

	DIN EN 60749-28 (VDE 0884-749-28)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 31.080.01 Halbleiterbauelemente – Mechanische und klimatische Prüfverfahren – Teil 28: Prüfung der Empfindlichkeit gegen elektrostatische Entladungen (ESD) – Charged Device Model (CDM) – Device Level (IEC 60749-28:2017); Deutsche Fassung EN 60749-28:2017 Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – device level (IEC 60749-28:2017); German version EN 60749-28:2017 Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essai mécaniques et climatiques – Partie 28: Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) – Modèle de dispositif chargé par contact direct (DC-CDM) (IEC 60749-28:2017); Version allemande EN 60749-28:2017 Gesamtumfang 50 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2017-05-02 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2018-02-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60749-28:2012-07.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 631 „Halbleiterbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 47 „Semiconductor devices“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60749-26	IEC 60749-26	DIN EN 60749-26 (VDE 0884-749-26)	VDE 0884-749-26

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60749-26 (VDE 0884-749-26), Halbleiterbauelemente – Mechanische und klimatische Prüfverfahren – Teil 26: Prüfung der Empfindlichkeit gegen elektrostatische Entladungen (ESD) – Human Body Model (HBM) (IEC 60749-26:2013); Deutsche Fassung EN 60749-26:2014

**Halbleiterbauelemente –
Mechanische und klimatische Prüfverfahren –
Teil 28: Prüfung der Empfindlichkeit gegen elektrostatische Entladungen (ESD) –
Charged Device Model (CDM) – Device Level
(IEC 60749-28:2017)**

Semiconductor devices –
Mechanical and climatic test methods –
Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity
testing – Charged device model (CDM) – device
level
(IEC 60749-28:2017)

Dispositifs à semiconducteurs –
Méthodes d'essai mécaniques et climatiques –
Partie 28: Essai de sensibilité aux décharges
électrostatiques (DES) – Modèle de dispositif
chargé par contact direct (DC-CDM)
(IEC 60749-28:2017)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2017-05-02 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60749-28:2017 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 47/2362/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 60749-28, erarbeitet vom IEC/TC 47 „Semiconductor devices“ in Zusammenarbeit mit dem IEC/TC 101 „Electrostatics“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 60749-28:2017 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2018-02-02
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-05-02

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60749-28:2017 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

IEC 60749-26 ANMERKUNG Harmonisiert als **EN 60749-26**.

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort	2
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Erforderliche Ausrüstung	9
4.1 CDM-ESD-Prüfeinrichtung	9
4.1.1 Allgemeines	9
4.1.2 Stromfühlerelement	10
4.1.3 Masseebene	10
4.1.4 Feldplatte/Feldplatten-Dielektrikumschicht	10
4.1.5 Ladewiderstand	10
4.2 Wellenformmessausrüstung	11
4.2.1 Allgemeines	11
4.2.2 Konfektionierte Anschlusskabel	11
4.2.3 Ausrüstung für Wellenformmessungen mit hoher Bandbreite	11
4.2.4 Ausrüstung für 1,0-GHz-Wellenformmessungen	11
4.3 Verifikationsmodule (Metallscheiben)	11
4.4 Kapazitätsmessgerät	12
4.5 Widerstandsmessgerät	12
5 Anforderungen an periodische Qualifizierungen der Prüfeinrichtung, Wellenformaufzeichnungen und Wellenformverifizierung	12
5.1 Übersicht über erforderliche Evaluierungen von CDM-Prüfeinrichtungen	12
5.2 Hardware zum Erfassen von Wellenformen	12
5.3 Aufbau zum Erfassen von Wellenformen	12
5.4 Verfahren zum Erfassen von Wellenformen	12
5.5 Qualifizierung/Requalifizierung der CDM-Prüfeinrichtung	13
5.5.1 Qualifizierung/Requalifizierung der CDM-Prüfeinrichtung	13
5.5.2 Bedingungen, die eine Qualifizierung/Requalifizierung der CDM-Prüfeinrichtung erfordern	14
5.5.3 Korrelation eines 1-GHz-Oszilloskops mit Oszilloskop mit hoher Bandbreite	14
5.6 Verfahren für die vierteljährliche und routinemäßige Wellenformverifizierung der CDM-Prüfeinrichtung	14
5.6.1 Verfahren für die vierteljährliche Wellenformverifizierung	14
5.6.2 Verfahren für die routinemäßige Wellenformverifizierung	14
5.7 Wellenformmerkmale	15
5.8 Dokumentation	16
5.9 Verfahren zur Evaluierung der vollständigen CDM-Prüfeinrichtungs-Aufladung eines Bauelements	16

