgendiffraktometer der Firma Bruker AXS (Modell D8 Discover) in GADDS Konfiguration („General Area Detector Diffraction System“) verwendet. Mittels der Scherrer-Gleichung wird in der Kristallographie eine Verbindung zwischen der Breite des Peaks im Diffraktogramm eines Feststoffes und der Größe der Kristallite hergestellt. Typischerweise wurden Schichtdicken von ca. 5 µm gewählt, um die Überlappung von Reflexen aus dem Grundmaterial mit denen der Silber-Palladium-Schicht zu vermeiden. Die Schichtfolge der hier untersuchten Proben war 2 µm Silber-Palladium direkt auf Messing.

Wie *Abbildung 9* zeigt, sind nur Reflexe des Silbers zu beobachten. Die Gitterparameter des Palladiums sind denen des Silbers sehr ähnlich und können nicht unterschieden werden. Daraus kann man schließen, dass sowohl Palladium als auch der „metallische Glanzzusatz“ in das Gitter des Silbers eingebettet sein könnten. Das Diffraktogramm zeigt eine bevorzugte Orientierung entlang der $\langle 111 \rangle$ Ebene. Durch die Wärmeauslagerung für bis zu 1000 Stunden bei 180 °C zeigen sich diesbezüglich keine sichtbaren Veränderungen, wie etwa neue Reflexe anderer Phasen oder eine Änderung der Reflexbreite. Dies ist ein deutliches Indiz für eine gleichbleibende Kristallitgröße.

In einer weiteren XRD-Untersuchung wurde mittels In-situ Wärmebehandlung die Veränderung der Kristallstruktur bis zu einer

Maximaltemperatur von 300 °C betrachtet. Dazu wurde die Probe im abgeschiedenen Zustand und nach Wärmeauslagerung bei schrittweise erhöhter Temperatur im Röntgendiffraktometer geprüft. Die Temperatur wurde dabei in 50 °C-Schritten erhöht. Die Messzeit und damit auch die Haltezeit betrug je Temperaturstufe ca. 1 Stunde. Die Aufheizrate betrug 20 °C/Minute.

Um ausschließlich den Silber-Palladium-Überzug zu erfassen, wurden die Diffraktogramme im Ausgangszustand und nach abgeschlossener Temperaturbehandlung mit hochauflösender Technik unter streifendem Einfall (Grazing Incidence X-Ray Diffraction, „GIXRD“) an einem Röntgendiffraktometer D8 Discover Da Vinci von Bruker AXS aufgenommen. Die hierfür eingesetzten Proben hatten die Schichtfolge Messingsubstrat/2 µm Nickel-Gold-flash/2 µm Silber-Palladium.

Abbildung 10 zeigt die Diffraktogramme einer Silber-Palladium-Schicht nach Temperaturbelastung bis 200 °C. Es ist eine Verkleinerung der Gitterparameter der Silberphase von 4,07 auf 4,06 Å nach Temperaturbelastung bei 200 °C zu beobachten. Jedoch sind keine Veränderungen bzgl. der Phasen oder der Mikrostruktur zu erkennen. Die bevorzugte Textur ist wie bereits beschreiben die $\langle 111 \rangle$ Orientierung.

Die Veränderung des Diffraktogramms während der schrittweisen Temperaturerhöhung bis zum Maximalwert von 300 °C wird in *Abbildung 11* gezeigt. Zur Bestimmung der Kristallitgröße wurde die hochauflösende GIXRD-Technik angewandt, in *Abbildung 12* ist das entsprechende Diffraktogramm

