

Nachhaltige Elektronik: Evaluierung der Degradation von Verkapselungsmaterial für die Leistungselektronik

Dr. Michael Schneider, Dipl.-Ing. (FH) Uta Gierth,
Dr. Paul Gierth, Dr. Lars Rebenklau

Zuverlässigkeit durch Schutz der Elektronik

Nachhaltigkeit wird durch zuverlässige Langlebigkeit von Produkten erzielt. Dazu werden in der Leistungselektronik empfindliche Komponenten durch isolierende Verkapselungswerkstoffe geschützt. Für diese gelten strenge Anforderungen, die sowohl in Abhängigkeit zu den extrinsischen (Einsatzbedingungen) als auch den intrinsischen Bedingungen (Betriebsparameter) stehen. Leistungselektronische Komponenten kommen insbesondere in der Elektromobilität, Industrieelektronik und Energietechnik zum Einsatz.

Unter harschen Einsatzbedingungen (z. B. offshore) erfordert die Zuverlässigkeit der aktiven Elektronik hochwertige Verkapselungswerkstoffe, die zudem gut verfügbar, preisgünstig und leicht zu verarbeiten sind. Diese Werkstoffe selbst müssen auf Grund ihrer Schutzfunktion vor hohen elektrischen Spannungen ebenfalls langzeitstabil sein. Kompositwerkstoffe aus hochverfüllten Epoxidpolymeren, die mittels Thermotransfermolding leistungselektronische Komponenten verkapseln, sind derzeit am vielversprechendsten in der Anwendung.

Detaillierte Kenntnisse über die Degradationsmechanismen und -kinetik von Verkapselungswerkstoffen sind essenziell für das Verständnis der Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Leistungsbaugruppen.

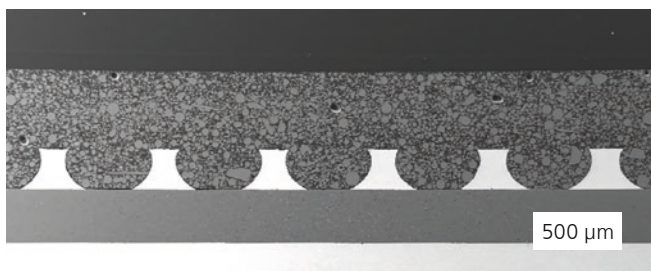


Bild 1: Materialgraphischer Querschnitt eines einseitig verkapselten Kupfersubstrats.

Neuer Ansatz zur Charakterisierung der Materialien

Bisher wurden häufig optische oder mechanische Prüfverfahren zur Untersuchung von Verkapselungen eingesetzt. Hochverfüllte Epoxidharzkomposite sind jedoch optisch intransparent und mechanische Tests bauteilerstörend.

Als alternative Untersuchungsmethode bietet sich die zerstörungsfreie Impedanzspektroskopie an. Bei dieser erlauben sogenannte Ersatzschaltbilder, die gemessenen Spektren als Ausdruck eines temporären Degradationszustands zu interpretieren. Aus der zeitabhängigen Wiederholung der Messungen (Monitoring) lässt sich die Degradationskinetik ermitteln und, mit Einschränkungen, eine Lebensdauerabschätzung treffen.

Der hohe spezifische Widerstand der Verkapselung und die zur Messung zur Verfügung stehenden miniaturisierten Strukturen erfordern eine präzise Stromsignalerfassung im Bereich Picoampere. Zu deren Realisierung werden im Verbundvorhaben »TTM-Process Reliability« hochimpedante Messgeräte und -aufbauten mit ausreichender Abschirmung entwickelt sowie industriell transferierbare Parameter ermittelt.

In Bild 2 sind exemplarisch Impedanzspektren epoxidkompositverkapselter Kupfersubstrate dargestellt, gemessen vor (0 h) und nach einer Stunde (1 h) Exposition unter Temperatur-Druck-Feuchte-Belastung. Die frequenzabhängige Impedanzveränderung spiegelt den Degradationsprozess des belasteten Verkapselungswerkstoffs sehr eindrücklich wider und zeigt, dass sich die Impedanzspektroskopie zur zerstörungsfreien Bewertung von Verkapselungswerkstoffen eignet.

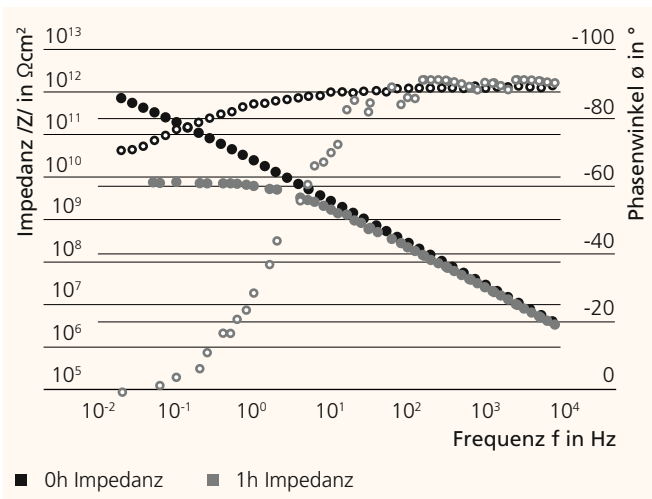


Bild 2: Impedanzmessung vor und nach Exposition.