

DIN EN 60749-44

ICS 31.080.01

Einsprüche bis 2014-09-18

Entwurf

**Halbleiterbauelemente –
Mechanische und klimatische Prüfverfahren –
Teil 44: Prüfverfahren zur Einzelereignis-Effekt-Neutronenbestrahlung
von Halbleiterbauelementen
(IEC 47/2193/CD:2014)**

Semiconductor devices –
Mechanical and climatic test methods –
Part 44: Neutron beam irradiated single event effect (SEE) test method for semiconductor devices
(IEC 47/2193/CD:2014)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-07-18 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 online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@din.de möglichst 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 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
Nationales Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Prüfaufbau	7
4.1 Messeinrichtung	7
4.2 Strahlungsquelle.....	7
4.3 Prüfbauelement	7
5 Prüf- und Messdurchführung.....	8
5.1 Soft-Error-Prüfverfahren für Neutronenbestrahlung.....	8
6 Auswertung.....	9
6.1 Messung und Schätzung der Ausfallrate.....	9
6.2 Ermittlung des MCU- und MBU-Wirkungsquerschnitts	9
6.3 Bestimmung der FIT-Rate des Bauelementes auf Basis des Wirkungsquerschnitts.....	9
7 Übersicht der wichtigen Angaben.....	10
Anhang A (informativ) Zusätzliche Anforderungen bezüglich der anzuwendenden Lieferspezifikation	11
Anhang B (informativ) Prüfanlage für weiße Neutronen.....	13
Anhang C (informativ) Berechnung der Ausfallrate	15
C.1 Ein Soft-Error-Einfluss bei realen Halbleiterbauelementen.....	15
C.1.1 Betriebsdauer-Derating	15
C.1.2 Betriebsbereichs-Derating	15
C.1.3 Kritikalitäts-Derating	16
C.1.4 Ausfallraten-Berechnung	16
Literaturhinweise.....	17
 Bilder:	
Bild B.1 – Übliche weiße Neutronenspektren bei Schirmung (Polyethylen) unterschiedlicher Dicken	13
Bild B.2 – Übliche Neutronenspektren.....	14
Bild B.3 – Vergleich der Neutronenspektren von LANSCE (WNR) und TRIUMF mit dem terrestrischen Neutronenspektrum	14
Bild C.1 – Schematische Darstellung des Betriebsdauer-Deratings	15
Bild C.2 – Schematische Darstellung der effektiven Speicherbereiche für das Betriebsbereichs- Derating	16

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 47/2193/CD:2014 „Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 44: Neutron beam irradiated single event effect (SEE) test method for semiconductor devices“ (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 47 „Semiconductor devices“ 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 dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 631 „Halbleiterbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnichtsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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.

**Halbleiterbauelemente –
Mechanische und klimatische Prüfverfahren –
Teil 44: Prüfverfahren zur Einzelereignis-Effekt-Neutronenbestrahlung von
Halbleiterbauelementen**

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil der IEC 60749 ist ein Verfahren zur Messung von Einzelereignis-Effekten (SEE; en: single event effect) bei integrierten Halbleiterbauelementen hoher Schaltungsdichten einschließlich der Fähigkeit des Datenerhalts (Data-Retention) von Halbleiterbauelementen mit Speicherelementen festgelegt, wenn diese Bauelemente mit terrestrischer kosmischer Strahlung beansprucht werden. Die SEE-Empfindlichkeit wird gemessen, während das Bauelement mit einem Neutronenstrahl bekannten Flusses bestrahlt wird. Dieses Prüfverfahren kann für alle Bauarten von integrierten Schaltungen angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Halbleiterbauelemente unter Hochspannungsbeanspruchungen können Einzelereignis-Effekten (SEE) einschließlich der Beanspruchungsarten SEB (en: single event burn-out) und SEGR (en: single event gate rupture) ausgesetzt sein, wobei diese (kombinierte) Beanspruchungsart nicht zum Anwendungsbereich dieses Dokuments gehört; siehe IEC 62396-4 [10].

