



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 13 254 T2** 2007.04.26

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 423 209 B1**

(51) Int Cl.⁸: **B05D 7/14** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 13 254.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/10019**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 728 629.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/098582**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.04.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **12.12.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.06.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **19.07.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **26.04.2007**

(30) Unionspriorität:

871421 31.05.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:

3M Innovative Properties Co., St. Paul, Minn., US

(72) Erfinder:

**WILLIAMS, Todd R., Saint Paul, MN 55133-3427,
US; BENSON, Jr., Olester, Saint Paul, MN
55133-3427, US**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **FORMSTABILER VERBUNDKÖRPER UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen einen Verbundgegenstand mit einer großen voraussagbaren Formstabilität, welcher aus einem Metallfoliensubstrat besteht, an welches eine Schicht eines gehärteten Polymers geklebt ist, welche eine freiliegende Vorderfläche aufweist, welche eine dreidimensionale Mikrostruktur präzise geformter und angeordneter funktioneller Diskontinuitäten aufweist, und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Gegenstandes.

[0002] Es besteht ein Bedarf für einen flexiblen blattartigen Verbundgegenstand, welcher eine große voraussagbare Formstabilität aufweist. Das heißt, ein bedeutender Abschnitt des Gegenstandes sollte, nachdem er extremen Bedingungen wie Hitze, Kälte und Feuchtigkeit ausgesetzt war, eine wesentliche unvorhersehbare Formveränderung nach der Rückkehr zu Umgebungsbedingungen vermeiden können. Solche Produkte durchlaufen nur eine geringe voraussagbare Veränderung der Abmessungen, wenn sie solchen Umweltbedingungen ausgesetzt sind. Die Voraussagbarkeit bezieht sich auf die erwartete Veränderung der Abmessungen, basierend auf die Kenntnis der Materialeigenschaften, nach dem Durchlaufen bestimmter Umweltbedingungen und der Rückkehr zu Umgebungsbedingungen irreversibel zu schrumpfen oder sich auszudehnen.

[0003] Produkte dieser Art finden Gebrauch auf solchen Gebieten wie der Photolithographie, der Herstellung flexibler Schaltungssysteme, dem Ätzen, dem Überziehen und der Abscheidung aus der Dampfphase. Andere Anwendungen sind z.B. die Herstellung von „Eierkarton“-Substraten für Gyrron-Drehteilchen-Anzeigevorrichtungen, wie in US-Patentschrift 5,815,306 (Sheridon u.a.) offenbart.

[0004] Solche voraussagbar formstabilen Verbundgegenstände sollten den Formstabilitätsanforderungen für elektronische Schaltungen mit feinen Abständen genügen. Elektronische Schaltungen mit feinen Abständen finden Anwendung beim Packaging von Elektronikchips, d.h. beim sogenannten „First-Level-Packaging“, als Zwischenstufe zwischen dem Siliciumchip und anderen externen Schaltungen. Elektronische Schaltungen mit feinen Abständen werden auch als Leiterplatten, an welchen vorgepackte Chips befestigt sind, und andere elektronische Verbindungseinheiten verwendet, insbesondere wo die Minimierung der Komponentengröße und/oder des -gewichts wichtig sind.

[0005] Das sogenannte Built-Up-Multilayer(BUM)-Verfahren, angewendet für das Packaging und Verbinden von Elektronikchips, beginnt mit einem Kern, typischerweise einer Metallfolie, welche an beide Seiten einer dielektrischen Schicht laminiert ist, oder einem Metall, welches auf den dielektrischen Kern aufgebracht ist. Das BUM-Verfahren wird in verschiedenen Versionen ausgeübt, welche sich in den Techniken unterscheiden, die für das Aufbringen aufeinander folgender Schichten von Dielektrikum und Metall angewendet werden, und in den Techniken, die angewendet werden, um die Kontaktlöcher zu definieren. Siehe zum Beispiel Charles E. Bauer, „Using Chip Scale Packages“, Advanced Packaging 5 (4), Juli/August 1996, S. 8 bis 10; Howard Green und Phillip Garrou, „Introduction to Large Area Substrate Processing“, Advancing Microelectronics 24 (2), März/April 1997, S. 10 bis 15; Charles Lassen, „Build-Up Multilayers“, Printed Circuit Fabrication 20 (6), Juni 1997, S. 22 bis 24; und Darren Hitchcock, „Microvias, High Speed, and Flex“, Proc. IPC Natl. Conf. on Flexible Circuits, 19.-20. Mai 1997 (Phoenix, AZ). Techniken zur Bildung von Kontaktlöchern sind in der gewöhnlichen Praxis z.B.: direkte photolithographische Strukturierung lichtempfindlicher Dielektrika, strukturgemäße Laser-Ablation und chemisches Fräsen oder Plasma-Ablation durch strukturierten Resist oder Metallisierung.

[0006] Ein gewöhnliches gemeinsames Element ist der Bedarf, ein voraussagbar formstabiles Substrat zu haben, so dass sich die Strukturierung der verschiedenen Materialschichten in der mehrschichtigen Struktur (Dielektrikum und Metall) Schicht für Schicht aneinander ausrichtet. Um nominell 25 µm Leitung und 25 µm Zwischenraum zu erreichen, wie es für das Packaging im Chip-Maßstab erforderlich wäre, müssen die einzelnen Schichten der strukturierten Metallisierung und der Kontaktlöcher in dem Dielektrikum auf besser als +/-50% des Zwischenraums, also besser als +/- 12,5 µm, zu einem absoluten Bezugspunkt (Passmarke) ausgerichtet sein. Das Kern- oder Basismaterial, auf welchem die mehreren Schichten ausgebildet werden, muss zumindest eine derart gute, wenn nicht bessere, Formstabilität aufweisen. Die Herstellung von Verbundgegenständen mit großer voraussagbarer Formstabilität ist der Weg, die Kosten je Einheit von Produkten zu verringern, welche aus kleineren Segmenten solcher Gegenstände hergestellt werden.

[0007] Die folgenden Dokumente sind für die Erfindung relevant:

US-Patentschrift 3,689,346 (Rowland);
 US-Patentschrift 4,576,850 (Martens);
 US-Patentschrift 4,414,316 (Conley);
 US-Patentschrift 5,175,030 (Lu und Williams);

WO 9015673 (Kerr und Crouch);
 EP-130 659 (Brown) und
 US-Patentschrift 4,810,435 (Kamada u.a.).

[0008] Die vorliegende Erfindung stellt einen Verbundgegenstand bereit, welcher eine große voraussagbare Formstabilität aufweist, welcher aus einer Metallfolien-Unterlage besteht, an deren eine Fläche eine Schicht eines strahlungsgehärteten Polymers geklebt ist, welche eine freiliegende Vorderfläche aufweist, welche eine dreidimensionale Mikrostruktur präzise geformter und angeordneter funktioneller Diskontinuitäten aufweist. Die funktionellen Diskontinuitäten enthalten distale Oberflächenabschnitte und benachbarte vertiefte Oberflächenabschnitte. Die Polymerschicht enthält eine gegenüberliegende Fläche, welche auf eine Fläche der Unterlage geklebt ist. Der Verbundgegenstand stellt einen voraussagbar formstabilen blattartigen Gegenstand bereit, welcher in einer breiten Vielfalt von Anwendungen Gebrauch findet, bei denen die Formstabilität wichtig ist.

