

Grundlagen zur Konservierung elektrischer Ladungen in organischen Dünnschichten – Ladungsspeichernde Dünnschichten

IGF-AIF 18397 BG

Abstract

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die elektrischen Eigenschaften UV-vernetzter organischer Dünnschichten in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad grundlegend zu klären. Bevorzugt wurden für die gegebene Aufgabe hydrophobe Allyle und Acrylate berücksichtigt. Kriterien waren hierbei die dielektrischen Eigenschaften, die Höhe der speicherbaren Ladung, die Dauer der Ladungskonservierung und insbesondere der Einfluss von Umweltfaktoren, speziell der Luftfeuchte. Auf Basis der in den Vorversuchen gewonnenen Ergebnisse dienten die Monomere Pentaeritritoltriacylat (PETA) und Tetraallyloxyethan (TAE) als bevorzugte Ausgangsstoffe. Parallel zur grundlegenden Untersuchung der ladungsspeichernden Eigenschaften sollten in Zusammenhang mit letztgenanntem Faktor Luftfeuchte daher auch Wege zur Erzielung extremer Hydrophobie (Superhydrophobie) untersucht werden. Derart ausgeprägte Hydrophobie ist nur durch mikrorauhe Oberflächen mit geringer Oberflächenenergie zu erzielen.

Aufgabenstellung

Bei der Entwicklung innovativer technischer Textilien liegen elektrische Eigenschaften zunehmend im Zentrum des Interesses. Beispielhafte Anwendungsfelder umfassen

- flexible Elektronik,
- Sensorik,
- Photovoltaik,
- optisch aktive Elemente (Elektrolumineszenz) und
- Energiespeicherung.

Gefordert sind leitfähige, isolierende und insbesondere adressierte ladungsspeichernde Eigenschaften. Derzeit kommen solche Sensoren bereits als berührungsfreie Schalter zum Einsatz. Wohlbekannte Beispiele sind schalterlose Lampen. Nach einem vergleichbaren Prinzip arbeiten kapazitive Touchscreens. Problematisch für die Erschließung neuer Einsatzfelder kapazitiver Annäherungssensoren ist jedoch die Querempfindlichkeit zu Luftfeuchte und Temperatur, aber auch zu Feuchte und Temperatur der sich nähernden Oberfläche (z. B. Haut des sich nähernden Körperteils). Entsprechend existieren für solche neuen Einsatzfelder textiler kapazitiver Annäherungssensoren verschiedene Lösungsansätze, die sich aber ohne eine zuverlässige Kontrolle des Einflusses von Luftfeuchte und Temperatur nur schwer umsetzen lassen. Hochgradig UV-vernetzte dünne ladungsspeichernde als auch dielektrische Schichten reduzieren diese Querempfindlichkeiten, lassen sich jedoch als dünne Schichten nur kontrolliert auf planaren Oberflächen abscheiden.

Lösungsweg

- ✓ Im Rahmen des Forschungsvorhabens ist durch das TITV Greiz das impedanzspektroskopische Verhalten von beschichteten leitfähigen Textilstrukturen simuliert worden, um ein ideales Substrat für Beschichtungsversuche und die Bestimmung des Isolationsvermögens und der dielektrischen Eigenschaften der Beschichtung zu entwickeln.
- ✓ Die Simulationen ergaben, dass für das zu erwartende Isolationsvermögen und die Dielektrizitätskonstanten der photochemisch erzeugten Polymere sich ein Interdigitalgewebe mit einem geringen Kammelektrodenabstand als ideal erweist.
- ✓ Auf der Basis von silberbeschichteten Monofilamenten (Shieldex® 22 f1) mit extrem hohen Schussdichten ist es gelungen, ein Gewebe mit gegeneinander isolierten Schussfäden mit einem Fadenabstand von unter 200 µm zu entwickeln.

- ✓ Durch geeignete Flottierungen, den Einsatz spezieller Schneidelemente sowie zusätzlich eingezogener leitfähiger Kettfäden sind erste funktionsfähige Interdigitalgewebe erzeugt und charakterisiert worden.
- ✓ Die Interdigitalgewebe als Rohware sind für Beschichtungsversuche ungeeignet, so dass in einem zweiten Schritt ein Veredlungsverfahren für die sensiblen hochfeinen und partiell leitfähigen Interdigitalgewebe entwickelt werden musste, da Laborversuche zum Waschen und Fixieren der Interdigitalgewebe fehlgeschlagen sind.

Ergebnis und Anwendungen

- ✓ Die Impedanzmessungen an den veredelten Interdigitalgeweben ergeben einen Widerstand von 2 MOhm und eine Kapazität von 200–250 pF.
- ✓ Mit dem zur Verfügung stehenden Frequenzbereich lassen sich Widerstände bis zu 50 GOhm erfassen, wenn die Kammelektrodenfäden des Interdigitalgewebes vollständig und zuverlässig isoliert sind.
- ✓ Die Untersuchungen der PETA-Filme weisen die Schichten als extrem hoch und als zuverlässig isolierende Präparation aus. Bereits die Applikation einer 1 %-igen PETA-Präparation liefert nach der photochemischen Vernetzung einen Widerstand von mehr als 50 GOhm (vgl. Abb. 1)

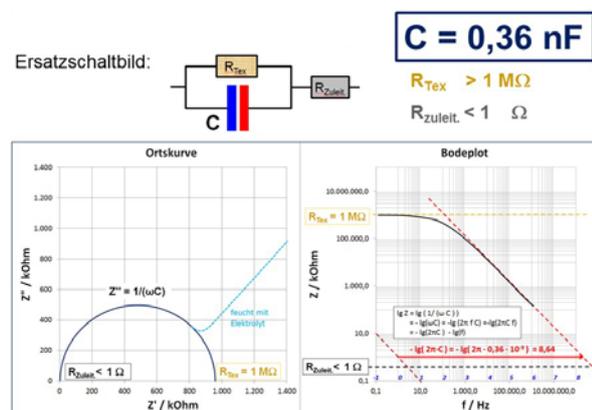


Abb 1: Impedanzspektroskopische Charakterisierung von mit dünnen ladungsspeichernden Nanofilmen präpariertem Interdigitalgewebe

- ✓ Die PETA-Schichten erhöhen jedoch nicht die Kapazität der Interdigitalgewebe. Die Messungen zeigen aber auch keine signifikante Abnahme der Kapazität. Die Dielektrizitätskonstante der PETA-Schichten entspricht folglich etwa der von Luft.
- ✓ Die umfangreichen impedanzspektroskopischen Untersuchungen in der Klimakammer bestätigen, dass die photochemisch vernetzten Filme ihr hohes elektrisches Isolationsvermögen auch bei hoher Luftfeuchte und erhöhten Temperaturen behalten.
- ✓ Darüber hinaus ist das kapazitive Verhalten noch unabhängiger von den klimatischen Bedingungen als die resistiven Eigenschaften.
- ✓ Die nanoskaligen ladungsspeichernden Dünnschichten sind in der Lage, partiell leitfähige textile Strukturen zu kapseln und zu isolieren, ohne die textile Haptik und den Griff, die Luftdurchlässigkeit/Atmungsaktivität und Drapierbarkeit des textilen Substrates zu beeinflussen.
- ✓ Photovernetzte ladungsspeichernde Dünnschichten eignen sich für den Schutz und die Isolation von textilen Schaltungsträgern und Leiterbahnen für den Einsatz in smarten elektronischen Textilien, insbesondere in körpernah getragener Bekleidung.

Projektleiter: A. Neudeck
 Tel.: 03661 / 611-204
 E-Mail: a.neudeck@titv-greiz.de