ANMERKUNG 2 Einige Bauelemente können zusätzlich zu den hochenergetischen Neutronen noch eine Soft-Error-Rate für thermische Neutronen niedriger Energie (< 1 eV) aufweisen, wobei allerdings diese Beanspruchungsart nicht zum Anwendungsbereich dieses Dokumentes gehört; siehe IEC/TS 62396-5 [11].

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60749-38:2008, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 38: Soft error test method for semiconductor devices with memory*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Single-Event-Upset

SEU

Ereignis, das einen Datenfehler (Data-Error) oder ein Upset-Ereignis (Umkippen) verursacht, indem der Zustand einer Latch- oder Speicherzelle umgekehrt wird ("1" auf "0" oder umgekehrt)

3.2

Soft-Error

SEU in einer Latch- oder Speicherzelle, die korrekt neu beschrieben werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff Der Fehler ist "soft", da die Schaltung selber nicht dauerhaft beschädigt ist und sich normal verhält, nachdem der Datenzustand wieder hergestellt worden ist.

3.3

Einzelereignis-Effekt

SEE (en: Single Event Effect)

Reaktion eines Bauteils, die durch den Aufprall eines einzelnen Teilchens (Partikel) (z. B. galaktische kosmische Strahlung, energetische Solarteilchen, energetische Neutronen und Protonen) verursacht wird

Anmerkung 1 zum Begriff Die Spannweite der Reaktionen kann in der Art sowohl nichtzerstörend (z. B. Upset-Ereignisse) als auch zerstörend (z. B. Latch-up oder Gate-Durchbruch) sein.

3.4

Single-Event-Hard-Error

SHE

irreversible Änderung in der Funktion durch ein einmaliges Strahlungsereignis, wobei die Änderung üblicherweise mit einer dauerhaften Schädigung von einem oder mehreren Schaltungselementen (z. B. Gateoxid-Durchbruch) verbunden ist

3.5

statischer Soft-Error

Soft-Error, der nicht mittels wiederholter Leseoperationen korrigierbar ist, wohl aber durch erneutes Schreiben ohne Abschalten der Versorgungsspannung korrigiert werden kann

3.6

transienter Soft-Error

Soft-Error, der mittels wiederholter Leseoperationen korrigiert werden kann, ohne erneutes Schreiben und ohne Abschalten der Versorgungsspannung

3.7

Power-Cycle-Soft-Error

PCSE

Soft-Error, der nicht durch wiederholte Lese- und Schreiboperationen korrigierbar ist, wohl aber durch das Abschalten der Versorgungsspannung

3.8

Fluss (der Teilchenstrahlung)

(zeitbezogene) Rate der Menge von energetischen Teilchen, die von einer Oberfläche emittiert wird oder auf diese auftrifft, dividiert durch den Flächeninhalt dieser Oberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff Der Fluss wird üblicherweise in Teilchen je Quadratzentimeter und Sekunde ($N/(cm^2 s)$) oder in Teilchen je Quadratzentimeter und Stunde ($N/(cm^2 h)$) angegeben.

3.9

Soft-Error-Rate

SER

Rate, mit der Soft-Errors auftreten

3.10

Ausfälle je Zeit

FIT (en: Failure-in-Time)

ein (1) FIT ist ein Ausfall je 10^9 Stunde und Bauelementanzahl

3.11

Firm-Fault

fester Fehlzustand

Fehlzustand, der nicht anders als durch einen System-Neustart oder durch Aus- und Einschalten der Versorgungsspannung für das das relevante funktionale Schaltungselement zurückgesetzt werden kann

3.12

Single-Event-Burn-out

SEB

Burn-out (thermische Überlastung) eines eingeschalteten Bauteils der Elektronik oder eines Teils davon als Ergebnis der Energieabsorption, die durch ein Strahlungsereignis getriggert wurde