6	Anforderungen und Verfahren für CDM-ESD-Prüfungen	17
6.1	Handhabung der Bauelemente	17
6.2	Prüfanforderungen.....	17
6.2.1	Prüftemperatur und -luftfeuchte.....	17
6.2.2	Bauelementprüfung	17
6.3	Prüfverfahren	18
6.4	Leitlinien für die CDM-Prüfaufzeichnung und den Bericht	18
7	CDM-Klassifizierungskriterien	18
Anhang A (normativ) Festlegungen des Verifikationsmoduls (Metallscheibe) und Reinigungsanleitungen für Verifikationsmodule und Prüfeinrichtungen.....		20
A.1	Verifikationsmodule und Feldplatten-Dielektrikum der Prüfeinrichtung	20
A.2	Pflege der Verifikationsmodule.....	20
Anhang B (normativ) Kapazitätsmessung der Verifikationsmodule (Metallscheiben), die auf einem Feldplatten-Dielektrikum der Prüfeinrichtung sitzen.....		21
Anhang C (informativ) Verbesserungen in CDM-Prüfhardware und Metrologie		22
Anhang D (informativ) Elektrischer Schaltplan einer CDM-Prüfeinrichtung		24
Anhang E (informativ) Beispiel für Oszilloskop-Aufbau und Wellenform.....		25
E.1	Allgemeines	25
E.2	Einstellungen für das Oszilloskop mit 1 GHz Bandbreite.....	25
E.3	Einstellungen für das Oszilloskop mit hoher Bandbreite.....	25
E.4	Aufbau	25
E.5	Beispielwellenformen von einem 1-GHz-Oszilloskop.....	25
E.6	Beispielwellenformen eines 8-GHz-Oszilloskops	26
Anhang F (informativ) Entladeverfahren für feldinduzierte CDM-Prüfeinrichtungen		28
F.1	Allgemeines	28
F.2	Einzel-Entladeverfahren	28
F.3	Dual-Entladeverfahren.....	29
Anhang G (informativ) Verfahren für die Verifizierung der Wellenform		30
G.1	Faktor-/Offset-Einstellmethode.....	30
G.2	Spannungseinstellmethode per Software.....	33
G.3	Beispiel für Parameteraufzeichnungstabellen	35
Anhang H (informativ) Ermittlung der angemessenen Ladeverzögerung zum vollständigen Laden eines großen Moduls oder Bauelements.....		37
H.1	Allgemeines	37
H.2	Verfahren zur Bestimmung der Ladeverzögerung	37
Anhang I (informativ) Direct-Contact Charged Device Model (DC-CDM) für die Prüfung der Empfindlichkeit gegen elektrostatische Entladungen (ESD)		39
I.1	Allgemeines	39
I.2	Standard-Prüfmodul	39
I.3	Prüfausrüstung (CDM-Simulator)	39

I.3.1	Entwurf der Prüfausrüstung	39
I.3.2	Unterstützung des zu prüfenden Bauelements	40
I.3.3	Metallstab/-platte	40
I.3.4	Aufbau der Ausrüstung	40
I.4	Verifizierung der Prüfausrüstung	41
I.4.1	Allgemeine Beschreibung der Ausrüstung für die Verifikationsprüfung	41
I.4.2	Messgeräte	42
I.4.3	Verifizierung der Prüfausrüstung unter Verwendung einer Strom-Messzange	42
I.5	Durchführung der Prüfung	44
I.5.1	Anfangsmessung	44
I.5.2	Prüfungen	44
I.5.3	Zwischen- und Endmessung	44
I.6	Ausfallkriterien	44
I.7	Klassifizierungskriterien	44
I.8	Zusammenfassung	45
	Literaturhinweise	46

