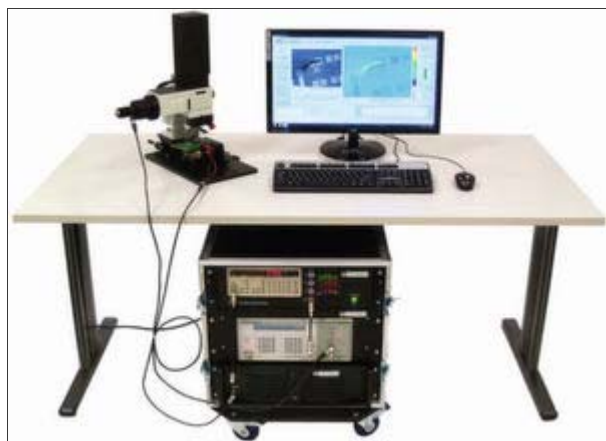


Ströme und Spannungen messen

Das Charakterisieren von Leistungshalbleitern wird anspruchsvoller

02.09.16 | Autor / Redakteur: Norbert Bauer * / [Hendrik Härter](#)



Optische Methode: Mit der Thermoreflectance Imaging lassen sich Bauteile auf Schwachstellen untersuchen. (Bild: LX Instruments)

Für den Test und die Charakterisierung von Bauelementen kommen neben klassischen Messgeräten noch Nischenprodukte hinzu. Wir zeigen, worauf Sie künftig achten sollten.

Die Anforderungen an die Präzision, aber auch an die Flexibilität von Messinstrumenten und Testsetups steigen parallel mit der kontinuierlich wachsenden Zahl an verwendeten Halbleiterstrukturen und -materialien. Neben traditioneller Kurvenaufzeichnung sind Geräte für die Analyse von Stromversorgungen aus dem Messlabor nicht mehr wegzudenken. Sie sind es, die die Spielräume gegenüber der traditionellen Messtechnik erweitern und

kombinieren einfaches Bedienerkonzept mit Messpräzision.

Für Spezialanwendungen kommen Nischenprodukte wie ein „UHV Bias Tee“ hinzu, um bis 10 kV zu charakterisieren oder Erweiterungen, um die Arbeitsfläche für sehr große Prüflinge zu vergrößern. Die in den letzten fünf Jahren in Deutschland eingeleitete Energiewende hat zu einem gewaltigen Innovationsschub bei Alltagsprodukten geführt. Dank der Rahmenbedingungen lassen sich bestimmte Produkte zu (fast) alltagstauglichen Preisen anbieten: LED-Lampen, Elektrofahrrad oder Solarleuchten. Gleichzeitig soll die Stromerzeugung von fossilen zu regenerativen Energieträgern bewegt werden. Allerdings ist das nicht immer und überall gleichmäßig möglich. Daher kommt es zu einem Umbauebedarf der Energiedistribution.

Daher steigt der Bedarf und die Vielfalt moderner Halbleitertransistoren. In erster Linie sind hier MOSFETs (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren) oder alternativ auch IGBTs (Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode) zu nennen. Silizium ist nach wie vor das meist verbreitete Ausgangsmaterial. Für spezielle Anwendungen kommen auch Substanzen zum Einsatz, die vor kurzem noch als exotisch galten: Galliumnitrid (GaN) oder Siliziumkarbid (SiC – Wide Bandgap Materialien). Halbleiter-Hersteller und die -Anwender sind großem Druck ausgesetzt. Die benötigte Entwicklungsgeschwindigkeit von neuen Materialien und Strukturen mit spezifischen Eigenschaften steigt.

BILDERGALERIE



Charakteristika von Strom und Spannung ermitteln

Anwender müssen Schaltungen mit mehr Funktionen bei gleichzeitig sinkendem Strom- und Platzverbrauch zu immer geringeren Kosten entwickeln. Das lässt sich nicht durch Simulation allein realisieren. Dazu wird spezielle Messtechnik benötigt, die über traditionelle Instrumentierung wie DMM, Oszilloskop, Netzteil oder auch der erwähnten Kurvenaufzeichnung hinausgeht. Benötigt wird ein Werkzeug zum Charakterisieren, das alle Standard-Charakteristika von Strom und Spannung vermessen kann:

- Hochpräzise Leckstrom-Messung,
- Durchbruchspannungen bis 10 kV,
- Threshold-Spannung,
- Ausgangskennlinienfeld und
- direkte Messung der Transferkennlinie.

Zur messtechnischen Pflicht kommt die Kür in Form einer Messung der Abhängigkeit der Bauteilkapazitäten über der Spannung. Bei der DC-Vorspannung können das mehrere kV sein. Wichtige Erkenntnisse zum Schaltverhalten liefert die Analyse der Gate-Charge-Kurve. Hier wird der zeitliche Verlauf von Gate-Strom und Gate-Spannung bei konstantem Drain-Strom gemessen und in ein Diagramm umgesetzt, das die Abhängigkeit der Gate-Ladung über der Gate-Spannung darstellt. Mit präzise gemessenen Kapazitäten und Werten aus dem Ausgangskennlinienfeld lassen sich Schaltzeiten sowie Verluste rechnerisch bestimmen.

Entwickler von Galliumnitrid- (GaN-) Bauelementen interessieren sich noch für das Current-Collapse-Phänomen: bei GaN-Transistoren ist der Drain-Strom bei höheren Spannungen geringer als bei kleineren. Schuld sind sogenannte „Traps“ mit unterschiedlichen Zeitkonstanten, die dafür sorgen, dass der Wert von $R_{DS(on)}$ (Einschaltwiderstand) unmittelbar nach dem Umschalten größer ist und erst zeitlich verzögert kleiner wird. Das führt zu bauartbedingten Verlusten.