3.13**Single-Event-Functional-Interrupt**

Funktionsunterbrechung durch Einzelereignis

SEFI

Auftreten eines Upset-Ereignisses, üblicherweise in einem komplexen Bauelement (z. B. einem Mikroprozessor), in der Weise, dass ein Steuerpfad korrupt ist und somit zum vollständigen Beenden der Funktion führt

Anmerkung 1 zum Begriff Dieser Effekt wird manchmal als „Lock-up“ beschrieben, der dadurch gekennzeichnet ist, dass das Teil in einen „eingefroren“ Zustand gesetzt werden kann.

3.14**Single-Event-Gate-Ruptur**

Gate-Durchbruch durch Einzelereignis

SEGR

im Gate eines unter Spannung stehenden isolierten Gate-Schaltungselements verursachter Gate-Durchbruch, der zerstörend ist, wenn die durch das Gate im Schaltungselement absorbierte Strahlungsladung ausreichend ist

3.15**Single-Event-Latch-up**

Latch-up durch Einzelereignis

SEL

Latch-up in einem Vierschicht-Halbleiterbauelement, wenn die von einem Bauelement absorbierte Strahlung ausreichend ist, um zu verursachen, dass ein Knoten in dem eingeschalteten Bauelement in einen festen Zustand, egal was am Eingang anliegt, gehalten wird, und das solange, bis das Bauelement abgeschaltet wird, solch ein Latch-up kann sowohl zerstörend als auch nichtzerstörend sein

3.16**Single-Event Transiente**

Transiente durch Einzelereignis

SET

Störsignal oder Störspannung, das oder die durch die Ladungsanreicherung infolge eines einzelnen Teilchens verursacht wird und durch den Schaltungspfad während eines Taktzyklus läuft (siehe 6.2.4)

3.17**Multiple-Bit-Upset**

Mehrfach-Bit-Upset

MBU

im Silizium eines Bauelementes der Elektronik durch ein einzelnes ionisiertes Teilchen angereicherte Energie, die ein Upset-Ereignis von mehr als einem Bit im selben Wort verursacht

3.18**Wirkungsquerschnitt** **σ**

Begriff im Bereich der Strahlungstechnik für Wechselwirkungen von Protonen und Neutronen, die Kombination von der empfindlichen Fläche und der Wahrscheinlichkeit einer Wechselwirkung zum Anreichern einer kritischen Ladung für ein SEE.

Der Wirkungsquerschnitt wird entsprechend der folgenden Gleichung berechnet

$$\sigma = \text{Error-Anzahl} / \text{Teilchenfluss}$$

Anmerkung 1 zum Begriff Die Einheit für den Wirkungsquerschnitt ist cm^2 pro Bauelement oder pro Bit.

3.19**Multiple-Cell-Upset**

Mehrfach-Zellen-Upset

MCU

Ereignis, das den gleichzeitigen Ausfall mehrerer Bits verursacht

Anmerkung 1 zum Begriff Ein MCU besteht aus Multiple-Cell-Error-Bits, die üblicherweise, aber nicht immer, benachbart sind.

4 Prüfaufbau

4.1 Messeinrichtung

Die Messeinrichtung muss geeignet sein, sowohl die Funktionen der integrierten Schaltungen als auch die aufzubringenden Zeitspannen für die Änderung der gespeicherten Daten oder von anderen Ereignissen infolge der Beanspruchung mit den vorhandenen Teilchen wie Neutronen, Protonen und Alphastrahlen (d. h. Soft-Error-Erzeugung) zu messen. Die Messeinrichtung (Speichertester usw.) muss alternativ die Möglichkeit der Zählung von Soft-Errors pro Zeiteinheit haben. Die Messeinrichtung muss geeignet sein, zu erkennen, wenn Hard- oder Firm-Faults auftreten; obwohl diese Ereignisse im Allgemeinen nicht so häufig sind, so ist doch deren Auswirkung höher.

