



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 714 238 B1

(51) Int. Cl.: G01R 31/26 (2020.01)
G01R 31/28 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 00993/18

(22) Anmeldedatum: 15.08.2018

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.04.2019

(30) Priorität: 06.10.2017
DE 10 2017 123 288.5

(24) Patent erteilt: 14.01.2022

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.01.2022

(73) Inhaber:
Airbus Defence and Space GmbH,
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
82024 Taufkirchen (DE)

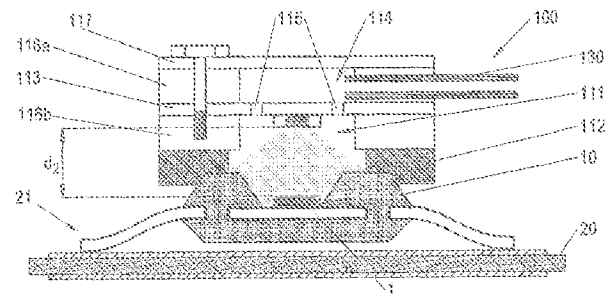
(72) Erfinder:
Christian Daniel, 28199 Bremen (DE)

(74) Vertreter:
Aldo Römpler Patentanwalt, Brendenweg 11 Postfach 154
9424 Rheineck (CH)

(54) Vorrichtung und Verfahren zum Prüfen elektronischer Bauelemente.

(57) Eine Vorrichtung (100) zum Prüfen elektronischer Bauelemente auf ihre Reaktion auf nukleare Partikelstrahlung. Die Vorrichtung umfasst eine Bestrahlungsglocke die dazu eingerichtet ist, unter Ausschluss eines Abschnitts (21) einer elektronischen Baugruppe (20) über ein elektronisches Bauelement (1) der Baugruppe gestülpt zu werden und dabei eine evakuierbare Bestrahlungskammer (111) auszubilden. An ihrem aufzusetzenden Rand weist die Bestrahlungsglocke eine komprimierbare Dichtung (112) auf. Im Inneren der Bestrahlungsglocke ist eine Partikelstrahlungsquelle für nukleare Partikel angeordnet. Die Vorrichtung umfasst zudem einen Anschluss (130) zur Verbindung mit einer Vakuumpumpe.

Offenbart ist ferner ein Verfahren zum Prüfen mindestens eines elektronischen Bauelements (1) einer elektronischen Baugruppe (20).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Prüfen elektronischer Bauelemente.

[0002] Elektronische Bauelemente verschiedener Anwendungsbereiche (wie beispielsweise zur Verwendung in einem Raumfahrtprojekt) müssen in der Regel auf ihre Reaktion auf nukleare Partikelstrahlung (Protonen, Schwerionen) hin geprüft werden. Dies ist insbesondere für solche Bauelemente erforderlich, die als kommerzielle oder industrielle Bauelemente nicht für das jeweilige Umfeld speziell ausgelegt wurden. Die Art und Häufigkeit von Fehlern entscheidet dann über den möglichen Einsatz und ggf. nötige Schutzmaßnahmen.

[0003] Solche Strahlungstests mit Protonen oder Schwerionen können beispielsweise an physikalischen Beschleunigerlaboren durchgeführt werden, die solche hochenergetischen nuklearen Partikelstrahlen zur Verfügung stellen können. Dies ist jedoch sehr aufwendig, weil dabei eine komplexe, große und sehr teure Maschine zum Einsatz kommt, die üblicherweise von mehreren Personen bedient werden muss.

[0004] Für einen einfachen Strahlungstest reichen jedoch oftmals auch niedrigere Energien aus, als sie mit derartigen Beschleunigern realisierbar sind. So kann eine Schaltung mit nuklearen Partikeln mit einem Aufwand bestrahlt werden, der im Vergleich zu in Beschleunigerlaboren durchgeführten Tests erheblich reduziert ist.

[0005] Eine Strahlungsquelle, die dazu eingerichtet bzw. geeignet ist, nukleare Partikel auszusenden, wird im Folgenden auch als „Partikelstrahlungsquelle“ oder auch kurz lediglich als „Strahlungsquelle“ bezeichnet. Sie kann z.B. $^{252}\text{Californium}$ oder $^{141}\text{Americium}$ umfassen: Das erstgenannte Material $^{252}\text{Californium}$ emittiert durch spontanen Zerfall Schwerionen mit Energien von etwa 75 MeV (Megaelektronenvolt) und 105 MeV. Das zweitgenannte $^{141}\text{Americium}$ emittiert Alpha-Strahlen mit Energien von 5,5 MeV. So kann genug elektrische Ladung erzeugt werden, um einen für den Test relevanten Effekt im elektronischen Bauteil zu verursachen.

[0006] Da die nuklearen Partikel bereits durch Luft so stark abgebremst werden, dass sie die Chipoberfläche - wenn überhaupt - nur mit unzureichender Energie erreichen, werden Tests, die eine Bestrahlung mit schweren nuklearen Partikeln umfassen, üblicherweise in einer Vakuumkammer durchgeführt, die eine Baugruppe mit einer elektronischen Schaltung und die oben genannte Partikelstrahlungsquelle enthält sowie über mehrere Vakuumdurchführungen mit der übrigen Versorgungs- und Messapparatur verbunden ist. Als eine derartige Vorrichtung umfasst beispielsweise das sogenannte „Californium-252 Assessment of Single-event Effects“ (CASE) der ESTEC in Noordwijk (Niederlande) eine große Glasglocke, die auf eine Abdichtungsplatte aufgesetzt und dabei über die von einem Befestigungsarm gehaltene Strahlungsquelle sowie eine Trägerplatte gestülpt wird, auf der die Baugruppe mit der Schaltung angeordnet ist. Mittels abgedichteter elektrischer Durchführungen ist die Schaltung mit einer Stromquelle und einer geeigneten Messvorrichtung verbunden.

[0007] Zum Testen und Bestrahlen eines weiteren Bauelements (das z.B. außerhalb des Schwenkbereichs der Strahlungsquelle liegen oder zu einer anderen Baugruppe gehören kann) muss im Allgemeinen die Glasglocke abgenommen werden, damit die jeweils zu prüfende Schaltung ausgetauscht oder relativ zur Strahlungsquelle umpositioniert werden kann. Das Vakuum wird dabei zunächst abgelassen und für die Prüfung des anderen Bauelements erneut erzeugt, was aufgrund der Größe der Glasglocke einen Zeit-, Steuerungs- und Energie- und Kostenaufwand bedeutet.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Technik bereitzustellen, mit welcher der Aufwand für die Prüfung elektrischer Bauelemente auf ihre Reaktion auf nukleare Partikelstrahlung hin vereinfacht werden kann.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 10. Vorteilhaftige Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Figuren offenbart.

[0010] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ist zur Verwendung beim Prüfen eines oder mehrerer elektronischer Bauelemente einer elektronischen Baugruppe vorgesehen. Ein zu prüfendes elektronisches Bauelement kann dabei beispielsweise direkt oder in einem Gehäuse auf einer Leiterplatte der elektronischen Baugruppe befestigt, beispielsweise auf sie aufgesteckt und/oder darauf aufgelötet sein.

[0011] Die Vorrichtung umfasst eine Bestrahlungsglocke, in deren Innerem eine Strahlungsquelle für nukleare Partikel angeordnet ist; als „Inneres“ der Bestrahlungsglocke wird in dieser Schrift der Raum unter der Bestrahlungsglocke verstanden, der also von der Bestrahlungsglocke überkuppelt wird. Die Partikel, die zu emittieren die Partikelstrahlungsquelle eingerichtet ist, können beispielsweise Helium-Kerne (α -Strahlen) und/oder solche Spalt-Ionen umfassen, die schwerer sind als Helium-Kerne. Die Partikelstrahlungsquelle kann zum Beispiel $^{252}\text{Californium}$ oder $^{141}\text{Americium}$ enthalten.

[0012] Die Bestrahlungsglocke ist dazu eingerichtet, unter Ausschluss eines Abschnitts der elektronischen Baugruppe (beispielsweise eines Abschnitts der Leiterplatte, auf der das elektronische Bauelement befestigt sein kann) über das jeweils zu prüfende Bauelement gestülpt zu werden; die Partikelstrahlungsquelle ist dabei dann vorzugsweise auf das Bauelement gerichtet. An ihrem (beim Überstülpen) aufzusetzenden Rand umfasst die Bestrahlungsglocke eine komprimierbare Dichtung.

