



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Vorrichtung (10) zum Testen von elektronischen Bauteilen (30) mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht (32), insbesondere von mehrlagigen Keramik Kondensatoren, die Vorrichtung (10) mit einem elektromagnetisch-akustischen Wandler (12), der eine Impulserzeugungseinheit (14) aufweist, die dafür ausgebildet ist, mindestens einen elektromagnetischen Impuls (IMP) innerhalb eines zu testenden Bauteils (30) zu erzeugen, so dass innerhalb des Bauteils (30) Schwingungen erzeugt werden, die ein elektromagnetisches Signal (RES) als Antwort auf den elektromagnetischen Impuls (IMP) erzeugen, eine Empfangseinheit (16) aufweist, die dafür ausgebildet ist, das elektromagnetische Signal (RES) zu empfangen, und eine Auswerteeinheit (18) aufweist, die dafür ausgebildet ist, das elektromagnetische Signal (RES) zumindest bzgl. einer Amplitude oder Amplitudenänderung des Signals (RES) zu mindestens einem Zeitpunkt auszuwerten, wobei die Vorrichtung (10) ferner eine Bewertungseinheit (20) aufweist, die dafür ausgebildet ist, mindestens eine von der Auswerteeinheit (18) ermittelte Amplitude bzw. Amplitudenänderung des Signals (RES) mit mindestens einem Schwellwert (TH) zu vergleichen und in Abhängigkeit von dem Vergleich ein erstes Ausgangssignal (SIG1) zu erzeugen, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil (30) als funktionstüchtig anzusehen ist oder ein zweites Ausgangssignal (SIG2) zu erzeugen, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil (30) als defekt anzusehen ist. Ferner werden ein entsprechendes Verfahren und eine Verwendung eines elektromagnetisch-akustischen Wandlers (12) offenbart.

Vorrichtung zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht, Verfahren, und Verwendung eines elektromagnetisch-akustischen Wandlers

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht, insbesondere von mehrlagigen Keramikkondensatoren.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem ein entsprechendes Verfahren und die Verwendung eines elektromagnetisch-akustischen Wandlers.

[0003] Die Überprüfung von elektronischen Bauteilen ist von großer Bedeutung, da innerhalb eines Fertigungsprozesses erhebliche Zusatzkosten entstehen, wenn ein elektronisches Bauteil erst anhand einer Fehlfunktion einer größeren Baugruppe erkannt wird. Daher besteht heute seitens der Abnehmer von elektronischen Bauteilen der Wunsch, dass jedes Bauteil bezüglich eventueller Defekte überprüft wurde, bevor es überhaupt dem Fertigungsprozess zugeführt wird.

[0004] Die am weitesten verbreitete Technik zum Überprüfen von elektronischen Bauteilen ist die Ultraschalltechnik. Für diesen Test wird das Bauteil an einen Ultraschallkopf angekoppelt und dann mit einer Ultraschallwelle beaufschlagt. Die mechanische Struktur des Bauteils reflektiert die Ultraschallwelle, und das Ultraschallecho vom Bauteil wird vom Ultraschallkopf empfangen. Anhand dieses Echos kann ermittelt werden, ob das Bauteil als funktionstüchtig oder als defekt anzusehen ist.

[0005] Wenngleich das Prinzip einer Überprüfung mittels Ultraschall einfach klingt, so ist die praktische Umsetzung jedoch verhältnismäßig aufwändig. Zum einen erfordert es die Ultraschalltechnik, dass das Bauteil in sehr guter Kopplung zu dem Ultraschallkopf steht. Zudem muss die Kopplung über das gesamte Bauteil gleichmäßig sein, da die Messergebnisse sonst verfälscht werden. Schließlich muss das Bauteil auch sehr exakt zum Ultraschallkopf positioniert sein, da bereits bei geringfügigen Abweichungen von einer Sollposition ein ganz anderes Echo entstehen kann.

[0006] In der Praxis bedeutet dies, dass mit der Ultraschalltechnik nur wenige Bauteile pro Minute getestet werden können. Berücksichtigt man dabei, dass eigentlich hunderte oder sogar tausende von Bauteilen pro Minute produziert werden sollen, so wird klar, dass nur ein geringer Prozentsatz der Bauteile tatsächlich geprüft werden kann.

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Vorrichtung zum Testen von elektronischen Bauteilen, ein entsprechendes Verfahren und eine Verwendung eines elektromagnetisch-akustischen Wandlers aufzuzeigen, um eine effektivere Überprüfung von Bauteilen zu ermöglichen.

[0008] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht, insbesondere von mehrlagigen Keramikkondensatoren, die Vorrichtung mit einem elektromagnetisch-akustischen Wandler, der eine Impulserzeugungseinheit aufweist, die dafür ausgebildet ist, mindestens einen elektromagnetischen Impuls innerhalb eines zu testenden Bauteils zu erzeugen, so dass innerhalb des Bauteils Schwingungen erzeugt werden, die ein elektromagnetisches Signal als Antwort auf den elektromagnetischen Impuls erzeugen, eine Empfangseinheit aufweist, die dafür ausgebildet ist, das elektromagnetische Signal zu empfangen, und eine Auswerteeinheit aufweist, die dafür ausgebildet ist, das elektromagnetische Signal zumindest bzgl. einer Amplitude des Signals zu mindestens einem Zeitpunkt auszuwerten, wobei die Vorrichtung ferner eine Bewertungseinheit aufweist, die dafür ausgebildet ist, mindestens eine von der Auswerteeinheit ermittelte Amplitude des Signals mit mindestens einem Schwellwert TH zu vergleichen und in Abhängigkeit von dem Vergleich ein erstes Ausgangssignal zu erzeugen, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil als funktionsfähig anzusehen ist oder ein zweites Ausgangssignal zu erzeugen, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil als defekt anzusehen ist.

[0009] Bevor nun die Besonderheiten der vorliegenden Erfindung und die vermuteten technischen Grundlagen erläutert werden, sei darauf hingewiesen, dass die Erläuterungen zwar am Beispiel von mehrlagigen Keramikkondensatoren vorgenommen werden, dies jedoch keinerlei Einschränkung dahingehend darstellt, dass die Erfindung nur bei mehrlagigen Keramikkondensatoren angewandt werden kann. Vielmehr wird im Anschluss an die nachfolgenden Erläuterungen dargelegt, dass sich die Erfindung allgemein bei Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht einsetzen lässt. Nachfolgend soll nun auf das bevorzugte Beispiel von

mehrlagigen Keramikkondensatoren eingegangen werden, da sich hier besonders überzeugende und aussagekräftige Testergebnisse erzielen ließen.

[0010] Mehrlagigen monolithische Kondensatoren werden vielfältig in allen Bereichen der Elektroindustrie eingesetzt. Ein solcher Kondensator, insbesondere Keramikkondensator, besteht im wesentlichen aus einem Keramikblock, in dem eine Vielzahl von metallhaltigen, insbesondere metallischen, Schichten angeordnet sind. Diese Schichten werden bei einem Kondensator auch als Elektroden bezeichnet.

[0011] Damit ein Keramikkondensator auf Dauer funktionstüchtig ist und die gewünschten Spezifikationen einhält, muss eine gute Anbindung bzw. Kohäsion zwischen den Schichten und dem Keramikkörper bestehen. Ist dies nicht der Fall, können sich die elektrischen Eigenschaften des Kondensators ändern. Zudem besteht die Möglichkeit, dass der Kondensator entweder unmittelbar oder mit zeitlicher Verzögerung defekt wird. Zu den bekanntesten Fehlern, die zu einem solchen Effekt führen können, zählen Hohlräume innerhalb des Keramikkörpers und ein Ablösen einer oder mehrerer Schichten vom Keramikkörper.

[0012] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht, hier der Keramikkondensator, weist eine Impulserzeugungseinheit auf, die mindestens einen elektromagnetischen Impuls innerhalb des Keramikkondensators erzeugen kann. Ein solcher elektromagnetischer Impuls hat zwar nur einen geringen oder gar keinen Effekt auf das Trägermaterial, in dem die Schichten eingebettet sind, hier die Keramik, doch wird durch den Impuls eine Kraft auf die Schichten innerhalb des Kondensators ausgeübt.

