

MIKRO BATTERIEN FÜR SENSORANWENDUNGEN

Das Fraunhofer IZM hat eine Fertigungsmethode basierend auf Wafer- und MEMS-Technologien zur Herstellung von Kleinstbatterien entwickelt

Die Entwicklung von Batterien steht nicht nur beim weltweiten Topthema der Elektromobilität ganz weit oben auf der Agenda. Die Bereitstellung von elektrischer Energie nimmt auch in anderen Bereichen eine essentielle Position ein – selbst da, wo noch die kleinsten Knopfzellen zu groß für den Einsatz sind. Das Fraunhofer IZM widmet sich bereits seit mehr als 18 Jahren der Forschung und Entwicklung von miniaturisierten Batterien die durch den Einsatz von MEMS- und Wafer-Technologien Stromspeicher herstellen können, die selbst in Kontaktlinsen eingesetzt werden können. Dr. Robert Hahn sprach mit *RFID im Blick* über die Entwicklung und Herstellung der Kleinstbatterien und gibt Einblicke in erste Anwendungsprojekte. Aufgrund der Baugröße und der Möglichkeit, die Miniaturbatterien auch in großen Stückzahlen zu produzieren, sieht Dr. Hahn ein besonderes Potenzial für den Einsatz in aktiven Identifikations- und Sensortranspondern.



„Statt eines Kondensators können in aktiven Funktranspondern kleine Batterie genutzt werden, die über die Funkschnittstelle aufgeladen werden können. Auf dieser Basis können Miniatur-Datenlogger entwickelt werden, die beispielsweise in der landwirtschaftlichen Forschung oder der Medizintechnik zum Einsatz kommen können.“

Dr. Robert Hahn, Gruppenleiter, Fraunhofer IZM

Die Herausforderung: miniaturisiert und zuverlässig

Die Idee, Batterien mit einer Größe von lediglich einem Quadratmillimeter herzustellen, ist nicht neu, wie Dr. Hahn berichtet: „Eine seit Jahren etablierte Lösung sind Dünnschichtbatterien. Zur Herstellung werden die Aktivschichten einer Lithium-Batterie in Dünnschichttechnologie per Bedampfung innerhalb eines Vakuums aufgebracht. Das Ergebnis sind kleinste Batterien.“ Jedoch sind Dünnschichtbatterien in der Dicke der aufgetragenen Schichten und damit in der Stromspeicherkapazität begrenzt, erläutert Dr. Hahn: „Die Dünnschichtbatterien ermöglichen durch ihre Biegsamkeit eine gewisse Flexibilität, beispielsweise zum Einsatz in Smart Cards. Werden jedoch zu dicke Schichten aufgebracht, um die Kapazität zu erhöhen, platzen diese beim Ionen-Übergang auseinander. Auch ist das Lithium feuchtigkeitsempfindlich.“ Mit der am Fraunhofer IZM entwickelten Technologie sollen diese Hürden bei der Herstellung kleinster Batterien der Vergangenheit angehören.

Kombination von MEMS und Wafer-Technologie

Mit dem am Institut verfügbaren Know-how in der Herstellung von MEMS-Bauelementen sowie Kapazitäten zur Fertigung

von Komponenten mittels Silizium-Wafer-Technologie, können die Forscher neue Wege in der Batterie-Technologie gehen. „Zur Herstellung kommen Elektrodenmaterialien aus herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterien zum Einsatz. Keramikpartikel, welche die Aktivmaterialien darstellen, werden mit Bindemitteln und Partikeln, welche die elektrische Leitfähigkeit erhöhen, vermischt. Aus diesen Bestandteilen erstellen wir eine Paste. Parallel dazu werden Silizium-Wafer hergestellt. Die Wafer verfügen über kleine Vertiefungen mit Stromableiter sowie Durchkontaktierungen, in die ein spezieller Dispensierroboter die Paste mit den enthaltenen Batteriewerkstoffen einfüllt. Die Vertiefungen werden im Bond-Verfahren verschlossen. Diese Kapselung sorgt für die benötigte Robustheit der entstehenden Batterien“, beschreibt Dr. Hahn die Grundzüge der Batterieherstellung.

Kosteneffizienter als Dünnschichtbatterien

Je nach Applikationsanforderungen können die Schichten der Paste beliebig dick zwischen 50 Mikrometern und einem Millimeter gestaltet werden. Laut Dr. Hahn ein Vorteil gegenüber den Dünnschichtbatterien, die in der Dicke deutlich eingeschränkter sind. „Die maximale Schichtdicke einer Dünnschichtbatterie beträgt lediglich zehn Mikrometer.“ Das Fraunhofer IZM setzt auf ihre umfangreichen Möglichkeiten zur Waferfertigung. Die Möglichkeit, auf hochpreisige Fertigungsmethoden wie das Produzieren im Vakuum verzichten zu können, steigert die Effizienz gegenüber der Dünnschichttechnologie. „Die Technologie war am Institut verfügbar und wird für verschiedene Anwendungen und Entwicklungsprojekte genutzt. Theoretisch kann jedes Unternehmen, das über diese Silizium-Wafer-Fertigungskapazitäten verfügt, Mikrobatterien mit dem von uns bereitgestellten Know-how produzieren.“