[0013] Auf diese Weise ist die Vorrichtung dazu eingerichtet, zusammen mit der elektronischen Baugruppe (z.B. zusammen mit einer zugehörigen Leiterplatte und/oder ggf. einer oder mehreren weiteren Komponente/n wie beispielsweise einem Gehäuseabschnitt des elektronischen Bauelements und/oder einem separaten Adapterelement zum Ausgleich von Unebenheiten auf der Leiterplatte) eine evakuierbare (nach außen abgedichtete) Bestrahlungskammer im Inneren der

Bestrahlungsglocke auszubilden, also zu umschließen. Diese enthält das zu prüfende Bauelement, wohingegen der ausgeschlossene Abschnitt der elektronischen Baugruppe, die insbesondere ein weiteres elektronisches Bauelement umfassen kann, außerhalb der Bestrahlungskammer angeordnet ist.

[0014] Die Vorrichtung umfasst weiter einen Anschluss, der dazu eingerichtet bzw. vorgesehen ist, mit einer Vakuumpumpe verbunden zu werden, beispielsweise mittels eines Schlauches. So kann die Bestrahlungskammer dann mit der Vakuumpumpe evakuiert werden. Der Anschluss kann beispielsweise dazu eingerichtet sein, mit einem zur Vakuumpumpe führenden Schlauch verbunden zu werden.

[0015] In der Bestrahlungskammer kann das zu prüfende elektronische Bauelement bestrahlt werden. Seine Reaktion kann dann beispielsweise mittels einer vorzugsweise an die elektronische Baugruppe (z.B. die Leiterplatte) angeschlossenen Messapparatur (die einen Stromanschluss umfassen kann) gemessen werden.

[0016] Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient dem Prüfen mindestens eines elektronischen Bauelements einer elektronischen Baugruppe. Dabei wird eine evakuierbare Bestrahlungskammer ausgebildet, indem eine Bestrahlungsglocke unter Ausschluss eines Abschnitts der elektronischen Baugruppe (beispielweise eines Abschnitts einer zugehörigen Leiterplatte) über das elektronische Bauelement gestülpt wird; die Bestrahlungsglocke weist dabei vorzugsweise an ihrem aufzusetzenden bzw. aufgesetzten Rand eine komprimierbare Dichtung auf. Diese kann beim Überstülpen auf mindestens ein Element der Baugruppe aufgesetzt werden, beispielsweise auf eine Leiterplatte, auf der das zu prüfende elektronische Bauelement befestigt sein kann, auf einen Gehäuseabschnitt des elektronischen Bauelements und/oder auf eine oder mehrere weitere (z.B. dem Bauelement benachbarte) Komponente/n wie insbesondere ein Adapterelement zum Ausgleich von Unebenheiten (z.B. auf der Leiterplatte bzw. an einem Gehäuse des elektronischen Bauelements). Die Bestrahlungskammer mit dem darin befindlichen zu prüfenden Bauelement kann so insbesondere durch die Leiterplatte und/oder die weitere(n) Komponente(n) begrenzt sein; der ausgeschlossene Abschnitt der elektronischen Baugruppe ist dabei außerhalb der Bestrahlungskammer angeordnet. Insbesondere kann das Überstülpen so erfolgen, dass mindestens ein weiteres elektronisches Bauelement, das auf der Leiterplatte befestigt (vorzugsweise angelötet) sein kann, außerhalb der Bestrahlungskammer liegt.

[0017] Das Verfahren umfasst weiterhin ein Evakuieren der Bestrahlungskammer mittels einer an einen Anschluss der Bestrahlungsglocke angeschlossenen Vakuumpumpe. Danach wird das elektronische Bauelement mit nuklearen Partikeln einer im Inneren der Bestrahlungsglocke angeordneten Partikelstrahlungsquelle bestrahlt (vorzugsweise mit Heliumkernen (α -Strahlung) und/oder solchen Spalt-Ionen, die schwerer sind als Helium), und es wird mindestens eine Funktion des bestrahlten elektronischen Bauelements gemessen.

[0018] Insbesondere kann ein erfindungsgemäßes Verfahren mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß einer der in dieser Schrift offenbarten Ausführungsformen durchgeführt werden.

[0019] Ein Teil der elektronischen Baugruppe, beispielsweise eine/die zugehörige Leiterplatte selbst und/oder ein oder mehrere Komponenten auf der Leiterplatte, dient somit bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. einem erfindungsgemäßen Verfahren als eine Randfläche der Bestrahlungskammer. Die/eine komprimierbare Dichtung ermöglicht die Evakuierbarkeit der Bestrahlungskammer trotz ggf. auf der Leiterplatte befindlicher Elemente und der sich daraus ergebenden unebenen (nicht glatten) Struktur.

[0020] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung und ein erfindungsgemäßes Verfahren ermöglichen eine entsprechend kleine Dimensionierung der Bestrahlungskammer und somit einen nur geringen zeitlichen und energetischen Aufwand beim Erzeugen des Vakuums. Insbesondere ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung vorzugsweise als Handgerät ausgebildet.

[0021] Die Größe der Bestrahlungsglocke ist/wird vorzugsweise passend zur eingesetzten Strahlungsquelle und zur Größe der Testfläche gewählt, so dass insbesondere die Partikelstrahlungsquelle in der Bestrahlungsglocke Platz findet und eine untere Öffnung der Bestrahlungsglocke vorzugsweise größer ist als die Oberfläche des zu untersuchenden elektronischen Bauelements.

[0022] Die Bestrahlungsglocke bzw. die Bestrahlungskammer kann beispielsweise ein Innenvolumen haben, das höchstens 125ml oder höchstens 50ml, höchstens 6ml oder sogar höchstens 1ml beträgt und/oder das mindestens 0,5ml, mindestens 1ml oder mindestens 2ml oder mindestens 5ml beträgt. Die Vorrichtung kann somit leicht zwischen verschiedenen zu prüfenden Bauelementen umgesetzt werden und eignet sich zudem für einen einfachen Transport (bei dem die Partikelstrahlungsquelle vorzugsweise separat in einem extra abgeschlossenen, abgeschirmten und für den Transport vorgesehenen Behältnis transportiert wird).

[0023] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist eine äußere Form der Bestrahlungsglocke im Wesentlichen prismenförmig, drehsymmetrisch oder rotationssymmetrisch ausgebildet; eine Höhe eines entsprechenden Prismas bzw. eine Dreh- bzw. Rotationsachse verläuft dabei vorzugsweise in einer vorgesehenen Strahlungsrichtung der Partikelstrahlungsquelle. Insbesondere kann die äußere Form der Bestrahlungsglocke im Wesentlichen als gerades oder schiefes Prisma, kegeltumpfförmig oder kreiszylindrisch ausgebildet sein.

[0024] Die Dichtung am aufzusetzenden Rand der Bestrahlungsglocke kann beispielsweise als ringförmiger Wulst ausgebildet sein. Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umrandet sie eine Öffnung, deren Durchmesser (in einem unbelasteten, also nicht durch Druck komprimierten bzw. verformten Zustand der Dichtung 112) vorzugsweise mindestens 1cm oder mindestens 1,5cm oder mindestens 2cm beträgt und/oder höchstens 5cm oder höchstens 3,5cm oder höchstens

2cm. Als „Durchmesser“ der Öffnung ist dabei in dieser Schrift der größte auftretende Abstand zweier Punkte auf der Begrenzung G der Öffnung zu verstehen, mathematisch ausgedrückt gilt also $D := \max\{d(x,y) : x, y \in G\}$, wobei $d(x,y)$ den euklidischen Abstand der Punkte x, y bezeichnet. Dieser Durchmesser wird in dieser Schrift auch als „Innendurchmesser“ der Bestrahlungsglocke bezeichnet.

[0025] Die Dichtung kann eine innere Begrenzung (also eine Begrenzung zur Öffnung hin) haben, die beispielsweise entlang einer Ellipse (insbesondere einem Kreis) oder einem (vorzugsweise regelmäßigen) Polygon, insbesondere einem Drei- oder Recht-, Sechs- oder Achteck verlaufen kann.

[0026] Gemäß speziellen Ausführungsbeispielen umläuft der aufzusetzende Rand der Bestrahlungsglocke eine Fläche von mindestens 2 cm² oder mindestens 5 cm² oder auch 20 cm².