Bilder

Bild 1	– Vereinfachtes Schema der Hardware einer CDM-Prüfeinrichtung	10
Bild 2	– CDM-charakteristische Wellenform und Parameter	16
Bild D.1	– Vereinfachter elektrischer Schaltplan einer CDM-Prüfeinrichtung	24
Bild E.1	– 1 GHz TC 500, kleines Verifikationsmodul	26
Bild E.2	– 1 GHz TC 500, großes Verifikationsmodul	26
Bild E.3	– 8 GHz TC 500, kleines Verifikationsmodul (Oszilloskop mit Dämpfungskorrektur)	27
Bild E.4	– GHz TC 500, großes Verifikationsmodul (Oszilloskop mit Dämpfungskorrektur)	27
Bild F.1	– Einzel-Entladeverfahren (Feldauffüllung, I_{CDM} -Impuls und langsame Entladung)	28
Bild F.2	– Dual-Entladeverfahren (Feldauffüllung, erster I_{CDM} -Impuls, kein Feld, zweiter I_{CDM} -Impuls)	29
Bild G.1	– Beispiel des Ablaufs einer Wellenformverifizierung für Qualifizierungs- und vierteljährliche Überprüfungen unter Verwendung der Faktor-/Offset-Einstellmethode	31
Bild G.2	– Beispiel des Ablaufs einer Wellenformverifizierung für routinemäßige Überprüfungen unter Verwendung der Faktor-/Offset-Einstellmethode	32
Bild G.3	– Beispiel eines durchschnittlichen I_{peak} für das große Verifikationsmodul – Oszilloskop mit hoher Bandbreite	33
Bild G.4	– Beispiel des Ablaufs einer Wellenformverifizierung für Qualifizierungs- und vierteljährliche Überprüfungen unter Verwendung der Spannungseinstellmethode per Software	34
Bild G.5	– Beispiel des Ablaufs einer Wellenformverifizierung für routinemäßige Überprüfungen unter Verwendung der Spannungseinstellmethode per Software	35
Bild H.1	– Eine beispielhafte Charakterisierung von Ladeverzögerung gegen I_p	38
Bild I.1	– Beispiele für Entladekreise, bei denen die Entladung durch das Schließen des Schalters verursacht wird	40

Bild I.2 – Ausrüstung für die Verifikationsprüfung zum Messen des Entladestroms, der vom Standard-Prüfmodul zum Metallstab/zur Metallplatte fließt.....	41
Bild I.3 – Stromwellenform.....	41
Bild I.4 – Messschaltung für Verifizierungsverfahren unter Verwendung einer Strom-Messzange	43

Tabellen

Tabelle 1 – CDM-Wellenformmerkmale für ein Oszilloskop mit 1 GHz Bandbreite	15
Tabelle 2 – CDM-Wellenformmerkmale für ein Oszilloskop mit hoher Bandbreite (≥ 6 GHz).....	15
Tabelle 3 – Klassifizierungsstufen für CDM-ESDS-Bauelemente	19
Tabelle A.1 – Festlegung der Verifikationsmodule (Metallscheiben) der CDM-Prüfeinrichtungen	20
Tabelle G.1 – Beispiel einer Aufzeichnungstabelle von Wellenformparametern für die Faktor-/Offset-Einstellmethode	36
Tabelle G.2 – Beispiel einer Aufzeichnungstabelle von Wellenformparametern für die Spannungseinstellmethode per Software.....	36
Tabelle I.1 – Maße der Standard-Prüfmodule	39
Tabelle I.2 – Festgelegte Stromwellenform	42
Tabelle I.3 – Bereich des Stoßstroms I_{p1} für Prüfausrüstungen	42
Tabelle I.4 – Festlegung des Stoßstroms I_{p1} für das Verifizierungsverfahren unter Verwendung einer Strom-Messzange	43