Belastbarkeit? 1000 Zyklen sollen möglich sein

Zur Herstellung der Batterien setzt das Fraunhofer IZM kontinuierlich auf State-of-the-Art-Batteriematerialien. Kommen neue Materialien auf den Markt, können diese kurzfristig im Herstellungsprozess der Miniaturbatterien adaptiert werden, so Dr. Hahn. „Zurzeit verwenden wir die gleichen Kathoden wie in den Batterien eines Teslas. Damit verfügen wir über differenzierte Daten zu möglichen Nutzungszyklen und Lebensdauer. Einige 100 Zyklen konnten mit der von uns entwi-

ckelten Batterie bereits getestet werden. Über 1.000 Zyklen und eine Lebensdauer von mehreren Jahren sollten problemlos möglich sein. Wir optimieren das gesamte Verfahren jedoch kontinuierlich weiter, damit die Batterien auch höhere Temperaturen überstehen. Das eingesetzte Anoden-Material Titanat verringert zwar die Energiedichte auf circa ein Drittel im Vergleich zu herkömmlichen Anoden. Dieser Materialeinsatz verhindert jedoch die Zerstörung der Batterie durch eine Tiefentladung. Längere Lagerzeiten sind somit kein Problem.“

670.000 Batterien in einem Run produzieren

Die Miniaturbatterien sind in der Herstellung teurer als Knopfzellen aber günstiger als Dünnschichtbatterien. „Unsere Batterien liegen in der Herstellung bei rund 40 Cent je Stück. Mit einem Run von 24 Wafern lassen sich bis zu 670.000 Batterien produzieren. Das können wir bei uns im Labor herstellen. Kosten steigen jedoch, wenn größere Batterien hergestellt werden sollen. Eine Zwei-Quadratcentimeter-Batterie würde bei fünf Euro liegen. Die mögliche Energiedichte skaliert mit der Baugröße. Eine Ein-Quadratmillimeter-Batterie stellt rund zehn Mikro-Ampere-Stunden zur Verfügung. Bei größeren Batterien sind auch einige 100 Mikro-Ampere-Stunden realisierbar“, erläutert Dr. Hahn.

Industriekooperationen in der Erprobung

„Einige Interessenten benötigen nur die Batterien und geben die Maße vor. Andere Partner bringen ihr Know-how mit ein in spezielle Batterie-Produkte. Zurzeit befinden sich drei Projekte im Stadium der Erprobung – zwei in den USA und eines in Deutschland“, berichtet Dr. Hahn.

Drei Use Cases in der Medizintechnik

Hörgerät

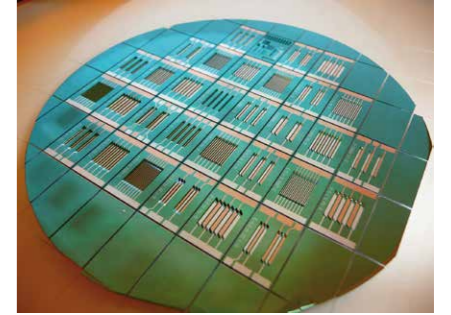
Entwicklung eines miniaturisierten Hörgerätes. Dieses sitzt direkt auf dem Trommelfell. Die verbaute Batterie des Fraunhofer IZM stellt die benötigte Energie für einen kompletten Tag zur Verfügung. Auf dem Hörgerät ist eine kleine Solarzelle angebracht. Der Nutzer setzt einen kleinen Ohrstecker mit Infrarotdiode ein. Diese lädt die Hörgeräte innerhalb von 15 Minuten wieder auf.

Kieferorthopädie

In Zahnspangen sollen zur Tragekontrolle Datenlogger integriert werden, welche die Temperatur erfassen und speichern. Mit Knopfzellen wäre laut Dr. Hahn die Zahnspange aufgrund der Baugröße des Energiespeichers unangenehm zu tragen. An Zahnimplantaten können ebenso elektronische Komponenten eingesetzt werden, die beispielsweise zur Medikamentendosierung beitragen oder den Speichelfluss anregen.

Kleinste Sensorimplantate

Implantierte Datenlogger nehmen Messgrößen auf, die dann beim Arzt ausgelesen werden.



Mit einem Run auf 24 Wafern lassen sich bis zu 670.000 Batterien produzieren

Ergänzung zum Energy Harvesting

„Bei Energy-Harvesting-Methoden erfolgt die Energiegewinnung und Speicherung in der Regel zeitversetzt. Die Miniaturbatterien aus unserem Institut können als Zwischenspeicher eingesetzt werden, um die Zeit zwischen Energiegewinnung und Bereitstellung zu überbrücken“, erläutert Dr. Hahn und führt aus: „Statt eines Kondensators können in aktiven Funktranspondern kleine Batterien genutzt werden, die über die Funkschnittstelle aufgeladen werden können. Auf dieser Basis können Miniatur-Datenlogger entwickelt werden, die beispielsweise in der Insektenforschung oder der landwirtschaftliche Forschung eingesetzt werden können.“

Die Forschung geht weiter

Forscher am Fraunhofer IZM arbeiten bereits seit 18 Jahren auf dem Gebiet der Batterieentwicklung. „Aber erst jetzt, mit den Materialinnovationen nicht nur der Elektroden, sondern auch Kohlenstoff Nanoröhrchen oder neue Bindermaterialien, können die Möglichkeiten erst so richtig ausgeschöpft werden. In unseren Entwicklungen profitieren wir von den Entwicklungen in der Werkstoffkunde. Unsere Forschung konzentriert sich darauf einen hohen Stand der Ausbeute zu erzielen und für verschiedene Batterie-designs die Verkapselung zu optimieren“, blickt Dr. Hahn voraus.



Dr. Robert Hahn, Gruppenleiter, Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, im Interview mit *RFID im Blick*