[0027] Die Bestrahlungsglocke kann einteilig oder aus mehreren Elementen wie beispielsweise Schichten (insbesondere Platten und/oder Ringen) zusammengesetzt sein, die beispielsweise miteinander verklebt oder verschraubt sein können. Zwischen einzelnen Elementen können ein oder mehrere Dichtelemente wie beispielsweise ein O-Ring angeordnet sein. Insbesondere kann die komprimierbare Dichtung an eine darüberliegende Schicht der Bestrahlungsglocke angeklebt oder angeschweißt sein. Vorteilhaft ist eine Ausführungsvariante mit auswechselbarer Dichtung, bei der diese form-, kraft- und/oder reibschlüssig mit einem anderen Element (z.B. einer Schicht) der Bestrahlungsglocke verbunden ist. Insbesondere kann ein Rand der Dichtung in eine Nut in einem anderen Element der Bestrahlungsglocke eingesetzt sein.

[0028] Aufgrund der Komprimierbarkeit der Dichtung kann die Bestrahlungskammer auch bei Unregelmäßigkeiten an der Oberfläche, auf die sie aufgesetzt wird, sicher abgedichtet werden, so dass ein Vakuum darin erzeugt werden kann. Derartige Unregelmäßigkeiten können beispielsweise aus einer Leiterbahn, einem oder mehreren benachbarten Bauelement/en und/oder einem Übergang zu einer zusätzlichen Komponente wie z.B. einem separaten Adapterelement resultieren; ein solches Adapterelement kann wiederum zum Ausgleich von Unebenheiten auf der Leiterplatte bzw. an einem Gehäuse des jeweiligen elektronischen Bauelements zwischen der Dichtung am Rand der Bestrahlungsglocke und der Leiterplatte angeordnet (und Teil der Vorrichtung) sein bzw. werden.

[0029] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die komprimierbare Dichtung elastisch komprimierbar, so dass sie nach einer Verwendung der Vorrichtung bzw. einem Durchführen des Verfahrens, insbesondere nach einem Abnehmen der Bestrahlungsglocke von der Leiterplatte (mindestens im Wesentlichen) wieder ihre ursprüngliche Form annimmt. So kann die Vorrichtung ohne weiteres über ein anderes Bauelement mit einem anderen Umgebungsprofil gestülpt bzw. das Verfahren erneut durchgeführt werden.

[0030] Vorzugsweise umfasst die komprimierbare Dichtung mindestens ein Elastomer. Insbesondere kann die komprimierbare Dichtung ein Weichgummi umfassen. Gemäß einer speziellen Ausführungsform besteht die komprimierbare Dichtung ganz oder teilweise aus einem geschlossenzelligen (bzw. geschlossenzelligen) Moosgummi.

[0031] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist die komprimierbare Dichtung in unbelastetem Zustand eine Dicke von mindestens 3mm oder mindestens 5mm auf und/oder von höchstens 10mm oder höchstens 7mm; die Dicke ist dabei in eine vorgesehene Aufsetzrichtung gemessen, insbesondere vorzugsweise senkrecht zu einer Baugruppe (bzw. einer zu dieser gehörenden Leiterplatte), auf die aufzusetzen die Bestrahlungsglocke eingerichtet ist bzw. die das zu prüfende elektronische Bauelement umfasst.

[0032] Der Anschluss der Vorrichtung zur Verbindung mit einer Vakuumpumpe kann vorzugsweise ein Röhrchen umfassen, das durch eine Wandung der Bestrahlungsglocke führt. Insbesondere kann ein derartiges Röhrchen durch die Dichtung hindurch verlaufen: Dies ermöglicht eine besonders einfache Herstellung der Vorrichtung.

[0033] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung ist die Partikelstrahlungsquelle auf einer Trägerplatine angeordnet, welche im Inneren der Bestrahlungsglocke die Bestrahlungskammer (die im Wesentlichen rotations- oder zumindest drehsymmetrisch ausgebildet sein kann) von einer Evakuierungskammer trennt. Ein Durchlass oder mehrere Durchlässe in der Trägerplatine verbindet/verbinden bei einer derartigen Ausführungsform die Evakuierungskammer und die Bestrahlungskammer miteinander. Der Anschluss zur Verbindung mit der Vakuumpumpe setzt dabei an der Evakuierungskammer an, so dass also die Bestrahlungskammer durch die Evakuierungskammer hindurch evakuiert werden kann bzw. wird.

[0034] Diese Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass eine Bestrahlung bzw. ein durch diese hervorgerufener nuklearer Partikelstrom unbeeinflusst vom Anschluss an die Vakuumpumpe bzw. vom Saugstrom möglich ist. Zudem wirkt die Trägerplatine als eine Abschirmung, mit der eine Ausbreitung der von der Partikelstrahlungsquelle ausgesandten nuklearen Partikel (vorzugsweise nur) zum elektronischen Bauelement hin gewährleistet werden kann. Rückwärtig abgestrahlte nukleare Partikel werden von der Trägerplatte abgebremst und absorbiert, so dass keine Gefährdung für eine Person besteht, welche die Vorrichtung bedient bzw. das Verfahren durchführt.

[0035] Alternativ kann der Anschluss an die Vakuumpumpe (z.B. ein Röhrchen wie oben erwähnt) beispielsweise direkt von der Bestrahlungskammer nach außerhalb der Bestrahlungsglocke führen.

[0036] Eine Ausführungsform des Verfahrens kann ein Abheben der Bestrahlungsglocke vom bestrahlten elektronischen Bauelement (das hier dann auch als ein „erstes“ elektronisches Bauelement bezeichnet wird) nach dem Messen der Funktion umfassen sowie ein Überstülpen der Bestrahlungsglocke über ein weiteres elektronisches Bauelement, das ins-

besondere zu derselben Baugruppe gehören (beispielsweise auf derselben Leiterplatte angeordnet (z.B. befestigt, insbesondere angelötet) sein) kann wie das zuvor gemessene elektronische Bauelement; vorzugsweise erfolgt das Überstülpen über das (erste) elektronische Bauelement unter Ausschluss des weiteren elektronischen Bauelements und/oder erfolgt das Überstülpen über das weitere elektronische Bauelement unter Ausschluss des zuvor gemessenen. Beim Überstülpen über das weitere elektronische Bauelement wird die Dichtung der Bestrahlungsglocke vorzugsweise auf eine Leiterplatte und/oder auf eine oder mehrere weitere (z.B. dem weiteren elektronischen Bauelement benachbarte) Komponente/n der Baugruppe aufgesetzt. Das weitere elektronische Bauelement kann dann analog mittels Evakuieren der Bestrahlungskammer, Bestrahlen mit nuklearen Partikeln und Messen einer Funktion geprüft werden.

[0037] Ein in einem erfindungsgemäßen Verfahren oder mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zu prüfendes elektronisches Bauelement kann beispielsweise Teil einer Schaltung sein, die zur Verwendung in einem Raumfahrtprojekt, insbesondere in einem im Weltraum vorgesehenen Experimentaufbau vorgesehen ist. Es kann beispielsweise einen Widerstand, eine Diode, einen Transistor und/oder mindestens einen Teil einer integrierten Halbleiterschaltung (eines Chips, insbesondere eines Siliziumchips) mit solchen Bauelementen umfassen.

[0038] Das elektronische Bauelement kann mindestens teilweise in ein Gehäuse eingefasst und/oder mit einer Schutzschicht bzw. Versiegelung überzogen sein. Vor dem Überstülpen über das (erste) elektronische Bauelement und/oder über das weitere elektronische Bauelement kann ein Freilegen des elektronischen Bauelements erfolgen, beispielsweise indem das elektronische Bauelement bedeckendes Material (z.B. Kunststoff) entfernt wird. Insbesondere kann dabei eine Schutzschicht bzw. Versiegelung und/oder ein Teil eines Gehäuses (z.B. eine Abdeckung des elektronischen Bauelements) entfernt, z.B. weggeätzt werden. Dadurch kann auch bei relativ niedriger Bestrahlungsenergie eine aussagekräftige Messung (und damit Prüfung) des elektronischen Bauelements erfolgen.