[0013] Im Rahmen der Erfindung wurde erkannt, dass sich, da die Schichten in der Keramik eingebettet sind, eine Kraft, die auf die Schichten wirkt, auch auf die Keramik überträgt, also auf das Material, in dem die Schichten eingebettet sind. Dies wiederum führt dazu, dass innerhalb des Bauteils eine Schwingung angeregt

werden kann, insbesondere eine Resonanzschwingung der Bereiche des Bauteils, die mit den Schichten verbunden sind, oder eine Resonanzschwingung des gesamten Bauteils.

[0014] Da die metallhaltigen, insbesondere metallischen, Schichten in das schwingende Trägermaterial eingebettet sind, sind die Schichten der selben Resonanzschwingung unterworfen wie die genannten Bereiche des Bauteils bzw. das gesamte Bauteil. Die Schwingung der Schichten führt nun zur Erzeugung eines elektromagnetischen Signals als Antwort auf den elektromagnetischen Impuls. Dieser elektromagnetische Impuls kann von der Empfangseinheit des elektromagnetisch-akustischen Wandlers empfangen werden.

[0015] Ferner wurde im Rahmen der Erfindung erkannt, dass sich das elektromagnetische Antwortsignal eines funktionstüchtigen Bauteils erkennbar von dem Antwortsignal eines defekten Bauteils unterscheidet. Dies ist besonders deutlich für den beschriebenen Fall eines Keramikkondensators. Stehen die Schichten nicht in ausreichender Verbindung mit dem Trägermaterial, hier der Keramik, so wird die vom elektromagnetischen Impuls erzeugte Kraft nur unzureichend auf das Trägermaterial übertragen. Außerdem wird die geringere Schwingung des Trägermaterials wiederum unzureichend auf die Schichten übertragen, so dass die Schwingung der Schichten bei einem defekten Bauteil wesentlich geringer ausgeprägt sind als bei einem funktionstüchtigen Bauteil.

[0016] Daher wird nun in einer Auswerteeinheit die Amplitude des elektromagnetischen Antwortsignals ausgewertet. Dies kann auf vielfältige Weise erfolgen. Bevorzugt wird die Amplitude des Antwortsignals unmittelbar ausgewertet, wenn das Antwortsignal bei der Empfangseinheit eintrifft. Es kann aber auch vorteilhaft sein, wenn man zunächst mindestens zwei, bevorzugt mindestens fünf, besonders bevorzugt mindestens zehn, Schwingungen des Antwortsignals abwartet und erst dann die Amplitude des Antwortsignals auswertet. Dabei kann es besonders vorteilhaft sein, wenn man die Amplitude des Antwortsignals über mindestens zwei, bevorzugt

mindestens fünf, besonders bevorzugt mindestens zehn, Schwingungen mittelt. Schließlich kann es für die Auswertung der Amplitude vorteilhaft sein, wenn man ermittelt, innerhalb welches Zeitraums eine vorgegebene relative oder absolute Reduzierung der Amplitude stattgefunden hat.

[0017] Wie bereits erläutert, haben praktische Versuche gezeigt, dass sich mehrlagigen Keramikkondensatoren mittels der erfindungsgemäßen Idee besonders gut in funktionstüchtige und defekte Bauteile trennen lassen. Daher liegt der Schwerpunkt bei den vorherigen und bei den noch kommenden Erläuterungen auf Kondensatoren.

[0018] Die Erläuterungen bezüglich des vermuteten technischen Hintergrunds machen aber deutlich, dass sich die Erfindung allgemein zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht eignet. Mit anderen Worten kann jedes Bauteil, auf dessen eingebettete Schicht mittels eines elektromagnetischen Impulses eine Kraft ausgeübt werden kann und dessen Schicht die Kraft auf das Trägermaterial überträgt, in das die Schicht eingebettet ist, mittels der erfindungsgemäßen Idee getestet werden.

[0019] Zwar unterscheiden sich die elektromagnetischen Signale bei verschiedenen Bauteilen, zum Beispiel hinsichtlich der Signalform, der absoluten Größe der Amplitude oder des relativen Unterschieds der Amplitude bei einem funktionstüchtigen Bauteil und der Amplitude bei einem defekten Bauteil, doch reagieren derartige Bauteile mit in ihrer Amplitude unterscheidbaren Antwortsignalen, je nachdem ob sie funktionstüchtig oder defekt sind.

[0020] Bei einer besonders einfachen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Schwellwert als Grenze dafür verwendet, ob ein Bauteil als funktionstüchtig oder als defekt angesehen wird: Wird der Schwellwert erreicht oder überschritten, wird das erste Ausgangssignal erzeugt, welches ein funktionstüchtiges

Bauteil anzeigt. Wird der Schwellwert unterschritten, wird das zweite Ausgangssignal erzeugt, welches ein defektes Bauteil anzeigt.

[0021] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung dieses Ansatzes kann zusätzlich zu dem genannten, ersten Schwellwert noch ein zweiter Schwellwert verwendet werden. Dabei ist dann folgende Logik vorteilhaft: Wird der erste Schwellwert erreicht oder überschritten, so wird das erste Ausgangssignal erzeugt. Wird der zweite Schwellwert erreicht oder unterschritten, so wird das zweite Ausgangssignal erzeugt. Wird der erste Schwellwert unterschritten und der zweite Schwellwert überschritten, so wird ein drittes Ausgangssignal erzeugt, welches anzeigt, dass das Bauteil nicht mit hinreichender Zuverlässigkeit als defekt oder funktionstüchtig identifiziert wurde.

[0022] Bezüglich des ersten und zweiten Ausgangssignals sei darauf hingewiesen, dass diese lediglich voneinander unterscheidbar sein müssen. Es ist hingegen nicht zwingend erforderlich, die beiden Ausgangssignale auch von einem weiteren Zustand, insbesondere einem Ruhezustand, unterscheiden zu können. Wird beispielsweise festgelegt, dass ein digitales HIGH-Signal als erstes Ausgangssignal ein funktionstüchtiges Bauteil anzeigt, so kann sowohl ein LOW-Signal als auch einfach ein Ausbleiben des HIGH-Signals als zweites Ausgangssignal verstanden werden. In entsprechender Weise kann auch das zweite Ausgangssignal als digitales HIGH-Signal und ein Ausbleiben des HIGH-Signals als erstes Ausgangssignal festgelegt werden.

[0023] Die Auswerteeinheit und die Bewertungseinheit sind bevorzugt integriert, insbesondere in einem Mikroprozessor (μC) oder einer programmierbaren logischen Schaltung (Programmable Logic Device, PLD). Zudem sind die Impulserzeugungseinheit und die Empfangseinheit bevorzugt mittels einer Baugruppe realisiert, so dass dieselbe Baugruppe für die Erzeugung des elektromagnetischen Impulses als auch für den Empfang des elektromagnetischen Signals zuständig ist. Es kann aber auch vorteilhaft sein, die Impulserzeugungseinheit und die Empfangseinheit jeweils separat auszugestalten.

[0024] Auf einen vorteilhaften Einsatz der Erfindung sei ausdrücklich hingewiesen: Der Test des elektronischen Bauteils kann in einer trockenen Umgebung durchgeführt werden, d.h. es ist nicht notwendig, das Bauteil in eine Flüssigkeit einzubringen, um eine Kopplung zwischen einem Testkopf, insbesondere einem Ultraschall-Testkopf, und dem Bauteil herzustellen. Dies vereinfacht das Testen erheblich. Insbesondere ist kein Kopplungsmedium erforderlich, um eine Signalübertragung zwischen dem Testkopf und dem Bauteil bei geringer Dämpfung zu ermöglichen. Dabei wird das allgegenwärtige Medium Luft nicht als Kopplungsmedium verstanden.

[0025] Abschließend sei angemerkt, dass das Prinzip von elektromagnetisch-akustischen Wandlern als bekannt vorausgesetzt wird und im Rahmen dieser Schrift nicht näher erläutert wird. Als Beleg für die Bekanntheit der Grundlagen dieser Technologie soll daher lediglich beispielhaft auf die Patente US 4,777,824, US 5,811,682, US 6,282,964, US 7,546,770 verwiesen werden.

[0026] Damit ist die Aufgabe vollständig gelöst.

[0027] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Bewertungseinheit dafür ausgebildet, mindestens eine erste numerische Eingabe entgegenzunehmen und den Schwellwert TH auf Basis der Eingabe zu bestimmen.