Einleitung

Die frühesten Prüfmodelle und -normen für elektrostatische Entladung (ESD) simulieren ein aufgeladenes Objekt, das sich einem Bauelement nähert und sich durch das Bauelement entlädt. Das bekannteste Beispiel ist **IEC 60749-26**, das Human Body Model (HBM). Mit zunehmender Nutzung automatisierter Systeme zur Handhabung der Bauelemente wird jedoch ein weiterer potenziell zerstörender Entladungsmechanismus, das Charged Device Model (CDM), immer wichtiger. Beim CDM wird ein Bauelement selbst aufgeladen (zum Beispiel durch Gleiten auf einer Oberfläche (Aufladen durch tribomechanische Vorgänge) oder durch elektrische Feldinduktion) und wird (durch ein ESD-Ereignis) schnell entladen, wenn es einem leitfähigen Objekt sehr nahe kommt. Ein entscheidendes Merkmal des CDM ist die Metall-Metall-Entladung, die zu einer sehr schnellen Übertragung der Ladung durch einen Lichtbogendurchschlag führt. Das CDM-Prüfverfahren simuliert auch Metall-Metall-Entladungen, die sich aus anderen ähnlichen Szenarien ergeben, wie zum Beispiel die Entladung aufgeladener Metallobjekte an Bauelementen mit einem anderen Potential.

Eine genaue Quantifizierung und Reproduzierbarkeit dieses schnellen Metall-Metall-Entladeereignisses ist aufgrund der Beschränkungen der Messausrüstung und ihres Einflusses auf das Entladeereignis sehr schwierig, wenn nicht unmöglich. Die CDM-Entladung ist in der Regel in wenigen Nanosekunden abgeschlossen, und es wurden schon Stoßströme von mehreren zehn Ampere beobachtet. Der Stoßstrom in das Bauelement variiert in Abhängigkeit von einer großen Anzahl von Faktoren erheblich, einschließlich Gehäusotyp und parasitärer Elemente. Der typische Ausfallmechanismus, der bei MOS-Bauelementen für das CDM-Modell beobachtet wird, sind dielektrische Schäden, obwohl auch andere Schäden festgestellt wurden.

Die CDM-Ladespannungsempfindlichkeit eines gegebenen Bauelements ist abhängig vom Gehäuse. Zum Beispiel kann die gleiche integrierte Schaltung (IC) in einem kleinflächigen Gehäuse im Vergleich zur selben IC in einem Gehäuse des gleichen Typs mit einer größeren Fläche bei einer gegebenen Spannung möglicherweise weniger anfällig für CDM-Schäden sein. Es wurde gezeigt, dass die Anfälligkeit für CDM-Schäden besser mit Stoßstrompegeln als mit Ladespannungen korreliert.

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil der IEC 60749 wird das Verfahren für die Prüfung, Bewertung und Klassifizierung von Bauelementen und Mikroschaltungen nach ihrer Störanfälligkeit (Empfindlichkeit) gegen Beschädigung oder Beeinträchtigung festgelegt, wenn diese einer definierten elektrostatischen Entladung (ESD) im feldinduzierten Charged Device Model (CDM) ausgesetzt werden. Alle gehäuseten Halbleiterbauelemente, Dünnschichtschaltungen, akustischen Oberflächenwellen-Bauelemente (SAW; en: surface acoustic wave), optoelektronischen Bauelemente, integrierten Hybridschaltungen (HICs; en: hybrid integrated circuits) und Multi-Chip-Module (MCMs), die eines dieser Bauelemente enthalten, sind nach diesem Dokument zu bewerten. Um die Prüfungen durchzuführen, werden die Bauelemente in einem Gehäuse montiert, das ähnlich dem Gehäuse ist, welches in der endgültigen Anwendung erwartet werden kann. Dieses CDM-Dokument ist nicht für SDM (en: Socketed Discharge Model)-Prüfeinrichtungen anzuwenden. Dieses Dokument beschreibt das feldinduzierte (FI-)Verfahren. Eine Alternative, das Direktkontaktverfahren (DC-Verfahren), wird in [Anhang I](#) beschrieben.

