



FEINSTE STRUKTUREN FÜR DIE GEDRUCKTE ELEKTRONIK

DIE AUFGABE

Mittels Druckverfahren hergestellte elektronische Bauelemente, Baugruppen und Anwendungen werden häufig als gedruckte Elektronik bezeichnet. »Druckfarben« sind dabei elektronische Funktionsmaterialien. Durch reduzierte Herstellungskosten, die Möglichkeit des Druckens auf flexiblen Substraten und neuartige Funktionalitäten können mit gedruckter Elektronik Anwendungsfelder erschlossen werden, die der konventionellen Elektronik bisher nur eingeschränkt zugänglich waren. Bereits heute werden unter anderem organische Solarzellen, RFID-Etiketten (Radio Frequency Identification) oder Sensoren durch Druckverfahren hergestellt.

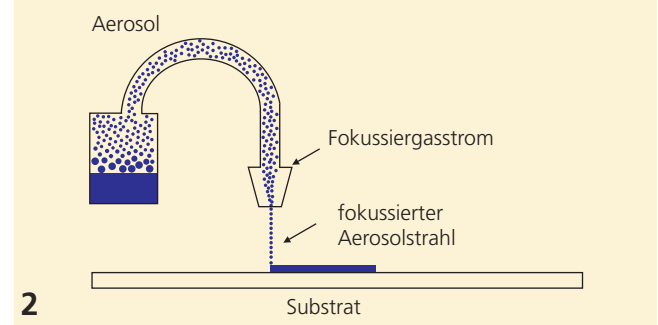
Das direkte maskenlose Drucken von funktionellen Strukturen wie z. B. elektrischen Kontaktierungen und Leiterbahnen, Elektroden, Antennen oder Sensoren auf verschiedenste Substrate stellt ein wachsendes Anwendungsfeld dar. Herausforderungen ergeben sich aus steigenden Anforderungen an die räumliche Auflösung der gedruckten Struktur, der Flexibilität hinsichtlich des Tintenmaterials sowie des Substrats. Die aufeinander abgestimmte anwendungsoptimierte Entwicklung der Druckverfahren, der verdruckten Materialien sowie substratschonender Sinterprozesse stellt somit eine zentrale Aufgabe in der Entwicklung der gedruckten Elektronik dar.

UNSERE LÖSUNG

Am Fraunhofer IWS Dresden werden funktionale Tinten sowie Druck- und Sinterprozesse für das hochaufgelöste Drucken von Strukturen entwickelt. Auf Basis der Aerosol-Jet®-Technologie können eine Vielzahl an Materialien wie Metalle, Halbleiter, Polymere oder Ätzflüssigkeiten verdruckt werden.

Für optimale Druckergebnisse stehen verschiedene substratschonende plasma- oder lasergestützte Reinigungs- und Vorbehandlungsmethoden zur Aktivierung und Funktionalisierung der Oberflächen zur Verfügung. Kommerzielle sowie eigenentwickelte Tinten werden der Anwendung entsprechend angepasst und verdruckt. Gedruckte Strukturen werden anschließend einer Wärmebehandlung unterzogen. Wärmeempfindliche Substrate werden dabei z. B. in einem RTA-Ofen (rapid thermal annealing) oder mit Hilfe von Lasern gesintert, um die thermische Belastung so gering wie möglich zu halten.

Schematische Darstellung der Aerosol-Jet®-Technologie



ERGEBNISSE

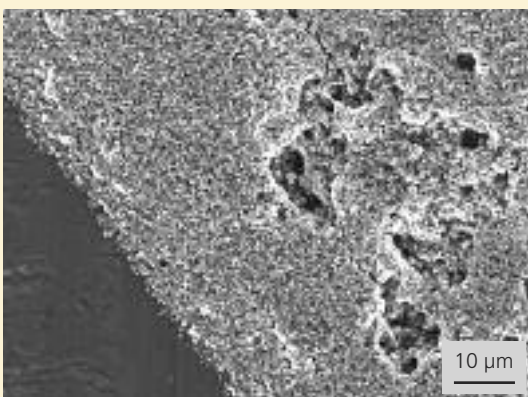
Das Aerosol-Jet®-Verfahren erlaubt das kontaktlose Drucken von feinen Strukturen mit minimalen Linienbreiten von ca. 10 µm unter Nutzung einer Vielzahl an Tinten (reine Flüssigkeiten, disperse Systeme wie leitfähige nanopartikelhaltige Tinten, kohlenstoffnanoröhrchen-basierte Tinten, Ätzmittel, Polymere). Es ist durch einen äußerst sparsamen Tintenverbrauch sowie eine hohe Materialausnutzung gekennzeichnet.



Die zu druckende Tinte mit einem breiten Viskositätsbereich von 1 mPa s bis 1000 mPa s wird pneumatisch verdüst oder per Ultraschall vernebelt, so dass ein dichtes Aerosol entsteht. Über ein inertes Trägergas wird das Aerosol zum Beschichtungskopf weitergeleitet. Ein umhüllendes Mantelgas fokussiert das Aerosol zu einem Strahl. Dabei besteht kein direkter Kontakt zwischen Düse und Tinte, wodurch ein Verstopfen der Düse nahezu ausgeschlossen werden kann. Der Abstand zwischen Beschichtungskopf und Substrat kann zwischen 1 mm und 5 mm variiert werden, was auch das Bedrucken von strukturierten Oberflächen ermöglicht. Ausgewählte Anwendungsbeispiele sind im Folgenden dargestellt.

Für den Aerosoldruckprozess beim Drucken von Elektrodenmaterial für Li-Ionen-Batterien wurden entsprechende Tinten entwickelt. LiFePO_4 wurde auf Aluminiumfolie aufgedruckt und anschließend gesintert. Die Struktur zeigt eine sehr gute Kantenschärfe (Abb. 4). Durch die hohe Auflösung des Druckmusters können Sekundärbatterien direkt in elektronische Bauteile integriert werden.

Detail einer gedruckten LiFePO_4 -Elektrodenstruktur



4

Zur Herstellung von elektrischen Leiterbahnen wurden erfolgreich Tintenmaterialien entwickelt und auf das Druckverfahren angepasst. Verschiedene elektrisch leitfähige Tinten basierend auf Silbernanopartikeln, dotierten Metalloxiden sowie Dispersionen aus einwandigen Kohlenstoffnanoröhren mit unterschiedlicher Viskosität wurden evaluiert. Die gedruckten Leiterbahnen können beispielsweise als RFID-Antennen oder Heizelemente eingesetzt werden (Abb. 3).

Zur Kantenisolation von Siliziumwafern für die Photovoltaik wurden Ätztinten auf KOH-Basis sowie ein angepasster Ätzprozess für den Aerosoldruck entwickelt. Das Verfahren zeichnet sich durch einen minimalen Einsatz von Ätzmittel aus. Der auf 200 °C vorgeheizte Siliziumwafer wird mit Ätzmittel bedruckt und dadurch der Ätzvorgang direkt eingeleitet. Eine Ätzbreite von unter 200 µm konnte realisiert werden.

- 1 Gedruckte SWCNT-Tinte
- 3 Gedrucktes Heizelement auf Glas
- 5 Druckkopf mit Shuttervorrichtung

KONTAKT

M.Sc. Lukas Stepien
 Telefon: +49 351 83391-3092
 lukas.stepien@iws.fraunhofer.de