[0039] Die von der Partikelstrahlungsquelle als Zerfalls- bzw. Spaltionen emittierten nuklearen Partikel sind häufig elektrisch positiv geladen, nicht alle Kernladungen sind dann also durch eine vollständig abgesättigte Elektronenhülle neutralisiert. Diese Ionen lassen sich in einem magnetischen und/oder elektrischen Feld ablenken. Vorteilhaft sind daher Ausführungsvarianten der vorliegenden Erfindung, bei denen ein Partikel- bzw. Ionenstrahl mittels Magneten beeinflusst, beispielsweise abgelenkt und/oder fokussiert bzw. defokussiert werden kann bzw. wird.

[0040] Die Bestrahlungsglocke kann dazu einen oder mehrere radial magnetisierte(n) Dauermagneten umfassen, der/die eine vorgesehene Strömungsbahn für von der Partikelstrahlungsquelle abgestrahlte nukleare Partikel mindestens teilweise umgibt/umgeben. Alternativ oder zusätzlich kann die Bestrahlungsglocke einen oder mehrere axial magnetisierte(n) Dauermagneten umfassen, der/die eine vorgesehene Strömungsbahn für von der Partikelstrahlungsquelle abgestrahlte nukleare Partikel mindestens teilweise umgibt/umgeben. Ein derartiger Dauermagnet kann jeweils beispielsweise als ein Ringmagnet ausgebildet sein

[0041] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung umfasst die Bestrahlungsglocke mindestens eine elektromagnetische Spule (also eine Spule aus einem elektrischen Leiter), die an eine Stromquelle angeschlossen oder dazu eingerichtet ist, an eine Stromquelle angeschlossen zu werden, um so einen Elektromagneten auszubilden. Die mindestens eine Spule umgibt dabei mindestens teilweise eine vorgesehene Strömungsbahn für von der Partikelstrahlungsquelle abgestrahlte elektrisch geladene nukleare Partikel. Die Vorrichtung kann eine (vorzugsweise dynamisch einstellbare) Stromquelle zum Anschluss an die elektrische Spule umfassen, so dass ein Verändern des Stromes und damit ein Manipulieren des Partikelflusses während der Bestrahlung oder zwischen zwei Bestrahlungen möglich ist; die Vorrichtung ist damit besonders vielseitig einsetzbar. Eine Ausführungsform des Verfahrens kann entsprechend ein Verändern des an die mindestens eine elektrische Spule angelegten Stroms umfassen; während oder nach dem Verändern kann das Messen der Funktion einer weiteren Funktion des bestrahlten Bauelements erfolgen.

[0042] Die mindestens eine Spule kann in mehrere (beispielsweise zwei oder drei) Teilspulen aufgeteilt sein, die unterschiedliche jeweilige (abstrakte geometrische) Wicklungsachsen aufweisen. Beispielsweise können die Wicklungsachsen sich in einem Punkt schneiden, der vorzugsweise auf einer in vorgesehener Strahlungshauptrichtung der Partikelstrahlungsquelle verlaufenden zentralen Achse der Vorrichtung liegt. Besonders vorteilhaft ist eine Variante, bei der die Wicklungsachsen der Teilspulen gegeneinander (um eine zentrale Achse der Vorrichtung) verdreht angeordnet sind, beispielsweise um 90° (insbesondere bei zwei Teilspulen) oder um 120° (insbesondere bei drei Teilspulen). Dies erlaubt einerseits eine Fokussierung der nuklearen Partikel durch Anlegen eines kontinuierlichen und gleichen Stroms in allen Spulen, andererseits eine seitliche Ablenkung des Partikelstrahls durch Anlegen unterschiedlich starker Ströme in den Teilspulen. Insbesondere kann die Richtung des fokussierten Strahles elektrisch geladener nuklearer Partikel über dem zu bestrahlenden bzw. zu prüfenden elektronischen Bauelement verändert werden.

[0043] Eine Ausführungsform des Verfahrens kann nach dem Messen der Funktion des bestrahlten elektronischen Bauelements ein Ändern eines an die Spule/n angelegten Stroms umfassen. Das Bestrahlen des Bauelements mit der Partikelstrahlungsquelle kann dabei fortgesetzt werden oder unterbrochen und wieder aufgenommen, und es kann jeweils eine (ggf. weiteren) Funktion des Bauelements gemessen werden.

[0044] Insbesondere kann eine Ausführungsform des Verfahrens das mit einer (wie oben erwähnten) Vorrichtung ausgeführt wird, die mehrere Teilspulen mit unterschiedlichen Wicklungsachsen aufweist, zwei Messungen umfassen, wobei in einer der Messungen ein kontinuierlichen und gleicher Strom in allen Spulen angelegt wird und in der anderen der Messungen (vorher oder nachher) unterschiedliche Ströme in den Teilspulen angelegt werden.

[0045] Vorteilhaft ist eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der die Bestrahlungsglocke modular lösbar zusammengesetzt bzw. zusammengesetzt ist, also aus mehreren Einzelteilen besteht, die lösbar miteinander verbunden sind oder werden können. Die Bestrahlungsglocke ist dabei vorzugsweise dazu eingerichtet, wahlweise eine unterschiedliche Anzahl (z.B. wahlweise von 0 bis 2 oder von 1 bis 3) an Dauermagneten und/oder Spulen zu umfassen, die dann eine vorgesehene Strömungsbahn für von der Partikelstrahlungsquelle abgestrahlte nukleare Partikel mindestens teilweise umgeben. Insbesondere können vorzugsweise nach Bedarf kein, ein oder mehrere Dauermagnet/en in der Bestrahlungsglocke und/oder keine, eine oder mehrere Spule/n (z.B. gestapelt und/oder gegeneinander verdreht) eingesetzt werden. So können unterschiedliche magnetische Flussdichten mit der Vorrichtung bewirkt, die Bestrahlungsbedingungen, unter denen die elektronischen Bauelemente jeweils geprüft werden, also variiert werden.

[0046] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung umfasst eine Ausführungsform des Verfahrens entsprechend ein Ändern der Anzahl der Dauermagneten und/oder Spulen. Anschließend kann die Bestrahlungsglocke mit der geänderten Anzahl an Dauermagneten und/oder Spulen erneut über das zu prüfende elektronische Bauelement oder über ein weiteres zu prüfendes elektronisches Bauelement gestülpt werden, die zugehörige Bestrahlungskammer kann vorzugsweise evakuiert und das jeweilige Bauelement kann mit der Partikelstrahlungsquelle bestrahlt werden. So kann die Funktion oder eine weitere Funktion des elektronischen bzw. des weiteren elektronischen Bauelements gemessen werden.

[0047] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Vorrichtung zusätzlich zu mindestens einem Dauermagneten und/oder zu mindestens einer elektrischen Spule einen magnetischen Rückschluss aus einem ferromagnetischen Material (z.B. aus Eisen oder einer Eisenlegierung oder einem Ferritmaterial), der mindestens eine Dauermagneten bzw. die mindestens eine Spule vorzugsweise mindestens teilweise umgibt. Insbesondere kann ein solcher magnetischer Rückschluss einen größeren Innendurchmesser haben als der mindestens eine Dauermagnet bzw. die mindestens eine Spule. Dadurch kann ein verzerrtes magnetisches Feld ausgebildet werden, dessen Stärke in einem (vorgesehenen) Bestrahlungsbereich der Partikelstrahlungsquelle besonders groß ist.

[0048] Ein derartiger magnetischer Rückschluss kann beispielsweise in Form einer Schelle ausgebildet sein, mit der mehrere Schichten bzw. Lagen der Bestrahlungsglocke zusammengehalten werden können. Er kann insbesondere aus einem Federmaterial gebildet sein, so dass ein einfaches Lösen bzw. Montieren möglich ist. Vorzugsweise ist das Federmaterial ferro- oder ferrimagnetisch ohne remanente Magnetisierung, so dass es eine hohe magnetische Permeabilität hat. Insbesondere in einer Ausführungsform, bei der die Bestrahlungsglocke wie oben erwähnt modular lösbar zusammengesetzt bzw. zusammengesetzt ist, kann ein derartiger magnetischer Rückschluss aus einem (z.B. ferromagnetischen) Federmaterial vorteilhaft als Befestigungselement dienen.

[0049] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es versteht sich, dass einzelne Elemente und Komponenten auch anders kombiniert werden können als dargestellt.