Der Zweck dieses Dokuments ist die Festlegung eines Prüfverfahrens, mit dem CDM-Ausfälle kopiert werden und welches ungeachtet der Art des Bauelements von Prüfeinrichtung zu Prüfeinrichtung zuverlässige und wiederholbare CDM-ESD-Prüfergebnisse liefert. Wiederholbare Daten lassen präzise Klassifizierungen und Vergleiche der CDM-ESD-Empfindlichkeitsstufen zu.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

CDM-ESD

elektrostatische Entladung im Charged Device Model

elektrostatische Entladung (ESD) unter Verwendung des Charged Device Models (CDM), um das tatsächliche Entladeereignis zu simulieren, das auftritt, wenn ein aufgeladenes Bauelement durch einen einzelnen Pin oder Anschluss schnell an einem anderen Objekt mit einem niedrigeren elektrostatischen Potential entladen wird

3.2

CDM-ESD-Prüfeinrichtung

Prüfeinrichtung für elektrostatische Entladung im Charged Device Model

Ausrüstung, die auf der Bauelementebene das CDM-ESD-Ereignis unter Verwendung des nicht-gesockelten Prüfverfahrens simuliert

Anmerkung 1 zum Begriff: „Ausrüstung“ wird in diesem Dokument als „Prüfeinrichtung“ bezeichnet.

3.3

dielektrische Schicht

dünner Isolator, der oben auf der Feldplatte platziert wird, um das Bauelement von der Feldplatte zu trennen

3.4

Feldplatte

leitfähige Platte, die verwendet wird, um das Potential des zu prüfenden Bauelements durch kapazitive Kopplung zu erhöhen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe [Bild 1](#).

3.5

Masseebene

leitfähige Platte, die verwendet wird, um die Schaltung für das Erden/Entladen des zu prüfenden Bauelements zu vervollständigen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe [Bild 1](#).

3.6

Softwarespannung

durch den Anwender/Bediener eingegebene Spannung, die in Kombination mit dem Skalenfaktor oder Offset die tatsächliche Feldplattenspannung im System einstellt, um die Wellenformparameter zu erreichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Wellenformparameter sind in [Tabelle 1](#) oder [Tabelle 2](#) definiert.

3.7

Prüfbedingung

TC (en: test condition)

Plattenspannung der Prüfeinrichtung, die den Wellenformparameterbedingungen entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wellenformparameterbedingungen sind in einer gesonderten Spalte in [Tabelle 1](#) und [Tabelle 2](#) angegeben.

4 Erforderliche Ausrüstung

4.1 CDM-ESD-Prüfeinrichtung

4.1.1 Allgemeines

[Bild 1](#) stellt das Hardware-Schema für den Aufbau einer CDM-Prüfeinrichtung dar, mit der feldinduzierte CDM-ESD-Prüfungen durchgeführt werden, wobei angenommen wird, dass eine Widerstandsstrommesszange verwendet wird. Das zu prüfende Bauelement darf ein aktuelles Bauelement sein, oder es darf sich um eines der beiden Verifikationsmodule (Metallscheiben) handeln, die in [Anhang A](#) beschrieben werden. Der Federkontaktstift muss mit einem 1- Ω -Strompfad mit einer minimalen Bandbreite (BW) von 9 Gigahertz (GHz) mit der Masseebene verbunden sein. Der 1- Ω -Federkontaktstift-zu-Masse-Anschluss des Widerstandsstromsensors darf eine parallele Kombination eines 1- Ω -Widerstands zwischen dem Federkontaktstift und der Masseebene und der 50- Ω -Impedanz des Oszilloskops und dessen Koaxialkabel sein. In [Bild 1](#) ist K1 der Schalter zwischen dem Aufladen der Feldplatte und der Erdung der Feldplatte. Die im Kontext dieses Dokuments verwendeten CDM-ESD-Prüfeinrichtungen müssen die in [Bild 2](#) und [Tabelle 1](#) und [Tabelle 2](#) festgelegten Wellenformmerkmale erfüllen, ohne dass das Messzubehör zusätzliche passive oder aktive Bauelemente, wie z. B. Ferrite, enthält.