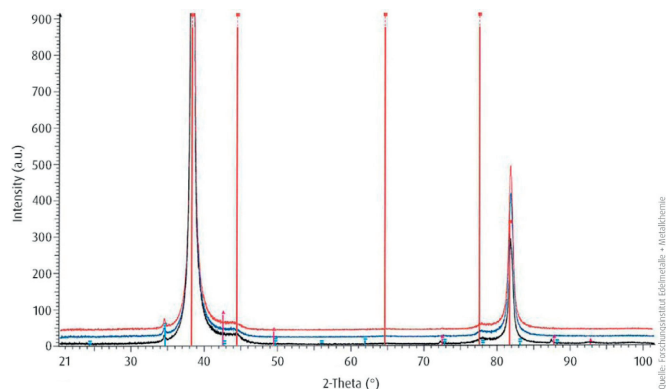
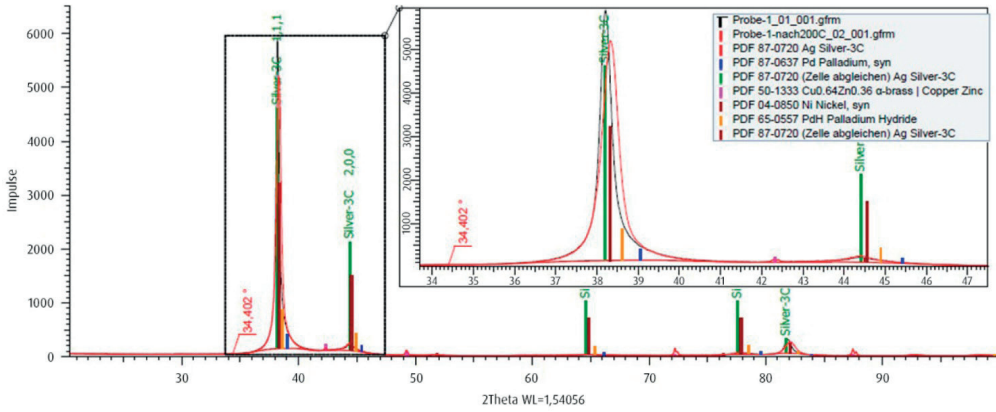
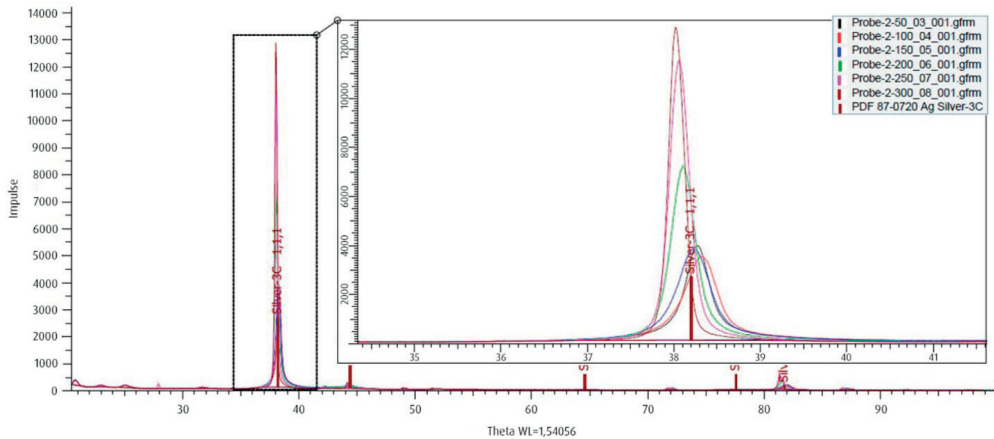


Abb. 9: Röntgendiffraktogramm der Silber-Palladium-Schicht wie abgeschieden und nach Wärmeauslagerung bei 180 °C nach 500 und 100 Stunden



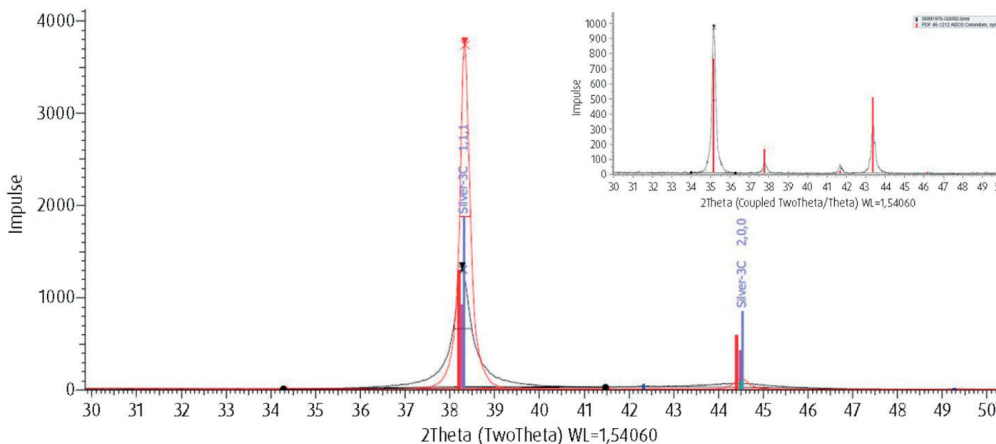
Quelle: Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie

Abb. 10: Diffraktogramm der Silber-Palladium-Schicht nach Temperaturbehandlung bis 200 °C



Quelle: Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie

Abb. 11: Diffraktogramm während der schrittweisen in situ Temperaturerhöhung (50 bis 300 °C in 50 °C Schritten; 20 °C/min.)



Quelle: Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie

Abb. 12: Hochauflösendes Diffraktogramm einer Silber-Palladium-Schicht zur Bestimmung der Kristallgröße im Ausgangszustand und nach Wärmeauslagerung bei 300 °C

dargestellt. Dabei wurde die instrumentell bedingte Reflexverbreiterung durch Messung eines LaB6-Standards berücksichtigt. Die Kristallitgröße wurde über die Scherrer-Gleichung berechnet. Das Wachstum tritt dabei hauptsächlich erst bei Temperaturen oberhalb von 200 °C auf. Die Berechnung erfolgte gemäß der Scherrer-Gleichung aus der Peakbreite der entsprechenden Reflexe. Im Zustand wie abge-schieden ergibt sich eine Kristallitgröße von 23 nm, nach Erreichen der Maximaltemperatur von 300 °C beträgt die Kristallitgröße 37 nm. Die Kristallitgröße erhöht sich dabei also nur geringfügig.

Es lässt sich also festhalten, dass die untersuchte Silber-Palladium-Schicht nach dem Abscheiden als Silber-Mischkristall mit bevorzugter Orientierung der <111>-Kristallite in Richtung der Probenoberfläche vorliegt. Bei einer Temperaturbehandlung verkleinert sich der Gitterparameter der Elementarzelle des Silber-Mischkristalls und die Kristallitgröße nimmt leicht zu. Es ist keine Veränderung bzgl. der Phasen oder der Mikrostruktur zu beobachten.

Weiterentwicklung bei Steckverbinderkontakten

Technische Steckverbinder finden in der Regel mit den etablierten Kontaktschichten wie Hartgold, vergoldeten Palladium-Nickel-Legierungen sowie auch Silberschichten ihren Einsatz, weisen aber bei neuen Anforderungen Limitierungen auf. So sind Hartgold- und vergoldete Palladium-Nickel-Legierungen zwar

sehr zuverlässige Kontaktschichtsysteme, aber auch teure Endoberflächen.

Silber ist im Vergleich zu Gold eine kostengünstige Oberfläche und liefert die beste elektrische Leitfähigkeit. Bei End-of-Life Bedingungen, die hohe Abriebbeständigkeit, Diffusions- und Temperaturstabilität fordern, kommt Silber allerdings an seine Belastungsgrenzen.

Die Silber-Palladium-Legierung (Markenname ARGUNA®-Alloy 1, siehe Abb. 13) stellte eine attraktive Alternative zur Optimierung von Steckkontakten dar und eröffnet mit den zuvor dargestellten technischen Eigenschaften und den geringeren Edelmetallkosten auch neue Einsatzmöglichkeiten.

Ein mögliches neues Einsatzfeld ist die Elektrifizierung von Fahrzeugen. Hybrid- und E-Fahrzeuge werden elektrisch betankt. Speziell bei den vollelektrischen Fahrzeugen sind kurze Ladezeiten eine der fundamentalen Grundvoraussetzungen für eine gute Marktakzeptanz.