[0050] Es zeigen schematisch jeweils im Querschnitt:

Figur 1a: eine exemplarische Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Figur 1b: die Vorrichtung gemäß Figur 1a in Verwendung;

Figur 2: ein anderes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Figur 3: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Figur 4: eine Vorrichtung gemäß einer alternativen Ausführungsform; und

Figur 5: eine weitere Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0051] In Figur 1a ist ein Querschnitt durch eine exemplarische Ausführungsform 100 der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, Figur 1b zeigt eine Verwendung dieser Vorrichtung (z.B. während der Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens). Die Vorrichtung 100 umfasst eine Bestrahlungsglocke 110, die - wie in Figur 1b gezeigt - dazu eingerichtet ist, unter Ausschluss eines Abschnitts 21 einer elektronischen Baugruppe (insbesondere einer zugehörigen Leiterplatte 20) über ein zu prüfendes elektronisches Bauelement 1 gestülpt zu werden und dabei eine evakuierbare Bestrahlungskammer 111 auszubilden (also zu umschließen). Ein beim Überstülpen aufzusetzender Rand der Bestrahlungsglocke umfasst eine (vorzugsweise elastisch) komprimierbare Dichtung 112, die beispielsweise mindestens teilweise aus Weichgummi gebildet sein kann. In Figur 1b ist zu erkennen, wie die Dichtung 112 auf ein Gehäuse eines das zu prüfende Bauelement 1 umfassenden Chips 10 aufgesetzt ist und dabei teilweise zusammengedrückt wird. In der in Figur 1b gezeigten Situation ist das zu prüfende Bauelement 1 dabei (unter Erhalt seiner Funktionsfähigkeit) freigelegt, eine Abdeckung über dem Bauelement 1 also entfernt, beispielsweise durch Ätzen.

[0052] Die Vorrichtung 100 umfasst eine im Inneren der Bestrahlungsglocke 110 angeordnete Partikelstrahlungsquelle 120, im vorliegenden Fall in einem Aufnahmegehäuse auf einer Trägerplatine 113 angeordnet ist. Wie in der Figur 1b gekennzeichnet ist, trennt die Trägerplatine 113 dabei die Bestrahlungskammer 111 von einer Evakuierungskammer 114; Durchlässe 115 verbinden die beiden Kammern. Ist eine Vakuumpumpe mit einem an der Evakuierungskammer anset-

zenden und vorliegend als ein Röhrchen ausgebildeten Anschluss 130 der Vorrichtung verbunden, kann somit Luft aus der Bestrahlungskammer 111 durch die Durchlässe 115 und die Evakuierungskammer 114 abgesaugt werden. Insbesondere kann auf diese Weise ein Unterdruck bzw. Vakuum (vorzugsweise mindestens ein Grob- oder Feinvakuum) in der Evakuierungskammer 114 und der Bestrahlungskammer 111 erzeugt werden, so dass eine Abbremsung der von der Partikelstrahlungsquelle 120 ausgestrahlten nuklearen Partikel reduziert oder sogar (zumindest weitgehend) verhindert werden kann.

[0053] Die Partikelstrahlungsquelle 120 für nukleare Partikel kann beispielsweise Californium 252 oder Americium 241 enthalten, die zur Berührungssicherheit ganz oder teilweise von einer Goldfolie oder -schicht bedeckt sein können. Insbesondere können dann die von der Partikelstrahlungsquelle 120 emittierten nuklearen Partikel (z.B. Helium oder schwerere Atomkerne nach Zerfall) rundum abgegeben, von der Trägerplatte 113 und/oder dem Aufnahmegehäuse jedoch abgeschirmt werden, so dass sie sich nur durch die Goldfolie hindurch zum Bauelement 1 hin ausbreiten (wie dies in den Figuren 1a und 1b (sowie entsprechend in den Figuren 2 und 3) jeweils durch den gepunkteten Bereich illustriert ist).

[0054] Die Bestrahlungsglocke 110 der in den Figuren 1a und 1b dargestellten Vorrichtung 100 ist modular aufgebaut. Sie umfasst mehrere lösbar zusammengesetzte Teile, von denen mehrere durch eine oder mehrere Schrauben 119 zusammengehalten werden. Insbesondere kann die Bestrahlungsglocke als derartige Teile mindestens einen Abstandsring 116a, 116b (beispielsweise aus Aluminium), mindestens eine Abdeckplatte 117 (beispielsweise aus Aluminium) und/oder mindestens eine Dichtung (z.B. zwischen zwei anderen Teilen; in den Figuren 1a, 1b nicht dargestellt) umfassen. Zwei oder mehr der Teile können (ggf. zusätzlich zur Verbindung durch die Schraube/n 119) miteinander verklebt sein, vorzugsweise mittels eines vakuumgeeigneten bzw. abdichtenden Klebstoffs.

[0055] In einem unbelasteten (nicht durch Druck komprimierten bzw. verformten) Zustand der Dichtung 112 hat eine von der Dichtung umrandete Öffnung einen Durchmesser D, der hier auch als Innendurchmesser der Bestrahlungsglocke 110 bezeichnet wird. Der Innendurchmesser D wird dabei vorzugsweise entlang einer Ebene des aufzusetzenden Randes gemessen (also einer Ebene, in der der aufzusetzende Rand liegt); eine vorgesehene Aufsetzrichtung der Bestrahlungsglocke steht vorzugsweise senkrecht zu dieser Ebene. Ein Außendurchmesser A der Bestrahlungsglocke ist als deren maximale parallel zur genannten Ebene auftretende Ausdehnung definiert. Eine Höhe H der Vorrichtung wird in einem unbelasteten Zustand der Dichtung in einem zentralen Bereich der Bestrahlungsglocke (insbesondere oberhalb der Partikelstrahlungsquelle) gemessen, und zwar senkrecht zur Ebene des aufzusetzenden Randes (und damit in einer vorgeesehenen Aufsetzrichtung).

[0056] Die Partikelstrahlungsquelle 120 hat einen Abstand d_1 von einer Ebene des aufzusetzenden Randes. Bei Überstülpen der Bestrahlungsglocke 110 über ein elektronisches Bauelement 1 (durch Aufsetzen auf eine Leiterplatte und/oder eine weitere Komponente und/oder auf ein das Bauelement einfassendes Gehäuse, z.B. eines Chips 10) ergibt sich, wie in Figur 1b dargestellt ist, ein Abstand d_2 der Partikelstrahlungsquelle vom elektronischen Bauelement. Die in den Figuren 2 - 5 nicht eingezeichneten Abmessungen der jeweils gezeigten Vorrichtungen sind entsprechend zu verstehen.

[0057] Vorteilhaft sind insbesondere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, bei denen

- für den Außendurchmesser A gilt $A \leq 6\text{cm}$ gilt, bevorzugter $A \leq 4\text{cm}$ oder sogar $A \leq 3\text{cm}$; und/oder
- für den Innendurchmesser D gilt $D \leq 5\text{cm}$ oder $D \leq 3,5\text{cm}$ oder sogar $D \leq 2\text{cm}$; und/oder
- für den Innendurchmesser D gilt $D \geq 1\text{cm}$ oder $D \geq 1,5\text{cm}$ oder sogar $D \geq 2\text{cm}$; und/oder
- für die Höhe H gilt $H \leq 5\text{cm}$, bevorzugter $H \leq 3,5\text{cm}$ oder sogar $H \leq 2,5\text{cm}$; und/oder
- für den Abstand d_1 gilt $d_1 \leq 3,5\text{cm}$, bevorzugter $d_1 \leq 2\text{cm}$ oder sogar $d_1 \leq 1,8\text{cm}$; und/oder
- für den Abstand d_2 gilt $d_2 \leq 2\text{cm}$, bevorzugter $d_2 \leq 1,8\text{cm}$ oder sogar $d_2 \leq 1,2\text{cm}$.

[0058] In Figur 2 ist eine alternative Ausführungsform 200 der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, die eine Bestrahlungsglocke 210 mit einer komprimierbaren Dichtung 212, eine Partikelstrahlungsquelle 220 für nukleare Partikel und einen Anschluss 230 zur Verbindung mit einer Vakuumpumpe aufweist. Im Unterschied zur in den Figuren 1a, 1b gezeigten Ausführungsform setzt der Anschluss 230 diesem Fall direkt an die Bestrahlungskammer an, eine separate Evakuierungskammer existiert hier also nicht.

[0059] Die Partikelstrahlungsquelle 220 ist bei dieser Ausführungsvariante in ein scheibenförmiges Aufnahmegehäuse 213 eingefasst, das zugleich eine Abdeckplatte der Bestrahlungsglocke 210 bildet. Das Aufnahmegehäuse 213 ist in einen Kuppelrahmen 215 eingesetzt, wobei die Verbindung durch Dichtringe 219, vorzugsweise O-Ringe abgedichtet ist.