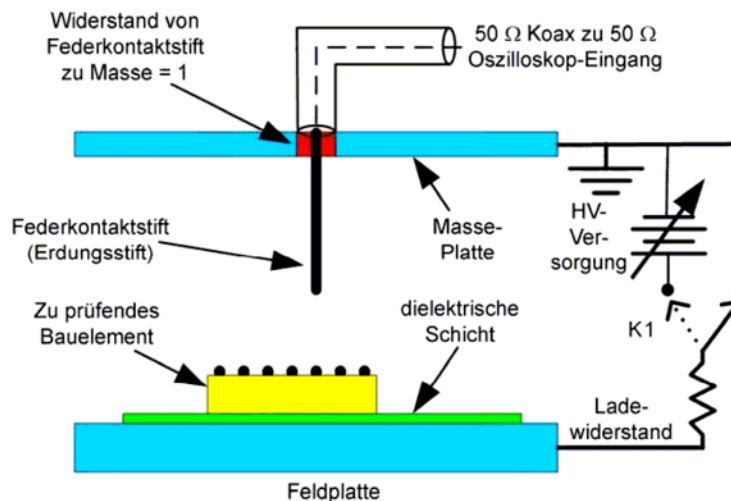


Bild 1 – Vereinfachtes Schema der Hardware einer CDM-Prüfeinrichtung

Bei der Konstruktion der Prüfausrüstung sollten parasitäre Elemente in den Lade- und Entladewegen minimiert werden, da die parasitären RLC-Schwingkreis-Störeffekte in der Ausrüstung die Prüfergebnisse stark beeinflussen.

Bei vorhandener Ausrüstung empfiehlt es sich, qualifiziertes Instandhaltungspersonal zu kontaktieren, um die Übereinstimmung mit diesem Dokument nach Entfernung der Ferritkomponenten zu bestimmen.

4.1.2 Stromfühlerelement

Ein Stromfühlerelement muss in die Masseebene integriert werden. Der Widerstand dieses Elements muss einen Wert von $(1,0 \pm 10 \%) \Omega$ aufweisen. Als Stromfühlerelement muss ein Widerstand wie in 4.1.1 festgelegt verwendet werden. Der Widerstandswert (einschließlich des 50- Ω -Kabel/Oszilloskop-Anchlusses) muss mit einem Widerstandsmessgerät wie in 4.5 beschrieben gemessen werden. Der Widerstandswert muss verwendet werden, um den ersten Stoßstrom zu berechnen.

Das Stromfühlerelement muss einen minimalen Frequenzgang von 9 GHz haben (festgelegt durch einen maximalen Roll-Off von 3 dB bei 9 GHz).

4.1.3 Masseebene

Das Messzubehör muss eine quadratische Masseebene mit dem in ihr zentrierten Sondenstift enthalten, wie in Bild 1 dargestellt. Die Maße der Masseebene müssen $63,5 \text{ mm} \times 63,5 \text{ mm} \pm 6,35 \text{ mm}$ ($2,5 \text{ in} \times 2,5 \text{ in} \pm 0,25 \text{ in}$) betragen.

4.1.4 Feldplatte/Feldplatten-Dielektrikumschicht

Die Feldplatte muss eine Flächenebenheit aufweisen, die um nicht mehr als $\pm 0,127 \text{ mm}$ ($0,005 \text{ in}$) variiert. Die Feldplatten-Dielektrikumschicht sollte mit einem FR4-Werkstoff oder einem ähnlichen Epoxid-Glas-Werkstoff hergestellt werden. Im Falle von FR4 sollte die Dicke und Dickentoleranz dieser dielektrischen Schicht $0,381 \text{ mm} \pm 0,0254 \text{ mm}$ ($0,015 \text{ in} \pm 0,001 \text{ in}$) betragen, um zu einer Kapazitätsmessung (wie festgelegt im normativen Anhang B) zu führen, die in dem in Tabelle A.1 festgelegten Bereich liegt.

