

⊕ Elektrochemie · Galvanotechnik · Korrosion

Entwicklung einer neuartigen mikrostrukturierten Bipolarplatte auf Basis eines kombinierten Fotolithografie-Galvanotechnikprozesses (LIGABIPO)

Motivation und Einführung

Für die Konstruktion eines Brennstoffzellenstacks ist die Bipolarplatte das zentrale Bauteil. Sie bestimmt sowohl Gewicht als auch Volumen des Stack und trägt je nach Herstellungsverfahren mit mehr als einem Drittel zu den Gesamtkosten bei. Neben der Membran-Elektroden-Einheit (MEA) zählt sie zu den häufigsten Wiederholungseinheiten innerhalb eines Stack, so dass sich hier Einsparungen hinsichtlich Gewicht, Volumen und Kosten unmittelbar auf die Kosten des Gesamtsystems auswirken. Beim Design der Bipolarplatte und des Flow-Fields besteht ein erhebliches Potenzial für die Steigerung des Wirkungsgrades, wenn die Beschränkungen, die durch die Randbedingungen der konventionellen Fertigungsverfahren gegeben sind, wegfallen. Die Kanalstrukturen müssen frei gestaltbar sein und es muss die Möglichkeit bestehen, die Dicke der Bipolarplatten deutlich zu reduzieren. Mit der UV-Fotolithografie steht den Herstellern integrierter Schaltungen (ICs) bereits ein bewährtes Verfahren zur kostengünstigen Vervielfältigung von Strukturgrößen im Mikrometerbereich zur Verfügung. Das Ziel des Vorhabens war daher die Entwicklung, Konstruktion und Qualifizierung einer Mikrobipolarplatte für den Aufbau leistungsstarker und kostengünstiger Mikrobrennstoffzellen unter Verwendung modernster serientauglicher Verfahren aus der Mikrostrukturtechnik (UV-Lithografie und Galvanoforming).

Methodik zur Strukturierung von Flow-Fields

Der Einsatz von Fotolacken eröffnet für den Brennstoffzellenmarkt eine vollkommen neue Methodik zur Strukturierung von Flow-Fields für Bipolarplatten. Ergänzend hierzu bietet die Mikro-Galvanotechnik die Möglichkeit, die passiven Fotoresiststrukturen um die notwendigen leitfähigen Komponenten einer Bipolarplatte zu ergänzen.

Durch die geschickte Auswahl geeigneter Prozesslösungen und Prozessparameter und nach Optimierung des Aufbaus der Metallschichtstapel wird ein äußerst exaktes Auffüllen der strukturierten Resistformen mit Kupfer erreicht. Damit gelingt es, hochpräzise Mikrostrukturen mit kleinsten Lateralabmessungen und Strukturhöhen von mehreren hundert Mikrometern reproduzierbar zu erzeugen. Der galvanische Aufbau solcher Metallschichtstapel

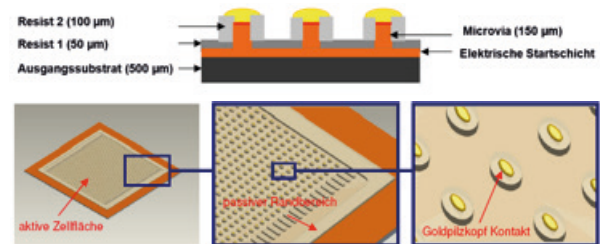


Abb. 1 | Schematischer Aufbau der LIGA-Bipolarplatte

erfolgt dabei typischerweise aus verschiedenen Materialien. Neben dem Ohmschen Widerstand, dem Massentransport und den für den Prozess relevanten Elektrodenreaktionen, spielt auch das Design der Werkstücke für die Qualität der Überzüge eine entscheidende Rolle. Wichtige Eigenschaften der galvanischen Überzüge, wie z.B. deren chemische Zusammensetzung, die inneren Spannungen oder die Größe und Orientierung der Kristallite, können durch die Wahl der Prozessparameter und die Art der Zusammensetzung der eingesetzten Elektrolyte kontrolliert und reproduzierbar erzeugt werden. Eine sehr gute Haftfestigkeit der Überzüge untereinander und natürlich zwischen den galvanischen Schichten und dem Substrat ist extrem wichtig. Dies gilt ebenfalls für das Resistmaterial, damit dieses z.B. nicht schon während der elektrochemischen Abscheidung unterwandert wird und damit die Flankensteilheit reduziert oder das darunterliegende Material chemisch angegriffen und zerstört wird.

Durch die Zugabe geeigneter organischer und anorganischer Zusätze in die Elektrolyte wird erreicht, dass die eingesetzten Kupferelektrolyte eine extrem gute Streufähigkeit (Metallverteilung) besitzen. Dies ermöglicht bei der Abscheidung innerhalb der Einzelstrukturen ein sehr gleichmäßiges Auffüllen der Hohlräume auch über hunderte von Mikrometern. Neben einer sehr guten Mikrostreufähigkeit ist aber auch eine sehr gute Makrostreufähigkeit der Elektrolyte notwendig, da im vorliegenden Fall, über die Gesamtheit der Strukturen hinweg, eine gute Metallverteilung unbedingt nötig ist, damit alle Strukturen zu 100 Prozent in gleicher Höhe gefüllt werden.

