

DIN EN 62326-15

ICS 31.180

Einsprüche bis 2012-03-09

Entwurf

**Leiterplatten –
Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen –
Allgemeine Anleitung für die elektrische Prüfung von Trägermaterialien
mit eingebetteten aktiven Bauelementen, passiven Bauteilen
(Kondensatoren, Widerständen, Induktivitäten usw.), integrierten
passiven Bauteilen (IPD) und diskreten Gehäusen (IEC 91/995/CD:2011)**

Printed boards –

Device Embedded Substrate –

General electrical test guide for device embedded substrate with active devices, passive components (Capacitor, Resistor, Inductor, etc), Integrated passive device (IPD), and discrete packages (IEC 91/995/CD:2011)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-12-19 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 33 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
1 Einleitung	4
1.1 Anwendungsbereich	4
1.2 Hintergrund	4
1.3 Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen	5
1.4 Begriffe	6
2 Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen	6
2.1 Elektrisches Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen	6
2.2 Elektrisches Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten passiven Bauteilen	10
3 Elektrisches Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen	15
3.1 Bewertung des Prüfungsentwurfs	15
3.2 Vorbereitung der Prüfungskonfiguration	15
3.3 Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen	16
4 Elektrische Grundlage für die Prüfung von Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen	17
4.1 Elektrische Grundlage für die Prüfung von Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen	17
4.2 Elektrische Grundlage für die Prüfung von Trägermaterial mit eingebetteten passiven Bauteilen	18
Bild 1 – Durchgangsprüfung	5
Bild 2 – Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen	5
Bild 3 – Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen	5
Bild 4 – Trägermaterial mit eingebetteten passiven Bauteilen	6
Bild 5 – Prüfungsgrad 1	7
Bild 6 – Querschnitt eines Trägermaterials mit eingebetteten aktiven Bauteilen für Prüfungsgrad 2	8
Bild 7 – Schaltbild eines aktiven Bauteiles und Verfahren von Prüfungsgrad 2	8
Bild 8 – Querschnitt Nr. 1 eines Trägermaterials mit eingebetteten aktiven Bauteilen für Prüfungsgrad 3	9
Bild 9 – Beispiel für die Ausführung von Prüfanschlussflächen von Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen für Prüfungsgrad 3	9
Bild 10 – Querschnitt Nr. 2 eines Trägermaterials mit eingebetteten aktiven Bauteilen für Prüfungsgrad 3	10
Bild 11 – Beispiel einer komplexen Netzstruktur für Prüfungsgrad 3	10
Bild 12 – Einteilung der Prüfungsgrade für Trägermaterial mit eingebetteten passiven Bauteilen	11
Bild 13 – Schema Prüfungsgrad 2	12
Bild 14 – Schema Prüfungsgrad 3	12
Bild 15 – Trägermaterial mit einem oder zwei eingebetteten passiven Bauelementen	13
Bild 16 – Impedanz- und Phasenmessergebnisse	13
Bild 17 – Prüfanschlussflächen für Hochfrequenzprüfung	14
Bild 18 – Prüfschema von Grad 4	14
Bild 19 – Schaltkreismodell und Simulationsergebnis	15
Bild 20 – Vorbereitung der Prüfungskonfiguration	16
Bild 21 – Ablauf des Prüfverfahrens	17

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 91/995/CD:2011 „Printed boards – Device Embedded Substrate – General electrical test guide for device embedded substrate with active devices, passive components (Capacitor, Resistor, Inductor, etc), Integrated passive device (IPD), and discrete packages“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 91 „Electronics assembly technology“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 682 „Montageverfahren für elektronische Baugruppen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

**Leiterplatten –
Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen –
Allgemeine Anleitung für die elektrische Prüfung von Trägermaterialien mit
eingebetteten aktiven Bauelementen, passiven Bauteilen (Kondensatoren,
Widerständen, Induktivitäten usw.), integrierten passiven Bauteilen (IPD) und
diskreten Gehäusen**

1 Einleitung

Aufgrund der Forderungen nach kleineren und dünneren Gehäusen auf dem Markt der mobilen Bauteile kam der Einbettungstechnologie Aufmerksamkeit zu, die nach Einführung der Micro-Via-Technologie in der Mikrogehäusetechnologie ins Rampenlicht rückte. Im Wesentlichen enthält ein Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen aktive oder passive Bauteile im Trägermaterial. Es ist derzeit die aussichtsreichste Lösung zur Erfüllung der Forderungen der Kunden in Bezug auf Größe, Leistungsfähigkeit, niedriger Leistungsaufnahme, Hochfrequenzbandbreite, Zuverlässigkeit und Kosten.