[0060] Figur 3 zeigt eine Ausführungsvariante 300 der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die besonders einfach herzustellen ist: Sie umfasst eine Bestrahlungsglocke 310 mit einer (vorzugsweise elastisch) komprimierbaren Dichtung 312, eine Partikelstrahlungsquelle 320 für nukleare Partikel und einen Anschluss 330 zur Verbindung mit einer Vakuumpumpe.

[0061] Die Partikelstrahlungsquelle 320 ist dabei wie bei der Ausführungsform der Figur 2 in einem scheibenförmigen Aufnahmegehäuse 313 angeordnet; dieses kann mindestens teilweise aus demselben elastischen, vakuumdichten Material wie die Dichtung gefertigt sein.

Das Aufnahmegehäuse 313 für die Partikelstrahlungsquelle ist in eine Vertiefung der komprimierbaren Dichtung 312 eingesetzt (beispielsweise eingeklebt) und bildet mit der Dichtung 312 zusammen die Bestrahlungsglocke aus. Der als Röhrchen ausgebildete Anschluss 330 führt durch die komprimierbare Dichtung 312, die beispielsweise mindestens teilweise aus einem geschlossenzelligen (bzw. geschlossenzelligen) Moosgummi bestehen kann.

[0062] In Figur 4 ist eine weitere alternative Ausführungsform 400 der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, die eine Bestrahlungsglocke 410 mit einer komprimierbaren Dichtung 412, eine Partikelstrahlungsquelle 420 für nukleare Partikel und einen Anschluss 430 zur Verbindung mit einer Vakuumpumpe aufweist.

[0063] Die Bestrahlungsglocke 410 weist dabei einen radial magnetisierten Dauermagneten 416 auf, der eine vorgesehene Strömungsbahn B für von der Partikelstrahlungsquelle 420 abgestrahlte nukleare Partikel mindestens teilweise umgibt. Der Dauermagnet 416 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel als ein Ringmagnet ausgebildet, durch dessen Innenkreis die vorgesehene Strömungsbahn B für von der Partikelstrahlungsquelle ausgesandte nukleare Partikel verläuft.

[0064] Ein magnetischer Rückschluss 417 aus einem magnetischen Material, der vorzugsweise als eine (beispielsweise geschlitzte) Schelle gebildet ist (und im gezeigten Beispiel eine Außenwand der Bestrahlungsglocke bildet), umgibt insbesondere den Dauermagneten 416; der Rückschluss kann vorzugsweise mindestens teilweise aus einem ferromagnetischen Federmaterial bestehen und die verschiedenen Komponenten der modular aufgebauten Bestrahlungsglocke 410 zusammenhalten. Dauermagnet und Rückschluss bilden bei in der Figur 4 gezeigten Ausführungsform ein verzerrtes Magnetfeld, das in der Zeichnung durch Strich-Punkt-Linien angedeutet ist und dessen größte Konzentration im Bereich der vorgesehenen Strömungsbahn B für von der Partikelstrahlungsquelle ausgesandte nukleare Partikel liegt. Durch das magnetische Feld werden die nuklearen Partikel auf gebogenen Bahnen abgelenkt, die je nach Feldorientierung fokussierend oder defokussierend wirken können, womit sich der Partikelfluss unter der Partikelstrahlungsquelle erhöht oder verringert.

[0065] Durch Stapeln von zwei oder mehr Dauermagneten 416 lässt sich die magnetische Flussdichte des Magnetfeldes und damit das Ausmaß der Beeinflussung des Partikelflusses verändern.

[0066] Figur 5 zeigt eine weitere exemplarische Ausführungsform 500 der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Diese umfasst eine Bestrahlungsglocke 510 mit einer komprimierbaren Dichtung 512, eine Partikelstrahlungsquelle 520 für nukleare Partikel und einen Anschluss 530 zur Verbindung mit einer Vakuumpumpe. Die Vorrichtung 500 umfasst zudem eine elektrische Spule 518, die dazu eingerichtet ist, an eine Stromquelle angeschlossen zu werden, und die die vorgesehene Strömungsbahn B für von der Partikelstrahlungsquelle 520 abgestrahlte nukleare Partikel umgibt. Darüber hinaus weist die Vorrichtung zwei magnetische Rückschlüsse 517a, 517b aus einem ferromagnetischen Material auf. Der Rückschluss 517a, der vorzugsweise als eine (beispielsweise geschlitzte) Schelle ausgebildet ist (und im gezeigten Beispiel eine Außenwand der Bestrahlungsglocke bildet), umgibt insbesondere die Spule 518; er kann mindestens teilweise aus einem ferromagnetischem Federmaterial bestehen und die verschiedenen Komponenten des modular aufgebauten Bestrahlungsglocke zusammenhalten. Der Rückschluss 517b ist ringartig ausgebildet und erstreckt sich flächig im Wesentlichen parallel zu einer Ebene, in der der aufzusetzende Rand der Bestrahlungsglocke 510 liegt. Ein Innendurchmesser des Rückschlusses 517b, also ein Durchmesser des Bereichs, den der Rückschluss 517b umringt, beträgt vorzugsweise höchstens 2cm, bevorzugter höchstens 1cm. Insbesondere kann der Innendurchmesser des Rückschlusses kleiner sein als der Innendurchmesser D der Bestrahlungsglocke an deren aufzusetzendem Rand. Vorzugsweise ist der Innendurchmesser des Rückschlusses höchstens so groß wie die Hälfte oder sogar höchstens so groß wie ein Drittel des Innendurchmessers D der Bestrahlungsglocke an deren aufzusetzendem Rand.

[0067] Bei Anlegen von Strom an die Spule 518 wird ein magnetisches Feld erzeugt, das in Figur 5 durch Strich-Punkt-Linien gekennzeichnet ist und dessen höchste Flussdichte im Bereich der vorgesehenen Strömungsbahn B für von der Partikelstrahlungsquelle ausgesandte nukleare Partikel liegt. Der Innendurchmesser des magnetischen Rückschlusses 517a kann beispielsweise mindestens das Doppelte, mindestens Dreifache oder sogar mindestens das Vierfache des Innendurchmessers des magnetischen Rückschlusses 517b betragen. Die sehr unterschiedlichen Durchmesser der magnetischen Rückschlüsse 517a und 517b sorgen dabei für ein stark verzerrtes Feld, das wie eine magnetische Linse fokussierend oder defokussierend auf den Partikelstrahl wirkt. Die Beeinflussung hängt von der Richtung und der Stärke des elektrischen Erregerstromes in der Spule 518 ab und kann somit durch Modifikation des Stroms geändert werden.

[0068] Die Spule 518 kann aus mehreren (vorzugsweise zwei oder drei) Einzelspulen bestehen (in der Figur nicht erkennbar), deren Wicklungsachsen schräg gegeneinander angestellt sein können. Hierdurch kann dem stark verzerrten Magnetfeld (strichpunktierte Linien) noch eine zusätzliche horizontale Komponente gegeben werden, die den Partikelstrahl B seitlich ablenken kann.

[0069] Alternativ oder zusätzlich zur Spule 518 kann die Bestrahlungsglocke mindestens einen ringförmigen, axial magnetisierten Magneten (wie sie im Allgemeinen in Lautsprechern verwendet werden) umfassen. Der elektrische Anschluss kann dann ggf. entfallen. Das Magnetfeld lässt sich bei einer derartigen Ausführungsform durch Stapeln von mehreren gleichartigen Magneten verändern.

[0070] Offenbart ist eine Vorrichtung 100, 200, 300, 400, 500 zum Prüfen elektronischer Bauelemente. Die Vorrichtung umfasst eine Bestrahlungsglocke 110, 210, 310, 410, 510, die dazu eingerichtet ist, unter Ausschluss eines Abschnitts 21 einer elektronischen Baugruppe 20 über ein elektronisches Bauelement 1 der Baugruppe gestülpt zu werden und dabei eine evakuierbare Bestrahlungskammer 111 auszubilden. An ihrem aufzusetzenden Rand weist die Bestrahlungsglocke eine komprimierbare Dichtung 112, 212, 312, 412, 512 auf. Im Inneren der Bestrahlungsglocke ist eine Partikelstrahlungsquelle 120, 220, 320, 420, 520 für nukleare Partikel angeordnet. Die Vorrichtung umfasst zudem einen Anschluss 130, 230, 330, 430, 530 zur Verbindung mit einer Vakuumpumpe.