Ergebnisse

Durch den Einsatz der Mikrogalvanotechnik in Kombination mit der UV-Lithografie wurde ein neuartiges Aufbau-



Abb. 2 | Komplett und homogen gefüllte SU-8 Strukturen nach den galvanotechnischen Prozessen (150 x 50 µm)

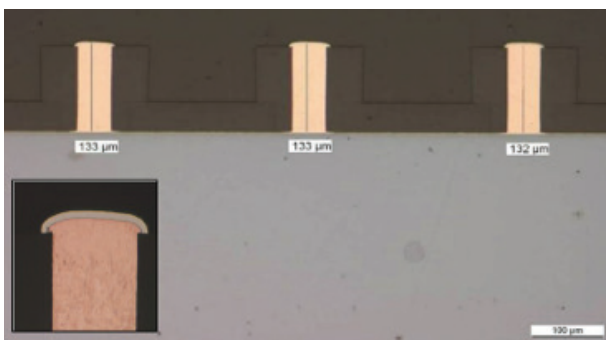


Abb. 3 | Galvanische Kupfer-, Nickel- und Goldabscheidung in SU-8 Strukturen (Cu 130-135 µm, Ni 3-5 µm, Au 1-2 µm)

konzept erfolgreich umgesetzt. Dabei wurden bewährte UV-Lithografie- und Galvanotechnikprozesse aus der Mikrostrukturtechnik an die Anforderungen der Brennstoffzellentechnik angepasst, erweitert und optimiert. Es konnten gezielt die Metalle Kupfer, Nickel und Gold (Metallstapel) in Form von Leiterbahnen und als Kontakte in sehr geringen Mengen abgeschieden werden. Der Fotoresist und der Toplayer aus Gold schützen die darunterliegenden Metallstrukturen erfolgreich vor Korrosion. Es stehen nun Mikrobipolarelemente mit 825 diskreten elektrischen Leitungen zur Verfügung, eingebettet in zwei SU-8 Schichten. Die erzeugten Metallschichtstapel ermöglichen eine deutliche volumetrische Leistungssteigerung der Brennstoffzelle. Durch die konsequente Reduzierung der Bauteiltiefe unter Verwendung der neuen Platten als Hauptwiederholeinheit (LIGA-Bipolarplatten <700 µm) wurde eine deutliche Miniaturisierung der Brennstoffzelle erzielt.

Danksagung

Das Forschungsprojekt 15976 N wurde im Programm zur „Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages über die AiF finanziert.

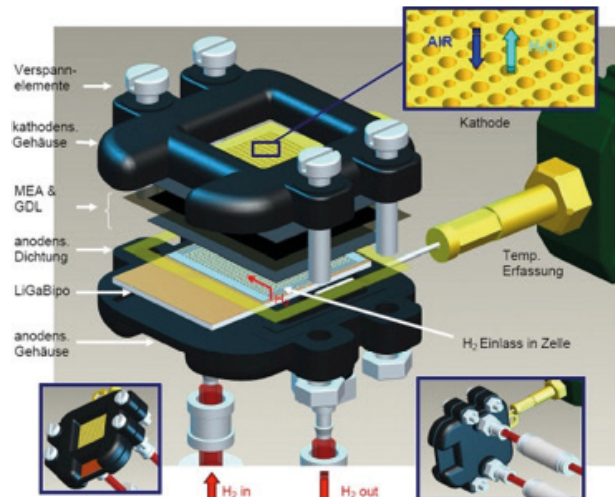


Abb. 4 | 3D-CAD Modell der miniaturisierten PEMFC auf Basis des überarbeiteten LIGA-Bipolarplattendesigns

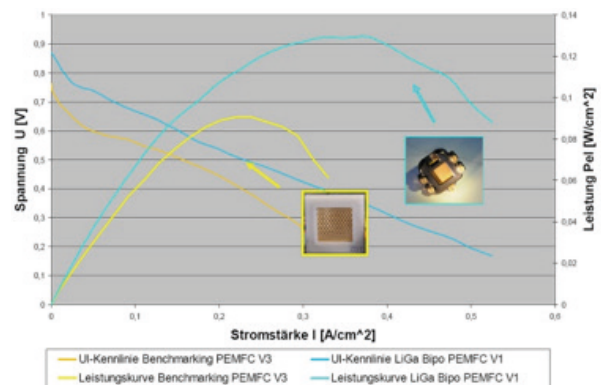


Abb. 5 | Kennlinien und Leistungskurven der LIGA-Bipolarzelle im Vergleich zur passiven Benchmarkingzelle

Charakteristika der LIGA-Bipolarplatten

Aktive Flächen = 1 cm², über UV-Licht strukturierte Fotoresiste als formgebende und isolierende Komponente, 825 diskrete elektrische Kontaktierungen durch additives Aufbaukonzept, kleinste Strukturgröße = 50 µm. Die Fertigungstechnik deckt den kompletten Mikrometerbereich ab. Angestrebter Einsatzbereich: Passive PEMFC-Systeme im einstelligen Wattbereich (z.B. portable USB-Ladegeräte).

Projekt: AiF 15976 N

Partner

Zentrum für Brennstoffzellentechnik (ZBT), Duisburg
Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT), Eggenstein-Leopoldshafen

Ansprechpartner

fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie | Katharinenstraße 17 | 73525 Schwäbisch Gmünd
Dr. Manfred Baumgärtner, baumgaertner@fem-online.de | B. Eng. Gloria Lanzinger, lanzinger@fem-online.de