



# AUTOMOBILELEKTRONIK – MATERIALIEN UND ZUVERLÄSSIGKEIT

Dr. Martin Gall, Dr. André Clausner, Dipl.-Ing. Christoph Sander, Dr. Matthias Kraatz, Prof. Ehrenfried Zschech

Der Anteil elektronischer Bauelemente in Fahrzeugen nimmt kontinuierlich zu. Das hat mehrere Ursachen: Zum einen wird durch die Anwendung modernster Elektronik die Funktionalität und Bedienbarkeit drastisch gesteigert, zum anderen wird auch die Effizienz signifikant verbessert (Verbrennungskontrolle, Getriebeschaltung, etc.). Hinzu kommt die immer höhere Vernetzung des Automobils. Neben dem wachsenden Angebot im Bereich Infotainment gewinnt das autonome Fahren an Bedeutung. Dies wiederum stellt noch höhere Ansprüche an die Leistungsfähigkeit, Informationsdichte und Übertragungsrate der Mikro- und Nanoelektronik. Bis etwa 2010 wurden nur »ältere« Technologieknoten verwendet, die aufgrund des abgeschlossenen Reifeprozesses höhere und besser verstandene Zuverlässigkeit bieten. Aktuell halten neue Technologien (z. B. 20/22 nm CMOS-Prozesse) Einzug in das Automobil. Um die Betriebssicherheit dieser neuen Technologieknoten zu sichern, kooperieren das Fraunhofer IKTS mit der Volkswagen AG und dem Fraunhofer IIS-EAS auf dem Gebiet der Zuverlässigkeit von mikro- und nanoelektronischen Bauteilen. Die Tabelle zeigt die wichtigsten Unterschiede der Anforderungen in den Bereichen »Consumer electronics« und »Automotive«. Während die meisten Halbleiterhersteller die weniger stringenten Ansprüche im Bereich »Consumer electronics« abdecken, gelten im Automobilbereich höhere Anforderungen. Unterschiede liegen vor allem in der anvisierten Lebensdauer von 15 gegenüber drei Jahren und der Ausfallrate von 0 % (»Zero defects«) gegenüber bis zu 10 %.

Ausgehend von heutiger Standard-Mikroelektronik, die für automobiler Anwendungen qualifiziert ist, werden Eigenschaften, Potenziale und Herausforderungen zukünftiger Mikroelektronik für diesen Anwendungsbereich erarbeitet. Wesentliche Konstruktions- und Prozessbestandteile der Mikroelektronik-Produkte werden hinsichtlich einer Zuverlässigkeitsbewertung evaluiert, u. a. Elektromigration (EM), Stressmigration (SM), Time-Dependent Dielectric Breakdown (TDDB) des BEOL, Temperature Cycling (TC), Gate Oxide Integrity (GOI). Standardmo-

delle für Extrapolationen zu applikationsspezifischen Operationsbedingungen werden einer kritischen Analyse und Validitätsprüfung unterzogen.

Auf Grundlage der am IKTS entwickelten multiskaligen Materialdatenbank, welche die charakteristischen thermomechanischen Eigenschaften der in Halbleiterprozessen verwendeten Werkstoffe beschreibt, werden die zuverlässigkeitslimitierenden Mechanismen ausgearbeitet, die die Lebensdauer eines in der Automobilbranche verwendeten Bauteils bestimmen. Diese Lebensdauer wird als Funktion des automobilen Anwendungsbereichs charakterisiert. Dabei wird der gesamte Aufbauprozess neuer elektronischer Systeme (z. B. einer Electronic Control Unit) berücksichtigt.

## Unterschiedliche Anforderungen an die Mikroelektronik

Eigenschaft	Consumer	Automotive
Temperaturbereich	0 °C bis + 40 °C	- 40 °C bis + 155 °C
Betriebsdauer	1–3 Jahre	10–15 Jahre
Vibration	Vernachlässigbar	0–2000 Hz
Beschleunigung	Vernachlässigbar	500 m/s <sup>2</sup>
ESD-Sicherheit	Bis 3 kV	Bis 15 kV
Tolerierte Feldausfallmenge	< 10 %	Ziel: Null-Fehler
Dokumentation Ausfallverhalten	Nein	Ja
Langfristversorgung	Nein	Bis 30 Jahre

### Wichtige Anwendungsbereiche der Mikro- und Nanoelektronik:

- 1 Consumer electronics  
(Quelle: commons.wikimedia.org).
- 2 Automotive  
(Quelle: Volkswagen AG).