[0071] Offenbart ist ferner ein Verfahren zum Prüfen mindestens eines elektronischen Bauelements 1 einer elektronischen Baugruppe 20.

Bezugszeichen

[0072]

1	elektronisches Bauelement
10	Chip
20	Leiterplatte
21	Abschnitt der Leiterplatte 20
100, 200, 300, 400, 500	Vorrichtung zum Prüfen elektronischer Bauelemente
110, 210, 310, 410, 510	Bestrahlungsglocke
111	Bestrahlungskammer
112, 212, 312, 412, 512	komprimierbare Dichtung
113	Trägerplatine
114	Evakuierungskammer
115	Durchlass
116a, 116b	Abstandsring
117	Abdeckplatte
119	Schraube
120, 220, 320, 420, 520	Partikelstrahlungsquelle für nukleare Partikel
130, 330, 430, 530, 630	Anschluss zur Verbindung mit einer Vakuumpumpe
213, 313	Aufnahmegehäuse für die Partikelstrahlungsquelle
215	Kuppelrahmen
219	Dichtring
416	Dauermagnet
417, 517a, 517b	Rückschluss
518	Spule
A	Außendurchmesser der Bestrahlungsglocke
B	vorgesehene Strömungsbahn für von der Partikelstrahlungsquelle abgestrahlte nukleare Partikel
D	Innendurchmesser der Bestrahlungsglocke an ihrem aufzusetzenden Rand
H	Höhe der Bestrahlungsglocke
d ₁	Abstand der Partikelstrahlungsquelle von einer Ebene des aufzusetzenden Randes
d ₂	Abstand der Partikelstrahlungsquelle vom elektronischen Bauelement

Patentansprüche

1. Vorrichtung (100, 200, 300, 400, 500) zum Prüfen elektronischer Bauelemente, die umfasst:
 - eine Bestrahlungsglocke (110, 210, 310, 410, 510), die dazu eingerichtet ist, unter Ausschluss eines Abschnitts (21) einer elektronischen Baugruppe (20) über ein elektronisches Bauelement (1) der Baugruppe gestülpt zu werden und dabei eine evakuierbare Bestrahlungskammer (111) auszubilden, wobei die Bestrahlungsglocke an ihrem aufzusetzenden Rand eine komprimierbare Dichtung (112, 212, 312, 412, 512) umfasst;
 - eine im Inneren der Bestrahlungsglocke angeordnete Partikelstrahlungsquelle (120, 220, 320, 420, 520) für nukleare Partikel; und
 - einen Anschluss (130, 330, 430, 530, 630), der dazu eingerichtet ist, mit einer Vakuumpumpe zum Evakuieren der Bestrahlungskammer (111) verbunden zu werden.
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Partikelstrahlungsquelle auf einer Trägerplatine (113) angeordnet ist, die die Bestrahlungskammer (111) von einer Evakuierungskammer (114) im Inneren der Bestrahlungskammer trennt, wobei die Evakuierungskammer und die Bestrahlungskammer durch mindestens einen Durchlass (115) in der Trägerplatine miteinander verbunden sind und wobei der Anschluss (130) an die Vakuumpumpe in der Evakuierungskammer (114) ansetzt.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Bestrahlungsglocke (110, 210, 310, 410, 510) am aufzusetzenden Rand einen Innendurchmesser (D) hat,
 - der mindestens 1cm oder mindestens 1,5cm oder mindestens 2cm oder genau 2cm beträgt und/oder
 - der höchstens 5cm oder höchstens 3,5 cm oder höchstens 2cm beträgt.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bestrahlungsglocke mindestens einen radial magnetisierten Dauermagneten (416) umfasst, der eine vorgesehene Stromungsbahn (B) für von der Partikelstrahlungsquelle abgestrahlte nukleare Partikel mindestens teilweise umgibt.

5. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bestrahlungsglocke mindestens einen ringförmigen, axial magnetisierten Dauermagneten umfasst, der eine bzw. die vorgesehene Strömungsbahn (B) für von der Partikelstrahlungsquelle abgestrahlte nukleare Partikel mindestens teilweise umgibt.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bestrahlungsglocke mindestens eine elektrische Spule (518) umfasst, die an eine Stromquelle angeschlossen oder dazu eingerichtet ist, an eine Stromquelle angeschlossen zu werden, wobei die mindestens eine Spule eine bzw. die vorgesehene Strömungsbahn (B) für von der Partikelstrahlungsquelle abgestrahlte nukleare Partikel mindestens teilweise umgibt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die mindestens eine Spule (518) zwei oder drei Teilspulen umfasst, die unterschiedliche Wicklungsachsen aufweisen.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die Bestrahlungsglocke zudem einen magnetischen Rückschluss (417, 517a, 517b) aus einem ferromagnetischen Material umfasst, der dazu eingerichtet ist, ein vom Dauermagneten bzw. von der mindestens einen Spule erzeugtes Magnetfeld zu beeinflussen.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bestrahlungsglocke modular lösbar zusammengesetzt bzw. zusammensetzbar ist, und wobei die Bestrahlungsglocke dazu eingerichtet ist, wahlweise eine unterschiedliche Anzahl an Dauermagneten (416, 516) und/oder Spulen (518) zu umfassen, die eine bzw. die vorgesehene Strömungsbahn (B) für von der Partikelstrahlungsquelle (420, 520) abgestrahlte nukleare Partikel mindestens teilweise umgeben.
10. Verfahren zum Prüfen mindestens eines elektronischen Bauelements (1) einer elektronischen Baugruppe (20), das umfasst:
 - Ausbilden einer evakuierbaren Bestrahlungskammer (111) durch Überstülpen einer Bestrahlungsglocke (110, 210, 310, 410, 510) unter Ausschluss eines Abschnitts (21) der elektronischen Baugruppe über das elektronische Bauelement (1) ;
 - Evakuieren der Bestrahlungskammer (111) mittels einer an einen Anschluss (130, 230, 330, 430, 530) der Bestrahlungsglocke angeschlossenen Vakuumpumpe;
 - Bestrahlen des elektronischen Bauelements mit nuklearen Partikeln aus einer im Inneren der Bestrahlungsglocke angeordneten Partikelstrahlungsquelle (120, 220, 320, 420, 520); und
 - Messen einer Funktion des bestrahlten elektronischen Bauelements (1).
11. Verfahren nach Anspruch 10, das zudem umfasst:
 - Abheben der Bestrahlungsglocke (110, 210, 310, 410, 510) vom elektronischen Bauelement (1);
 - Ausbilden einer weiteren Bestrahlungskammer durch überstülpen der Bestrahlungsglocke über ein weiteres elektronisches Bauelement (1);
 - Evakuieren der weiteren Bestrahlungskammer mittels der an den Anschluss (130, 230, 330, 430, 530) der Vorrichtung angeschlossenen Vakuumpumpe;
 - Bestrahlen des weiteren elektronischen Bauelements (1) mit der Partikelstrahlungsquelle (120, 220, 320, 420, 520); und
 - Messen einer Funktion des weiteren bestrahlten elektronischen Bauelements (1).
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, das zudem ein Beeinflussen einer Strömungsbahn der nuklearen Partikel durch ein Magnetfeld mindestens eines Dauermagneten (416, 516) und/oder mindestens einer Spule (518) umfasst.
13. Verfahren nach Anspruch 12, das zudem ein Ändern des Magnetfelds und ein Messen einer weiteren Funktion oder ein erneutes Messen derselben Funktion des bestrahlten elektronischen Bauelements umfasst.