Man ist daran interessiert, diesen Effekt zu kontrollieren und so die sonstigen Vorteile des Materials voll nutzen zu können. Der Effekt lässt sich mit Hilfe eines Power-Device-Analysators einfach charakterisieren, bei dem Quellen dynamisch vom Bauteilestress in die Messung der Abhängigkeit V_{d}/I_d umgeschaltet werden. Eine weitere Möglichkeit ist ein Pulsed-IV-System, bei der das

Bauelement mit extrem kurzen Pulsen angeregt wird.

Bei den Bauteilen nicht blind auf das Datenblatt verlassen

Ein temperiertes Bauelement während der Messung ist ebenfalls gewünscht. Hierfür werden für gepackte Bauelemente entweder Heizplatten (oberhalb der Raumtemperatur) oder Thermostreams (für positive und negative Temperaturen) eingesetzt. Die Charakterisierung auf Waferenebene ist bei Leistungshalbleitern möglich, aber durch den Einfluss des Kontaktwiderstandes stellt sie eine Schwierigkeit dar.

Neueinsteigern unterläuft schnell ein Fehler, und das kann auch schnell teuer werden.

Empfehlenswert und sicherer ist der Einstieg in das Thema durch Schulung oder Consulting durch einen versierten Partner. Mit mehr als 20 Jahren Erfahrung bieten Partner wie die bsw TestSystems & Consulting jede Form von Unterstützung an, egal ob Mess-Service, Schulung oder Komplettsystem als individuell abgestimmte Turn-Key-Solution.

Haben sich die Entwickler von Schaltungen bei der Konzeption und Simulation ihrer Schaltungen lange Zeit blind auf Datenblatt- oder Bibliothekswerte verlassen, geht das solange gut, wie die Schaltungen mit ausreichend Sicherheitsreserven gegen Bauteiletoleranzen dimensioniert werden können. Ein wesentlicher Nachteil dieser Strategie sind die nur kostspielig und zeitaufwendig zu erreichenden Effizienzsteigerungen durch die Trial-and-Error-Methode im Prototypenbau. Beispielhaft dafür stehen die Kapazitäts-Spannungs-Parameter und die Gate-Charge-Kurve.

Mängel an Leistungshalbleitern aufdecken

Der Einfluss der Kenngrößen ist unter anderem auf die Schaltverluste groß. Als Datenblattwert führen sie aber regelmäßig ein Schattendasein. Durch den zunehmenden Kostendruck müssen Anwender auf unterschiedliche Lieferquellen zurückgreifen. Ein nach Vorgabe des Originaldatenblatts nachgemessenes Bauteil zeigt schnell, ob eine suboptimale Qualität oder gar eine Fälschung geliefert wurde und bewahrt vor teuren Erfahrungen in der Produktion.

Schlechte Fälschungen, und sie gibt es wirklich, werden oft schon im Ausgangskennlinienfeld oder der Durchbruch-Charakteristik erkennbar. Eine Detailanalyse der Kapazitäts-Charakteristika sowie der Gate-Charge-Kennlinie hilft auch weniger offensichtliche Mängel aufzudecken. Die zusätzliche Charakterisierung der realen Bauteileparameter über der Temperatur mit einer Heizplatte oder Thermostream erlaubt Einblicke in das zu erwartende Verhalten der Schaltung und gibt wertvolle Hinweise auf Verbesserungsbedarf und Schwachstellen oder auf Einsparpotenziale bei der Kühlung.

Für die Entwicklung kann man auf optische Methoden der Schwachstellenanalyse zurückgreifen: Dazu gehören Infrarotthermografie oder die Thermografie mit dem „Thermoreflectance Imaging“, das eine wesentlich bessere Auflösung bietet. Erst seit rund einem Jahr kann diese Methode kombiniert werden mit der oben bereits genannten Pulsed-IV-Messmethode. Die Möglichkeiten, die sich für den Anwender ergeben sind aktuell noch gar nicht vollständig ausgereizt.

Messgeräte sollten sich problemlos erweitern lassen

Um einen Power Device Analyzer in einem so dynamischen Umfeld sinnvoll anzuschaffen, sollte sich das Messinstrument über die vom Hersteller angebotene Grundausstattung hinaus auch später noch erweitern und ausbauen lassen. So kann der Prüfenieur sicher gehen, dass er sich bei zukünftigen Entwicklungen nicht unvermittelt in einer Sackgasse wiederfindet.

Erwähnenswert sind auch Messaufbauerweiterungen. Das kann beispielsweise ein „UHV Bias Tee“ sein, das aktuell die CV-Charakterisierung bis 10 kV ermöglicht. Auf Interesse stößt auch eine

Erweiterung der Arbeitsfläche, um sehr voluminöse Prüflinge sicher testen zu können. Entwicklung und Einsatz von Leistungshalbleiter ist ein sehr dynamisches Umfeld, das allen Beteiligten ein Höchstmaß an Know-how und Lernfähigkeit abfordert. Moderne Messgeräte helfen, dem Ziel der „Grünen Energie“ näher zu kommen.

* Norbert Bauer ist Applikations- und Vertriebsingenieur bei der bsw TestSystems & Consulting AG.

Copyright © 2016 - Vogel Business Media