Interreg Bayern-Österreich
Kofinanziert von der Europäischen Union
PEMOWE Electronics Inspection Network

MIKROSKOPIE PEMOWE FALLSTUDIE

Akustische Mikroskopie für die zerstörungsfreie Prüfung von Leistungshalbleitermodulen

Hochschule Kempten

Ausgangslage

In dieser Fallstudie wird mithilfe der akustischen Rastermikroskopie (SAM) die Zuverlässigkeit eines IGBT-Leistungsmoduls im Six-Pack-Format untersucht, das in Motorantriebs- und Stromversorgungsanwendungen zum Einsatz kommt. Der Schwerpunkt liegt auf der Qualität der Verbindungen: Hohlräume und Defekte in den Lotschichten zwischen den Chips, dem Keramiksubstrat und der Kupfergrundplatte. Diese Defekte beeinträchtigen die thermische Leistung und verkürzen die Lebensdauer des Leistungsmoduls.

Prüfobjekt

Als Prüfmuster diente ein Standard-IGBT-Leistungsmodul. Es besteht aus sechs IGBT-Chips und sechs Freilaufdioden-Chips, die auf ein keramisches Direct-Bonded-Copper-Substrat (DBC) gelötet sind. Das DBC-Substrat ist über eine zweite Lotschicht mit einer 3 mm dicken Kupfergrundplatte verbunden.

Methodik

Die Prüfung erfolgte mit einem PVA TePla Scanning Acoustic Microscope (SAM) mit einem 25-MHz-Ultraschallwandler (Brennweite 20 mm). Während der Prüfung war das Modul in deionisiertes Wasser getaucht, um eine effiziente Ultraschallkopplung zu gewährleisten.

Das Modul wurde von der Grundplattenseite aus mit einem Rasterabtastmuster gescannt. An jeder Abtastposition sendete der Wandler einen kurzen Ultraschallimpuls aus und zeichnete die von den inneren Materialgrenzflächen reflektierten Echos auf. Daraus wird ein zweidimensionales Graustufenbild der Grenzflächen erstellt. Im Mittelpunkt standen zwei kritische Bereiche:

- Lotlage zwischen den Halbleiterchips und dem DBC-Substrat
- Lotlage zwischen dem DBC-Substrat und der Kupfergrundplatte

Für jede Prüftiefe wurden C-Scan-Bilder aufgenommen und analysiert, um die Verbindungsqualität im gesamten Modul zu bewerten.

AUF EINEN BLICK

PRÜFOBJEKT
Standard-IGBT-Leistungsmodul im Six-Pack-Format (Motorantriebe, Stromversorgungen)

VERFAHREN
Akustische Rastermikroskopie (SAM), C-Scans der Lotschichten

ERGEBNIS
Lotporen in der Lotschicht DBC/Grundplatte sowie lokale Ablösungen an drei von sechs IGBT-Chips erkannt

ABLAUF

1. Modul in deionisiertes Wasser tauchen (Ultraschallkopplung)
2. Rasterscan von der Grundplattenseite mit 25-MHz-Wandler
3. Echos der inneren Materialgrenzflächen aufzeichnen
4. C-Scan-Bilder für jede Prüftiefe erstellen
5. Auswertung auf Hohlräume, Delaminationen und Verbindungsfehler

Ergebnisse

Die C-Scan-Bilder wurden analysiert, um Hohlräume, Delaminationen und Verbindungsfehler zu identifizieren.

Lotschicht DBC/Grundplatte. Zahlreiche kleine Bereiche mit hoher Reflexion (weiße Flecken) in der Lotschicht zwischen DBC-Substrat und Kupfergrundplatte deuten auf Fehlstellen bzw. Lufteinschlüsse hin. Obwohl diese Hohlräume relativ klein sind, können sie sich während thermischer Zyklen vergrößern, wodurch sich der Wärmewiderstand erhöht und die Lebensdauer des Moduls verringert.

Chip-Befestigungsschicht. Drei der sechs IGBT-Chips weisen an der Ecke eine lokale Ablösung auf. Da die Chip-Befestigung den primären Wärmepfad darstellt, kann dieser Defekt die Wärmeableitung beeinträchtigen und zu lokaler Überhitzung führen.

Fazit

SAM hat Lotporen und Ablösungen bei der Chipbefestigung erfolgreich erkannt. Die Ergebnisse zeigen, dass SAM ein wirksames zerstörungsfreies Verfahren zur Beurteilung der inneren Integrität, der thermischen Zuverlässigkeit und der Qualität von Leistungshalbleitermodulen ist.

KENNZAHLEN

25 MHz

Ultraschallwandler, Brennweite 20 mm

3 von 6

IGBT-Chips mit lokaler Ablösung an der Ecke

KONTAKT

Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten

Cuong Hoang
cuong.hoang@hs-kempten.de
Tel. +49 (0) 831 2523-9363
www.hs-kempten.de

PROJEKTKONTEXT

PEMOWE – Prüf-Netzwerk für die Energie- und Mobilitätswende

Im Interreg-Projekt PEMOWE kooperieren bayerische und österreichische Forschungseinrichtungen, um kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bei der Herstellung möglichst zuverlässiger elektrischer und elektronischer Komponenten zu unterstützen – mit Fokus auf Bauteile, die zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen und in der Elektromobilität zum Einsatz kommen. Bauteile werden für spezifische Analysen von einem Partner zum nächsten weitergegeben; dieses Zusammenspiel ermöglicht eine tiefgreifende Bauteilprüfung, die über die derzeitige Praxis hinausgeht.

Projekt-ID	BA0100107 (Spezifisches Ziel 1)
Laufzeit	01.09.2023 – 31.08.2026
Budget	€ 1.343.042,90 (Fördersatz 75 % EFRE)
Lead Partner	FH Oberösterreich Forschungs & Entwicklungs GmbH

FH Oberösterreich
LEAD PARTNER
Computertomographische (CT) Untersuchung elektronischer Bauteile

Technische Hochschule Deggendorf
PROJEKTPARTNER
Leistungselektronik für die E-Mobilität, CT-Untersuchung elektronischer Bauteile

Fachhochschule Vorarlberg
PROJEKTPARTNER
Industrielle Mikroskopie für Elektronikbauteile

Hochschule Kempten
PROJEKTPARTNER
Akustische Rastermikroskopie und thermische Impedanzspektroskopie

Kategorie dieser Fallstudie: **Mikroskopie** Materialbearbeitung REM und EDX-Systeme Raman-Mikroskopie Rasterkraftmikroskopie

Weitere Fallstudien, Events und Ergebnisse
pemowe.3dct.at