Wird ein anderer Werkstoff verwendet, so wird die Materialdicke gewählt, mit der eine Kapazitätsmessung in dem in Tabelle A.1 festgelegten Bereich erzielt wird.

4.1.5 Ladewiderstand

Der in Bild 1 dargestellte Ladewiderstand muss nominal 100 M Ω oder mehr betragen.

Widerstandswerte von mehr als 100 M Ω dürfen verwendet werden, aber dadurch dürfen keine sehr großen Bauelemente (siehe 5.9 und [Anhang H](#)) vollständig aufgeladen werden, bevor sie vom Messzubehör entladen werden. Dieser Effekt kann überwunden werden, indem in der Programmiersoftware der CDM-Prüfeinrichtung eine Verzögerung hinzugefügt wird. Bei Verwendung eines Widerstands von mehr als 100 M Ω empfiehlt es sich, die Prüfeinrichtung oder das Bauelement selbst zu kennzeichnen, um festzustellen, ob eine Verzögerung für die Entladung großer Bauelemente erforderlich ist. Ein Verfahren zur Kennzeichnung dieser Verzögerung für große Bauelemente wird in [Anhang H](#) angegeben.

4.2 Wellenformmessausrüstung

4.2.1 Allgemeines

Die CDM-Wellenformmessausrüstung muss aus den folgenden Komponenten bestehen.

4.2.2 Konfektionierte Anschlusskabel

Konfektionierte Anschlusskabel mit einem kombinierten Gesamtverlust des internen Kabels der Prüfeinrichtung und des externen Kabels von nicht mehr als 2 dB bei Frequenzen bis zu 9 GHz und einer nominalen Impedanz von 50 Ω .

4.2.3 Ausrüstung für Wellenformmessungen mit hoher Bandbreite

4.2.3.1 Oszilloskop mit hoher Bandbreite

Ein Oszilloskop oder Transienten-Digitalisierer mit einer kleinsten Echtzeit (Single-Shot) 3 dB Bandbreite von mindestens 6 GHz und einer Abtastrate von ≥ 20 Gigasamples/s mit einer nominalen Eingangsimpedanz von 50 Ω .

4.2.3.2 Dämpfungsglied

Ein 20-dB-Dämpfungsglied mit einer Messunsicherheit von $\pm 0,5$ dB, einer Bandbreite von mindestens 12 GHz und einer Impedanz von 50 $\Omega \pm 5,0$ Ω .

4.2.4 Ausrüstung für 1,0-GHz-Wellenformmessungen

4.2.4.1 1-GHz-Oszilloskop

Ein Oszilloskop oder Transienten-Digitalisierer mit einer Echtzeit (Single-Shot) 3 dB Bandbreite von 1 GHz mit einer nominalen Eingangsimpedanz von 50 Ω . Die Abtastrate muss ≥ 5 Gigasamples/s betragen.

ANMERKUNG Der Anwender hat die Möglichkeit, ein Oszilloskop mit höherer Bandbreite zu verwenden und einen Hardware- oder Software-Filter zu verwenden, um eine Bandbreite und eine Abtastrate zu erzeugen, die zu der in 4.2.4.1 festgelegten äquivalent ist.

4.2.4.2 Dämpfungsglied

Ein 20-dB-Dämpfungsglied mit einer Messunsicherheit von $\pm 0,5$ dB, einer Bandbreite von mindestens 4 GHz und einer Impedanz von 50 $\Omega \pm 5$ Ω .

4.3 Verifikationsmodule (Metallscheiben)

Das große Verifikationsmodul muss eine Kapazität von $(55 \pm 5 \%)$ pF und das kleine Verifikationsmodul muss eine Kapazität von $(6,8 \pm 5 \%)$ pF aufweisen. Informationen zu den physikalischen Maßen des Verifikationsmoduls können dem normativen [Anhang A](#) und Informationen zum Kapazitätsmessverfahren dem normativen [Anhang B](#) entnommen werden.

4.4 Kapazitätsmessgerät

Kapazitätsmessgerät mit einer Auflösung von 0,2 pF, einer Messgenauigkeit von 3 % und einer Messfrequenz von 1,0 MHz, wie im normativen [Anhang B](#) beschrieben.

4.5 Widerstandsmessgerät

Das Widerstandsmessgerät, das verwendet wird, um den Widerstand der Widerstandssonde zu messen, muss in der Lage sein, mit einer Genauigkeit von 0,01 Ω zu messen. Die Verwendung von 4-Leiter-Kelvin-Anschlüssen wird empfohlen.

5 Anforderungen an periodische Qualifizierungen der Prüfeinrichtung, Wellenformaufzeichnungen und Wellenformverifizierung

5.1 Übersicht über erforderliche Evaluierungen von CDM-Prüfeinrichtungen

Die CDM-Prüfeinrichtung muss wie in [5.5](#) und [5.6](#) beschrieben qualifiziert, requalifiziert und in regelmäßigen Abständen nachgeprüft werden.

ANMERKUNG 1 Dielektrische Schichten, Masseebenen, der koaxiale Entladewiderstand (Sonde), der Abstand zwischen der Masseebene und der Feldplatte, die Verifikationsmodule und die Entladungskontakte (z. B. Federkontaktstifte) sind Schlüsselemente der Konstruktion der Prüfeinrichtung. Jegliche Änderung dieser Elemente erfordert eine Wellenformverifizierung.

ANMERKUNG 2 Änderungen in der Form des Entladungsimpulses, selbst wenn sie noch innerhalb der Festlegung liegen, können eine Funktionsbeeinträchtigung des Entladungsweges anzeigen.

5.2 Hardware zum Erfassen von Wellenformen

Das Erfassen von Wellenformen erfordert folgende Geräte und folgendes Spannungseinstellverfahren der Prüfeinrichtung:

- ein Oszilloskop – wie in [4.2](#) festgelegt;
- ein Dämpfungsglied und ein konfektioniertes Anschlusskabel wie in [4.2](#) definiert;
- Verifikationsmodule (wie in [4.3](#) beschrieben) – mit den Maßen und Attributen wie im normativen [Anhang A](#) aufgelistet und einer Messmethode wie im normativen [Anhang B](#) aufgelistet.

5.3 Aufbau zum Erfassen von Wellenformen

Der Aufbau zum Erfassen von Wellenformen muss wie folgt durchgeführt werden.

- a) Die Verifikationsmodule werden gereinigt. Hautkontakt mit den Modulen vor und während der Prüfung ist zu vermeiden. Ein empfohlenes Verfahren wird im normativen [Anhang A](#) beschrieben.
- b) Mit einem Alkoholtuch wird die Entladesonde und die Feldladungsplatte, auf der das Bauelement platziert wird, gereinigt, um jegliche Oberflächenkontamination zu entfernen, die zu einem Ladungsverlust führen könnte. Es ist sicherzustellen, dass der Federkontaktstift frei von kleinsten Teilchen ist.
- c) Das geeignete 20-dB-Dämpfungsglied wird wie in [4.2.3.2](#) beschrieben mit dem Oszilloskop verbunden. Das eine Ende des externen konfektionierten Anschlusskabels wird wie in [4.2.2](#) beschrieben mit dem Dämpfungsglied und das andere Ende mit der CDM-Prüfeinrichtung verbunden. Es ist nachzuprüfen, ob alle Verbindungen in der Messkette fest sind.

Ein Beispiel für Oszilloskop-Einstellungen und erfasste Wellenformen findet sich im informativen [Anhang E](#).

5.4 Verfahren zum Erfassen von Wellenformen

Das Verfahren zum Erfassen von Wellenformen muss wie folgt durchgeführt werden.