[0009] Die Grundeinheit der strukturierten Polymerschicht und der Metallunterlage ist voraussagbar formstabil und stellt dadurch einen Verbundgegenstand mit großer voraussagbarer Formstabilität bereit, um für eine Verfahrenseffizienz zu sorgen, welche zu einer Kostenreduktion je Einheit führt. Die Kombination aus strukturiertem Dielektrikum und Metallfolie ist voraussagbar formstabil, was es möglich macht, mehrere Schichten passgenau zusammenzustapeln, um mehrschichtige Schaltungen zu bilden, welche funktionell den Leiterplatten ähneln. Es können zwei oder mehr der Substrate hergestellt und miteinander verbunden werden, um komplexere elektronische Schaltungen zu bilden, als es durch Verwendung nur einer Schicht allein möglich wäre.

[0010] Die Gegenstände der Erfindung weisen die erforderliche Formstabilität auf, um diese Merkmale bereitzustellen. Gegenstände gemäß der vorliegenden Erfindung sind dadurch gekennzeichnet, dass sie, nachdem sie für eine Stunde oder weniger Hitze bei 150 °C oder weniger ausgesetzt waren und dann zu Umgebungsbedingungen zurückgekehrt waren, eine voraussagbare Formveränderung von weniger als etwa 100 Parts per Million (ppm) aufweisen, vorzugsweise weniger als etwa 60 ppm und am besten weniger als etwa 50 ppm. Das heißt, bei 100 ppm weisen die erfindungsgemäßen Gegenstände eine Formabweichung von weniger als 10 µm je 100 mm Zwischenraum zwischen einem gekennzeichneten ursprünglichen Bezugspunkt und jeder Passmarke, die auf dem Blatt, das untersucht wird, einen Abstand von 100 mm davon aufweist.

[0011] In einer Erscheinungsform stellt die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundgegenstandes, welcher eine große voraussagbare Formstabilität aufweist, gemäß Patentanspruch 1 bereit.

[0012] In einer weiteren Erscheinungsform stellt die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundgegenstandes, welcher eine große voraussagbare Formstabilität aufweist, gemäß Patentanspruch 2 bereit.

[0013] Die Metallfolie, welche die Unterlage des Verbundgegenstandes der Erfindung bildet, kann aus irgendeinem Metall bestehen, welches den in dem Verfahren oben beschriebenen Verfahrensbedingungen standhält und in dem Verbundgegenstand für eine voraussagbare Formstabilität sorgt.

[0014] Vorzugsweise ist das Metall ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Kupfer, Aluminium, Zink, Titan, Zinn, Eisen, Nickel, Gold, Silber, Kombinationen davon und Legierungen daraus. Geeignete Metalle sind z.B. auch solche Legierungen wie Messing und Stahl, z.B. rostfreier Stahl.

[0015] Bevorzugte Metallfolien sind durchlässig für Elektronenstrahlen, um in jedem Verfahren, welches diesen Schritt beinhaltet, eine Härtung der härtbaren Zusammensetzung durch die Metallfolien-Unterlage hindurch zu ermöglichen.

[0016] Die bevorzugte härtbare Zusammensetzung ist ein härtbare oligomeres Harz.

[0017] Bei der Strahlungsquelle für die Härtung der härtbaren Zusammensetzung, um das gehärtete Polymer zu bilden, kann es sich um Elektronenstrahlen, aktinische (UV- oder sichtbare) Strahlung oder Wärmestrahlung handeln.

[0018] Die vertieften Bereiche können irgendeine aus einer Vielfalt von Formen annehmen, z.B. Formen zur Aufnahme und zum Tragen komplementär geformter Gegenstände, wie z.B. Gyrikkugeln und leitende Ellipsoide. Die Mikrostruktur kann auch geformt sein, um einen Gegenstand bereitzustellen, welcher als Ätzmaste nützlich ist.

[0019] Für die hier beschriebene Erfindung gelten die folgenden Definitionen.

[0020] Der Begriff „präzise geformte und angeordnete funktionelle Diskontinuitäten“ bezieht sich auf Formen, welche hergestellt sind durch vorherbestimmbares Vervielfältigen im Wesentlichen der inversen Bauform, welche sich auf einer Urform befindet, welche mit nichtstatistischen präzisen funktionellen Originalformen ausgestattet worden ist, welche präzise relativ zueinander angeordnet sind, und dieser Begriff soll Formen ausschließen, welche lediglich dekorativ oder statistisch texturiert sind, um für eine Reibungsfläche zu sorgen.

[0021] Der Begriff „präzise geformte interaktive funktionelle Diskontinuitäten“ bezieht sich auf Formen wie oben definiert, welche nach der Bildung zusammenwirkende mechanische Anordnungen mit anderen komplementär geformten Objekten bilden können.

[0022] Der Begriff „große voraussagbare Formstabilität“ bezieht sich auf die Fähigkeit eines Segmentes des geformten blattartigen Substrates, im Wesentlichen seine vorausgesagten Abmessungen zu behalten, nachdem es für 60 Minuten oder weniger einer erwärmten Umgebung von 150 °C oder weniger ausgesetzt wurde und dann zur Umgebungstemperatur zurückkehrte. Bei einem Segment eines solchen Substrates variieren im Allgemeinen im Wesentlichen alle radialen Messungen vor der Erwärmung und nach der Erwärmung um weniger als etwa 100 ppm, vorzugsweise weniger als etwa 60 ppm.

[0023] Der Begriff „Metallfolie“ bezieht sich auf ein dünnes kontinuierliches Blatt aus Metall.

[0024] Der Begriff „strahlungsdurchlässige Metallfolie“ bezieht sich auf eine Metallfolie, welche die Fähigkeit aufweist, den Durchtritt von Strahlungsenergie von einer Energiequelle, wie z.B. einer Elektronenstrahlquelle, einer Gammastrahlenquelle oder einer Wärmeenergiequelle durch sie hindurch zuzulassen.

[0025] Der Begriff „gehärtet“ in Bezug auf Polymere bezieht sich auf Polymere, welche hergestellt werden durch Vernetzung flüssiger, fließfähiger oder formbarer monomerer oder oligomerer Vorprodukte durch Anwendung einer geeigneten Energiequelle, um durch verschiedene Mittel, z.B. radikalische Polymerisation, kationische Polymerisation, anionische Polymerisation oder Ähnliches, ein festes Material zu erzeugen.

[0026] Der Begriff „gehärtetes oligomeres Harz“ bezieht sich auf polymere Materialien, welche hergestellt werden durch Härten bestimmter härtpbarer Zusammensetzungen, die Vorpolymer-Materialien mit mindestens zwei Monomer-Wiederholungseinheiten aufweisen, welche mit anderen Monomermaterialien vermischt sein können, wie in US-Patentschrift 4,576,850 (Martens) beschrieben, welche durch Bezugnahme hierin aufgenommen wird.

[0027] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Herstellung eines erfindungsgemäßen formstabilen Verbundgegenstandes durch Bestrahlung durch die Unterlage hindurch.

[0028] [Fig. 2](#) ist eine schematische Darstellung eines anderen Verfahrens zur Herstellung eines erfindungsgemäßen formstabilen Verbundgegenstandes durch Bestrahlung durch die Prägewerkzeuge hindurch.

[0029] [Fig. 3](#) ist eine vergrößerte Querschnittsdarstellung einer beispielhaften Gyricon-Anzeigevorrichtung, welche Gyriconteilchen enthält, welche in Vertiefungen angeordnet sind, die in einem Segment des formstabilen Verbundgegenstandes der vorliegenden Erfindung enthalten sind.