ANMERKUNG In IEC 60749-38 ist ein nichtbeschleunigendes Soft-Error-Prüfverfahren festgelegt.

4.2 Strahlungsquelle

Um beschleunigte terrestrische SER-Messungen durchzuführen, ist eine (sind mehrere) Strahlungsquelle(n) erforderlich, die dem Energiespektrum der terrestrischen kosmischen Strahlung entspricht (entsprechen). Das kann mit einem Strahl mit einem breiten Spektrum oder mithilfe mehrerer mono-energetischer Strahlen erreicht werden.

ANMERKUNG 1 Besondere Aufmerksamkeit ist hinsichtlich des Effektes der vom Strahl auf dem Messobjekt erzeugten Streustrahlung erforderlich. Die Techniker, die die Einrichtung bedienen, sind bezüglich des relativen Flusses der Vorwärts- und Rückwärtsverteilung des Strahls zu konsultieren. Sie sind auch hinsichtlich der Wirksamkeit der Abschirmwerkstoffe für den Hauptstrahl und der Streustrahldämpfung zu konsultieren. Die Anzahl der Prüfleiterplatten vor den zu prüfenden Bauelementen, (DUT, en: device under test), sowie der Abstand zur Zähleinrichtung sind aufzuzeichnen, um das in der Dämpfungsberechnung zu verwenden.

ANMERKUNG 2 Die Messergebnisse müssen direkt von den Strahlungseffekten auf dem DUT stammen und nicht von der Strahlungswechselwirkung mit anderen Komponenten im Messaufbau. Die Strom- und Spannungsversorgungseinrichtungen können sehr empfindlich gegenüber strahlungsinduzierten Avalanche-Durchbrüchen sein. Empfindliche Bauelemente der Elektronik in der Prüf- und Messeinrichtung und andere Bauelemente auf der DUT-Leiterplatte (z. B. Buffer- oder Register-Bauelemente) können ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen werden. Alle diese Komponenten sind so weit wie möglich entfernt von dem Primär- oder Streustrahl zu positionieren oder es ist eine entsprechende Schirmung zu verwenden.

ANMERKUNG 3 Mit Sorgfalt ist darauf zu achten, dass die Prüfeinrichtung sowie die Strom- und Spannungsversorgung nicht durch die vom (Primär-)Strahl erzeugte Streustrahlung vor der Messdurchführung in einer neuen Anlage oder vor der Messdurchführung in einem neuen Messaufbau (einschließlich modifizierter Schirmung der Prüf- und Messeinrichtung) beansprucht werden. Um das sicherzustellen, ist die Messeinrichtung genau so zu positionieren und zu schirmen wie während der realen Messungen, mit der Ausnahme, dass das DUT außerhalb des Strahls zu positionieren oder zu schirmen ist. Bei vorhandenem Strahl ist das DUT zu messen, wobei das DUT abgeschirmt oder auf andere Weise nicht dem Strahl ausgesetzt ist. Die Verifizierung des Messaufbaus ist erfolgreich, wenn keine Ausfälle beobachtet werden. Falls nicht anderweitig festgelegt, ist diese Verifizierung des Messaufbaus mindestens so lange wie eine übliche Messung durchzuführen.

ANMERKUNG 4 Sorgfältig sind Upset-Ereignisse infolge von Streusignalen oder dem Rauschen in den Anschlusskabeln zum DUT zu vermeiden. Eine Überprüfung der Betriebsbereitschaft der Messeinrichtung ist als Teil der Prüfsequenz durchzuführen, um die Unempfindlichkeit gegenüber elektrischem Rauschen sicherzustellen.