[0028] Diese Ausgestaltung ist vorteilhaft, da die Vorrichtung so auf einfache Weise auf einen bestimmten zu testenden Bauteiltyp eingestellt werden kann und/oder ein Wechsel zwischen verschiedenen Bauteiltypen schnell erfolgen kann. Für den einfachsten Fall ist es bevorzugt, dass ein numerischer Wert für die Amplitude entgegengenommen wird, die den Schwellwert TH darstellen soll. Für einen weiteren Fall ist es bevorzugt, dass die numerische Eingabe den zu testenden Bauteiltyp beschreibt und dass in Kenntnis des Bauteiltyps ein vorgegebener Schwellwert bestimmt wird, insbesondere anhand einer Tabelle, die in einem Speicherelement in

der Vorrichtung gespeichert ist. Die Werte der Tabelle, so genannte Referenzwerte, können vorab anhand von Versuchen ermittelt werden.

[0029] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Bewertungseinheit dafür ausgebildet, in einer ersten Betriebsart aus einer von der Auswerteeinheit ermittelten Pilotamplitude AMP_{PILOT} den Schwellwert TH zu ermitteln.

[0030] Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass verschiedene Bauteiltypen getestet werden können, ohne dass vorab bereits Referenzwerte für die einzelnen Bauteiltypen ermittelt wurden. Bei dieser Ausgestaltung wird die Vorrichtung zunächst in die erste Betriebsart versetzt. Dies erfolgt bevorzugt über einen Schalter oder den Empfang eines entsprechenden Steuersignals.

[0031] Es wird dann ein Bauteil getestet, welches bekanntermaßen funktionstüchtig oder bekanntermaßen defekt ist. Die hierbei ermittelte Amplitude wird als Pilotamplitude AMP_{PILOT} bezeichnet. Auf der Basis der Pilotamplitude wird dann der Schwellwert ermittelt: Wurde ein bekanntermaßen funktionstüchtiges Bauteil verwendet, so wird der Schwellwert bevorzugt geringer als die Pilotamplitude gewählt. Wurde ein bekanntermaßen defektes Bauteil verwendet, so wird der Schwellwert bevorzugt größer als die Pilotamplitude gewählt.

[0032] In diesem Zusammenhang wird es als Vorteil angesehen, wenn mehrere Pilotamplituden ermittelt werden, sei es anhand eines einzelnen Bauteils oder anhand einer Gruppe von bekanntermaßen funktionstüchtigen oder bekanntermaßen defekten Bauteilen, und der Schwellwert auf der Basis des Durchschnitts der Pilotamplituden ermittelt wird.

[0033] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Bewertungseinheit dafür ausgebildet, den Schwellwert TH als $TH = AMP_{PILOT} * F$ zu berechnen, wobei F ein Faktor zwischen 0,01 und 0,9, bevorzugt zwischen 0,05 und

0,75, besonders bevorzugt zwischen 0,1 und 0,6 und insbesondere zwischen 0,15 und 0,5 ist.

[0034] Diese Ausgestaltung ist vorteilhaft, da so auf einfache Weise anhand von wenigen Bauteilen, insbesondere eines Bauteils, ein Schwellwert bestimmen lässt, der für die Praxis gut geeignet ist. Die numerischen Werte der Faktoren basieren auf der Annahme, dass für die Ermittlung der Pilotamplitude ein bekanntermaßen funktionstüchtiges Bauteil verwendet wird. Soll ein bekanntermaßen defektes Bauteil verwendet werden, so wird der Faktor zwischen 1,1 und 100, bevorzugt zwischen 1,3 und 20, besonders bevorzugt zwischen 1,6 und 10 und insbesondere zwischen 2 und 7 gewählt.

[0035] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Bewertungseinheit dafür ausgebildet, in einer ersten Betriebsart aus einer ersten Pilotamplitude, die von der Auswerteeinheit beim Testen eines bekanntermaßen funktionstüchtigen Bauteils ermittelt wurde, und aus einer zweiten Pilotamplitude, die von der Auswerteeinheit beim Testen eines bekanntermaßen defekten Bauteils ermittelt wurde, den Schwellwert zu ermitteln.

[0036] Bei dieser Ausgestaltung ergibt sich der Vorteil, dass der Schwellwert in Kenntnis einer ersten Pilotamplitude eines funktionstüchtigen Bauteils und einer zweiten Pilotamplitude eines defekten Bauteils besonders gut ermittelt werden kann. Bei einer einfachen Ausgestaltung ist es vorteilhaft, dass der Schwellwert als Mittelwert von erster Pilotamplitude und zweiter Pilotamplitude ermittelt wird, und zwar bevorzugt unter Berücksichtigung einer logarithmischen Skala.

[0037] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Auswerteeinheit dafür ausgebildet, die Amplitude zumindest in der Nähe einer Resonanzfrequenz des Bauteils auszuwerten.

[0038] Diese Ausgestaltung ist vorteilhaft, da die Auswertung der Amplitude nicht breitbandig erfolgt und daher eventuelle Nebeneffekte oder Störungen nur eine geringe Auswirkung oder sogar gar keine Auswirkung auf die Messung der Amplitude haben. Die Ermittlung der Resonanzfrequenz kann für jedes Bauteil individuell durchgeführt werden, insbesondere indem das Frequenzspektrum des elektromagnetischen Antwortsignals in Intervallen ausgewertet wird.

[0039] Es ist aber vorteilhaft, wenn die Resonanzfrequenz für einen Bauteiltyp vorab anhand von Versuchen ermittelt wird und dann für alle Bauteile dieses Bauteiltyps als konstant angenommen wird. Dadurch lässt sich ein besonders hoher Durchsatz beim Testen erzielen.

[0040] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Auswerteeinheit dafür ausgebildet, eine zweite numerische Eingabe entgegenzunehmen, die mindestens einen der Werte aus der Gruppe der Variablen n , c und h festlegt, und die Resonanzfrequenz als $f_n = nc/2h$ oder $f_n = nc/4h$ zu berechnen, wobei n eine natürliche Zahl, c die Schallgeschwindigkeit innerhalb des Bauteils und h die Länge des Bauteils ist, entlang derer die Schwingung im Bauteil stattfindet.

[0041] Diese Ausgestaltung ist vorteilhaft, weil so auf einfache Weise die Resonanzfrequenz eines Bauteils abgeschätzt werden kann und/oder ein guter Startwert für die Suche nach der Resonanzfrequenz bestimmt werden kann. Es sei darauf hingewiesen, dass die nachfolgenden Betrachtungen anhand eines im wesentlichen monolithischen Bauteils, insbesondere eines mehrlagigen Keramik Kondensator, gemacht werden, dass die Überlegungen zum Auftreten einer Resonanz aber grundsätzlicher Natur sind.

[0042] Betrachtet man das Bauteil entlang seiner Länge h , also der Länge, entlang derer die Schwingung im Bauteil stattfindet, so tritt eine Resonanzsituation für eine Longitudinalwelle ein, wenn $h = n\lambda/2$ ist. Ferner gilt $\lambda = c/f_n$. Daraus ergibt sich dann die Formel $f_n = nc/2h$, wobei bevorzugt die erste Resonanzfrequenz $f_1 =$

$c/2h$ verwendet wird. Nimmt man die Schallgeschwindigkeit innerhalb eines Keramikkörpers mit 5000 m/s und die relevante Länge h mit 2mm an, so erhält man $f_1 \approx 1,25$ MHz.

[0043] Es lässt sich aber auch eine Resonanz mittels Scherwellen erzielen, deren Frequenz ungefähr bei der Hälfte von Longitudinalwellen liegt. Daraus ergibt sich dann die Formel $f_n = nc/2h/2 = nc/4h$. Bezogen auf das eben genannte Beispiel man $f_1 \approx 0,62$ MHz.

[0044] Soll grundsätzlich die erste Resonanzfrequenz verwendet werden, so ist keine Eingabe von n erforderlich, sondern es gilt $n=1$. Werden verschiedene Bauteiltypen getestet, bei denen man aber dieselbe Schallgeschwindigkeit unterstellen kann, so ist keine Eingabe von c erforderlich. Vielmehr kann dann die Schallgeschwindigkeit als konstanter Wert vorgegeben werden. Bleibt die relevante Länge h über verschiedene Bauteiltypen konstant, so ist keine Eingabe von h erforderlich.

[0045] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Auswerteeinheit dafür ausgebildet, in einer dritten Betriebsart die Amplituden in einem Frequenzintervall um einen Frequenzstartwert auszuwerten und eine Frequenz mit maximaler Amplitude als Resonanzfrequenz des Bauteils zu bestimmen.