[0030] [Fig. 4](#) ist eine Zeichnung eines Segmentes der Unterlage, welche ein Feld von Passmarken aufweist.

[0031] [Fig. 5](#) ist ein Schaubild, welches die Abmessungsdifferenz (in mm) nach der Erwärmung als Funktion von Datenpunkten darstellt, die aus gemessenen Abständen zwischen den verschiedenen in [Fig. 4](#) dargestellten Passmarken einer unbeschichteten Kupferfolien-Unterlage hergeleitet sind.

[0032] [Fig. 6](#) ist ein Schaubild, welches die Abmessungsdifferenz (in mm) nach der Erwärmung als Funktion von Datenpunkten darstellt, die aus gemessenen Abständen zwischen den verschiedenen in [Fig. 4](#) dargestellten Passmarken einer polymerbeschichteten Kupferfolien-Unterlage hergeleitet sind.

[0033] [Fig. 1](#) ist eine Veranschaulichung eines Verfahrens zur Herstellung des Produktes der Erfindung. In dem in [Fig. 1](#) abgebildeten Verfahren wird die Metallfolie **10** von der Vorratsrolle **11** abgewickelt und über die Laufrolle **12** hinter den Extrusionsbeschichter **13** geführt, welcher die härtpbare Zusammensetzungsbeschichtung **14** auf die Unterseite der Folie **10** aufträgt. Die beschichtete Folie wird dann über die Andrückrolle **15** ge-

führt, so dass sie mit der strukturierten Oberfläche **16** der Urrolle **17** in Kontakt gerät. Durch die Urrolle **17** kann ein Wärmeaustauschfluid zirkulieren, um die Temperatur der härtbaren Zusammensetzung über, auf oder unter Umgebungstemperatur zu halten. Zwischen der Andrückrolle **15** und der Rolle **17** mit der strukturierten Oberfläche wird ein ausreichender Druck ausgeübt, um alle Vertiefungen in der Struktur **16** auf der Oberfläche der Rolle **17** zu füllen. Der zusammengesetzte Verbund wird dann unter der Strahlungshärtungsstation **18** hindurchgeführt, wo Elektronenstrahlen in ausreichendem Maß durch die Metallfolien-Unterlage **10** hindurchgeleitet werden, um die Härtung der härtbaren Zusammensetzung in der Schicht **14** zu bewirken. Die Unterlage, welche die gehärtete Polymerschicht trägt, wird dann um die Laufrolle **19** herumgeführt und als Verbundgegenstand **20**, welcher eine Polymerschicht mit einer mikrostrukturierten Oberfläche wie oben beschrieben trägt, von der strukturierten Oberfläche **16** der Urrolle **17** abgelöst. Der Verbundgegenstand **20** wird dann für die zukünftige Verarbeitung zu bestimmten Produkten auf die Vorratsrolle **21** gewickelt.

[0034] Die Metallfolien-Unterlage **10** kann jede Metallfolie sein, welche das oben beschriebene Verfahren übersteht und den Durchtritt von Elektronenstrahlen zulässt, um die Härtung der Schicht **14** der härtbaren Zusammensetzung zu erleichtern, und auch für die benötigte voraussagbare Formstabilität in dem Verbundgegenstand sorgt. Das Metall, aus welchem die Folienunterlage **10** aufgebaut ist, kann aus allen nützlichen Metallen ausgewählt werden, zum Beispiel Kupfer, Aluminium, Zink, Titan, Zinn, Eisen, Nickel, Gold, Silber, Kombinationen davon und Legierungen daraus. Geeignete Legierungen sind z.B. Messing, Stahl und rostfreier Stahl. Eine bevorzugte Metallfolien-Unterlage ist aus Kupfer gebildet. Eine bevorzugte kommerziell erhältliche Metallfolien-Unterlage ist jene, die unter der Handelsbezeichnung COPPERBOND™-One(1)-Ounce-Folie von Somers Thin Strip, Inc., einer Abteilung von Olin Foils, Inc., Waterburg, CT, erhältlich ist. Die COPPERBOND™-1-Ounce-Kupferfolie weist eine nominale Dicke von 37 bis 38 µm und aufgrund ihres Herstellungsverfahrens eine aufgeraute Oberfläche auf, was sie für die Verwendung als Unterlage gut geeignet macht.

[0035] Die Metallfolie weist vorzugsweise eine Dicke von mindestens etwa 10 Mikrometern auf, um für eine ausreichende Festigkeit zu sorgen, und überschreitet vorzugsweise nicht 50 Mikrometer, so dass sie den Durchtritt ausreichender Strahlung zulässt, um die Härtung der Schicht **14** zu ermöglichen, und dass sie für zukünftige Anwendungen nicht unnötig steif ist. Es sei jedoch angemerkt, dass für einige Anwendungen eine steifere Unterlage erforderlich ist und in solchen Fällen Dicken geeignet sind, die 50 Mikrometer überschreiten, wenn die Unterlage den Durchtritt ausreichender Strahlung zulässt, um die Härtung zu erleichtern.

[0036] Die Breiten der Unterlage können in Abhängigkeit von den benutzten Geräten und in Abhängigkeit von der abschließenden Produktgröße, welche vom Hersteller benötigt wird, variieren. Die Unterlage kann 2 Zentimeter schmal oder schmaler sein und kann 1 Meter breit oder breiter sein. Das Produkt der Erfindung kann für Verwendungen, welche relativ schmale Teile erforderlich machen, wie z.B. in kleinen elektronischen Teilen, aufgeschlitzt werden.

[0037] Die härtbare Zusammensetzung und die Metallfolienunterlage werden so gewählt, dass man eine angemessene Haftung zwischen dem resultierenden gehärteten Polymer und der Folienunterlage, auf welcher es gehärtet worden ist, erhält. Die Angemessenheit der Haftung hängt von der beabsichtigten Verwendung des Verbundgegenstandes ab. Für einige Anwendungen mag nur ein kleines Maß an Haftung erforderlich sein, während für andere ein hohes Maß an Haftung erforderlich ist. Die COPPERBOND-Kupferfolie wird bevorzugt, weil sie aufgrund des Herstellungsverfahrens eine raue Oberfläche aufweist. Es wird angenommen, dass diese aufgeraute Oberfläche für eine mechanische Verzahnung mit dem gehärteten Harz sorgt. Metallunterlagen mit relativ glatten Oberflächen können verwendet werden, wenn die Oberfläche mit einer Grundierung oder einem Haftvermittler vorbehandelt worden ist, wie es auf dem Fachgebiet wohlbekannt ist, wenn hohe Maße an Haftung zwischen dem gehärteten Polymer und der Folienunterlage erforderlich sind. Die härtbare Zusammensetzung kann auch Zusatzstoffe aufweisen, welche die Haftung an Metallflächen fördern. Beispiele für solche Zusatzstoffe sind Komplexbildner, Haftvermittler und Ähnliches. Für die Offenbarung der Verwendung von Haftvermittlern siehe zum Beispiel „Silane Coupling Agents, 2nd Ed.“, von E.P. Plueddemann, Plenum Press, New York, 1991. Epoxidharze haften typischerweise besser an Metallen als Acrylatharze und werden somit für einige Anwendungen bevorzugt. Verschiedene Anwendungen können unter variierenden Umgebungsanforderungen hinsichtlich Temperatur, Feuchtigkeit, Oxidation usw. verschiedene Maße an Haftung erforderlich machen. Der Fachmann besitzt ohne Weiteres die Fähigkeit, für jede bestimmte Anwendung die genaue Kombination aus Metallfolie, Oberflächenbehandlung und härtbarer Zusammensetzung auszuwählen.