In der bestehenden Fertigungsindustrie wurde die Mehrzahl der Bauteile durch Oberflächenmontage auf ein Trägermaterial aufgesetzt. Die Einbettungstechnologie ist jedoch entwickelt worden, um durch Verlegung des oberflächenmontierten Bauteils in das Trägermaterial die Größe und Dicke des Trägermaterials zu minimieren, da elektronische Erzeugnisse klein und kompakt geworden sind. Es wird erwartet, dass Trägermaterialien mit eingebetteten Bauteilen entscheidend zur Verminderung von Größe und Dicke bei mobilen Anwendungen beitragen wird. Während die Nachfrage nach Trägermaterialien mit eingebetteten Bauteilen steigt, gibt es jedoch keine standardisierte Prüflösung für selbiges. Daher schlagen wir in diesem Dokument einen Standard für ein elektrisches Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen vor.

1.1 Anwendungsbereich

Zweck dieser Norm ist, Nutzern die notwendigen Informationen zu elektrischen Prüfverfahren zu geben, wozu die Durchgangsprüfung sowie, im Fall von Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen, die Funktionsprüfung der Bauteile gehören. Es soll ebenso durch Festlegung technischer Schritte ein Lösungskonzept für die elektrische Prüfung von Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen zur Verfügung stellen.

1.2 Hintergrund

Die gängigen Gehäuse von Geräten der Elektronik werden komplexer, funktionell integrierter, zuverlässiger und miniaturisierter als je zuvor. Daher ist es erforderlich, dass eine elektrische Prüfung klassifiziert wird, um die Leistung und Qualität von Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen zu sichern, da das Trägermaterial aktive/passive Bauteile enthält. Während die Durchgangsprüfung für einfache Trägermaterialien ausreichend ist, ist sie für Trägermaterialien mit eingebetteten Bauteilen nicht ausreichend. Hier sollten Funktionsprüfungen durchgeführt werden, da die aktiven/passiven Bauteile im Trägermaterial eingebettet sind. Das Hauptproblem jedoch besteht darin, dass erkennbar sein muss, welche Bauteile eingebettet sind und wie sie funktionell miteinander verbunden sind. Dies ist der Hauptgrund dafür, dass es standardisierte Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen geben sollte.

Bild 1 zeigt das derzeitige Trägermaterialprüfverfahren, d. h. die Durchgangsprüfung.

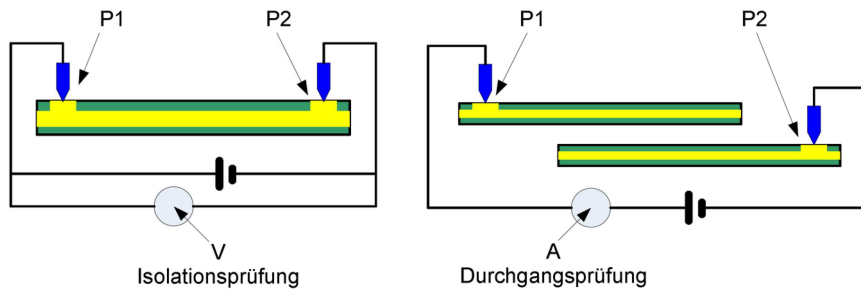


Bild 1 – Durchgangsprüfung

1.3 Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen

Um ein elektrisches Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen zu standardisieren, sollten folgende drei Arten von Trägermaterialien in Betracht gezogen werden.

1.3.1 Trägermaterial mit aktiven und passiven eingebetteten Bauteilen

Erstens sollte eine Prüfung der eingebetteten passiven Bauteile in Netzwerk 1 und Netzwerk 3 durchgeführt werden. Zweitens sollte eine Prüfung der aktiven Bauteile in Netzwerk 2 durchgeführt werden. Eine allgemeine Trägermaterialprüfung sollte in Netzwerk 4 durchgeführt werden.

