

Eine Frage der Verbindung

Leistungshalbleiter zum Test richtig kontaktieren

Der Artikel erklärt, wie man moderne Leistungshalbleiter effektiv zum Testen mit einem Messgerät verbinden kann.



Bild 1: High Voltage Haube zum Testen von z.B. IGBT Modulen

Besprochen werden sowohl Wege zum Verbinden von verpackten Bauelementen in verschiedenen Gehäusetypen als auch die nötige Technik für die On-Wafer-Charakterisierung.

Immer mehr Leistungshalbleiter

In modernen Produkten kommt immer mehr Leistungselektronik zum Einsatz. Diese hilft unter anderem, Ladungsspeicher wie Batterien effektiv und schnellstmöglich aufzuladen, kontrolliert deren Zustand (z.B. Temperatur, Restladung) und regelt die Abgabe von Leistung an die jeweiligen Verbraucher. Auch

Netzteile oder Umrichter für eine breite Palette von Anwendungen können mit modernen Leistungshalbleitern sehr kompakt und mit hohem Wirkungsgrad konstruiert werden.

Standen der Leistungselektronik früher im Wesentlichen nur die Familie der Thyristoren zur Verfügung, so hat sich das Angebot in den letzten Jahren durch Leistung-MOSFETs und IGBTs erweitert. Der erhöhte Einsatz neuer Technologien und Materialien (Wide Band-gap, Siliziumkarbid etc.) führt hier zu konstanten Innovationen und Leistungssteigerungen.

Um die Vorteile neuer Leistungshalbleiter optimal ausnutzen zu können, ist es wichtig, deren individuelle elektrische Parameter im Detail zu kennen. Dies erfordert, Bauteile in unterschiedlichsten Bauformen und Verpackungen exakt zu messen.

Bauformen und Kontaktmöglichkeiten

Die üblichste und auch am einfachsten zu handhabende Bauform sind verpackte Bauelemente mit Lötflans für die sogenannte Through-Hole-Montage. Die Bauteile (z.B. Transistoren im TO220-Package) sind vergleichsweise groß. Es sind recht preisgünstige Zero-Insertion-Force-Testfassungen verfügbar, um lötfrei zu kontaktieren.

Will man diese Bauteile aber zusätzlich noch über der Temperatur charakterisieren, braucht es Fassungen, die eine hohe Stabilität aufweisen. Hier kommt eigentlich nur Keramik in Frage. Auch müssen die Bauteile aufgrund der auftretenden Temperaturexpansion mit Schrauben oder aufwändigen Klemmmechanismen fixiert werden. Das zur Konstruktion erforderliche Material und der Arbeitsaufwand bei sehr kleinen Stückzahlen machen solche Fassungen teurer als Standardware.

Eine Alternative, die auch gerne für SMT-Bauteile mit kleiner

Baugröße und ohne Anschlussdrähte genutzt wird, ist es, die Bauteile auf ein Tochterboard fest aufzulöten. Dieses Board kann bei Bedarf auch aus bedingt temperaturstabilem Material gefertigt werden, sodass in eingeschränktem Maß Charakterisierungen über der Temperatur möglich sind. Der Tester wird entweder direkt über Kabel oder über eine Zwischenfassung mit einem universellen Kammstecker verbunden.

Solche Lösungen sind bei Anwendungen sehr beliebt wegen ihrer vermeintlich universellen Einfachheit. Es bleibt aber zu beachten, dass das Tochterboard und der Adapter mit dem Kammstecker die anwendbaren Ströme und Spannungen limitieren können und deshalb muss man die so ins Spiel gebrachten parasitären Größen (Kapazitäten, Leckströme etc.) im Auge behalten.

Am anderen Ende der Palette der verfügbaren Bauelemente stehen die Leistungsmodule. Zum Anschluss der leistungstragenden Kontakte kommen hier oft solide Schraubanschlüsse vor. Herausfordernd beim Test dieser Gruppe von Bauelementen ist ihre Größe. Meist sind herkömmliche Testfassungen nicht mehr in der Lage, Bauteile dieser Größe aufzunehmen. Eine offene Verkabelung der Bauteile auf einem Labortisch verbietet sich, durch die zur Charakterisierung erforderlichen lebensgefährlichen Spannungen, von selbst.

Eine elegante Lösung stellen hier sogenannte High-Voltage-Hauben dar. Diese bieten einen ausreichend großen Arbeitsraum, der bei Bedarf mit einer Haube sicher abgeschlossen werden kann und während des Hochspannungstests den Prüfraum verriegelt. Um Verluste zu vermeiden, werden die Anschlüsse des Testers möglichst weit in den Prüfraum integriert. So gelingt es oft, eine mobile Einheit zu schaffen, indem das Messgerät

Autor:
Norbert Bauer ist langjährig erfahrener Applikations- und Vertriebsingenieur bei bsw TestSystems & Consulting.

bsw TestSystem & Consulting
www.bsw-ag.com



Bild 2 Beispiel einer High Current Probe

mit der Haube auf ein Fahrgestell montiert wird.