Das in Abbildung 13 dargestellte Anforderungsprofil, zeigt welche enormen Ladeleistungen zukünftig beim elektrischen Betanken abgerufen werden und welche Kontaktmaterialien bisher zum Einsatz kommen.

Ab der Ladetechnologie „Super Fast Charging“ und aufwärts sind Kontaktmaterialien hohen energetischen Belastungen ausgesetzt. Tests und Simulationen belegen, dass hier bereits Temperaturen von mindestens 150 °C an den Kontakten erreicht werden und je nach

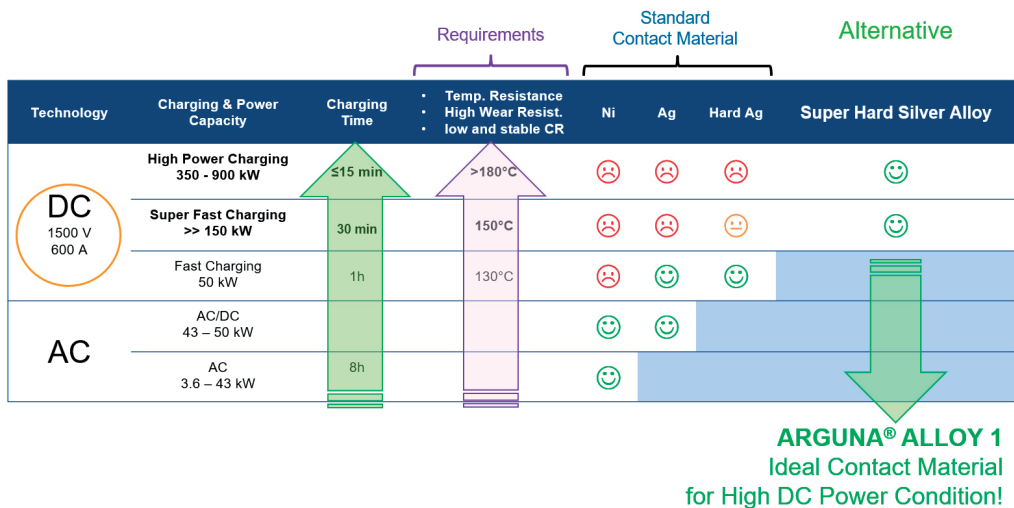


Abb. 13: Anforderungsprofil Ladetechnologie (EV Charging)

Ladeleistung die Hochstromkomponenten Temperaturen von bis zu 200 °C ausgesetzt sind. Solche Hochstrom-Ladestecksysteme haben die Anforderung mindestens 10.000 Steckzyklen zu bestehen. Das bisher eingesetzte Kontaktschichtsystem mit Nickel-Zwischenschicht und Silberendschicht erreicht hier seine Grenzen. Oberhalb einer Temperatur von 160 °C zeigt

Silber eine ausgeprägte Rekristallisation der Kornstruktur. Zusätzlich kann eine Delaminierung der Silberschicht durch Diffusion von Luftsauerstoff und Ausbildung von z. B. Nickeloxiden (siehe Abb. 14) beobachtet werden [9].

Untersuchungen solcher Silber-Schichtsysteme zeigten Änderungen des Widerstands- und Abriebverhalten über die Testdauer. Die Folge waren frühzeitige Fehlfunktionen bzw. ein Komplettausfall beim elektrischen Laden. Zukünftig sollen die Hochstromladestecker weit über 10.000 Steckzyklen abbilden können und über Laufzeitreserven verfügen. Im Vergleich zu einem versilberten Stecker erreichte das Silber-Palladium-System über 30.000 Steckzyklen, zeigte keine Delaminierung und ein stabiles Widerstandsverhalten mit ausreichenden Laufzeitreserven.

Für die Hochstromkomponenten in elektrischen Fahrzeugen gelten höhere Anforderungen: unter End-of-Life Bedingungen werden Steckzyklen, Vibration und Kontaktübergangswiderstand während der Auslagerung bei 180 °C über 1000 Stunden betrachtet. Bei Abruf der vollen Systemleistung erlangen Hochstromstecker Temperaturen von bis zu 200 °C. Mit Silber-Palladium beschichtete Kontaktsysteme zeigten eine um bis zu 40 % erhöhte Lebensdauer im direkten Vergleich zu Silberbeschichtungen. Dieses Ergebnis konnte auch ohne zusätzliche Nickel-Zwischenschicht erzielt werden. Nickelfreie Stecksysteme werden aufgrund der hervorragenden Eigenschaften als Diffusionsbarriere mit Palladium-Zwischenschichten realisiert. Nachteilig dabei sind allerdings die hohen Edelmetallkosten.

Zusammenfassung

Im Vergleich zu Palladium stellen Silber-Palladium-Schichten eine kostengünstige Alternative dar. Bei

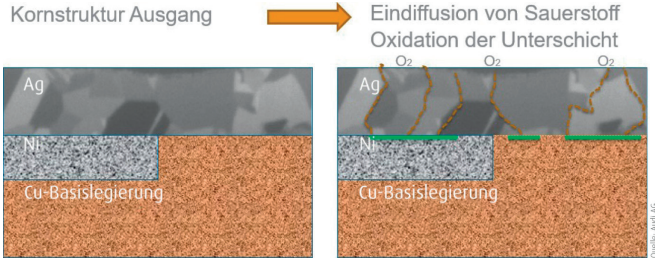


Abb. 14: Sauerstoffdiffusion durch eine Silberbeschichtung nach Temperaturbelastung bei 160 °C

Temperaturen bis zu 200 °C zeigen sich gleichbleibende Schichteigenschaften, wie unveränderte Kornstruktur, stabiler Kontaktwiderstand und konstante Härtewerte. Des Weiteren stellt sich Silber-Palladium als eine diffusionsstabile Sperrschicht dar und unterbindet z. B. die Sauerstoffdiffusion.

Die beschriebenen Testergebnisse zeigen eine hervorragende Abriebbeständigkeit und eine deutlich erhöhte Lebensdauer von aufgebauten Stecksystemen.

Zusammenfassend eröffnen sich mit den besonderen Eigenschaften der Silber-Palladium-Legierung neue Optionen in Design und Anwendung für Kontaktsysteme wie sie z. B. bei Hochstromanwendungen der nächsten Generation der Elektro-Mobilität gefordert sind.

Literatur

- [1] F. Nobel: Electroplated Palladium-Silver (60/40 wt%) Alloy as a Contact Material, IEEE Transactions on Components, Hybrids and Manufacturing Technology, V. CHMT-8, No. 1, March 1985, 163–172
- [2] N. Harmsen; K. Schiff: The Basic Physical and Contact Properties of Silver-Rich Ag-Pd Alloys with Base Metal Additions, Proceedings of the HOLM Conference on Electrical Contacts, 1977, 93–97
- [3] D. Ruehlicke; H. Freund; G. Baer: Tarnish Layer Formation on AgPd Contact Surfaces, Proceedings of the 10th International Conference on Electrical Contacts, 1980, 721–741
- [4] M. Myers; H. Schmidt: Connector Level Performance Evaluation of a New High Speed Reel to Reel Electroplated Silver Palladium Alloy Contact Finish, ICEC 2014, Dresden, 6–101
- [5] F. Talgner: Novel Silver-Palladium Electrolyte for Electrical Contacts, ICEC 2014, Dresden, 91–95
- [6] M. Myers: Overview of the use of Silver in Connector Applications, TEC 503–1016
- [7] M. Myers: The Performance Implications of Silver as a Contact Finish in Traditionally Gold Finished Contact Applications, Tyco Electronics Innovation Conference, 2009
- [8] F. Talgner; U. Manz; S. Berger; B. Weyhmüller; A. Pfund: Neuer Silber-Palladium-Elektrolyt für elektrische Kontakte, Jahrbuch Oberflächentechnik, 71, 2015, 37–42, Eugen G. Leuze Verlag
- [9] F. Talgner; M. Myers; H. Schmidt: Galvanisch Silber-Palladium als Kontaktoberfläche, Galvanotechnik 5/2017, 910–917, Eugen G. Leuze Verlag