4.3 Prüfbauelement

Es kann jede Bauart von integrierten Schaltungen mit Speicherelementen geprüft werden. Die Kenngrößen des Bauelements (Kapazität der Speicherzelle im DRAM usw.), die die Soft-Error-Rate beeinflussen können, müssen gut verstanden werden. Moderne komplexe Bauelemente einschließlich ASIC (en: application

specific integrated circuit) und FPGA (en: field programmable gate array) können mehr als eine Speicherbauart enthalten, wobei diese sehr unterschiedliche Empfindlichkeiten gegenüber Strahlungseinflüssen haben. Beispielsweise enthalten FPGA im Allgemeinen konfigurierbare Speicher, Register (Flip-Flop) und zusammengesetzte SRAM-Speicher. Ein ASIC enthält im Allgemeinen Register (Flip-Flop) und zusammengesetzte SRAM-Speicher. Es ist wichtig, dass die Unterscheidung zwischen diesen Elementen entsprechend berücksichtigt wird und jede SEE-Rate für jede Speicherbauart gesondert ermittelt wird.

5 Prüf- und Messdurchführung

5.1 Soft-Error-Prüfverfahren für Neutronenbestrahlung

5.1.1 Vorbereiten der Oberfläche

Es ist nicht notwendig, den Spritzgusswerkstoff des DUT abzuätzen, da die Eindringtiefe des Neutronenstrahls im Bauelement ausreichend groß ist.

5.1.2 Strom- und Spannungsversorgung

Falls nicht anderweitig festgelegt, muss die Strom- und Spannungsversorgung den für das Bauelement festgelegten üblichen Bedingungen entsprechen.

ANMERKUNG Um die Empfindlichkeit gegenüber der kosmischen Strahlung als eine Funktion von Q_{crit} (kritische Mindestladung, die zum Erhalt der gespeicherten Daten notwendig ist) zu charakterisieren, sind auch niedrigere oder höhere Spannungen zuzulassen.

5.1.3 Umgebungstemperatur

Falls nicht anderweitig irgendeine Festlegung erforderlich ist, muss die Umgebungstemperatur den für das Bauelement festgelegten Bedingungen entsprechen.

5.1.4 Core-Cycle-Time

Die Core-Cycle-Time ist abhängig von den zu prüfenden Bauelementen (falls gefordert, muss die Abhängigkeit der Core-Cycle-Time gemessen werden).

5.1.5 Prüf-Pattern

Die sind abhängig vom zu prüfenden Bauelement. Das Prüf-Pattern ist aufzuzeichnen (ein Schachbrettmuster (Checker-Board), alle "0/1"-Lese-Schreib-Pattern usw.).

5.1.6 Anzahl der zu prüfenden Bauelemente

Mehrfachprüflinge sind zu messen, um die Messabweichungen zu berücksichtigen. Falls die Prüflinge entlang der Strahllinie montiert sind, muss der Strahlenfluss für die Prüflinge hinter dem ersten Prüfling für jede Prüflingsposition berechnet werden, die für die Strahlungsdämpfung bei diesem Prüfling zugelassen ist.

5.1.7 Berechnungen der für die Bestrahlung erforderlichen Dauer

Es sind Informationen für die Art und Weise der Berechnungen bezüglich eines festgelegten Vertrauensfaktors, nämlich des für die Bestrahlung erforderlichen Wertes, anzugeben. Das wird auf dem Strahlungstyp und -fluss basieren.

6 Auswertung

6.1 Messung und Schätzung der Ausfallrate

Der DUT-Messaufbau und das Messsystem sind die Gleichen wie in anderen beschleunigenden Prüfverfahren.

Der effektive SEU-Wirkungsquerschnitt σ_{eff} über dem festgelegten Energiebereich kann wie folgt festgelegt werden:

$$\sigma_{\text{eff}} = \frac{N_{\text{err}}}{\Phi(E_{\text{min}}, E_{\text{max}})} \quad (1)$$

dabei ist

N_{err} Gesamtanzahl der gezählten Errors pro Bauelement

$\Phi(E_{\text{min}}, E_{\text{max}})$ Gesamtfluss im Energiebereich von E_{min} bis E_{max}

Unter der Bedingung, dass die Form des weißen Neutronenspektrums nahe genug an dem Feldspektrum ist, kann die SER-Schätzung wie folgt durchgeführt werden

$$SER = \sigma_{\text{eff}} \Phi_{\text{field}}(E_{\text{min}}, E_{\text{max}}) \quad (2)$$

dabei ist

$\Phi_{\text{field}}(E_{\text{min}}, E_{\text{max}})$ der Neutronenfluss im Feld ($\text{n}/\text{cm}^2/\text{s}$).