Rund um Wafer-Prober

Haben die bislang angesprochenen Prüflinge noch ausgeprägte elektrische Kontaktflächen zum Löten, Stecken oder Schrauben, so sind bei vereinzelt Chips oder ganzen Wafern keine regulären Kontakte mehr vorhanden.

Interessant sind diese „nackten“ Bauteile aber trotzdem, weil man hier den reinen Halbleiter messen kann, ohne vielleicht störende Einflüsse von Bonddrähten, Leadframes und Packages. Auch können Chips bzw. Wafer wesentlich eleganter und einfacher temperiert und der Einfluss auf das elektrische Verhalten gemessen werden.

Zum Testen von Halbleitern auf Wafern, Teilwafern oder vereinzelt Chips werden hier sogenannte (Wafer-)Prober eingesetzt. Grundsätzlich sind diese Geräte bekannt, jedoch muss ein Prober zum Testen von Leistungshalbleitern ganz speziell ausgerüstet sein.

Die Aufnahme für den Wafer – genannt Chuck – muss grundsätzlich triaxial ausgeführt sein. Hier ist die im Kontakt mit dem Wafer befindliche Oberfläche (Top Layer) mit einer isolierten zweiten Schicht versehen, dem sogenannten Guard Layer. Dieser Guard Layer wird bei Bedarf vom Messgerät auf das gleiche elektrische Potential gelegt wie der Top Layer und verhindert so Leckströme und verringert die kapazitive Last. Als dritte Lage kommt noch ein Ground hinzu.

Der Chuck muss zudem für die geforderten Testspannungen und

ströme geeignet sein. Hier sind momentan Spannungen von 3 kV Standard und 10 kV (oder noch mehr) im Kommen, ebenso wie Ströme von mindestens 100 A (gepulst).

Da Übergangswiderstände bei On-Wafer-Messungen eines der größten Probleme sind, sollte das Oberflächenmaterial und die Gestaltung der Chuckoberfläche sorgfältig ausgewählt werden. Wenn irgend möglich, kommt Gold als Oberfläche zum Einsatz. Wafer werden mit Vakuum auf der Chuckoberfläche fixiert. Die Gestaltung der Vakuumkanäle ist jedoch wichtig. Soll doch das Vakuum einerseits für beste elektrische Kontakte homogen und stark wirken, andererseits aber die empfindlichen, gedünnten Wafer nicht zerbrechen.

Es stehen verschiedenste Thermochucks mit unterschiedlichen Temperaturbereichen zur Verfügung. In Verbindung mit einer sogenannten Local Enclosure sind hier sogar Charakterisierungen weit unterhalb der Raumtemperatur ohne Betauung oder Vereisung möglich.

Auch die Probes („Nadeln“) stellen eine Herausforderung dar. Bei hohen Strömen teilt man die Last auf eine Anzahl von Nadeln auf, was jedoch platzintensiv ist. Auch müssen diese komplexen und teuren Probes ausgerichtet werden, dies nennt man planarisieren. Das wiederum macht aufwändigere, mechanische Nadelhalter (Manipulatoren) notwendig. Neuerdings gibt es für Ströme >100 A (gepulst) sogenannte Blunt Needles – einzelne Nadeln mit großem Durchmesser und großer Verrundung. Hierdurch wird das Arbeiten wieder einfacher.

Für hohe Spannungen gibt es speziell isolierte Nadelhalter. Hauptproblem beim Hochspannungstest sind ungewollte Überschläge, da den unverpackten Chips die Isolation der Vergussmasse fehlt. Hier hilft es, den Wafer in eine Wanne mit z.B. Flourinert zu geben. Spezielle Add-Ons gibt es bei guten Herstellern im Angebot.

Gerade bei Messungen mit hohen Spannungen müssen auch hohe Sicherheitsanforderungen an die Anlage gestellt werden. Moderne Waferprober sind flexibel bedienbar und gleichzeitig sicher, indem sie spezielle Lichtschranken einsetzen. Der Prober bleibt gut zugänglich, aber die Lichtschranke unterbricht die gefährlichen Spannungen, sollte in das System eingegriffen werden. Um bei Tests mit hohen Spannungen auch die Restladungen aus dem Chuck (der als Kondensator wirkt) zu bekommen, werden spezielle Entladespannungen eingesetzt.

Umrüstung oder Neuanschaffung?

Umrüstung oder Neuanschaffung?

Wägt man alle diese Anforderungen ab, lohnt es in den meisten Fällen nicht, einen möglicherweise bestehenden (Niederspannungs-) Prober umzurüsten. Die Neuanschaffung eines sicheren und auf die Anforderungen abgestimmten Systems ist hier meist billiger.

Messungen an Leistungshalbleitern werden immer wichtiger. Ein wesentlicher Teil zum Erfolg dieser Messungen wird von flexiblen und gut angepassten Antastlösungen geleistet. Hier sind Experten gefragt, die mechanische Präzision mit detailliertem elektrischem Messtechnik-Knowhow verbinden können. ◀



Bild 3 Interlock Safety Discharge Box des Proberherstellers Signatone