[0046] Eine solche Ausgestaltung ist vorteilhaft, da sich so die Resonanzfrequenz auf einfache Weise zumindest in etwa bestimmen lässt. Grundsätzlich kann der Frequenzstartwert nahezu beliebig gewählt werden, sofern durch die Größe des Frequenzintervalls sichergestellt werden kann, dass sich die Resonanzfrequenz innerhalb des Frequenzintervalls befindet. Wenn der Frequenzstartwert bevorzugt nach der oben erläuterten Formel $f_n = nc/2h$ oder $f_n = nc/4h$ bestimmt wird, kann das Frequenzintervall verhältnismäßig eng gewählt werden, da die Formel in der Praxis eine brauchbare Näherung für die Resonanzfrequenz darstellt.

[0047] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist der elektromagnetisch-akustische Wandler eine aktive Fläche zum Abstrahlen des elektromagnetischen Impulses und/oder zum Empfangen der Schallwellen auf und weist die Vorrichtung ferner eine Zuführeinrichtung auf, die das zu testende Bauteil automatisiert zumindest in die Nähe der aktiven Fläche führt, insbesondere in Kontakt mit der aktiven Fläche bringt.

[0048] Diese Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass das Testen automatisiert durchgeführt werden kann. Dabei wird zunächst mittels der Zuführeinrichtung ein zu testendes Bauteil in die Nähe der aktiven Fläche gebracht. Das Bauteil wird dann der zuvor beschriebenen Weise getestet. Nach Abschluss des Tests entfernt die Zuführeinrichtung das nun getestete Bauteil und bringt das nächste zu testende Bauteil in die Nähe der aktiven Fläche. Mit einem weiteren Testvorgang wird das Testen dann perpetuierend fortgesetzt.

[0049] In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass der elektromagnetisch-akustische Wandler auch über mehrere aktive Flächen verfügen kann bzw. die aktive Fläche über mehrere Bereiche verfügt, die getrennt angesteuert werden können. Bei einer solchen Vorrichtung können dann mehrere Bauteile gleichzeitig getestet werden. Ferner sei darauf hingewiesen, dass unter dem Begriff "in die Nähe der aktiven Fläche" in vorteilhafterweise ein Abstand von weniger als 2 cm, bevorzugt weniger als 5 mm, besonders bevorzugt weniger als 2 mm und insbesondere weniger als 1 mm verstanden werden soll.

[0050] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Zuführeinrichtung dafür ausgebildet, mehrere zu testende Bauteile, die auf einem Trägermaterial angeordnet sind, nacheinander zumindest in die Nähe der aktiven Fläche zu führen, insbesondere in Kontakt mit der aktiven Fläche zu bringen.

[0051] Diese Ausgestaltung bietet eine besonders zuverlässige und schnelle Möglichkeit, die zu testenden Bauteile automatisiert in die Nähe der aktiven Fläche zu führen.

[0052] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung hat der Impuls eine Dauer von weniger als 10 μ s, bevorzugt von weniger als 2 μ s, besonders bevorzugt von weniger als 1 μ s und insbesondere von weniger als 500 ns.

[0053] Diese Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass ein breites Spektrum an Frequenzen im Bauteil angeregt werden kann. Dadurch lässt sich besonders gut sicherstellen, dass das Bauteil auch bei seiner Resonanzfrequenz angeregt wird.

[0054] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist das Bauteil ein mehrlagiger Kondensator, insbesondere ein mehrlagiger Keramikkondensator.

[0055] Die Vorrichtung lässt sich besonders vorteilhaft beim Testen von mehrlagigen Kondensatoren verwenden. Im Rahmen der Erfindung wurde nämlich anhand von praktischen Versuchen festgestellt, dass sich bei Kondensatoren, insbesondere mehrlagigen Keramikkondensatoren, ein deutlicher Unterschied im elektromagnetischen Antwortsignal zeigt, in Abhängigkeit davon, ein Kondensator funktionstüchtig oder defekt ist.

[0056] Die Aufgabe wird auch gelöst durch ein System zum Testen von elektronischen Bauteilen mit einer zuvor genannten Vorrichtung und mindestens einem zu testenden elektronischen Bauteil, wobei das Bauteil insbesondere ein mehrlagiger Kondensator ist, besonders bevorzugt ein mehrlagiger Keramikkondensator.

[0057] Die Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Verfahren zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht,

insbesondere von mehrlagigen Keramikkondensatoren, das Verfahren mit den folgenden Schritten:

- Aussenden mindestens eines elektromagnetischen Impulses an ein zu testendes Bauteil, so dass innerhalb des Bauteils Schwingungen erzeugt werden, die ein elektromagnetisches Signal als Antwort auf den elektromagnetischen Impuls erzeugen,
- Empfangen des elektromagnetischen Signals,
- Auswerten des elektromagnetischen Signals zumindest bzgl. einer Amplitude des Signals zu mindestens einem Zeitpunkt,
- Vergleichen der ermittelten Amplitude des elektromagnetischen Signals mit mindestens einem Schwellwert, und
- Erzeugen eines ersten Ausgangssignals, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil als funktionstüchtig anzusehen ist, oder Erzeugen eines zweiten Ausgangssignals, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil als defekt anzusehen ist.

[0058] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist hat das Verfahren ferner die Schritte

- Ermitteln einer Pilotamplitude beim Testen eines bekanntermaßen funktionstüchtigen oder eines bekanntermaßen defekten Bauteils, und
- Bestimmen des Schwellwerts basierend auf der ermittelten Pilotamplitude.

[0059] Schließlich wird die Aufgabe auch gelöst durch eine Verwendung eines elektromagnetisch-akustischen Wandlers zum Testen von elektronischen Bautei-

len mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht, insbesondere von mehrlagigen Keramikkondensatoren.

[0060] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0061] Zudem wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass jede Ausgestaltung der Auswerteeinheit und der Bewertungseinheit auch einen entsprechenden Verfahrensschritt offenbart, der als einzelne Anweisung oder kleines Programm mit einem Prozessor oder einer programmierbaren Logikschaltung ausgeführt werden kann.

[0062] Außerdem wird zu allen Ausgestaltungen der Vorrichtung jeweils auch die entsprechende Verwendung der Vorrichtung zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht offenbart und beansprucht. Dies gilt insbesondere für eine Verwendung zum Testen von mehrlagigen Keramikkondensatoren.

[0063] Zusammenfassend sei darauf hingewiesen, dass im Hinblick auf die Erfindung und deren bevorzugte Ausführungsformen zumindest die folgenden Aspekte jeweils alleine für sich, insbesondere aber in Kombination mit einem oder mehreren Aspekten, als neu angesehen werden:

- Zum Testen des Bauteils, insbesondere eines Kondensators, wird die mechanische Resonanzfrequenz des Bauteils genutzt. Dabei handelt es sich insbesondere um mechanische, freie Vibrationen.

- Metallhaltige und/oder metallische Bestandteile des Bauteils, insbesondere die metallischen Lagen eines Kondensators, werden genutzt, um das Bauteil in Schwingung zu versetzen.
- Das Bauteil wird mit einem Magnetfeld, bevorzugt unter Verwendung eines Magneten oder eines Elektromagneten, und mit einer elektromagnetischen Welle beaufschlagt, um eine mechanische Schwingung der metallische Bestandteile des Bauteils anzuregen.
- Es wird eine Anbindung der metallische Bestandteile des Bauteils an den Körper des Bauteils ausgenutzt, um die mechanische Schwingung der metallischen Bestandteile auf den Körper des Bauteils zu übertragen.
- Aufgrund der Anbindung wirkt sich die Schwingung des Körpers des Bauteils wiederum auf die metallischen Bestandteile aus.
- Die Bewegung der metallische Bestandteile innerhalb des genannten Magnetfelds erzeugt ein elektromagnetisches Signal als Antwort.
- Ein elektromagnetisch-akustischer Wandler wird verwendet, um die freie Schwingung des Bauteils anzuregen und die Antwort zu empfangen. Dabei kann auch ein erster Wandler zum Anregen der Schwingung und ein zweiter Wandler zum Empfangen der Antwort verwendet werden. Außerdem kann das Magnetfeld auch mit einem zusätzlichen Magneten erzeugt werden.

[0064] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung näher dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Vorrichtung zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht;
- Fig. 2 einen Kondensator mit mehreren metallischen Schichten, die in ein Trägermaterial eingebettet sind;
- Fig. 3 ein elektromagnetisches Antwortsignal eines funktionstüchtigen Kondensators;
- Fig. 4 ein elektromagnetisches Antwortsignal eines funktionstüchtigen Kondensators; und
- Fig. 5 ein Verfahren zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht, hier von Kondensatoren mit jeweils mehreren metallischen Schichten, die in ein Trägermaterial eingebettet sind;

[0065] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 10 zum Testen von elektronischen Bauteilen 30 mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht 32 (siehe Fig. 2), insbesondere von mehrlagigen Keramikkondensatoren.

[0066] Die Vorrichtung 10 hat einen elektromagnetisch-akustischen Wandler 12, der eine Impulserzeugungseinheit 14 aufweist, die dafür ausgebildet ist, mindestens einen elektromagnetischen Impuls IMP innerhalb eines zu testenden Bauteils 30 zu erzeugen, so dass innerhalb des Bauteils 30 Schwingungen der Schichten 32 erzeugt werden, die ein elektromagnetisches Signal RES als Antwort auf den elektromagnetischen Impuls IMP erzeugen. Die Vorrichtung 10 und das Bauteil 30 bilden ein System 11.

[0067] Zudem weist die Vorrichtung 10 eine Empfangseinheit 16 auf, die dafür ausgebildet ist, das elektromagnetische Signal RES zu empfangen. Wenngleich

die Impulserzeugungseinheit 14 und die Empfangseinheit 16 bei einer weiteren, nicht gezeigten, Ausführungsform getrennt von einander ausgeführt sind, ist bei diesem Ausführungsbeispiel die Situation gezeigt, bei der die Impulserzeugungseinheit 14 und Empfangseinheit 16 als eine Baugruppe realisiert sind. Eine solche Realisierung ist bei elektromagnetisch-akustischen Wandlern bekannt.

[0068] Des Weiteren weist die Vorrichtung 10 eine Auswerteeinheit 18 auf, die dafür ausgebildet ist, das elektromagnetische Signal RES zumindest bzgl. einer Amplitude oder Amplitudenänderung des Signals RES zu mindestens einem Zeitpunkt auszuwerten.

[0069] Schließlich weist die Vorrichtung 10 eine Bewertungseinheit 20 auf, die dafür ausgebildet ist, mindestens eine von der Auswerteeinheit 18 ermittelte Amplitude bzw. Amplitudenänderung des Signals RES mit mindestens einem Schwellwert TH zu vergleichen und in Abhängigkeit von dem Vergleich ein erstes Ausgangssignal SIG1 zu erzeugen, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil 30 als funktionsfähig anzusehen ist und/oder ein zweites Ausgangssignal SIG2 zu erzeugen, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil 30 als defekt anzusehen ist.

[0070] Wie bereits erläutert kann eines der Ausgangssignale SIG1, SIG2 auch einfach als Abwesenheit eines Signals ausgeführt werden. Wird festgelegt, dass bei einem funktionstüchtigen Bauteil 30 das Signal SIG1 gesendet wird, so kann das Fehlen des Signals SIG1 als zweites Ausgangssignal SIG2 interpretiert werden und dadurch auf ein defektes Bauteil geschlossen werden. Die Ausgangssignale SIG1, SIG2 müssen voneinander unterscheidbar sein, aber nicht eindeutig festgelegt sein.

[0071] Der elektromagnetisch-akustische Wandler 12 hat eine aktive Fläche 22 zum Abstrahlen des elektromagnetischen Impulses IMP und zum Empfangen des elektromagnetischen Signals RES. Ferner weist die Vorrichtung 10 eine Zuführeinrichtung 24 auf, die die zu testenden Bauteile 30 automatisiert zumindest in die Nähe der aktiven Fläche 22 führt, insbesondere in Kontakt mit der aktiven

Fläche 22 bringt. Die Zuführeinrichtung 24 ist konkret dafür ausgebildet, mehrere zu testende Bauteile 22, die auf einem Trägermaterial 26 angeordnet sind, nacheinander zumindest in die Nähe der aktiven Fläche 24 zu führen, insbesondere in Kontakt mit der aktiven Fläche 24 zu bringen.

[0072] Fig. 2 zeigt ein Bauteil 30, das hier als mehrlagiger Keramikkondensator ausgeführt ist. Die metallischen Schichten 32 des Keramikkondensators sind in ein Trägermaterial 34 eingebettet, hier ein Keramikkörper. Die Schichten 32 sind hier alternierend mit einer ersten Anschlussfläche (bonding area) 36 und einer zweiten Anschlussfläche 38 verbunden. Ferner ist Defekt 40 innerhalb des Bauteils 30 dargestellt, hier eine fehlende Anbindung mindestens einer Schicht 32 an das Trägermaterial 34. Schließlich ist auch die relevante Länge h dargestellt, wenn ein Schwingen des Bauteils 30 in etwa senkrecht zu den Oberflächen der Schichten 32 angenommen wird.

[0073] Es wird davon ausgegangen, wie bereits erläutert, dass die Schichten 32 durch den elektromagnetischen Impuls IMP mit einer Kraft beaufschlagt werden und die Kraft auch auf das Trägermaterial 34 wirkt. Nach Ende des Impulses IMP bewegt sich dann das Trägermaterial 34 einschließlich der Schichten 32 mit einer abklingenden Schwingung in den Ruhezustand zurück. Die Bewegung der Schichten 32 innerhalb des vom elektromagnetisch-akustischen Wandlers erzeugten Magnetfelds erzeugen das elektromagnetische Antwortsignal RES, das von der Empfangseinheit 16 empfangen wird.

[0074] Fig. 3 zeigt beispielhaft ein elektromagnetisches Antwortsignal RES bei einem funktionstüchtigen Bauteil 30, hier einem mehrlagigen Keramikkondensator. Entlang der Abszisse ist die Zeit abgetragen und entlang der Ordinate die jeweilige Signalstärke des elektromagnetischen Signals RES. Die Amplitude des elektromagnetischen Signals RES wird hier hinsichtlich ihres Maximums ausgewertet. Das Maximum der Amplitude bei diesem funktionstüchtigen Bauteil 30 wird mit AMP_{FKT} bezeichnet.

[0075] In der Figur ist außerdem der Schwellwert TH eingezeichnet, der für diesen Bauteiltyp des mehrlagigen Keramik Kondensator gewählt wurde. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Amplitude AMP_{FKT} den Schwellwert TH deutlich überschreitet. Das Bauteil 30 würde daher als funktionstüchtig angesehen.

[0076] Fig. 4 zeigt beispielhaft ein elektromagnetisches Antwortsignal RES bei einem defekten Bauteil 30, hier dem mehrlagigen Keramik Kondensator, der in der Fig. 2 dargestellt wurde. Entlang der Abszisse ist wieder die Zeit abgetragen und entlang der Ordinate die jeweilige Signalstärke des elektromagnetischen Signals RES. Die Amplitude des elektromagnetischen Signals RES wird wie zuvor hinsichtlich ihres Maximums ausgewertet. Das Maximum der Amplitude bei diesem defekten Bauteil 30 wird mit AMP_{DEF} bezeichnet.

[0077] Im Unterschied zur Fig. 3 ist nun zu erkennen, dass der Schwellwert TH deutlich unterschritten wird. Das Bauteil 30 würde daher als defekt angesehen.

[0078] Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht. Das Verfahren beginnt mit dem Schritt S1.

[0079] Im Schritt S2 wird ein bekanntermaßen funktionstüchtiges Bauteil 30 verwendet und eine Pilotamplitude AMP_{PILOT} beim Testen dieses Bauteils ermittelt. Aus dieser Pilotamplitude AMP_{PILOT} wird dann im Schritt S3 der Schwellwert TH ermittelt, beispielsweise als $TH = 0,5 * AMP_{\text{PILOT}}$. Danach wird im Schritt S4 das erste zu testende elektronische Bauteil 30 in die Testposition vor der Vorrichtung 10 gebracht.

[0080] Im Schritt S5 wird mindestens ein elektromagnetischer Impuls IMP von der Impulserzeugungseinheit 14 an das zu testende Bauteil 30 ausgesendet, so dass innerhalb des Bauteils 30 Schwingungen erzeugt werden, die ein elektromagnetisches Signal RES als Antwort auf den elektromagnetischen Impuls IMP erzeugen. Das

elektromagnetische Signal RES wird im Schritt S6 von der Empfangseinheit 16 empfangen.

[0081] Das elektromagnetische Signal RES wird im Schritt S7 zumindest bzgl. einer Amplitude oder einer Amplitudenänderung des Signals RES zu mindestens einem Zeitpunkt ausgewertet. Die Auswertung geschieht dabei bevorzugt zumindest in der Nähe einer Resonanzfrequenz des Bauteils 30. Für den Fall des genannten Keramikkondensators ist die Resonanzfrequenz insbesondere die Resonanzfrequenz, bei der die Schichten 32 zusammen mit dem Trägermaterial in etwa senkrecht zu einer Oberfläche der Schichten 32 schwingen.

[0082] Im Schritt S8 wird die ermittelte Amplitude AMP des elektromagnetischen Signals mit mindestens einem Schwellwert TH verglichen. Wird der Schwellwert überschritten verzweigt das Verfahren über den Zweig J zum Schritt S9, wo ein erstes Ausgangssignal erzeugt wird, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil 30 als funktionstüchtig anzusehen ist. Ansonsten verzweigt das Verfahren über den Zweig N zum Schritt S10, wo ein zweites Ausgangssignal erzeugt wird, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil 30 als defekt anzusehen ist.

[0083] Im Schritt S11 wird geprüft, ob das letzte Bauteil getestet wurde. Ist dies nicht der Fall, verzweigt das Verfahren über den Zweig N zum Schritt S12, wo das nächste zu testende elektronische Bauteil 30 in die Testposition vor der Vorrichtung 10 gebracht wird. Ansonsten endet das Verfahren über den Zweig J mit dem Schritt S13.

[0084] Insgesamt wurden eine Vorrichtung, ein Verfahren und eine Verwendung zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht, insbesondere von mehrlagigen Keramikkondensatoren offenbart, die eine deutlich erhöhte Testgeschwindigkeit von bis zu mehreren Bauteilen pro Sekunde ermöglichen können.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum Testen von elektronischen Bauteilen (30) mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht (32), insbesondere von mehrlagigen Keramikkondensatoren, die Vorrichtung (10) mit einem elektromagnetisch-akustischen Wandler (12), der eine Impulserzeugungseinheit (14) aufweist, die dafür ausgebildet ist, mindestens einen elektromagnetischen Impuls (IMP) innerhalb eines zu testenden Bauteils (30) zu erzeugen, so dass innerhalb des Bauteils (30) Schwingungen erzeugt werden, die ein elektromagnetisches Signal (RES) als Antwort auf den elektromagnetischen Impuls (IMP) erzeugen, eine Empfangseinheit (16) aufweist, die dafür ausgebildet ist, das elektromagnetische Signal (RES) zu empfangen, und eine Auswerteeinheit (18) aufweist, die dafür ausgebildet ist, das elektromagnetische Signal (RES) zumindest bzgl. einer Amplitude oder Amplitudenänderung des Signals (RES) zu mindestens einem Zeitpunkt auszuwerten, wobei die Vorrichtung (10) ferner eine Bewertungseinheit (20) aufweist, die dafür ausgebildet ist, mindestens eine von der Auswerteeinheit (18) ermittelte Amplitude bzw. Amplitudenänderung des Signals (RES) mit mindestens einem Schwellwert (TH) zu vergleichen und in Abhängigkeit von dem Vergleich ein erstes Ausgangssignal (SIG1) zu erzeugen, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil (30) als funktionstüchtig anzusehen ist oder ein zweites Ausgangssignal (SIG2) zu erzeugen, das anzeigt, dass das zu testende Bauteil (30) als defekt anzusehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bewertungseinheit (20) dafür ausgebildet ist, mindestens eine erste numerische Eingabe entgegenzunehmen und den Schwellwert (TH) auf Basis der Eingabe zu bestimmen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bewertungseinheit (20) dafür ausgebildet ist, in einer ersten Betriebsart aus einer von der Auswerteeinheit (18) ermittelten Pilotamplitude (AMP_{PILLOT}) den Schwellwert (TH) zu ermitteln.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Bewertungseinheit (20) dafür ausgebildet ist, den Schwellwert (TH) als $TH = AMP_{PILOT} * F$ zu berechnen, wobei F ein Faktor zwischen 0,01 und 0,9, bevorzugt zwischen 0,05 und 0,75, besonders bevorzugt zwischen 0,1 und 0,6 und insbesondere zwischen 0,15 und 0,5 ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bewertungseinheit (20) dafür ausgebildet ist, in einer ersten Betriebsart aus einer ersten Pilotamplitude, die von der Auswerteeinheit (18) beim Testen eines bekanntermaßen funktionstüchtigen Bauteils (30) ermittelt wurde, und aus einer zweiten Pilotamplitude, die von der Auswerteeinheit (18) beim Testen eines bekanntermaßen defekten Bauteils (30) ermittelt wurde, den Schwellwert (TH) zu ermitteln.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit (18) dafür ausgebildet ist, die Amplitude zumindest in der Nähe einer Resonanzfrequenz des Bauteils (30) auszuwerten.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit (18) dafür ausgebildet ist, eine zweite numerische Eingabe entgegenzunehmen, die mindestens einen der Werte aus der Gruppe der Variablen n, c und h festlegt, und die Resonanzfrequenz als $f_n = nc/2h$ oder $f_n = nc/4h$ zu berechnen, wobei n eine natürliche Zahl, c die Schallgeschwindigkeit innerhalb des Bauteils (30) und h die Länge des Bauteils (30) ist, entlang derer die Schwingung im Bauteil (30) stattfindet.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinheit (18) dafür ausgebildet ist, in einer dritten Betriebsart die Amplituden in einem Frequenzintervall um einen Frequenzstartwert auszuwerten und eine Frequenz mit maximaler Amplitude als Resonanzfrequenz des Bauteils (30) zu bestimmen.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der elektromagnetisch-akustische Wandler (12) eine aktive Fläche (22) zum Abstrahlen des elektromagnetischen Impulses (IMP) und/oder zum Empfangen des elektromagnetischen Signals (RES) aufweist und wobei die Vorrichtung (10) ferner eine Zuführeinrichtung (24) aufweist, die das zu testende Bauteil (30) automatisiert zumindest in die Nähe der aktiven Fläche (22) führt, insbesondere in Kontakt mit der aktiven Fläche (22) bringt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Zuführeinrichtung (24) dafür ausgebildet ist, mehrere zu testende Bauteile (30), die auf einem Trägermaterial (26) angeordnet sind, nacheinander zumindest in die Nähe der aktiven Fläche (22) zu führen, insbesondere in Kontakt mit der aktiven Fläche (22) zu bringen.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Impuls (IMP) eine Dauer von weniger als 10 μs , bevorzugt von weniger als 2 μs , besonders bevorzugt von weniger als 1 μs und insbesondere von weniger als 500 ns hat.
12. System (11) mit einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche und mindestens einem zu testenden elektronischen Bauteil (30), wobei das Bauteil (30) insbesondere ein mehrlagiger Kondensator ist..
13. Verfahren zum Testen von elektronischen Bauteilen (30) mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht (32), insbesondere von mehrlagigen Keramik Kondensatoren, das Verfahren mit den folgenden Schritten:
 - Aussenden (S5) mindestens eines elektromagnetischen Impulses (IMP) an ein zu testendes elektronisches Bauteil (30), so dass innerhalb des Bauteils (30) Schwingungen erzeugt werden, die ein elektromagnetisches Signal (RES) als Antwort auf den elektromagnetischen Impuls (IMP) erzeugen,

- Empfangen (S6) des elektromagnetischen Signals (RES),
 - Auswerten (S7) des elektromagnetischen Signals (RES) zumindest bzgl. einer Amplitude oder einer Amplitudenänderung des Signals (RES) zu mindestens einem Zeitpunkt,
 - Vergleichen (S8) der ermittelten Amplitude des elektromagnetischen Signals (RES) mit mindestens einem Schwellwert (TH), und
 - Erzeugen (S9) eines ersten Ausgangssignals (SIG1), das anzeigt, dass das zu testende Bauteil (30) als funktionstüchtig anzusehen ist, oder Erzeugen (S10) eines zweiten Ausgangssignals (SIG2), das anzeigt, dass das zu testende Bauteil (30) als defekt anzusehen ist.
14. Verfahren nach Anspruch 13, ferner mit den Schritten
- Ermitteln (S2) einer Pilotamplitude (AMP_{PILOT}) beim Testen eines bekanntermaßen funktionstüchtigen oder eines bekanntermaßen defekten Bauteils (30), und
 - Bestimmen (S3) des Schwellwerts (TH) basierend auf der ermittelten Pilotamplitude (AMP_{PILOT}).
15. Verwendung eines elektromagnetisch-akustischen Wandlers (12) zum Testen von elektronischen Bauteilen (30) mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht (32), insbesondere von mehrlagigen Keramikkondensatoren.

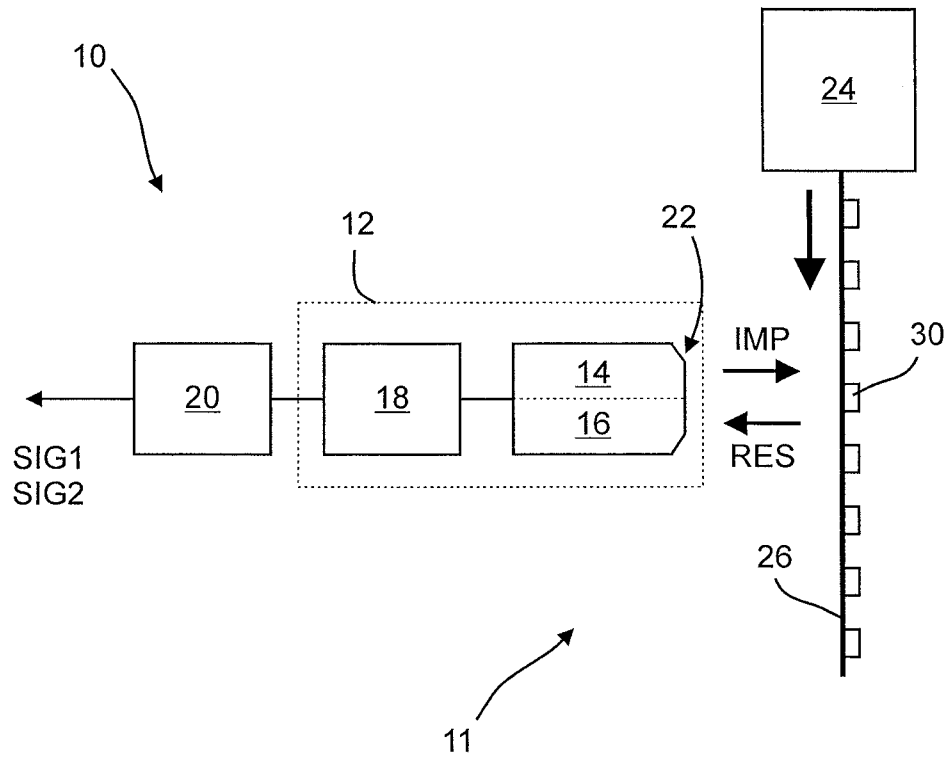


Fig.1

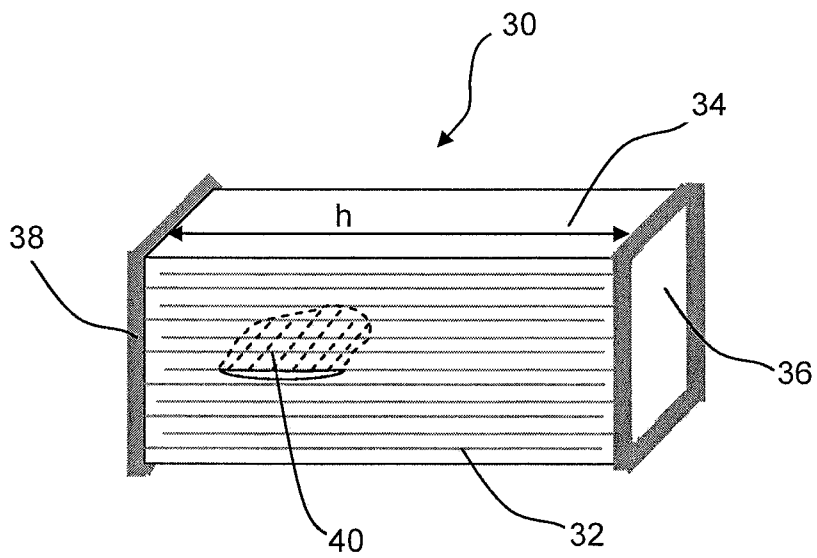


Fig.2

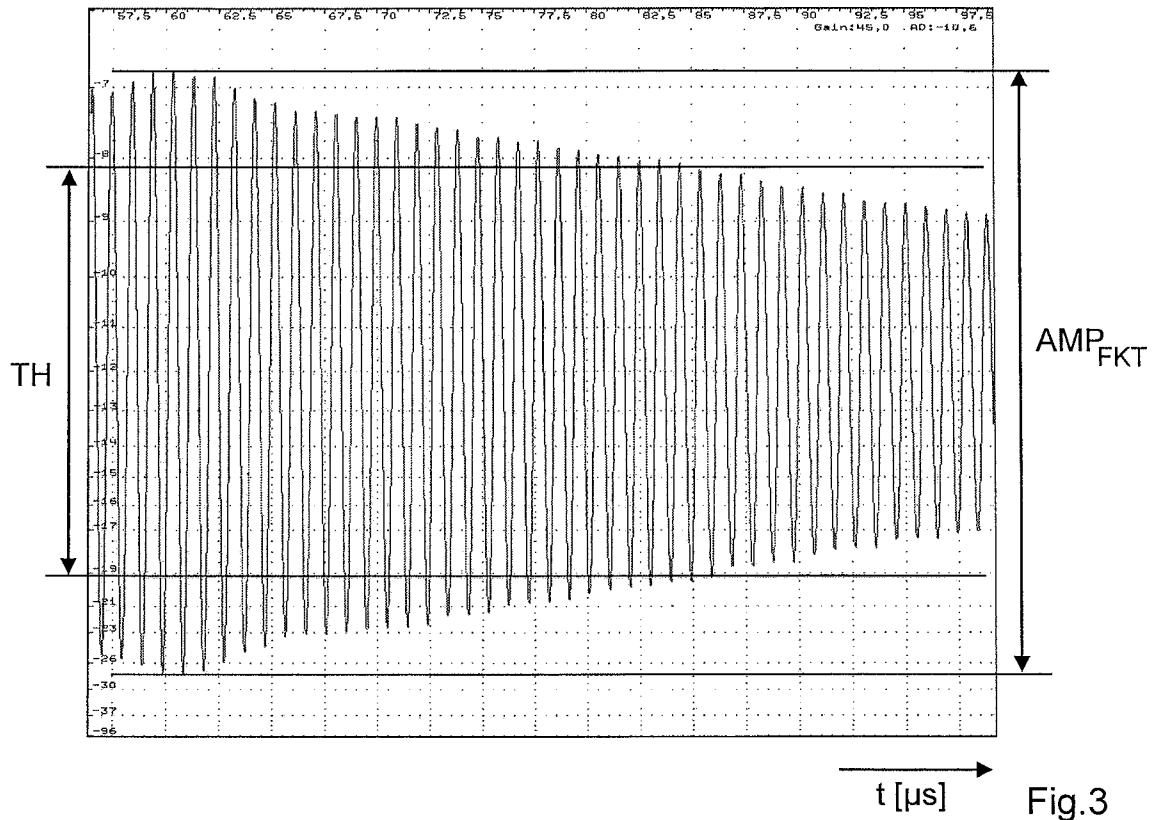


Fig.3

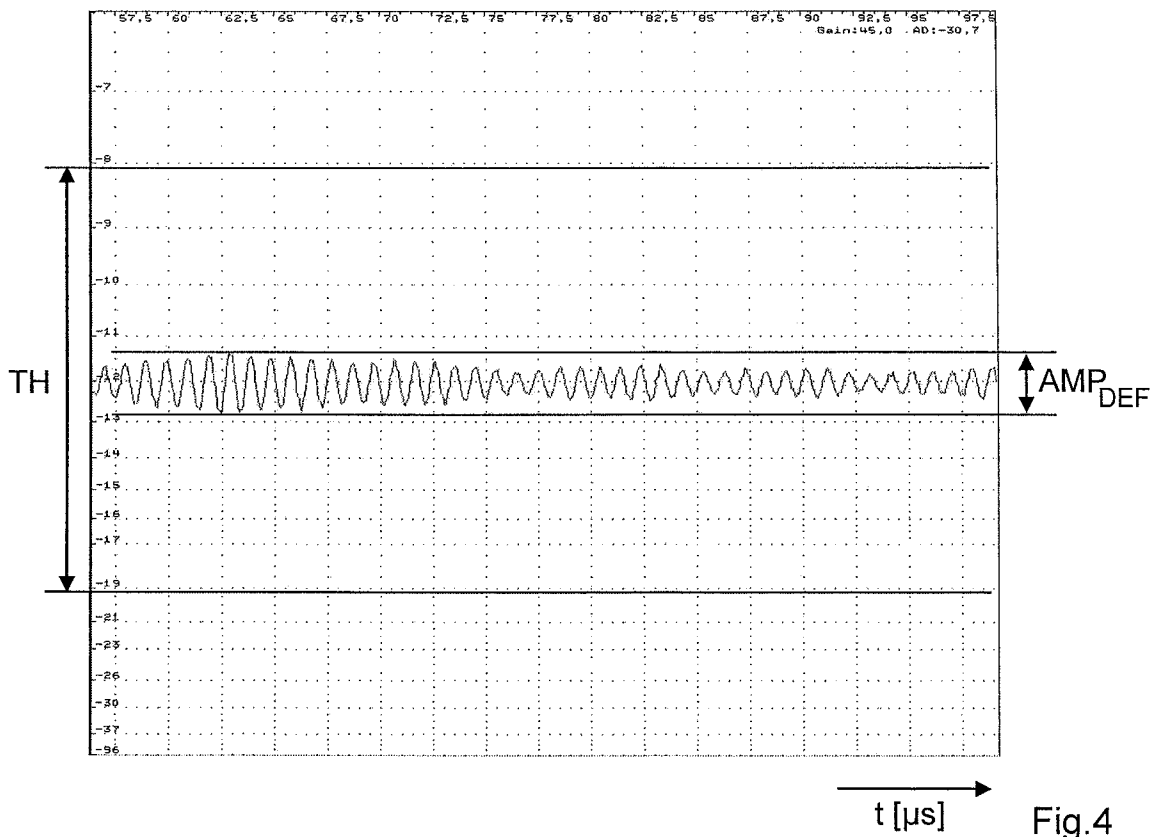


Fig.4

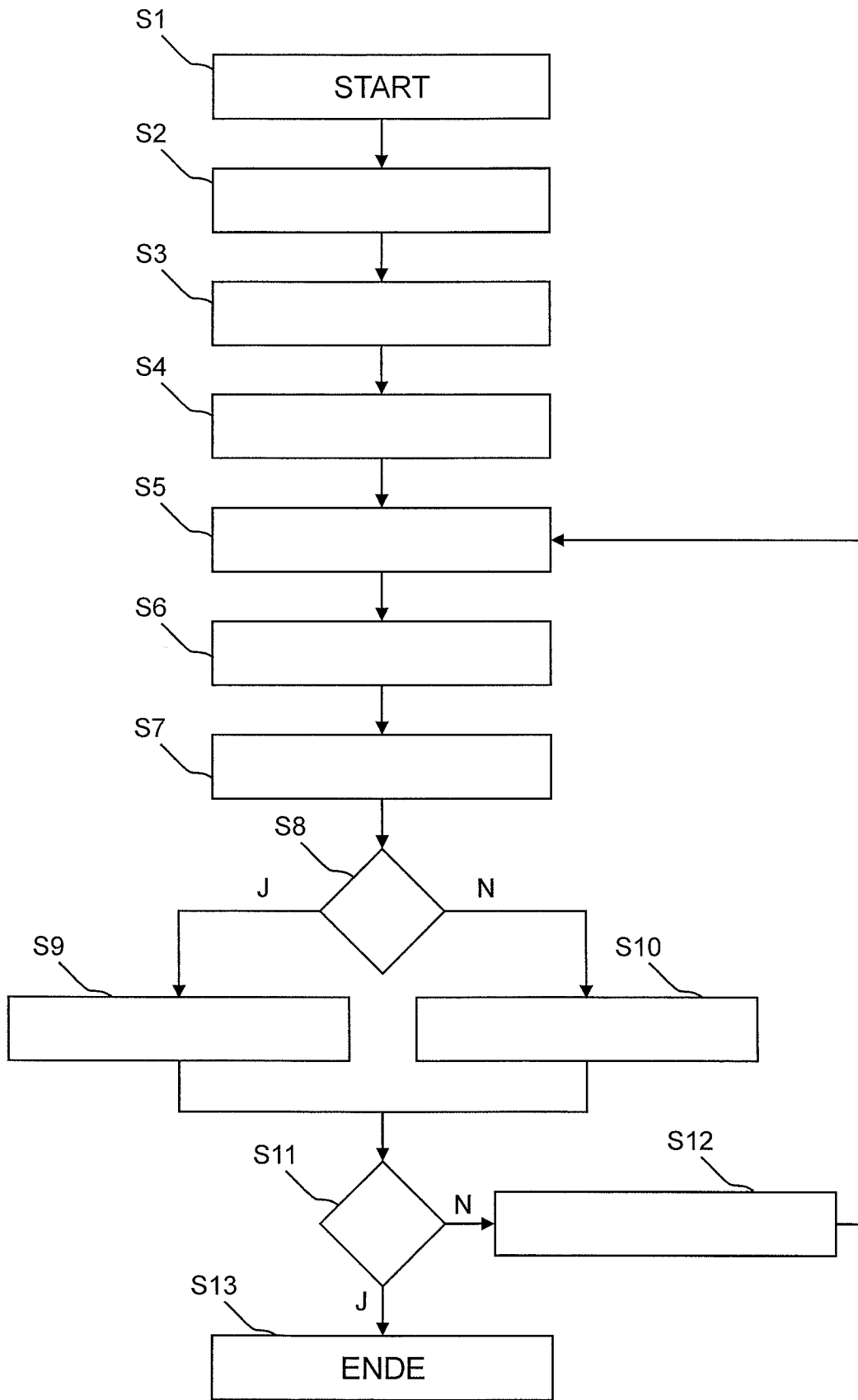


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/051596

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N29/04 G01N29/24 G01N29/48 G01R31/01
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N G01R
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 169 397 A2 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 31 March 2010 (2010-03-31) abstract paragraphs [0008], [0020] - [0023] -----	1-15
X	US 2003/167137 A1 (OHTANI TOSHIHIRO [JP]) 4 September 2003 (2003-09-04) paragraphs [0026] - [0034], [0036], [0037], [0052] -----	1-15
X	US 4 008 602 A (LOVE GORDON R) 22 February 1977 (1977-02-22) abstract column 1, lines 4-21 column 3, line 5 - column 5, line 22 ----- -/--	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 16 April 2012	Date of mailing of the international search report 02/05/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Filipas, Alin

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/051596

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 344 326 A (KAHN SHERWIN R) 17 August 1982 (1982-08-17) abstract column 5, lines 10-25 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/051596

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 2169397	A2	31-03-2010	DE 102009006905 A1 EP 2169397 A2	15-04-2010 31-03-2010

US 2003167137	A1	04-09-2003	EP 1343005 A2 JP 3709169 B2 JP 2003254943 A US 2003167137 A1	10-09-2003 19-10-2005 10-09-2003 04-09-2003

US 4008602	A	22-02-1977	CA 1029463 A1 US 4008602 A	11-04-1978 22-02-1977

US 4344326	A	17-08-1982	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2012/051596

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01N29/04 G01N29/24 G01N29/48 G01R31/01
ADD.
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01N G01R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 169 397 A2 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 31. März 2010 (2010-03-31) Zusammenfassung Absätze [0008], [0020] - [0023] -----	1-15
X	US 2003/167137 A1 (OHTANI TOSHIHIRO [JP]) 4. September 2003 (2003-09-04) Absätze [0026] - [0034], [0036], [0037], [0052] -----	1-15
X	US 4 008 602 A (LOVE GORDON R) 22. Februar 1977 (1977-02-22) Zusammenfassung Spalte 1, Zeilen 4-21 Spalte 3, Zeile 5 - Spalte 5, Zeile 22 ----- -/--	1-15

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
16. April 2012	02/05/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Filipas, Alin
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 344 326 A (KAHN SHERWIN R) 17. August 1982 (1982-08-17) Zusammenfassung Spalte 5, Zeilen 10-25 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/051596

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2169397 A2	31-03-2010	DE 102009006905 A1 EP 2169397 A2	15-04-2010 31-03-2010

US 2003167137 A1	04-09-2003	EP 1343005 A2 JP 3709169 B2 JP 2003254943 A US 2003167137 A1	10-09-2003 19-10-2005 10-09-2003 04-09-2003

US 4008602 A	22-02-1977	CA 1029463 A1 US 4008602 A	11-04-1978 22-02-1977

US 4344326 A	17-08-1982	KEINE	