6.2 Ermittlung des MCU- und MBU-Wirkungsquerschnitts

Diese Ermittlung erfolgt mithilfe der Error-Analyse im Speicher, wenn zwei oder mehr Error-Ereignisse während desselben Lesezyklus oder in einem benachbarten Lesezyklus (siehe Anmerkung 1) auftreten und falls diese Error-Ereignisse durch dasselbe Neutronenereignis (siehe Anmerkung 2) verursacht werden. Der MCU-Wirkungsquerschnitt ist gleich der Anzahl dieser Mehrfachereignisse dividiert durch den Fluss. Die Anzahl der MBU-Ereignisse kann mithilfe der Überprüfung bestimmt werden, wobei diese Ereignisse auftreten, wenn mehr als ein Bit in demselben Wort durch ein Upset-Ereignis betroffen ist.

ANMERKUNG 1 Falls das Neutronenereignis ein SEU in zwei unterschiedlichen Worten (d. h. MCU) verursacht, dann werden zwei SEU in den anschließenden Lesezyklen erkannt, nachdem das erste Wort in einem Zyklus gelesen wurde.

ANMERKUNG 2 Der Neutronenfluss und das damit zusammenhängende Ereignis dürfen nicht zu hoch (etwas kleiner als ein Mal in 20 Lesezyklen) sein, um Mehrfach-Upsets zu vermeiden, die durch mehr als ein Neutron in demselben Taktzyklus verursacht werden.

6.3 Bestimmung der FIT-Rate des Bauelementes auf Basis des Wirkungsquerschnitts

Die Daten der Upset-Ereignisse, die in FIT/Mbit angegeben werden, können auf einen Wirkungsquerschnitt in den Einheiten cm^2/bit unter Verwendung des Konvertierungsfaktors $7,7 \times 10^{-17} \text{ Mbit cm}^2/(\text{FIT bit})$ und auf einen Wirkungsquerschnitt des Bauelementes, angegeben in den Einheiten cm^2/dev , unter Verwendung des Konvertierungsfaktors $7,7 \times 10^{-11} \text{ cm}^2/(\text{FIT dev})$ umgerechnet werden, wobei die beiden Faktoren auf einen Neutronenfluss ($E > 10 \text{ MeV}$) mit $13 \text{ n}/\text{cm}^2/\text{hr}$ von New York City, NYC, basieren. Eine Upset-Rate des Bauelements von einem FIT infolge eines SEU entspricht einem Wirkungsquerschnitt des Bauelements von $7,7 \times 10^{-11} \text{ cm}^2$ [5].

Die NYC-FIT-Rate des Bauelements für ein SEE wird von dem Bauelemente-Wirkungsquerschnitt bestimmt, der für diesen Effekt mit $1,3 \times 10^{-10} \text{ cm}^2$ multipliziert wird.

7 Übersicht der wichtigen Angaben

Die folgenden Informationen sind in der entsprechenden Lieferspezifikation anzugeben (zusätzliche Erläuterungen zu diesen Anforderungen sind im Anhang A angegeben):

- a) Beschreibung der Strahlungsquelle;
- b) Stichprobenumfang;
- c) Prüfbauelemente-Beschreibung;
- d) Prüfbeanspruchungs-Beschreibung;
- e) Prüfergebnisse für jeden SEE-Typ. Daten des Wirkungsquerschnitts pro Bit oder pro Bauelement für alle gemessenen SEE einschließlich SEU, MBU, MCU, SEL, SEFI und SET.