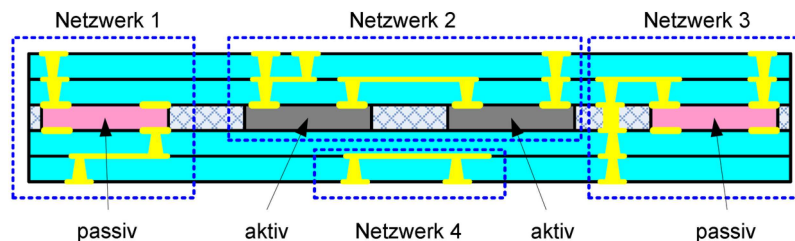


Bild 2 – Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen

1.3.2 Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen

Die allgemeine Trägermaterialprüfung sollte in Netzwerk 1, Netzwerk 2 und Netzwerk 4 durchgeführt werden. Eine Prüfung der eingebetteten aktiven Bauteile sollte in Netzwerk 3, Netzwerk 5 und Netzwerk 6 durchgeführt werden.

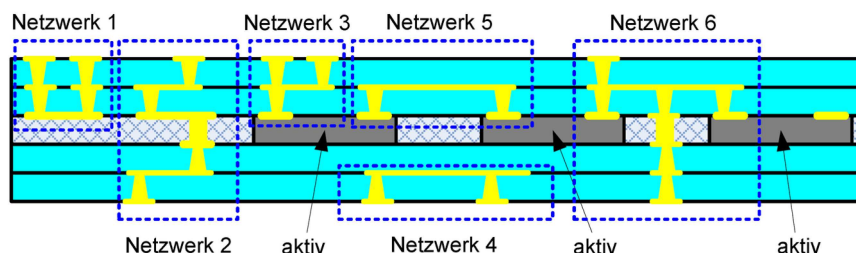


Bild 3 – Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen

1.3.3 Trägermaterial mit eingebetteten passiven Bauteilen

Allgemeine Trägermaterialprüfungen sollten in Netzwerk 1 durchgeführt werden, und die Prüfung der eingebetteten passiven Bauteile sollte in Netzwerk 2, Netzwerk 3 und Netzwerk 4 durchgeführt werden.

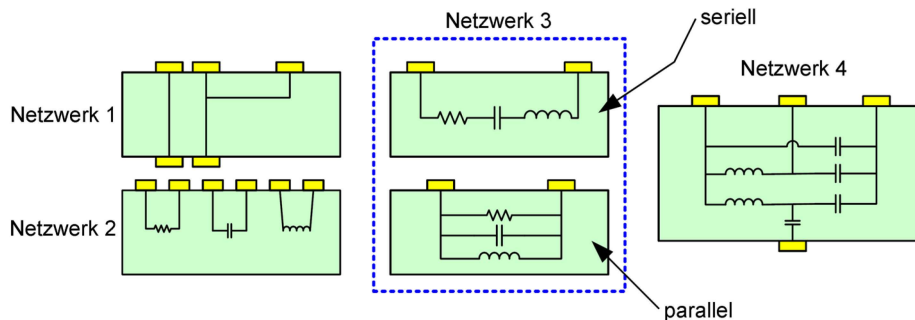


Bild 4 – Trägermaterial mit eingebetteten passiven Bauteilen

1.4 Begriffe

1.4.1 Aktives Bauteil

Ein elektrischer Stromkreis besteht aus verschiedenen Bauelementen oder Bauteilen oder Komponenten, die aktiv oder passiv sein können. Aktive Bauteile sind Energiequellen, die verschiedene Energieformen ineinander umwandeln: chemische, hydraulische, thermische Energie, mechanische, nukleare, solar etc. in elektrische Energie, die den elektrischen Strom durch den Stromkreis treibt und diesem daher kontinuierlich Energie zuführt.

1.4.2 Passives Bauteil

Passive Bauteile sind normalerweise Widerstände, Kondensatoren und Induktivitäten, können aber auch Thermistoren, Varistoren, Umformer, Temperatursensoren und fast alle nicht schaltenden Bauteile sein, die folgende Funktionen ausführen:

- Energie liefern oder absorbieren, um Spannung oder Strom konstant zu halten.
- Signale filtern, um sichere Signale für andere Kreise zur Verfügung zu stellen.
- Die Impedanz steuern.
- Signale aufnehmen, um Informationen zu anderen Kreisen zu übertragen
- Signale verzögern oder erzeugen, um für andere Kreise Zeitvorgaben zu machen.

1.4.3 Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen

Wenn ein Bauteil in einen Hohlraum des Trägermaterials eingebettet und mit einem Kleber und einer Kupferschicht laminiert wurde, wird das Trägermaterial als Trägermaterial mit eingebettetem Bauteil bezeichnet. Der Zugriff auf das Bauteil erfolgt entweder durch standardisierte Durchkontaktierungen oder Micro-Via-Verbindungen.

2 Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen

2.1 Elektrisches Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen

Bild 3 zeigt einen Querschnitt eines Trägermaterials mit eingebetteten Bauteilen. Das Trägermaterial enthält aktive Bauteile und Verbindungen, die miteinander verbunden sind. Netzwerk 1, 2 und 4 beinhaltet typische Verbindungen, die in einem konventionellen Trägermaterial zu sehen sind. Sie können unter Anwendung der Isolationsprüfung/Durchgangsprüfung geprüft werden. Netzwerk 3, 5 und 6 jedoch verbinden aktive Bauteile elektrisch, somit sollte ihre Funktionalität geprüft werden.

Eine elektrische Prüfung für ein Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Geräten kann gemäß Tabelle 1 aufgegliedert werden. Die elektrische Prüfung für das Trägermaterial mit eingebettetem Bauteil selbst kann in drei Grade eingeteilt werden. Zur Prüfung von Trägermaterialien sowohl mit SMT-Bauelementen als auch mit Bauteilen werden Grad 4 und 5 eingeführt. Die detaillierten Informationen sind unten aufgeführt.

Tabelle 1 – Prüfungsgrade für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen

Prüfungsgrad	Prüfungsinhalt
Grad 1	Durchgangsprüfung für die allgemeinen Verbindungen im Trägermaterial
Grad 2	Durchgangsprüfung für die Verbindung zwischen einem aktiven Gerät und einem Eingang (Eingängen)
Grad 3	Verbindungsprüfung zwischen aktiven Geräten
Grad 4	Elektrische Prüfung von Trägermaterial mit eingebetteten SMT-Bauelementen
Grad 5	Elektrische Prüfung für ein Produkt, bei dem Trägermaterial mit eingebetteten Bauteilen verwendet wird

Als erstes ist Prüfungsgrad 1 für Netzwerke vorgesehen, die nicht mit einem eingebetteten aktiven Bauteil verbunden sind, wie Netzwerk 1, 2 und 3. Dies entspricht der typischen Trägermaterialprüfung. Zweitens ist Prüfungsgrad 2 für Netzwerke vorgesehen, die mit einem eingebetteten aktiven Bauteil verbunden sind, wie Netzwerk 3, um die elektrische Verbindung zu prüfen. Drittens ist Prüfungsgrad 3 für Netze vorgesehen, bei denen die eingebetteten aktiven Bauteile intern miteinander verbunden sind, wie Netzwerk 5 und 6, um die internen Verbindungen zwischen den aktiven Geräten zu prüfen. Als nächstes ist Grad 4 zur Prüfung der Verbindung zwischen einem SMT-Bauelement und einem Trägermaterial mit eingebettetem Bauteil vorgesehen. Schließlich ist Prüfungsgrad 5 als Prüfung auf Produktebene vorgesehen um zu erkennen, ob es Probleme bei einem Produkt gibt.

2.1.1 Prüfungsgrad 1 für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen

Prüfungsgrad 1 für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen ist zur Prüfung der Konnektivität von Verbindungen vorgesehen, die nicht an ein aktives Bauteil angeschlossen sind. Dies ist in Bild 5 gezeigt.

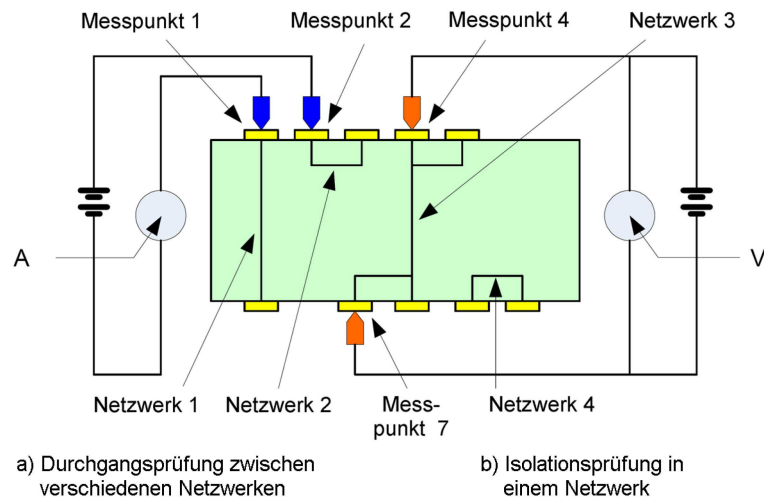


Bild 5 – Prüfungsgrad 1

Messpunkt 1 und Messpunkt 2 befinden sich auf verschiedenen Netzen in Bild 5(a). Nach Messung des Widerstandes an Messpunkt 1 oder Messpunkt 2 kann herausgefunden werden, dass Netz 1 und 2 verbunden sind, wenn die gemessenen Widerstände unter einem bestimmten Widerstandswert liegen. Messpunkt 4 und Messpunkt 7 befinden sich im selben Netz, welches Netz 3 ist. Sie sind nicht verbunden, wenn der gemessene Widerstand zwischen den beiden Messpunkten über einem bestimmten Widerstandswert liegt. Das bedeutet, dass sie nicht elektrisch verbunden sind.

Im Handel ist ein Vielfachprüfgerät erhältlich, mit dem Spannung und Strom gemessen werden können, während mit einem Source Meter der Widerstand direkt gemessen werden kann, da es selbst über eine

Stromversorgung verfügt. Vom Standpunkt der Zuverlässigkeit aus können Niederspannungsprüfungen oder Hochstromprüfungen ausgeführt werden, um auf Mikrounterbrechungen zu prüfen, die einen fortlaufenden Fehler in Leiterplatten verursachen, und auf Mikrokurzschlüsse zu prüfen, die ein Rauschen im HF-System verursachen.

2.1.2 Prüfungsgrad 2 für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen

Prüfungsgrad 2 für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen ist zur Prüfung der Konnektivität zwischen Anschlussflächen vorgesehen, die mit einem eingebetteten aktiven Bauteil verbunden sind, durch Prüfung der ESD-Schutzdiode innerhalb eines aktiven Bauteils. Durch diese Prüfung wird der Status von Unterbrechung/Verbindung durch Messung des Spannungsabfalls über der ESD-Schutzdiode geprüft. Die Pins, die keine Messpunkte sind, sollten an Masse angeschlossen werden, so dass sich die Prüfung auch auf die Auswertung von Mängeln bei Signalleitungen erstreckt. Nachfolgend wird die Querschnittsansicht für Prüfungsgrad 2 auf einem Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen gezeigt.

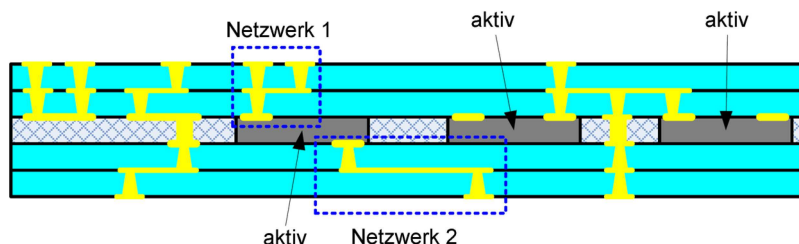


Bild 6 – Querschnitt eines Trägermaterials mit eingebetteten aktiven Bauteilen für Prüfungsgrad 2

Bild 7 zeigt das Schaltbild eines aktiven Bauteils, das Verfahren von Prüfungsgrad 2 und die Ausführung der ESD-Schutzdiode. Prüfungsgrad 2 wird durch Anlegen einer positiven/negativen Vorspannung an den Stromkreis realisiert.

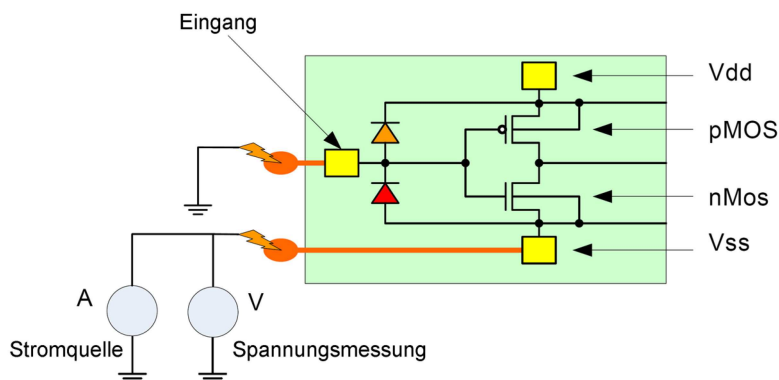


Bild 7 – Schaltbild eines aktiven Bauteiles und Verfahren von Prüfungsgrad 2

2.1.3 Prüfungsgrad 3 für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen

Prüfungsgrad 3 für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen ist zur Prüfung der Konnektivität zwischen eingebetteten aktiven Bauteilen vorgesehen, deren Netze in Bild 8 gezeigt werden. Diese Prüfung kann jedoch nur durch Ansteuerung der aktiven Bauteile erfolgen. Die Funktionsprüfungen aktiver Bauteile, wie digitale IV-Prüfung oder HF-Funktionsprüfung, werden für Prüfungsgrad 3 verwendet. Diese Prüfung sagt auch aus, ob das aktive Bauteil gut oder schlecht ist. Bei Prüfungsgrad 3 gibt es zwei Arten von Netzwerken, diese werden in Bild 8 gezeigt. Netzwerk 1 stellt eine einfache Verbindung zwischen aktiven Bauteilen dar und Netzwerk 2 eine komplizierte Verbindung zwischen aktiven Bauteilen.

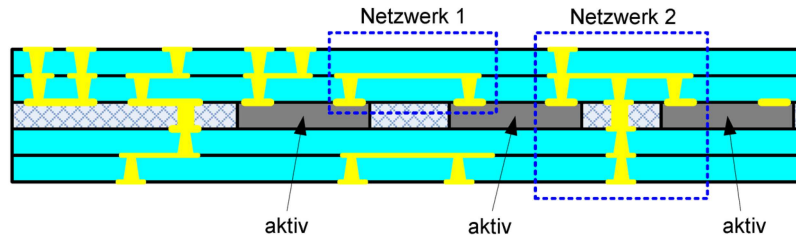


Bild 8 – Querschnitt Nr. 1 eines Trägermaterials mit eingebetteten aktiven Bauteilen für Prüfungsgrad 3

2.1.3.1 Einfache Netzwerkstruktur für Prüfungsgrad 3 für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen

Zur Prüfung von Netzwerk 1 gemäß Bild 9 zum Zeitpunkt der Projektierung muss die Bauart des Trägermaterials sorgfältig ausgewählt werden. Für Prüfungsgrad 3 sind für die Prüfung externe Anschlussflächen erforderlich. Die Netzstruktur kann für die Prüfung so ausgeführt sein, wie in Bild 9 und Bild 10 dargestellt.

a) Die erste Netzwerkstruktur für Prüfungsgrad 3: Einige Netzwerke, die aktive Bauteile verbinden, wie Netzwerk 1, 2 und 3 in Bild 9, sind nicht leicht zu prüfen. Für die ordnungsgemäße Prüfung dieser Netzwerke sollten externe Anschlussflächen konstruiert werden. Bild 9 zeigt zwei mögliche Fälle zur Prüfung dieser internen Netzwerke. Das Wichtige ist, dass für die Prüfung der internen Netzwerke die an die aktiven Bauteile gehenden Eingangssignale und die von den aktiven Bauteilen kommenden Ausgangssignale bekannt sein müssen.

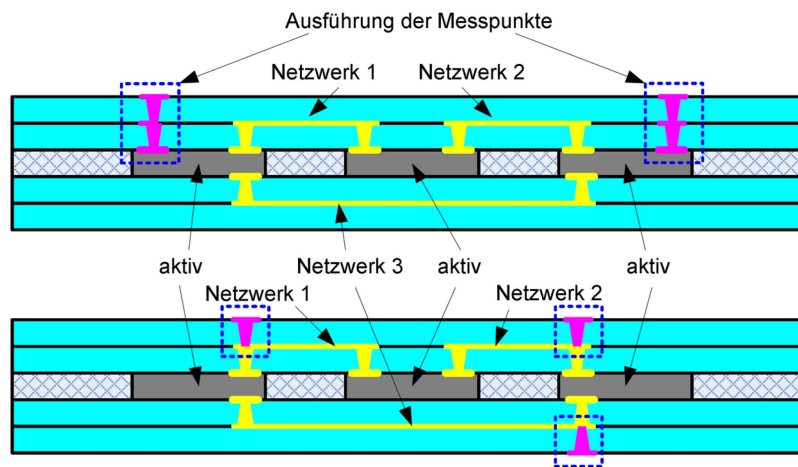


Bild 9 – Beispiel für die Ausführung von Prüfanschlussflächen von Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen für Prüfungsgrad 3

b) Die zweite Netzstruktur für Prüfungsgrad 3: Bild 10 zeigt andere Fälle interner Netzwerke. Genau wie in Bild 9 sollten die externen Anschlussflächen für die Prüfung entsprechend ausgeführt sein.

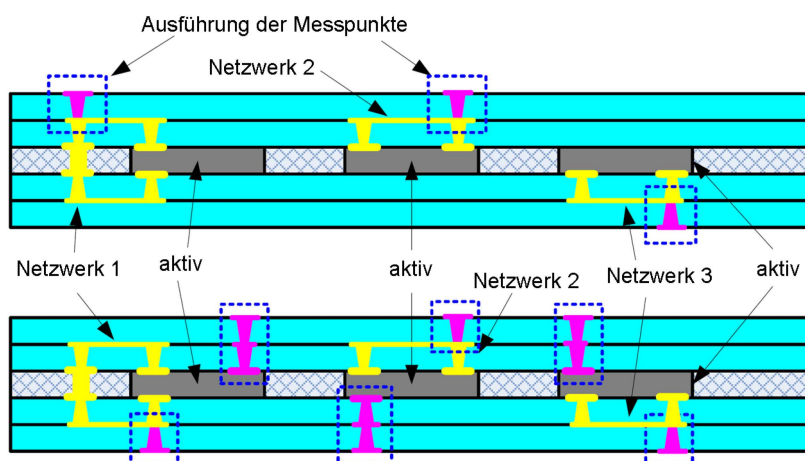


Bild 10 – Querschnitt Nr. 2 eines Trägermaterials mit eingebetteten aktiven Bauteilen für Prüfungsgrad 3

2.1.3.2 Komplexe Netzwerkstruktur für Prüfungsgrad 3 für Trägermaterial mit eingebetteten aktiven Bauteilen

Wenn ein Trägermaterial mit eingebettetem Bauteil komplexe Verbindungen wie in Bild 11 beinhaltet, können externe Anschlussflächen für die Prüfung dieser internen Netze nutzlos sein. Um diese ordnungsgemäß zu prüfen, sollten andere Prüfverfahren wie das Boundary-Scan-Verfahren oder der eingebaute Selbsttest (built-in self test / BIST) eingeführt werden. In diesem Dokument wird das detaillierte Prüfverfahren nicht beschrieben.

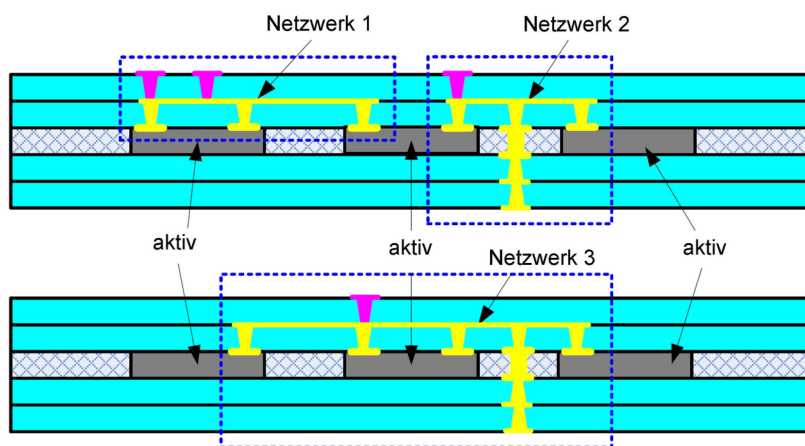


Bild 11 – Beispiel einer komplexen Netzstruktur für Prüfungsgrad 3

2.2 Elektrisches Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten passiven Bauteilen

Entsprechend der Prüfungsarten und Schwierigkeiten können die Prüfverfahren für Trägermaterial mit eingebetteten passiven Bauteilen in 4 Grade eingeteilt werden, die in Tabelle 2 gezeigt werden.