Fig. 1a:

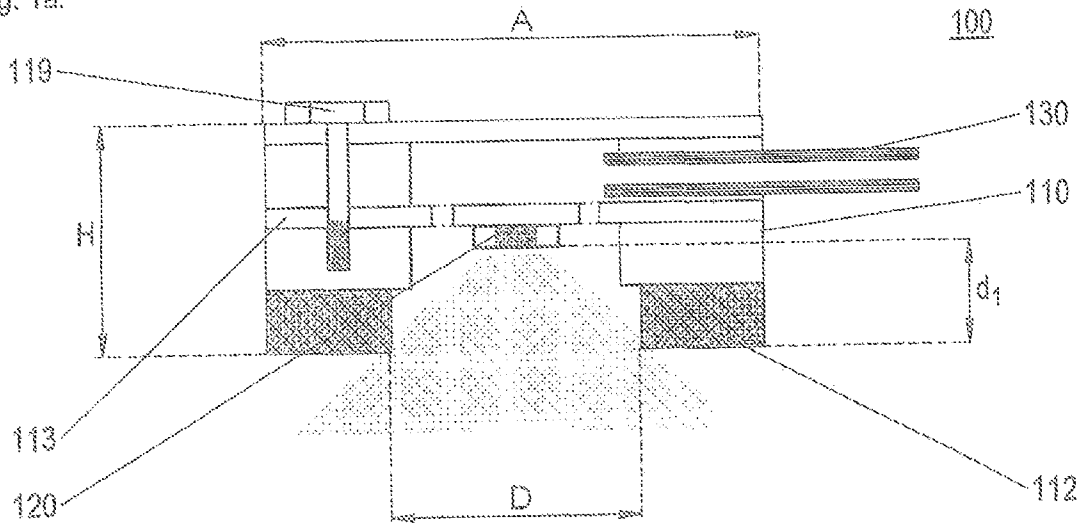


Fig. 1b:

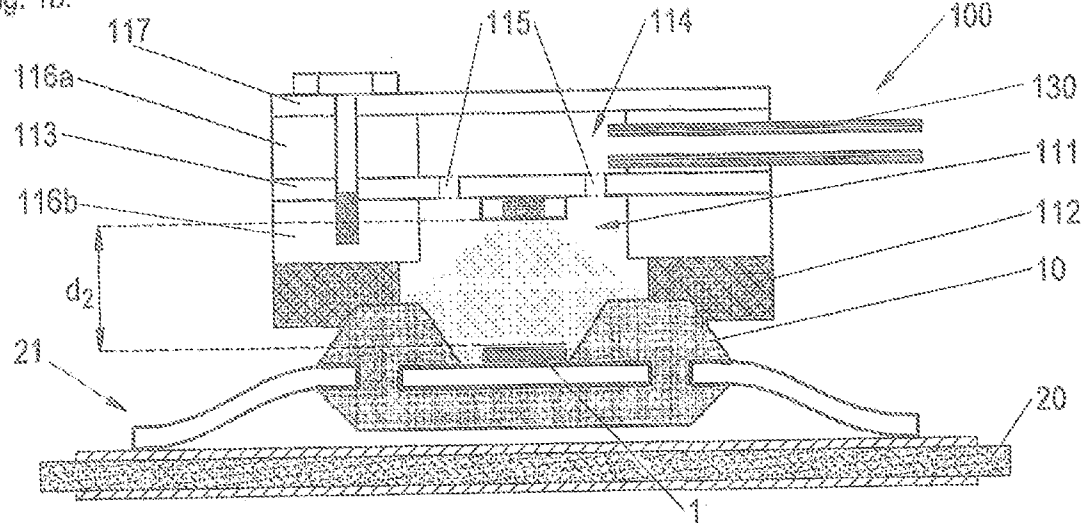


Fig. 2:

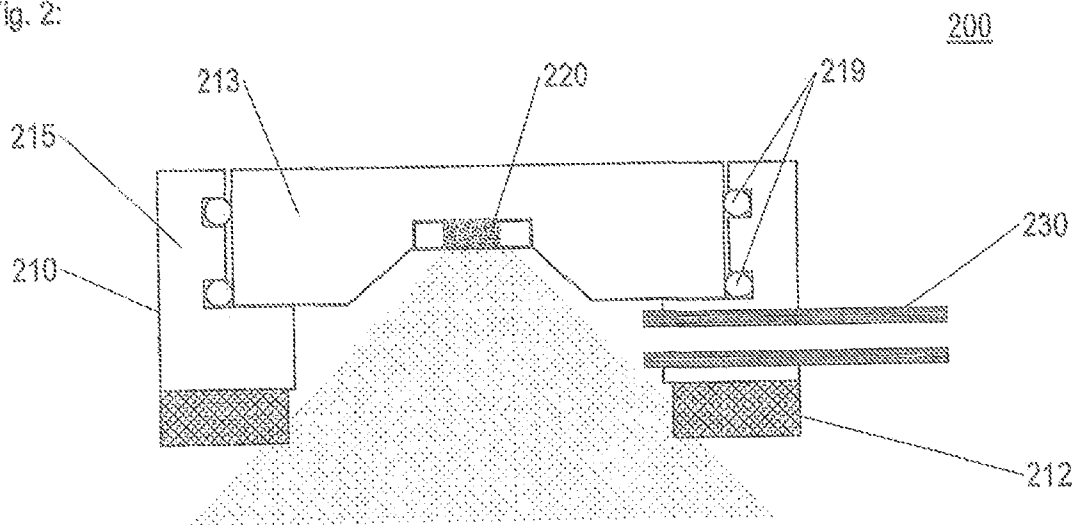


Fig. 3:

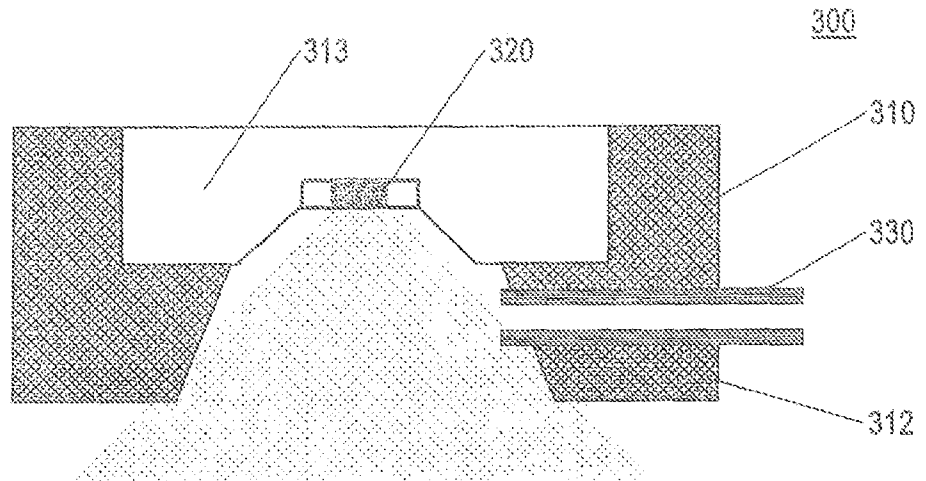


Fig. 4:

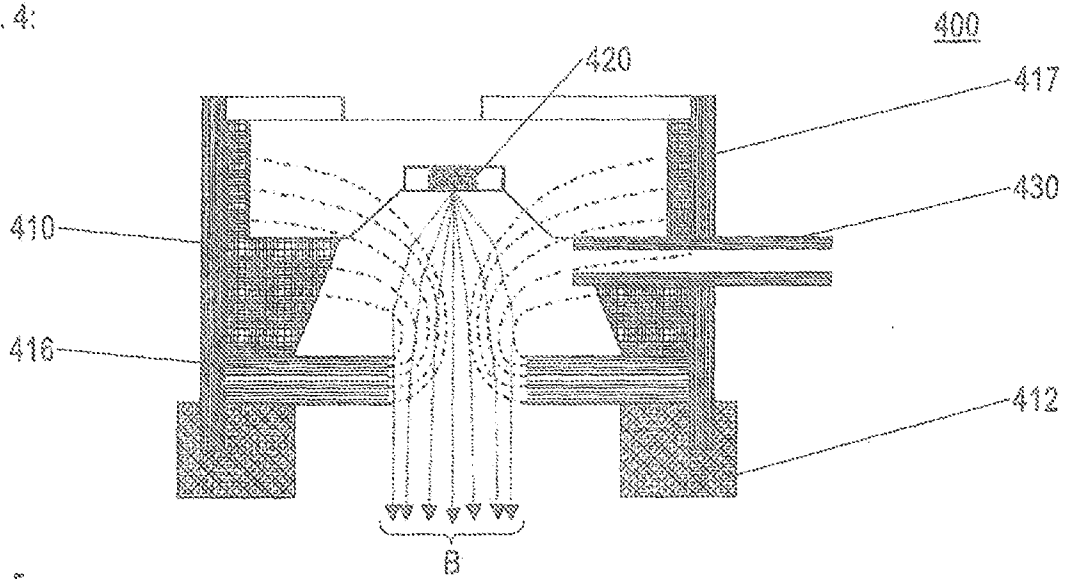


Fig. 5:

