

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. August 2005 (11.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/073329 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C09J 5/06**, H05B 6/80 (74) **Anwalt: KANN, Wolfgang**; Henkel KGaA, VTP Patente, Henkelstrasse 67, 40589 Düsseldorf (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/010424 (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (22) Internationales Anmeldedatum: 17. September 2004 (17.09.2004)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2004 004 764.2 29. Januar 2004 (29.01.2004) DE (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SUSTECH GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Petersenstrasse 20, 64287 Darmstadt (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **CURA, Elisabeth** [FR/DE]; Heinrichstr. 125, 64283 Darmstadt (DE). **HEMPELMANN, Rolf** [DE/DE]; St. Herblainer Str. 11, 66386 St. Ingbert (DE). **SCHWEITZER, Heidi** [DE/DE]; Karlstr. 67, 64367 Mühlthal (DE). **SAUER, Hans-Martin** [DE/DE]; Heidelberger Landstr. 350, 64297 Darmstadt (DE). **SPIEKERMANN, Stefan** [DE/DE]; Wittmannstr. 34, 64285 Darmstadt (DE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** INTERFERENCE-FREE MICROWAVE RADIATION FOR HARDENING ADHESIVE SEAMS

(54) **Bezeichnung:** INTERFERENZFREIE MIKROWELLEN-BESTRAHLUNG ZUR HÄRTUNG VON KLEBENÄHTEN

(57) **Abstract:** Disclosed is a method for producing a component comprising two adjacent individual parts or molded parts that are to be joined using a thermally hardening adhesive which is placed between the parts and to which a magnetic filler is added. According to the inventive method, at least one portion of the component, especially the adhesive seam located between the two parts, is exposed to polarized electromagnetic radiation, particularly in the wavelength range of microwaves, in order to impinge the adhesive with heat, said radiation being circularly polarized.

(57) **Zusammenfassung:** Verfahren zur Fertigung eines Bauteiles, aufweisend zwei zu verbindende aneinanderliegende Einzel- oder Formteile mit einem sich zwischen den Teilen befindlichen und durch Wärme aushärtbaren Klebstoff, wobei dem Klebstoff ein magnetischer Füllstoff beigegeben ist, wobei zumindest ein Teil des Bauteils, insbesondere die zwischen den Teilen befindliche Klebnaht, zur Wärmebeaufschlagung des Klebstoffs einer polarisierten elektromagnetischen Strahlung, insbesondere im Wellenlängenbereich von Mikrowelle n, ausgesetzt wird und wobei die Strahlung zirkular polarisiert ist.

WO 2005/073329 A1

Interferenzfreie Mikrowellen-Bestrahlung zur Härtung von Klebenähten

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fertigung eines Bauteiles, aufweisend zwei zu verbindende Einzel- oder Formteile mit einem sich zwischen den Teilen befindlichen und durch Wärme aushärtbaren Klebstoff, wobei dem Klebstoff eine magnetische Komponente beigegeben ist, wobei zumindest ein Teil des Bauteils, insbesondere die zwischen den Teilen befindliche Klebnaht, zur Wärmebeaufschlagung des Klebstoffs einer polarisierten elektromagnetischen Strahlung, insbesondere im Wellenlängenbereich von Mikrowellen, ausgesetzt wird. Die Erfindung betrifft gleichfalls eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Derartige Verfahren zur strahlenunterstützten Aushärtung von Klebstoffen sind bekannt. Insbesondere sind z.B. aus der DE 10 037 883 A1 Verfahren bekannt, bei denen insbesondere mit Nanopartikeln gefüllte Substrate, wie Klebstoff, dadurch erwärmt und damit ausgehärtet werden, dass sie mit Mikrowellen (MW) bestrahlt werden, deren Energie von den Nanopartikeln absorbiert wird. So erhalten mit einem nanoskaligen Ferrit gefüllte Klebstoffe eine gesteigerte Fähigkeit, Mikrowellen zu absorbieren, insbesondere, wenn diese zusätzlich zu der MW-Bestrahlung einem statischen Magnetfeld ausgesetzt werden, das eine Vormagnetisierung der Ferrite bewirkt. Die dadurch ausgerichteten Nanopartikel nehmen ausreichend Energie aus dem Mikrowellenfeld auf, um den Klebstoff zu erhitzen und damit auszuhärten.

Dazu werden bei der Verklebung von Formteilen Mikrowellen entlang einer linearen Klebnaht in einen Mikrowellenleiter, insbesondere einen Hohlleiter oder einen Koaxialleiter, eingespeist, der die Strahlungsenergie an der Klebnaht entlangführt. Der am Ende des Wellenleiters nicht von der Klebnaht absorbierte Anteil der Strahlungsenergie wird zur Energiequelle zurückreflektiert, wobei auf dem Rückweg ein Teil der verbliebenen Strahlung wiederum in Wärme umgesetzt wird. Durch diese Reflexion kommt es jedoch durch die Ausbildung von Interferenzen zu einer unerwünschten Nebenwirkung. Dabei überlagern sich die hin- und rücklaufenden Wellen und bilden eine stehende Welle aus, die sich durch ortsfeste Intensitätsminima und -maxima auszeichnet. Wegen der mit den Minima

und Maxima einhergehenden lokalen Schwankungen der Intensität wird die Klebstoffnaht entsprechend unterschiedlich erwärmt.

Dabei wird der Klebstoff in den Intensitätsmaxima stärker erwärmt als in den Intensitätsminima. So kommt es zu einer ungleichmäßigen Aushärtung des Klebstoffs innerhalb der Klebnaht. Besonders kritisch ist es, wenn die Intensität in den Minima nahezu vollständig ausgelöscht ist. Dann kann der Fall eintreten, dass der Klebstoff überhaupt nicht aushärtet, während er in Folge der erhöhten Strahlungsintensität an den Stellen der Interferenzmaxima überhitzt wird und sich zersetzt. Infolge dieses Effektes ist die Klebnaht an viele Stellen geschwächt, wobei der Abstand von Intensitätsmaxima und -minima bei einer Arbeitsfrequenz von 2,45 GHz je nach Wellenleiter 3 bis 5 cm ist. Insbesondere bei der Verklebung von Kunststoffen ist es jedoch im Gegensatz zur Verklebung von Metallteilen wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit des Kunststoffs ausgeschlossen, dass sich die Maxima und die Minima der Temperaturverteilung durch Wärmeleitung innerhalb des Bauteils ausgleichen.

Derartige Probleme treten insbesondere dann auf, wenn der Wellenleiter nicht geradlinig, sondern, wie es bei der Verklebung von KFZ-Formteilen normal ist, einer komplizierten Klebnaht mit vielen Bögen, Ecken und Verzweigungen folgt. Dann entstehen die störenden Interferenzen nicht nur durch Wellenreflexion am Ende des Wellenleiters, sondern auch durch Reflexion in den Bögen und Ecken. In diesen Fällen können die entstehenden Interferenzmuster äußerst kompliziert sein und sich schon bei geringfügigen Verformungen des Resonators, etwa beim Anpressen der Formteile in der Klebepresse, stark verändern. Diesem Problem kann auch kaum durch ausgleichende Maßnahmen, wie durch zusätzliche MW-Korrekturlemente, begegnet werden, da nicht nur die Bögen und die Ecken im Wellenleiter, sondern auch die Unregelmäßigkeiten in den Formteilen und in der Klebnaht ähnliche Folgen haben.

Die durch Interferenzen verursachte ungleichmäßige Erwärmung kann zwar teilweise durch die Verwendung von MW-Absorbern, insbesondere durch spezielle Ferrite mit definierter Curie-Temperatur, vermieden werden, so dass Überhitzung in den Intensitätsmaxima weitgehend ausgeschlossen ist; eine

Unterversorgung der Klebnaht mit MW-Energie in einem ausgeprägten Interferenzminimum wird dadurch jedoch nicht vermieden. Es ist zwar möglich, durch stärkere Bestrahlung und längere Bestrahlungszeiten die Erwärmung zu verbessern. Durch längere Bestrahlungszeiten geht jedoch der Hauptvorteil der MW-Verklebung, nämlich die sehr rasche und schonende Klebstoffaushärtung, verloren.

Eine andere Möglichkeit, die Folgen der MW-Interferenz für die Klebefestigkeit zu vermeiden, besteht darin, das Interferenzmuster zu variieren. Dazu werden am Ende der MW-Leitung bewegliche Reflektoren einbaut. Diese bewirken, dass sich das Interferenzmuster in gewissen Zeitabständen periodisch hin- und herbewegt, und zumindest bei einer idealen, vollkommen geradlinigen Klebnaht im Verlauf des Bestrahlungszeitraums jede Stelle ausreichend mit Energie versorgt wird. Dieses Verfahren ist allerdings verhältnismäßig aufwendig und funktioniert nicht bei kompliziert geformten Klebnahten mit Bögen und Knicken, da die Reflexion wie erwähnt nicht allein vom Ende der MW-Leitung, sondern auch von den zufälligen Unregelmäßigkeiten in der Klebnaht-Dicke, herrührt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nunmehr, ein Klebeverfahren, insbesondere eine durch MW-Bestrahlung unterstützte Klebung, speziell im Hinblick auf große Bauteile, wie Karosserieteile, derart zu verbessern, dass bei einfacher Umsetzung des Verfahrens eine möglichst homogene Aushärtung der Klebnahte und damit eine zuverlässige Klebung der Teile gewährleistet ist. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, eine einfache und kostengünstige Vorrichtung zur Unterstützung der Aushärtung der Klebnahte zu schaffen, mit der sich bei große Bauteile bearbeiten lassen und die zu einer homogenen Aushärtung der Klebnahte und damit zu stabilen Klebnahten führt.

Diese Aufgaben werden durch das Verfahren nach Anspruch 1 und durch die Vorrichtung nach Anspruch 19 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen genannt.

Der wesentliche Grundgedanke der Erfindung liegt darin, die Strahlung nicht wie bislang linear sondern stattdessen zirkular zu polarisieren. Diese Vorgehensweise

macht sich zunächst den Effekt zu Nutze, dass sich die Richtung der Polarisation bei der Reflexion umkehrt. Dabei wird im Falle der hier beschriebenen Beispiele, die sich vorteilhafterweise eines mit nanoskaligem Ferrit versehenen Klebstoffs bedienen, das magnetische Feld der Strahlung zirkular polarisiert, da dieses vom Klebstoff absorbiert wird und somit zur Aushärtung führt. Wird also eine Klebnaht aus einer Richtung von einer zirkular polarisierten Welle beaufschlagt, dann dreht deren Polarisation anders herum, als die Polarisation der spiegelbildlich zurückreflektierten Welle. Entsprechend der Erfindung wird der Klebstoff mit der darin enthaltenen magnetischen Komponente auf die Richtung der Polarisation sensibilisiert, so dass er nur aus Wellen der einer Polarisationsrichtung Energie absorbieren kann. In diesem Fall kann keine Interferenz innerhalb des Klebstoffs auftreten, so dass es auch nicht zur Ausbildung von Maxima und Minima mit der störenden unterschiedlichen Aushärtung kommt. Die erfindungsgemäße Art der Bestrahlung führt so zu einer über die Klebnaht homogenen Energiezuführung.

Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Vorgehens liegt somit in der Homogenisierung der Wärmebeaufschlagung und damit der Aushärtung. Dieser Vorteil kommt insbesondere bei den Bauteilen zum tragen, die im Verhältnis zur Wellenlänge der eingesetzten Strahlung relativ groß sind. Im Falle der Bestrahlung mit Mikrowellen ist dieses Verfahren gerade für große Bauteile mit Ausmaßen von mehr als 10 cm, wie Karosserieteile, Tragflächen o.ä., besonders zu bevorzugen.

Wie schon erwähnt, lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders einfach und damit vorteilhaft einsetzen, wenn dem Klebstoff magnetisierbare Nanopartikel, insbesondere nanoskalige Ferrite (Nanoferrite) als magnetische Komponente beigegeben sind. Solche Ferritzusätze sind hinlänglich bekannt und z.B. in der DE 10 037 883 A1 beschrieben. Dabei haben die Nanoteilchen eine Teilchengröße zwischen 2 nm und 100 nm, wobei eine Teilchengröße von etwa 5 nm zu bevorzugen ist. Die bislang bekannten Nanoferrite können auch für die erfindungsgemäße Beaufschlagung mit zirkular polarisierter Strahlung in vollem Umfang eingesetzt werden. Die durch den Curie-Effekt der Ferrite bedingte Temperaturbegrenzung ist uneingeschränkt wirksam. Gegenüber den Verfahren, die bewegliche Wellenreflektoren nutzen, liegt der Vorteil der Verwendung von

Nanoferriten darin, dass keine mechanisch bewegten Elemente im Wellenleiter erforderlich sind. Zudem funktioniert das Verfahren auch bei kompliziert geformten Wellenleitern, bei denen Wellen nicht nur an Wänden des Wellenleiters, sondern auch an Hindernissen und Inhomogenitäten entlang der Klebnaht reflektiert werden.

Im Hinblick auf den Einsatz eines mit solchen Nanoteilchen versehenen Klebers ist es nicht nur besonders vorteilhaft, sondern nahezu unabdingbar, dass das Bauteil respektive die Klebnaht während der Bestrahlung zusätzlich einem statischen Magnetfeld ausgesetzt wird, das eine Vormagnetisierung der Nanopartikel verursacht. Dieses Feld einer Stärke bis zu 10 T kann entweder von Permanentmagneten oder von erregten Spulen erzeugt werden, wobei der Einsatz von Elektromagneten zur Erzeugung des Gleichstrom-Magnetfeldes mit einem hohen Energiebedarf einhergeht. Die verwendeten Nanopartikel haben eine Sättigungsmagnetisierung zwischen 20 mT und 2,5 T, insbesondere zwischen 100 mT und 500 mT. Durch das statische Magnetfeld sind die Nanopartikel im Hinblick auf die Absorption der polarisierten Mikrowellen insofern sensibilisiert, als sich die Nanoferrite, die gewissermaßen kleine Kreisel ausbilden, mit ihrem Magnetfeld in eine bestimmte Richtung ausrichten.

Um eine möglichst effektive Beaufschlagung der Klebnaht mit der zirkular polarisierten Komponente des Magnetfeldes zu erhalten ist es besonders vorteilhaft, wenn der Wellenleiter respektive der Resonator eine im Hinblick an die zu verwendende Wellenlänge und den Verlauf der Klebnaht angepasste Geometrie aufweist. So ist es von größtem Vorteil, den Resonator individuell an das zu klebende Bauteil, respektive an die zu beaufschlagende Klebnaht anzupassen. Dabei ist es vorteilhaft, den Wellenleiter so zu konzipieren, dass die Mikrowellenstrahlung im Bereich Klebnaht eine möglichst reine zirkulare Polarisation aufweist. Zudem ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Polarisationssebene, also die Ebene, in der der magnetische Feldvektor der MW-Strahlung rotiert, senkrecht auf der Querschnitts-Ebene des Wellenleiters steht. Auch ist vorteilhafterweise die Richtung des statischen Magnetfeldes innerhalb der Klebnaht senkrecht zur Polarisationssebene orientiert.

Letztendlich beruht die Funktionsweise einer vorteilhaften Ausgestaltungsform des Verfahrens auf zwei Besonderheiten betreffend magnetische Nanopartikel und Mikrowellen: So haben Nanopartikel in einem statischen Magnetfeld, das so bemessen ist, dass die Nanopartikel in den Zustand ferromagnetischer Resonanz (FMR) geraten, einen stark ausgeprägten elektromagnetischen Dichroismus. D.h., sie absorbieren ausschließlich die polarisierten Wellen, deren Polarisationsvektor sich in Richtung der Feldlinien des Gleichstrom-Magnetfeldes betrachtet im Uhrzeigersinn (rechtszirkular) dreht. Dahingegen werden linkszirkular polarisierte Wellen nicht absorbiert und durchdringen einen mit Nanoferriten gefüllten Klebstoff ohne Abschwächung und damit ohne zu dessen Erwärmung beizutragen. Zudem werden, wie dargelegt, zirkular polarisierte Wellen, die durch einen Wellenleiter laufen, an dessen Ende oder an einem Hindernis zurückreflektiert und kehren gemäß den Gesetzen des optischen Spiegels ihren Polarisationsinn um, sofern die Polarisationssebene senkrecht auf der Spiegelebene steht. Damit werden hinlaufende Wellen mit rechtszirkularer Polarisation durch die Reflexion zu linkszirkularen zurücklaufenden Wellen und umgekehrt.

Dadurch, dass in der Klebenaht vorhandenen Nanoferrite nur Wellen mit einer der beiden möglichen Polarisationsrichtungen, nicht aber die spiegelbildlich zurückreflektierte Welle absorbieren, tritt keine Interferenzerscheinung auf. Je nach Polung des angelegten Gleichstrom-Magnetfeldes werden entweder nur die hinlaufenden oder nur die rücklaufenden Wellen absorbiert. Auf keinen Fall entstehen jedoch durch Interferenz Maxima und Minima im Temperaturverlauf entlang der Klebenaht. Die MW-Absorption entlang der Klebenaht ist nunmehr gleichmäßig.

Wie schon dargelegt wurde, ist für die beschriebene Energieübertragung auf die Nanoferrite die magnetische Komponente des Mikrowellenfeldes verantwortlich. Hingegen führt die elektrische Komponente des Feldes zu einer dielektrischen Erwärmung, die nicht von den Nanoferriten, sondern von den polaren Bestandteilen des Klebstoffs und der Fügebauteile hervorgerufen wird. Im Falle zirkular polarisierter Wellen ist es im Gegensatz zu linearer Polarisation nicht

möglich, im Resonator einen Ort zu finden, wo die magnetische Komponente maximal und die elektrische Komponente des Feldes nahezu Null ist, an dem die Klebnaht vorteilhafterweise angeordnet wird. Damit ist es besonders vorteilhaft, andere Vorkehrungen zu treffen, damit die dielektrische Erwärmung nicht die durch die Nanoferrite bedingte intrinsische Temperaturbegrenzung unterlaufen kann. Insbesondere kann durch Verwendung geeigneter Füge teil-Materialien und/oder geeigneter Klebstoffe sichergestellt werden, dass keine übermäßige dielektrische MW-Absorption in den Füge teilen auftritt. So sind zahlreiche einfache oder auch glasfaserverstärkte Kunststoffe, zudem Glas und Keramik in Kombination mit Polyurethan- aber auch Epoxid-Klebstoffe sowie „Hotmelts“, relativ unempfindlich gegenüber der dielektrischen Erwärmung. Die einseitige, punktweise Verklebung von Metallteilen unter Verwendung zirkularer Wellen ist zwar grundsätzlich durchführbar, jedoch wenig relevant, da bei Punktverklebungen kein Interferenzproblem besteht.

Wegen der hohen Qualität der erfindungsgemäß bestrahlten Klebnaht, stehen die geklebten Bauteile unmittelbar nach der Klebung für die weitere Bearbeitung zur Verfügung, ohne dass lange auf eine vollständige Durchhärtung der Klebnaht gewartet werden müsste. Dadurch kommt es im Rahmen der Fertigung der zu klebenden Bauteile zu einer starken Verkürzung der Taktzeiten und zu einer Reduzierung des Ausschusses.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der Figuren 1 und 2 näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 einen Rechteck-Wellenleiter mit einer TE-(1,0)-Welle und

Figur 2 einen MW-Wellenleiters zur Nahtverklebung.

Es ist bekannt, dass sich zirkular polarisierte Wellen in vormagnetisiertem ferromagnetischem Material unterschiedlich ausbreiten, bzw. eine unterschiedliche Absorption erfahren. Im Falle eines Rechteck-Wellenleiters, in dem sich eine Welle vom Polarisationsstyp TE-(1,0) ausbreitet, ist davon

auszugehen, dass für die Ausbreitung der rechtszirkularen und linkszirkularen Wellenanteile folgende Dispersionsrelationen gelten:

$$k_{\pm}^2 + \frac{\pi^2}{b^2} = \frac{1}{c^2} \epsilon_r \omega^2 \left(1 - \frac{C \gamma M_0 / 4\pi}{\pm \left(\omega - \frac{i}{\tau} \right) - \gamma (H + H_A)} \right)$$

wobei das Vorzeichen (+) jeweils für rechtszirkulare und das Vorzeichen (-) jeweils für linkszirkulare Wellen gilt. Ferner sind mit der Variablen k die Wellenzahl der MW entlang der Klebenaht, mit b die Breite des Rechteck-Wellenleiters, mit c die Lichtgeschwindigkeit von $3 \cdot 10^8$ m/s und mit ϵ_r die mittlere Dielektrizitätszahl innerhalb des Wellenleiters bezeichnet, wobei die Dielektrizitätszahl von Füge teil, Klebstoff und Luft anteilig am Volumenanteil des Wellenleiters gewichtet ist und meist Werte von etwas größer als 1 aufweist. Bekanntermaßen ist $\omega = 2 \pi f$ die MW-Kreisfrequenz, wobei in diesem Beispiel mit einer Frequenz von $f = 2,45$ GHz gearbeitet wird. C ist der Volumenbruchteil des Nanoferrits, der ca. 0,1 % des Gesamtvolumens des Wellenleiters ausmacht. Die Sättigungsmagnetisierung des reinen Ferritmaterials ist mit M_0 bezeichnet und liegt im Fall von NiZn-Ferrit bei 280 mT. Weiterhin ist mit $\gamma = 2\pi \times 28$ GHz/T die gyromagnetische Konstante, mit H die Feldstärke des angelegten Gleichstrom-Magnetfeldes, dessen Stärke etwa 70-80 mT beträgt, und mit H_A das Kristallanisotropiefeld des Ferritmaterials von hier 5 bis 20 mT bezeichnet. Die mit τ bezeichnete Spinrelaxationszeit des Ferrits beträgt typischerweise 3 - 7 ns.

Im Fall der ferromagnetischen Resonanz, d.h. wenn $\gamma (H + H_A) = \omega$ ist, resultiert aus den Dispersionsrelationen für rechtszirkulare Wellenanteile im Grenzfall $C < 0,01$ in führender Näherung in C eine Absorptionsrate respektive eine Eindringtiefe (Halbwertslänge L) in den Wellenleiter von

$$L_+ = \frac{1}{\text{Im} k_+} = \frac{16\pi^2 c}{C \gamma M_0 \omega \tau}$$

und für linksszirkulare Wellen

$$L_- = \frac{1}{\text{Im } k_-} = \frac{16\pi^2 c}{C\gamma M_0}$$

Die Feldamplituden klingen aufgrund der MW-Absorption im Nanoferrit mit dem Exponentialgesetz $\exp(-x / L_{\pm})$ mit zunehmender Entfernung x vom Einspeisungspunkt der MW-Energie ab. Allgemein ergibt sich, dass das Verhältnis der Eindringtiefen von links- und rechtszirkularer Wellenanteile in einfacher Weise vom Produkt aus der MW-Kreisfrequenz und der Spinrelaxationszeit abhängt:

$$\frac{L_-}{L_+} = \omega\tau$$

Daraus folgt, dass die rechtszirkularen Wellenanteile um den Faktor $\omega\tau$ stärker absorbiert werden als die linkszirkularen. Das hier beschriebene Verfahren funktioniert daher nur unter der Voraussetzung, dass Ferritmaterialien mit der Eigenschaft $\omega\tau \gg 1$ verwendet werden (siehe Tabelle unten).

Werden für $\tau = 6$ ns und für $C = 0,001$ im Falle des nanoskaligen Ferritmaterials $\text{Ni}_{0,4}\text{Zn}_{0,6}\text{Fe}_2\text{O}_4$ eingesetzt, dann hat die Amplitude der rechtszirkularen Wellenanteile bereits nach 50 cm Laufstrecke um 5 % abgenommen. D.h. 10 % der eingespeisten Energie werden auf den ersten 50 cm des Wellenleiters über die rechtszirkularen Wellenanteile in der Klebnaht in Wärme umgewandelt. Umgekehrt werden demnach die linkszirkularen Wellenanteile erst nach 48 m um 5 % geschwächt. Das bedeutet, dass auf den ersten 50 cm nur 0,1 % in Wärme umgewandelt werden.

Figur 1 zeigt schematisch einen Rechteck-Wellenleiter 1 mit den Schnittebenen F_1 2 und F_2 3. Bei einer innerhalb des Wellenleiters ausgebildeten TE-(1,0)-Welle haben die magnetischen Feldkomponenten die durch 4 angedeutete Gestalt und wandern in horizontaler Richtung durch den Wellenleiter. In diesem Beispiel wandern die rechtszirkularen Wellenanteile (Pfeil A) vom Einspeisungspunkt am linken Ende zum entfernten rechten Ende des Wellenleiters und die linkszirkularen Wellen umgekehrt vom rechten Ende zurück zum Einspeisungspunkt. Somit trägt nur die in Vorwärtsrichtung laufende Welle zur Erwärmung der Klebnaht eines im Resonator befindlichen Bauteiles bei.

Geeignete Nano-Ferrite sind solche, die eine relativ große Spinrelaxationszeit $\omega\tau \gg 1$ aufweisen. Die Bewertung eines Ferritmaterials hinsichtlich seiner Eignung für das erfindungsgemäße Aushärtungsverfahren hängt zudem von der Frequenz ab. Im Allgemeinen sind die Anforderungen bei niedrigeren Frequenzen, z.B. 915 MHz, schärfer als bei hohen Betriebsfrequenzen, z.B. 2,45 GHz oder 5,8 GHz. Allerdings muss beachtet werden, dass auch die Spinrelaxationszeit τ keine feste Materialkonstante ist, sondern tendenziell mit zunehmender Frequenz langsam abnimmt.

Die Spinrelaxationszeit τ kann beispielsweise mit einer spektroskopischen Methode bestimmt werden, wobei die MW-Absorption bei konstanter Frequenz als Funktion eines zusätzlich angelegten statischen Magnetfeldes B bestimmt wird. Hierbei können ein oder zwei Absorptionsmaxima beobachtet werden, die der ferromagnetischen Resonanz entsprechen. Die Breite ΔB der Absorptionsmaxima ist für die Spinrelaxationszeit τ charakteristisch, dabei gilt: $\tau = 2 / (\gamma \Delta B)$.

In der nachfolgenden Tabelle sind Beispiele für Nano-Ferrite mit deren Parameter dargestellt:

Nano-Ferrit	Modifizierung	Klebstoff	Sättigungsmagnetisierung des reinen Ferrits (M_0)	Spinrelaxationszeit (τ)	$\omega\tau$ bei $f = 2,45$ GHz
$\text{Ni}_{0,4}\text{Zn}_{0,6}\text{Fe}_2\text{O}_4$	Ölsäure	Polyurethan	280 mT	6,5 ns	100
$\text{Mn}_{0,7}\text{Zn}_{0,3}\text{Fe}_2\text{O}_4$	Ölsäure	Epoxid	380 mT	3,3 ns	50
$\text{Cu}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4$	Ölsäure	Polyurethan	---	2,6 ns	40
Fe_3O_4	Ölsäure	PE-Hotmelt	450 mT	0,8 ns	12
$\text{Co}_{0,2}\text{Zn}_{0,8}\text{Fe}_2\text{O}_4$	TODS	Polyurethan	---	0,1 ns	1,5

Als Anwendungsbeispiel sei die Bestrahlung einer Klebenaht mit zirkular polarisierten Wellen mittels eines aufgeschnittenen Rechteck-Wellenleiters genannt. Dabei wird die Verteilung der elektrischen und magnetischen Felder einer von links nach rechts in Richtung zunehmender x-Koordinate laufenden Welle vom Polarisationsstyp TE-(1,0) in einem Rechteck-Wellenleiter 1, wie er in Figur 1 gezeigt ist, mit einer Breite b und einer Höhe h , der sich in x-Richtung

erstreckt, wie folgt angegeben („Theoretische Elektrotechnik“ von K. Küpfmüller, Springer-Verlag, Berlin 1973):

$$H_x = (A \pi / b) \sin(\omega t - kx) \cos(\pi y / b)$$

$$H_y = A k \cos(\omega t - kx) \sin(\pi y / b)$$

$$H_z = 0$$

mit $E_x = 0$, $E_y = 0$ und $E_z = A' \sin(\omega t - kx) \sin \pi / b$.

Die y-Achse zeigt wie in Figur 1 angedeutet in die senkrecht zur Wellenleiterachse und die senkrecht zur elektrischen Feldkomponente weisende Richtung, die z-Achse steht ebenfalls senkrecht auf der Wellenleiterachse, steht aber parallel zum elektrischen Feldvektor. Die Amplituden A und A' sind in diesem Fall nicht weiter von Interesse.

Auf der gedachten Schnittfläche F_1 2 durch den Wellenleiter, die in der x-z-Ebene liegt und ihn in Höhe des Wertes $y_1 = (b / \pi \arctan(\pi / k b))$ schneidet, haben die Feldkomponenten H_x und H_y die gleiche Amplitude, sind aber in ihrem zeitlichen Verlauf um 90° phasenverschoben. Auf der Schnittfläche F_1 ist die durch den Wellenleiter in positive x-Richtung laufende Welle somit vollständig rechtszirkular polarisiert.

In der spiegelbildlich gegenüberliegenden Schnittfläche F_2 3, die in der Höhe des y-Wertes $y_2 = b - y_1$ verläuft, ist die Welle dagegen vollständig linkszirkular polarisiert. Wird die Welle am Ende des Wellenleiters zurückreflektiert, dann liegen die Verhältnisse für die Reflexionswelle genau umgekehrt. Diese Tatsache ist bekannt und beispielsweise beschrieben in Philips Application Note Nr. AN98035, „Circulators and insulators, unique passive devices“, Philips Semiconductors, Marketing and sales communication, Building PE-b, P.O. Box 218, 5600 MD Eindhoven, NL.

Wird nun entlang der Schnittfläche F_1 eine Klebnaht in den Wellenleiter gelegt, indem er beispielsweise in dieser Höhe der Länge nach aufgeschnitten und die beiden Hälften mittels einer geeigneten mechanischen Vorrichtung (Figur 2) auf

beiden Seiten der zu verklebenden Fügeteile 21 und 22 fixiert wird, dann liegen innerhalb der Klebnaht die oben spezifizierten Verhältnisse hinsichtlich der Polarisierung der Mikrowellen und der Absorption durch die dem Klebstoff beigemischten Nanoferrite vor. Zusätzlich muss ein Gleichstrom-Magnetfeld angelegt werden, dessen Feldlinien in z-Richtung orientiert sind. Dies kann mittels eines Elektro- oder eines Permanentmagneten 26 geschehen, wobei die Magnetfeldlinien über die Flanken einer der beiden Wellenleiterhälften 24 und 25 hinweg zur Schnittfläche F_1 in die Klebnaht 23 geführt werden müssen. Dies kann z.B. mittels eines Magneten mit U-förmigem Querschnitt erreicht werden.

Figur 2 zeigt eine Ausführungsform eines MW-Wellenleiters zur Verklebung einer Naht. Gezeigt sind das obere Fügeteil 21, das untere Fügeteil 22, der Klebstoff 23, der MW-absorbierende, dichroistische Nanoferrite enthält, sowie eine abnehmbare obere Hälfte 24 des Wellenleiters. Die lichte Höhe ist gleich y_1 abzüglich der Dicke des oberen Fügeteils und der halben Dicke der Klebnaht. Die untere Hälfte 25 des Wellenleiters hat die lichte Höhe $b - y_1$ minus der Dicke des unteren Fügeteils und der halben Dicke der Klebnaht. Zudem ist ein Feldmagnet 26 zur Vormagnetisierung des Nanoferrits dargestellt.

Nachfolgend sind für das Verfahren respektive die Vorrichtung bevorzugte Einstellungen genannt. So sollte die Stärke B des statischen Magnetfeldes zwischen 0,1 mT und 10 T liegen. Ein besonders bevorzugter Bereich ergibt sich aus der Beziehung $B \text{ [T]} = f \text{ [GHz]} / 28 \pm 20 \%$. Das Verfahren lässt sich effektiv durchführen mit elektromagnetischer Strahlung der Frequenz zwischen 300 MHz – 300 GHz, wobei der Bereich zwischen 500 MHz – 10 GHz, insbesondere zwischen 700 MHz – 3 GHz, zu bevorzugen ist. Als Nanopartikel können Teilchen eingesetzt werden, wie sie in DE 101 63 399 A1 beschrieben sind. Diese sollten eine Größe zwischen 2 nm und 100 nm, bevorzugt zwischen 5 nm und 15 nm aufweisen. Die Spinrelaxationszeit genügt vorzugsweise der Bedingung $\tau > 1 / 2\pi f$ und bei 2,45 GHz gilt $\tau > 0,065 \text{ ns}$. Besonders zu bevorzugen ist es, wenn $\tau > 15 / 2\pi f$ ist und τ bei 2,45 GHz $> 1,0 \text{ ns}$ ist.

Weiterhin sollte die zirkuläre Polarisierung der MW im Klebnahtbereich liegen und dort der Polarisationsgrad mindestens 30 %, vorzugsweise mindestens 60%

betragen. Der Winkel zwischen der Polarisationssebene der magnetischen MW-Feldkomponente und der Achse des Wellenleiters sollte größer 45° , vorzugsweise größer 80° sein. Der Winkel zwischen den Feldlinien des zusätzlich angelegten Gleichstrom-Magnetfeldes und der Senkrechten auf der Polarisationssebene sollte kleiner als 45° , bevorzugt kleiner 10° sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Fertigung eines Bauteiles, aufweisend zwei zu verbindende aneinanderliegende Einzel- oder Formteile mit einem sich zwischen den Teilen befindlichen und durch Wärme aushärtbaren Klebstoff, wobei dem Klebstoff ein magnetischer Füllstoff beigegeben ist, wobei zumindest ein Teil des Bauteils, insbesondere die zwischen den Teilen befindliche Klebenaht, zur Wärmebeaufschlagung des Klebstoffs einer polarisierten elektromagnetischen Strahlung, insbesondere im Wellenlängenbereich von Mikrowellen, ausgesetzt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Bauteil mit elektromagnetischer Strahlung beaufschlagt wird, deren magnetische Komponente zirkularer polarisiert ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der Klebstoff mit dem darin enthaltenen magnetischen Füllstoff bezüglich der Richtung der Polarisierung sensibilisiert ist und im wesentlichen nur aus den Wellen einer bestimmten Polarisationsrichtung Energie absorbiert.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff magnetisierbare Nanopartikel, insbesondere MW-absorbierende dichroistische nanoskalige Ferrite, aufweist, welche die Absorption der Strahlung begünstigen, wobei die Nanopartikel Teilchengrößen zwischen 2 nm und 100 nm, insbesondere zwischen 5 nm und 15 nm, aufweisen.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die zu beaufschlagenden Teile des Bauteils sich innerhalb eines insbesondere als Resonator ausgebildeten Wellenleiters befinden, dessen Querschnittsgeometrie so ausgebildet ist, dass die Strahlung im Bereich der Klebenaht eine möglichst reine zirkulare Polarisierung aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Ebene, in welcher der magnetische Feldvektor der Strahlung rotiert, senkrecht zur Querschnitts-Ebene des Wellenleiters orientiert wird.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass in den Resonator zirkular polarisierte Wellen eingekoppelt werden, wobei innerhalb des Resonators eine Wellenmode, insbesondere die TE-(1,0) Mode, angeregt wird.
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil an der Stelle der Klebnaht während der Bestrahlung einem statischen Magnetfeld ausgesetzt wird, das eine Vormagnetisierung der Nanopartikel verursacht.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass die Richtung des statischen Magnetfeldes innerhalb der Klebnaht senkrecht zur Polarisationssebene orientiert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die Stärke B des statischen Magnetfeldes im Bereich zwischen 0,1 mT und 10 T liegt, wobei sich insbesondere aus der Beziehung $B [T] = f [GHz] / 28 \pm 20 \%$ ein besonders bevorzugter Bereich ergibt.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Strahlung eine Frequenz zwischen 300 MHz und 300 GHz, insbesondere im Bereich zwischen 500 MHz und 10 GHz und besonders bevorzugt im Bereich zwischen 700 MHz und 3 GHz aufweist.
11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Spinrelaxationszeit größer $1 / 2 \pi f$ ist und dass insbesondere bei einer

Mikrowellenstrahlung von 2,45 GHz die Spinrelaxationszeit größer 0,065 ns ist.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
gekennzeichnet durch Vorkehrungen, die verhindern, dass die dielektrische Erwärmung nicht die durch die Nanoferrite bedingte Temperaturbegrenzung unterläuft.
13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass Füge teil-Materialien und/oder Klebstoffe verwendet werden, die eine übermäßige dielektrische MW-Absorption in den Fügeteilen verhindern.
14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass Polyurethan- und/oder Epoxid-Klebstoffe in Kombination mit einfachen Kunststoffen und/oder glasfaserverstärkte Kunststoffen und/oder Glas und/oder Keramik verwendet werden.
15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass Bauteile einer Größe von mehr als 10 cm, insbesondere von mehr als 50 cm bestrahlt werden.
16. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die zirkulare Polarisation der MW im Klebenahnbereich einen Polarisationsgrad von mindestens 30 %, vorzugsweise von mindestens 60 %, aufweist.
17. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen der Polarisations ebene der magnetischen MW-Feldkomponente und der Achse des Wellenleiters größer als 45°, vorzugsweise größer als 80°, ist.

18. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen den Feldlinien des statischen Magnetfeldes und der Senkrechten auf der Polarisationssebene kleiner als 45° , bevorzugt kleiner als 10° , ist.
19. Vorrichtung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche, aufweisend Mittel zur Beaufschlagung eines Bauteils mit Wärme, wobei das Bauteil zu verbindende Formteile mit einer dazwischen angeordneten Klebstoffnaht aufweist, wobei die Klebstoffnaht einen durch Wärme aushärtbaren Klebstoff enthält und wobei das Mittel zur Wärmebeaufschlagung einen Wellenleiter für Mikrowellen aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter derart beschaffen ist, dass die über eine Öffnung eingekoppelten Mikrowellen eine zirkuläre Polarisation der magnetischen Komponente aufweisen.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter ein Rechteck-Wellenleiter ist in dem sich, insbesondere bei einer Arbeitsfrequenz von 2,45 GHz, eine Welle vom Polarisationsstyp TE-(1,0) ausbildet.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter derart an das Bauteil angepasst ist, dass die Klebnaht in der Höhe von $y_1 = (b / \pi \arctan(\pi / k b))$ oder in der Höhe von $y_2 = b - y_1$ verläuft, wobei dort die Feldkomponenten H_x und H_y die gleiche Amplitude aufweisen und in ihrem zeitlichen Verlauf um 90° phasenverschoben sind.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21,
dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter zwei Hälften aufweist, die sich im zusammengesetzten Zustand um das Bauteil schließen.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 22,
gekennzeichnet durch einen statischen Magneten, dessen Feldlinien innerhalb des Wellenleiters in z-Richtung orientiert sind.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23,
dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetfeldlinien über
die Flanken einer der beiden Wellenleiterhälften hinweg in die
Klebenaht geführt werden.

A →

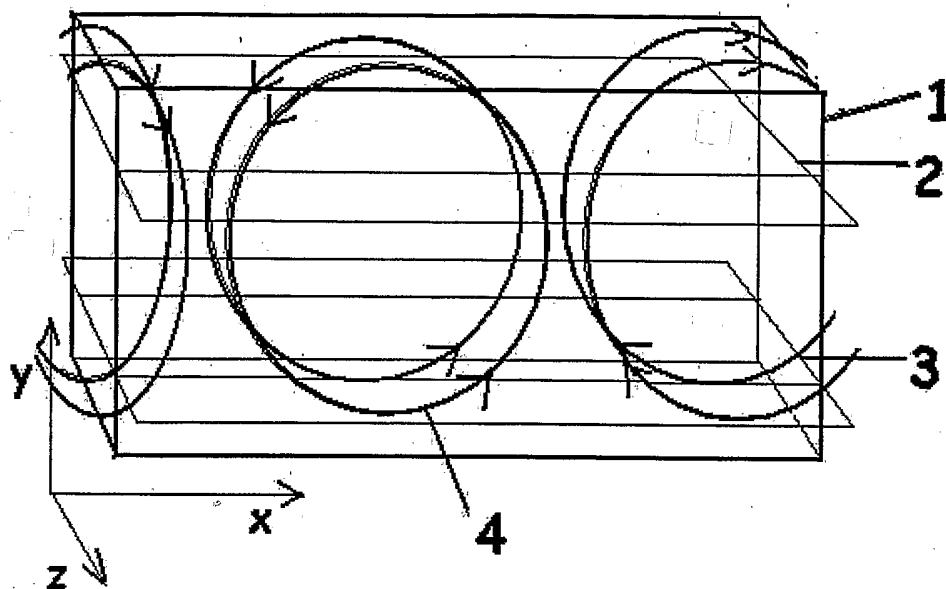


Fig. 1

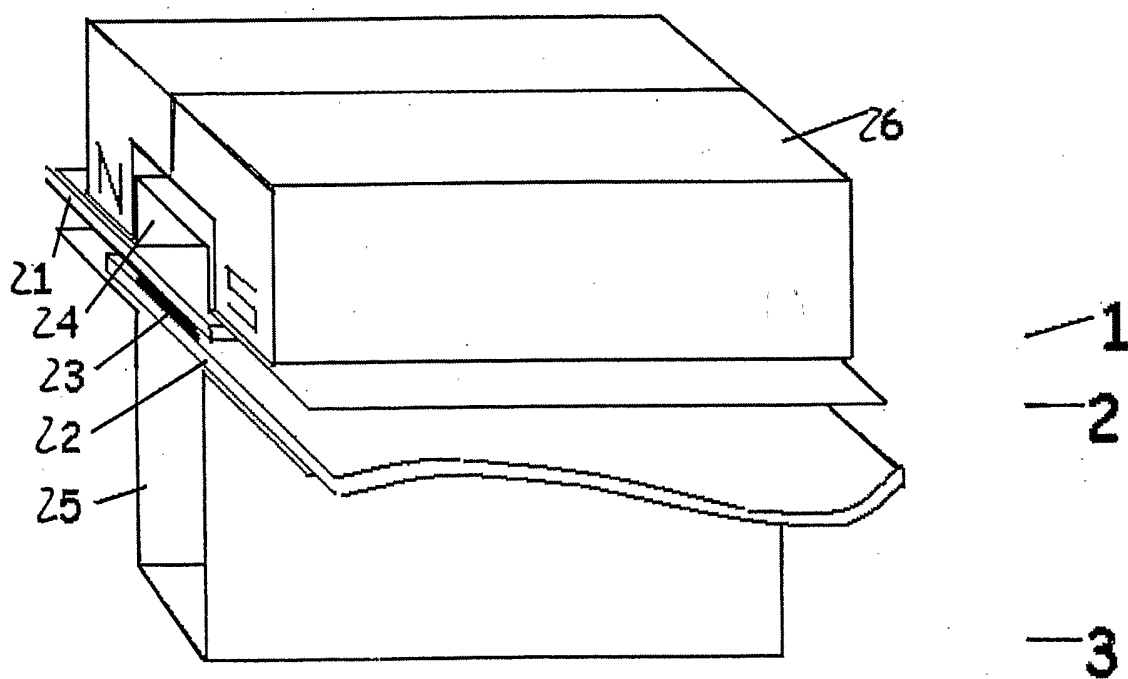


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/010424

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C09J5/06 H05B6/80

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)
IPC 7 C09J B29C H05B

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, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 100 37 883 A (HENKEL KGAA) 14 February 2002 (2002-02-14) cited in the application claims 1,12	1-24
A	----- WO 99/24520 A (LAMBDA TECHNOLOGIES INC ; FATHI ZAKARYAE (US); WEI JIANGHUA (US)) 20 May 1999 (1999-05-20) claim 16	1-24
A	----- EP 1 155 798 A (LOCKHEED MARTIN ENERGY RES COR) 21 November 2001 (2001-11-21) claims 1,8,12,13	1-24
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *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)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *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
- *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
- *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.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 January 2005

Date of mailing of the international search report

27/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schlicke, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/010424

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 94/20980 A (STIFTELSEN INST FOER MIKROELEK ; BUCHTA RUDOLF (SE); SVENNEBRINK JAN ()) 15 September 1994 (1994-09-15) claims 1,2 -----	19
X	US 4 684 776 A (HEARD NIGEL A) 4 August 1987 (1987-08-04) claim 1 figure 2 column 3, line 41 - line 62 -----	19
X	US 4 866 231 A (SCHNEIDER DAVID R) 12 September 1989 (1989-09-12) claim 1 column 3, line 40 - line 45 -----	19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/010424

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10037883	A	14-02-2002	DE 10037883 A1	14-02-2002
			AT 277495 T	15-10-2004
			DE 50103789 D1	28-10-2004
			WO 0213580 A1	14-02-2002
			EP 1305982 A1	02-05-2003
			JP 2004506293 T	26-02-2004
			US 2004026028 A1	12-02-2004
WO 9924520	A	20-05-1999	US 6103812 A	15-08-2000
			AU 1112899 A	31-05-1999
			WO 9924520 A1	20-05-1999
EP 1155798	A	21-11-2001	US 5798395 A	25-08-1998
			EP 1155798 A1	21-11-2001
			AT 267680 T	15-06-2004
			AT 232779 T	15-03-2003
			AU 2586397 A	22-10-1997
			DE 69719172 D1	27-03-2003
			DE 69719172 T2	31-07-2003
			DE 69729335 D1	01-07-2004
			EP 0889775 A2	13-01-1999
			WO 9736728 A2	09-10-1997
			US 5804801 A	08-09-1998
WO 9420980	A	15-09-1994	SE 500124 C2	18-04-1994
			SE 9300742 A	18-04-1994
			WO 9420980 A1	15-09-1994
US 4684776	A	04-08-1987	AU 592986 B2	01-02-1990
			AU 5680086 A	06-11-1986
			CA 1252152 A1	04-04-1989
			DE 3672185 D1	26-07-1990
			EP 0201947 A1	20-11-1986
			JP 61253790 A	11-11-1986
			NZ 215984 A	28-10-1988
US 4866231	A	12-09-1989	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010424

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 C09J5/06 H05B6/80

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C09J B29C H05B

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, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 100 37 883 A (HENKEL KGAA) 14. Februar 2002 (2002-02-14) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1,12	1-24
A	WO 99/24520 A (LAMBDA TECHNOLOGIES INC ; FATHI ZAKARYAE (US); WEI JIANGHUA (US)) 20. Mai 1999 (1999-05-20) Anspruch 16	1-24
A	EP 1 155 798 A (LOCKHEED MARTIN ENERGY RES COR) 21. November 2001 (2001-11-21) Ansprüche 1,8,12,13	1-24
	----- -/-	



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

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Januar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/01/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schlicke, B

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/010424

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 94/20980 A (STIFTELSEN INST FOER MIKROELEK ; BUCHTA RUDOLF (SE); SVENNEBRINK JAN () 15. September 1994 (1994-09-15) Ansprüche 1,2 -----	19
X	US 4 684 776 A (HEARD NIGEL A) 4. August 1987 (1987-08-04) Anspruch 1 Abbildung 2 Spalte 3, Zeile 41 - Zeile 62 -----	19
X	US 4 866 231 A (SCHNEIDER DAVID R) 12. September 1989 (1989-09-12) Anspruch 1 Spalte 3, Zeile 40 - Zeile 45 -----	19

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010424

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10037883	A	14-02-2002	DE 10037883 A1	14-02-2002
			AT 277495 T	15-10-2004
			DE 50103789 D1	28-10-2004
			WO 0213580 A1	14-02-2002
			EP 1305982 A1	02-05-2003
			JP 2004506293 T	26-02-2004
			US 2004026028 A1	12-02-2004
WO 9924520	A	20-05-1999	US 6103812 A	15-08-2000
			AU 1112899 A	31-05-1999
			WO 9924520 A1	20-05-1999
EP 1155798	A	21-11-2001	US 5798395 A	25-08-1998
			EP 1155798 A1	21-11-2001
			AT 267680 T	15-06-2004
			AT 232779 T	15-03-2003
			AU 2586397 A	22-10-1997
			DE 69719172 D1	27-03-2003
			DE 69719172 T2	31-07-2003
			DE 69729335 D1	01-07-2004
			EP 0889775 A2	13-01-1999
			WO 9736728 A2	09-10-1997
			US 5804801 A	08-09-1998
WO 9420980	A	15-09-1994	SE 500124 C2	18-04-1994
			SE 9300742 A	18-04-1994
			WO 9420980 A1	15-09-1994
US 4684776	A	04-08-1987	AU 592986 B2	01-02-1990
			AU 5680086 A	06-11-1986
			CA 1252152 A1	04-04-1989
			DE 3672185 D1	26-07-1990
			EP 0201947 A1	20-11-1986
			JP 61253790 A	11-11-1986
			NZ 215984 A	28-10-1988
US 4866231	A	12-09-1989	KEINE	