[0038] Es kann jede geeignete Beschichtungstechnik angewendet werden, um die härtbare Zusammensetzung aufzutragen, um die Schicht **14** bereitzustellen. Geeignete Beschichtungstechniken sind z.B. Rakelauftrag, Walzenstreichen, Extrusionsbeschichten, Gusslackieren, Besprühen und Ähnliches. Die Beschichtungszusammensetzung sollte für die in [Fig. 1](#) dargestellte Anwendung eine ausreichend hohe Viskosität aufweisen,

so dass sie im Wesentlichen ihre anfänglich aufgetragene Dicke behält, ohne zu fließen. Viskositäten der Beschichtungszusammensetzungen im Bereich von 1000 cps bis 5000 cps sind zu bevorzugen, gemessen mit einem Viskosimeter des Modells HAT SYNCHRO-ELECTRIC (kommerziell erhältlich von den Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, MA) unter Verwendung einer Spindel Nr. 6, welche bei einer Temperatur von 20 °C mit 100 U/min gedreht wurde. Die härtbare Zusammensetzung kann erwärmt werden; um ihre Viskosität zu verringern und im Beschichtungsverfahren hilfreich zu sein.

[0039] Die Urrolle weist eine strukturierte Oberfläche auf, welche das Inverse der Oberfläche ist, welche in die Oberfläche der Schicht **14** geprägt werden soll. Solche Urrollen sind auf dem Fachgebiet bekannt, und sie können durch irgendeine von verschiedenen wohlbekannten Techniken, welche dem Fachmann bekannt sind, hergestellt sein, abhängig von dem Werkzeugmaterial und den gewünschten Merkmalen. Beispielhafte Techniken zum Bereitstellen der strukturierten Oberfläche der Urrolle sind chemisches Ätzen, mechanisches Ätzen, ablativ Verfahren wie Laserablation oder reaktives Ionenätzen, Photolithographie, Stereolithographie, Mikrobearbeitung, Rändelung (zum Beispiel Schnitträndelung oder säureunterstützte Rändelung), Ritzen oder Schneiden und Ähnliches. Für die Offenbarung von Präzisions-Formungsoperationen siehe zum Beispiel „Nanotechnology“, N. Taniguchi, Hrsg., Oxford University Press, Oxford, 1996, und die darin angegebenen Verweise.

[0040] Die strukturierte Oberfläche der Urrolle ist dadurch gekennzeichnet, dass sie distale Oberflächenabschnitte enthält, welche in der Schicht **14** vertiefte Oberflächenabschnitte erzeugen, und vertiefte Oberflächenabschnitte, welche in der Schicht **14** als distale Oberflächenabschnitte reproduziert werden. Die distalen Oberflächenabschnitte befinden sich typischerweise in Nachbarschaft zu vertieften Oberflächenabschnitten und sind vorzugsweise für bestimmte Anwendungen um mindestens 0,05 mm distal voneinander getrennt.

[0041] Die verschiedenen topographischen Merkmale in der Struktur auf der Urrolle sind dadurch gekennzeichnet, dass sie präzise geformt sind und präzise zueinander angeordnet sind. Das heißt, sie sind nach einem detaillierten vorher festgelegten Plan geformt und in ähnlicher Weise nach demselben Plan auf der Oberfläche der Urrolle angeordnet.

[0042] Bei der Strahlungsquelle **18** handelt es sich vorzugsweise um eine Einheit, welche Elektronenstrahlen in einem Maße emittiert, welches ausreicht, um die Schicht **14** der härtbaren Zusammensetzung zu härten, welche auf der Folienunterlage **10** enthalten ist. Eine geeignete Einheit für diesen Zweck ist jene, die unter der Handelsbezeichnung ELECTRO CURTAIN Electron Beam Line verkauft wird, kommerziell erhältlich von Energy Sciences, Inc., Woburn, MA. Die Elektronenstrahlquelle weist einen ausreichend nahen Abstand zu der Unterlage **10** auf, um eine angemessene Härtung der Zusammensetzung der Schicht **14** zu erleichtern. Typischerweise liegt dieser in der Größenordnung von 5 Zentimetern, wie vom Hersteller empfohlen.

[0043] Die härtbare Zusammensetzung der Schicht **14** besteht aus einer Bindemittel-Vorstufe, welche durch Strahlungsenergie gehärtet werden kann, vorzugsweise durch Strahlungsenergie aus ultraviolettem Licht oder sichtbarem Licht (aktinischem Licht) oder Elektronenstrahlen. Andere Energiequellen können z.B. Gammastrahlen-, Infrarot-, Wärme- oder Mikrowellenquellen sein. Die Energiequelle sollte so gewählt sein, dass sie eine ausreichende Energie bereitstellt, um die Zusammensetzung zu härten, ohne das gehärtete Polymer auf der Urrolle zu beschädigen.

[0044] Beispiele für Bindemittel-Vorstufen, welche polymerisiert werden können, indem sie Strahlungsenergie ausgesetzt werden, sind acrylatfunktionelle Monomere, acrylierte Urethane, acrylierte Epoxide, ethylenisch ungesättigte Verbindungen, Aminoplast-Derivate mit ungesättigten Carbonyl-Seitengruppen, Isocyanurat-Derivate mit mindestens einer Acrylat-Seitengruppe, Isocyanat-Derivate mit mindestens einer Acrylat-Seitengruppe, Vinylether, Epoxidharze und Kombinationen davon. Der Begriff „Acrylat“ umfasst Acrylate und Methacrylate.

[0045] Es sollte angemerkt werden, dass viele härtbare Zusammensetzungen, wenn sie einmal in Kontakt mit einer Urform gehärtet worden sind, eine dreidimensionale Mikrostruktur präzise geformter und angeordneter funktioneller Diskontinuitäten mit den Originalabmessungen bilden. Das heißt, wenn eine Gruppe getrennter Passmarken aus der Urform in die Oberfläche eines Segments des gehärteten Polymers auf einer Metallfolien-Unterlage eingeführt wird, weisen die Marken den originalen Abstand voneinander auf. Nach dem Erwärmen des Segments des markierten gehärteten Polymers, welches sich auf der Metallfolie befindet, auf eine hohe Temperatur, z.B. 150 °C, für eine bestimmte Zeitperiode, z.B. eine (1) Stunde, und dem Abkühlen des Segments auf Umgebungsbedingungen sieht man mit einer bestimmten Gruppe aus Folienunterlage und härtbarer Zusammensetzung typischerweise ein Schrumpfen der Polymerbeschichtung. Dies führt zu einer Verrin-

gerung des Abstandes zwischen der Bezugsmarke und den gekennzeichneten Passmarken auf dem Probe-segment. Man nimmt an, dass dies aus der Relaxation von Spannungen in dem Polymer und/oder aus dem Entweichen flüchtiger Restmaterialien, die in dem gehärteten Polymer enthalten sind, herrührt. Das Nettoergebnis ist ein bekanntes oder vorhersehbares Schrumpfen der Abmessungen der Polymerstruktur. Ein solches Schrumpfen variiert typischerweise in Abhängigkeit von dem bestimmten Polymer und den Materialien der Zusatzstoffe, welche in der härtbaren Zusammensetzung, aus der das Polymer gebildet wird, enthalten sind. Wie er hier verwendet wird, soll der Begriff „voraussagbare“ Formstabilität ein solches Schrumpfen berücksichtigen, weil die Urform einfach in Übergröße herzustellen ist, um in dem gegossenen Polymer nach der Erwärmung voraussagbare Abmessungen zu erzeugen. Somit wird das resultierende Verbundprodukt, obwohl ein gewisses Schrumpfen der Abmessungen des gegossenen Polymers stattfindet, als voraussagbar formstabil bezeichnet, weil das Schrumpfen leicht durch geeignete Vergrößerungen der Abmessungen der Topographie der Urform ausgeglichen werden kann. Bei einer anderen Wahl der Folienunterlage und der härtbaren Zusammensetzung kann man eine voraussagbare Ausdehnung erkennen. Voraussagbare Veränderungen können in verschiedenen Richtungen, also Quer- und Längsrichtung, dieselben oder verschieden sein. Ebenfalls vom Umfang der vorliegenden Erfindung umfasst sind zufällige Veränderungen, welche weniger als 100 ppm betragen, vorzugsweise weniger als 60 ppm und am besten weniger als 50 ppm.

[0046] Bevorzugte härtbare Zusammensetzungen weisen ein Gemisch eines aliphatischen Urethana-crylat-Oligomers wie jene, die unter den Handelsbezeichnungen PHOTOMER 6010 (mit einem Molekulargewicht von 1500) oder PHOTOMER 6210 (mit einem Molekulargewicht von 1400) von Cognis, Ambler, PA, erhältlich sind, mit einem oder mehreren Acrylatmonomeren, wie z.B. dem monofunktionellen Tetrahydrofurfuryl-acrylat-Monomer, erhältlich unter der Handelsbezeichnung SR 285, oder dem difunktionellen 1,6-Hexandioldi-acrylat-Monomer mit einem Molekulargewicht von 226, erhältlich unter der Handelsbezeichnung SR 238 von der Sartomer Company, Exton, PA, auf. Ein bevorzugtes Gemisch ist eine Mischung aus dem Oligomer PHOTOMER 6010 und dem Monomer SR 285 in einem Gewichtsverhältnis von 80:20. Ein weiteres bevorzugtes Gemisch ist eine Mischung aus dem Oligomer PHOTOMER 6210 und dem Monomer SR 238 in einem Gewichtsverhältnis von 80:20.

[0047] Elektronenstrahlen, welche auch als ionisierende Strahlung bekannt sind, können in einer Dosierung von etwa 1 bis 200 kGy verwendet werden, vorzugsweise in einer Dosierung von 10 bis 120 kGy. Aktinische Strahlung bezieht sich auf ultraviolette oder sichtbare Strahlung. Ultraviolette Strahlung bezieht sich auf eine Nichtteilchen-Strahlung mit einer Wellenlänge im Bereich von etwa 200 bis 400 Nanometern, vorzugsweise im Bereich von etwa 250 bis 400 Nanometern. Eine bevorzugte Quelle ultravioletter Strahlung wird von UV-Lampen bereitgestellt, welche in einem Bereich von etwa 100 bis 300 Watt/Inch (2,5 cm) der Länge der Glühlampe arbeiten. Sichtbare Strahlung bezieht sich auf Nichtteilchen-Strahlung mit einer Wellenlänge im Bereich von etwa 400 bis etwa 800 Nanometern, vorzugsweise im Bereich von etwa 400 bis etwa 550 Nanometern. wenn aktinische Strahlung verwendet wird, ist gewöhnlich ein Photoinitiator in der härtbaren Oligomerezusammensetzung enthalten. Geeignete Photoinitiatoren und optionale Sensibilisatoren sind bei Martens (siehe oben) offenbart und sind dem Fachmann auf dem Fachgebiet der Bestrahlungshärtung wohlbekannt.

[0048] [Fig. 2](#) ist eine schematische Darstellung eines alternativen Weges zur Herstellung des erfindungs-gemäßen Verbundproduktes. In [Fig. 2](#) wird eine Urform in der Form eines Materialstreifens verwendet, welcher eine Oberfläche aufweist, welche strukturiert ist, wie oben für die Urrolle beschrieben. Der Urstreifen **30** wird von der Rolle **31** abgewickelt, wobei die strukturierte Seite nach oben zeigt, und über die Andrückrolle **32** geführt. Gleichzeitig wird die Folie **33** von der Folienvorratsrolle **34** abgewickelt, welche unter dem Beschichter **35** hindurchgeführt wird, wo die härtbare Zusammensetzung **36** auf die Folienunterlage **33** aufgetragen wird, und die beschichtete Unterlage wird über die Laufrolle **37** geführt, und die beschichtete Unterlage und der Urstreifen **30**, welche sich beide mit derselben Geschwindigkeit bewegen, laufen gleichzeitig an dem Spalt zwischen der Andrückrolle **32** und der Stützrolle **38** zusammen, wo ein ausreichender Anpressdruck von Rolle zu Rolle angewendet wird, so dass sich die Beschichtung **36** an die Struktur, welche sich auf dem Urstreifen **30** befindet, anpasst. Die Stützrolle **38** enthält vorzugsweise ein Flüssigkeits-Zirkulationssystem, um ein Wärme-austauschfluid zirkulieren zu lassen, um die Temperatur der härtbaren Zusammensetzung unter, auf oder über Umgebungstemperatur zu halten. Das härtbare Gemisch kann auf die Urform **30** geschichtet werden, bevor sie mit der Andrückrolle **32** in Kontakt gerät. Es wird jedoch bevorzugt, das Substrat **33** zu beschichten, um die Möglichkeit einer Beschädigung der Urform **30** durch versehentlichen Kontakt mit den Beschichtungsgeräten zu minimieren. Der Verbund aus Unterlage, Beschichtung und Urstreifen wird dann, vorzugsweise mit ultravioletter Strahlung, durch die Strahlungsquelle **39** bestrahlt, welche durch den Urstreifen hindurch ein ausreichendes Maß an Energie liefert, um die härtbare Zusammensetzung in der Schicht **36** zu härten. Danach wird der Verbund um die Laufrolle **40** herumgeführt, wo der Urstreifen **30** von der mikrostrukturierten Polymerschicht, welche sich auf der Unterlage **33** befindet, abgelöst wird, um das Produkt **41** bereitzustellen, welches

dadurch gekennzeichnet ist, dass es eine Metallfolien-Unterlage enthält, die eine mikrostrukturierte Polymerschicht aufweist. Das Verbundprodukt **41** wird dann für die spätere Verarbeitung zu zukünftigen Produkten auf die Vorratsrolle **42** gewickelt.

[0049] Bei dem in [Fig. 2](#) dargestellten Verfahren ist die Formschicht **36** der härtbaren Zusammensetzung durch Bestrahlung mit Elektronenstrahlen, ultravioletter Strahlung oder sichtbarer Strahlung härtpbar. Der Streifen des Master Tools (auch als Produktionswerkzeug bezeichnet) ist aus einem Material zusammengesetzt, welches eine angemessene Menge an Strahlungsenergie nicht absorbiert und durch Strahlungsenergie nicht zersetzt wird. Wenn zum Beispiel Elektronenstrahlen verwendet werden, wird bevorzugt, dass das Produktionswerkzeug nicht aus einem cellulosischen Material hergestellt ist, weil Elektronen Cellulose zersetzen. Wenn ultraviolette Strahlung oder sichtbare Strahlung verwendet wird, sollte das Produktionswerkzeug ein ausreichendes Maß an ultravioletter oder entsprechend sichtbarer Strahlung durchlassen, um das gewünschte Maß an Härtung zu erzeugen.

[0050] Das Produktionswerkzeug sollte mit einer Geschwindigkeit betrieben werden, die ausreichend ist, um eine Zersetzung durch die Strahlungsquelle zu vermeiden. Produktionswerkzeuge, welche eine relativ hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber der Zersetzung durch die Strahlungsquelle aufweisen, können mit im Verhältnis langsameren Geschwindigkeiten betrieben werden. Produktionswerkzeuge, welche eine relativ geringe Widerstandsfähigkeit gegenüber der Zersetzung durch die Strahlungsquelle aufweisen, sollten mit im Verhältnis schnelleren Geschwindigkeiten betrieben werden.

[0051] Das Produktionswerkzeug kann die Form eines Riemens, z.B. eines Endlosriemens, eines Blatts, eines kontinuierlichen Bandes oder einer Bahn, einer Beschichtungsrolle oder einer Hülse, die auf einer Beschichtungsrolle befestigt ist, aufweisen.

[0052] Die Oberfläche des Produktionswerkzeugs, welche mit dem härtbaren Gemisch in Kontakt kommt, weist eine Topographie oder Struktur auf, wie oben erläutert. Die Topographie der dreidimensionalen Mikrostruktur präzise geformter funktioneller Diskontinuitäten in der Polymerschicht weist das Inverse der Struktur der Kontaktfläche des Produktionswerkzeuges auf. Die resultierende Struktur in der Polymerschicht enthält Vertiefungen und distale Abschnitte, wie oben erläutert. Dies kann Vertiefungen umfassen, welche so geformt sind, dass sie bestimmte komplementär geformte Teilchen oder Gegenstände aufnehmen, welche mit den Merkmalen der Oberfläche der Polymerschicht zusammenwirkende mechanische Anordnungen bilden können. Die Oberfläche enthält Vertiefungen, welche rechtwinklig, kreisförmig, halbkreisförmig, dreieckig, quadratisch, sechseckig usw. sein können. Die Wände der Vertiefungen können vertikal oder abgeschrägt sein, und die Bodenabschnitte der Vertiefungen können halbkreisförmig, konisch oder eben sein. Die Boden- und die Wandabschnitte können so modifiziert sein, dass sie nicht glatt sind, z.B. Anhängsel und/oder Ausnehmungen enthalten. Die distalen Abschnitte der Oberfläche können eben sein, wobei die vertieften Abschnitte Vertiefungen in einer ebenen Oberfläche sind, oder die distalen Abschnitte können eine definierte Form aufweisen, z.B. halbkugelförmig, konisch, abgeflacht konisch, trapezförmig, abgeflacht pyramidal, pyramidal und Ähnliches, abhängig von der gewünschten Endverwendung.

[0053] Eine weitere Verwendung des Verbundgegenstandes der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 3](#) dargestellt. In [Fig. 3](#) ist eine Gyri-con- oder Drehkugel-Anzeigevorrichtung abgebildet, wie sie in US-Patentschrift 5,754,332 (Crowley) offenbart ist. Die Anzeigevorrichtung enthält zweifarbige Kugeln **63**, von denen jede in eine Vertiefung oder einen Schacht **66** eingesetzt ist, die in einem Polymersubstrat **68** gebildet sind, welches eine ebene obere Fläche **65** aufweist und sich auf einer Metallfolien-Unterlage **67** befindet. Die zweifarbigen Kugeln weisen eine helle Seite und eine dunkle Seite auf, wie in [Fig. 3](#) dargestellt. Das Substrat **68** wird durch ein dielektrisches Fluid aufgequollen, welches in den Vertiefungen **66** enthalten ist, in welchen sich die Kugeln frei drehen können. Die Kugeln sind in Gegenwart des Fluids elektrisch dipolar und unterliegen somit nach dem Anlegen eines elektrischen Feldes, z.B. durch die Elektroden **61** und entsprechend **62**, wobei **62** durch die Unterlage **67** bereitgestellt wird, der Rotation.

[0054] Die vorliegende Erfindung stellt das Vertiefungen aufweisende Substrat **68** bereit, in welches die Kugeln **63** eingesetzt werden. Es ist bei dieser Anwendung besonders wünschenswert, ein sehr formstabilen Substrat zu haben, um die präzise Positionierung der Kugeln in dem Substrat zu bewahren. Weitere Einzelheiten dieses Gegenstandstyps findet man in der zuvor erwähnten US-Patentschrift 5,754,332.

Beispiele

[0055] Die Erfindung wird durch die folgenden Beispiele weiter veranschaulicht, wobei alle Anteile und Pro-

zentsätze Gewichtsteile bzw. -prozente sind, sofern nicht anders angegeben.

Beschreibung der Bestandteile

[0056] „COPPERBOND™-1-Ounce“-Folie ist eine Kupferfolie mit einer nominalen Dicke von 37 bis 38 µm, erhalten von Somers Thin Strip, Inc., einer Abteilung von Olin Foils, Inc., Waterbury, CT.

[0057] „COPPERBOND™-2-Ounce“-Folie ist eine Kupferfolie mit einer nominalen Dicke von 70 bis 74 µm.

[0058] „PHOTOMER™ 6010“ ist ein aliphatisches Urethanacrylat-Oligomer mit einem Molekulargewicht von 1500, erhalten von Cognis, Ambler, PA.

[0059] „PHOTOMER™ 6210“ ist ein aliphatisches Urethanacrylat-Oligomer mit einem Molekulargewicht von 1400, erhalten von Cognis, Ambler, PA.

[0060] „SR 285“ ist Tetrahydrofurfurylacrylat, ein monofunktionelles Monomer mit einem Molekulargewicht von 156, erhältlich unter der Handelsbezeichnung SR 285 von der Sartomer Company, Exton, PA.

[0061] „SR 238“ ist 1,6-Hexandioldiacrylat, ein difunktionelles Monomer mit einem Molekulargewicht von 226, erhältlich unter der Handelsbezeichnung SR 238 von der Sartomer Company, Exton, PA.

[0062] „Harz A“ ist ein Gemisch aus dem PHOTOMER-6010-Oligomer und dem SR-285-Monomer in einem Gewichtsverhältnis von 80:20.

[0063] „Harz B“ ist ein Gemisch aus dem PHOTOMER-6210-Oligomer und dem SR-238-Monomer in einem Gewichtsverhältnis von 80:20.

Untersuchung der Unterlage

[0064] Die COPPERBOND™-One-Ounce-Kupferfolie wurde untersucht, um zu ermitteln, ob sie als Unterlage für die formstabilen Gegenstände gemäß der vorliegenden Erfindung geeignet ist. Die Untersuchung beinhaltete die Markierung jedes von drei verschiedenen 125mm × 200mm-Segmenten der Kupferfolie an 5 Stellen, an jeder Ecke und in der Mitte eines 105mm × 150mm-Rechtecks, welches sich in der Mitte des Segments befand, mit einem Diamanteindringkörper unter Anwendung einer 500-Gramm-Belastung von der Art, die verwendet wird, um die Härte zu untersuchen. [Fig. 4](#) zeigt die Stellen der Markierungen, wobei die Mittelpunktmarkierung mit Nummer **3** bezeichnet ist, während die Eckmarkierungen jeweils mit **1**, **2**, **4** und **5** bezeichnet sind. Der Diamanteindringkörper war jener, der unter der Handelsbezeichnung MICRO HARNESS TESTER von Shimadzu, Kyoto, Japan, erhältlich ist. Die Position jeder Markierung auf jedem Foliensegment wurde dann unter Verwendung eines Präzisionsmessgeräts mit einer nominalen horizontalen Auflösung von 1 µm gemessen. Danach wurde der Abstand d zwischen jedem Markierungspaar auf jedem Foliensegment berechnet. Es gab insgesamt 10 Abstände, die für jedes Foliensegment berechnet wurden.

[0065] Die Testsegmente der Kupferfolie wurden dann in einem Ofen für eine Stunde auf 150 °C erhitzt, nach dieser Zeit wurden sie entfernt und unter Raumtemperatur-Bedingungen ins Gleichgewicht gebracht. Dieselben Messungen wurden dann wiederholt, um zu ermitteln, ob das Erhitzen irgendeine bleibende Verzerrung der Abmessungen der Kupferfoliensegmente bewirkte.

[0066] Tabelle 1 zeigt die Mittelwerte der Daten aus den drei Segmenten der COPPERBOND™-One-Ounce-Kupferfolie. Spalte 1 ist die Auflistung der Linien, welche für die Abstände zwischen jeder Gruppe von Markierungen auf einem Segment stehen. Die Linie zwischen den Markierungen **1** und **3** ist in Tabelle 1 als „1-3“ bezeichnet. In den Spalten 2 und 3 sind die mittleren Abstände zwischen jeder Gruppe von Markierungen der drei Segmente vor und nach der Wärmebehandlung ausgeführt. Die Zahlenwerte der Abstände sind in Millimetern angegeben. In Spalte 4 ist die Differenz zwischen Spalte 2 und Spalte 3 aufgelistet, wobei positive Werte eine Ausdehnung ausdrücken und negative Werte eine Kontraktion ausdrücken. In Spalte 5 sind schließlich die Standardabweichungen der gemittelten Daten der drei Foliensegmente aufgelistet.

[0067] [Fig. 5](#) zeigt eine graphische Darstellung der Daten in Tabelle 1. Die Veränderungen aufgrund der Wärmebehandlung sind gegen die entsprechenden mittleren Abstände zwischen den Markierungen aufgetragen. Ebenfalls aufgetragen sind die obere und die untere durchgezogene Linie **82** und **81**, welche die Grenzen der hypothetischen positiven 100ppm-Veränderung und der negativen 100ppm-Veränderung darstellen. Man be-

achte, dass alle tatsächlichen Datenpunkte deutlich innerhalb dieser 100ppm-Grenzen liegen. Man beachte ebenfalls, dass der Mittelwert aller Daten eine Kontraktion von nur 5 ppm ist, welche möglicherweise innerhalb der Versuchungenauigkeit von Null (also keiner Veränderung) liegt. Diese Daten zeigen, dass die Kupferfolie ein brauchbares Substrat ist, auf welchem man ein Harz härten kann und dadurch einen Verbundfilm mit einer ausgezeichneten Formstabilität erhalten kann.

Tabelle 1

Berechneter Abstand	Mittelwert		Mittlere Veränderung (mm)	Std.-Abw. Veränderung (mm)
	vor Erhitzung (mm)	nach Erhitzung (mm)		
1-2	151,768	151,767	-0,001	0,001
1-3	91,758	91,757	-0,001	0,002
1-4	105,584	105,580	-0,005	0,002
1-5	182,783	182,781	-0,002	0,001
2-3	93,873	93,873	0,000	0,002
2-4	187,078	187,079	0,001	0,001
2-5	107,804	107,802	-0,002	0,001
3-4	93,228	93,229	0,001	0,002
3-5	91,101	91,099	-0,001	0,001
4-5	150,426	150,431	0,005	0,003

Beispiele 1 bis 3

[0068] Die Beispiele 1 bis 3 wurden unter Anwendung der Härtungstechnik (aber nicht der Geräte), die in [Fig. 1](#) abgebildet ist, mit den härtbaren Zusammensetzungen, die in Tabelle 2 beschrieben sind, hergestellt. Die Beschichtung wurde unter Verwendung einer herkömmlichen Rakelauftragsmaschine aufgebracht, welche so eingestellt war, dass sie eine nominale Beschichtungsstärke von 75 µm lieferte. Die Beschichtung wurde als Handverteilung zwischen der COPPERBOND-One-Ounce-Kupferfolienunterlage und dem Master Tool aufgebracht, welches statt einer Prägerolle des Typs, wie er in [Fig. 1](#) abgebildet ist, eine ebene Platte war. Dieser Verbund wurde an einen Polyesterfilm gebunden, welcher als Träger diente, um den Verbund unter die Elektronenstrahlquelle zu führen, wo sie durch die Kupferfolienunterlage hindurch bestrahlt wurde. Die Härtung wurde durch Benutzung einer Elektronenstrahl-Energiequelle durchgeführt, welche unter der Handelsbezeichnung ELECTROCURTAIN™ von Energy Sciences, Inc., Woburn, MA, erhältlich ist, wobei sich die Bahn mit einer Geschwindigkeit von 0,1 m/s bewegte, mit einer Bestrahlung mit einer 300kV-, 120kGy-Dosierung in einer Stickstoffatmosphäre. Die Einzelheiten jedes Master Tools sind ebenfalls für jedes der Beispiele 1 bis 3 in Tabelle 2 angegeben. Die Wiedergabegüte der Reproduktion der Beschichtung wurde mit einem optischen Mikroskop oder mit einem Rautiefenmesser gemessen, welches unter der Handelsbezeichnung WYKO-Laser-Oberflächen-Rautiefenmesser von Veeco Instruments, Tucson, AZ, erhältlich ist. Die Reproduktionsparameter sind ebenfalls in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2

Bsp. Nr.	Master Tool	Harz	Parameter der Urform		Parameter der Reproduktion	
1	90°-V-Einkerbungen 50 μm Abstand	B	Abstand (μm)	50	Abstand (μm)	50
			Tiefe (μm)	24	Tiefe (μm)	22
2	90°-V-Einkerbungen 300 μm Abstand	B	Abstand (μm)	353	Abstand (μm)	354
			Tiefe (μm)	175	Tiefe (μm)	171
3	Quadratisches Feld runder	A	Abstand (μm)	770	Abstand (μm)	770

	Säulen		Bodenbreite (μm)	170	Bodenbreite (μm)	163
			Obere Breite (μm)	136	Obere Breite (μm)	146
			Höhe (μm)	132	Höhe (μm)	131

[0069] Die Beispiele 1 und 2 zeigen, dass Merkmale mit präzisen Neigungen und Abständen reproduziert werden können. Beispiel 3 zeigt, dass Merkmale mit einem relativ hohen Symmetrieverhältnis (Höhe zu Durchmesser) und einer weiten Trennung voneinander reproduziert werden können. Alle Veränderungen der Abmessungen, die mit dem Schrumpfen des Harzes während der Härtung zu tun haben, können durch die Urform ausgeglichen werden.

Beispiel 4

[0070] Ein Streifen der 2-Ounce-COPPERBOND™-Kupferfolie von etwa 200 × 125 mm wurde auf seiner glänzenden Seite mit Eindrücken (Passmarken) markiert, wie oben in der Beschreibung der Untersuchung der Unterlage ausgeführt, um ein Master Tool bereitzustellen. Die Markierung wurde durchgeführt durch Anwendung eines Diamanteindringkörpers mit einer Belastung von 1000 Gramm, um einen Eindruck in der Mitte des Streifens zu erzeugen, wobei ein Feld von 4 Eindrücken in einem Quadrat mit einer Seitenlänge von etwa 105 mm um die Mitte herum angeordnet war. Die Eindrücke fungierten als Bezugspunkte. Drei Stücke der 1-Ounce-COPPERBOND™-Kupferfolie, jedes etwa 200 × 125 mm, wurden dann als Substrate benutzt, um die Eindrücke auf der Urform zu reproduzieren. Dies wurde wie bei den Beispielen 1 bis 3 durchgeführt durch Beschichten jeder 1-Ounce-COPPERBOND™-Kupferfolie mit einer nominalen Dicke von 75 μm des Harzes B, Andrücken gegen die Urform und Bestrahlen der Beschichtung in derselben Weise, wie es bei den Beispielen 1 bis 3 durchgeführt wurde, durch die Kupferfolie hindurch. Die Positionen der reproduzierten Passmarken (nun Pyramiden) wurden unter Verwendung des oben beschriebenen Messgeräts aufgezeichnet. Die Proben wurden dann für eine Stunde auf 150 °C erhitzt, auf Umgebungsbedingungen abgekühlt und erneut gemessen. Die Daten der drei Proben wurden gemittelt, und die Ergebnisse sind in Tabelle 3 angegeben. Spalte 1 ist die Auflistung der Linien, welche für die Abstände zwischen jeder Gruppe von Markierungen auf einem Segment stehen. Die Linie zwischen den Markierungen 1 und 3 ist in Tabelle 3 als „1-3“ bezeichnet. In den Spalten 2 und 3 sind die mittleren Abstände zwischen jeder Gruppe von Markierungen der drei Segmente vor und nach der Wärmebehandlung ausgeführt. Die Zahlenwerte der Abstände sind in Millimetern angegeben. In Spalte 4 ist die Differenz zwischen Spalte 2 und Spalte 3 aufgelistet, wobei positive Werte eine Ausdehnung ausdrücken

und negative werte eine Kontraktion ausdrücken. In Spalte 5 sind schließlich die Standardabweichungen der gemittelten Daten der drei Foliensegmente aufgelistet.

Tabelle 3

Berechneter Abstand	Mittelwert		Mittlere Veränderung (mm)	Std.-Abw. Veränderung (mm)
	vor Erhitzung (mm)	nach Erhitzung (mm)		
1-2	104,514	104,515	0,001	0,002
1-3	74,237	74,232	-0,005	0,005
1-4	105,389	105,383	-0,006	0,007
1-5	145,552	145,543	-0,009	0,004
2-3	77,928	77,927	-0,001	0,004
2-4	150,135	150,130	-0,005	0,006
2-5	105,238	105,232	-0,006	0,003
3-4	72,216	72,212	-0,004	0,002
3-5	71,393	71,390	-0,004	0,001
4-5	103,068	103,060	-0,008	0,009

[0071] [Fig. 6](#) zeigt eine graphische Darstellung der Daten in Tabelle 3. Die Veränderungen aufgrund der Wärmebehandlung sind gegen die entsprechenden mittleren Abstände zwischen den Markierungen aufgetragen. Ebenfalls aufgetragen sind die obere und die untere durchgezogene Linie, welche die Grenze der hypothetischen negativen 100ppm-Veränderung **81** und die Grenze der negativen 100ppm-Veränderung **82** darstellen. Man beachte, dass alle tatsächlichen Datenpunkte deutlich innerhalb dieser 100ppm-Grenzen liegen.

Beispiel 5

[0072] Harz A wurde zu einer nominalen Dicke von 75 Mikrometern auf eine 1-Ounce-COPPERBOND™-Kupferfolienunterlage und auf eine 2-Ounce-COPPERBOND™-Kupferfolienunterlage geschichtet. Die Beschichtungen wurden zwischen der Folie und einem 50-Mikrometer-Polyethylenterephthalatfilm angedrückt, und die Beschichtungen wurden, so angeordnet, durch die Kupferfolienunterlage hindurch mit Elektronenstrahlen bestrahlt, welche mit 300 kV ausgesendet wurden. Die resultierenden gehärteten Beschichtungen waren nicht klebefrei. Die resultierenden Beschichtungen wurden unter Verwendung eines ATR-FTIR-Infrarotspektrometers, erhältlich unter der Handelsbezeichnung IMPACT™ 400 von der Nicolet Instrument Corp., Madison, WI, mit einer MULTI-BOUNCE-HATR-Befestigung, erhältlich von Spectra-Tech, Inc., Shelton, CT, auf nicht umgesetzte Acrylbindungen analysiert. Der untersuchte Spektralbereich reichte von 800 bis 820 cm⁻¹, welcher als der sensibelste für die Ermittlung nicht umgesetzter Acrylbindungen gewählt wurde. Die Testergebnisse zeigten, dass sogar bei einer Dosierung von 215 kGy (der höchsten erreichbaren Dosierung mit der verwendeten Elektronenstrahlquelle) das Maß an Härtung durch die 2-Ounce-COPPERBOND™-Kupferfolie hindurch nicht so hoch war wie durch die 1-Ounce-COPPERBOND™-Kupferfolie hindurch mit einer Elektronenstrahldosierung von nur 100 kGy. Dies legt nahe, dass die bevorzugte Kupferfolienunterlage für eine Elektronenstrahl-Beschleunigungsspannung von 300 kV in der Größenordnung von etwa 50 µm oder weniger liegen sollte.

Beispiel 6

[0073] Eine Urstruktur wurde durch Laserablation in einem 75 µm dicken Polyimidfilm erzeugt, welcher unter der Handelsbezeichnung KAPTON-Polyimidfilm von DuPont in Wilmington, DE, erhältlich ist. Die Struktur bestand aus Reihen von ovalen Vertiefungen, welche in Längsrichtung um einen halben Abstand versetzt angeordnet waren. Diese Struktur ist nützlich für die Aufnahme leitender Ellipsoide für den späteren Einbau in in der z-Achse leitfähige Klebstoffe, wie in WO 20/00563 A offenbart. Diese Urform wurde durch Elektroformung in

Nickel reproduziert. Die resultierende Metall-Urform wies ovale Säulen auf, mit den in Tabelle 4 unten dargestellten Messungen. Diese Messungen wurden unter Verwendung eines optischen Mikroskops mit einem Messtisch erhalten. Diese Metall-Urform wurde wie in Beispiel 1 bis 3 unter Verwendung des Harzes A reproduziert. Der resultierende Harz/Kupfer-Verbundgegenstand wies auf seiner Oberfläche eine Struktur von Vertiefungen auf, deren Messungen in Tabelle 4 dargestellt sind. Es sollte zu Tabelle 4 angemerkt werden, dass die „Obere Breite“ der Urform der „Bodenbreite“ der Reproduktion entspricht.

Tabelle 4

Alle Messungen in μm

	Metall-Urform mit Säulen	Elektronenstrahl- gehärtete Reproduktion mit Vertiefungen
Obere Breite	5	13
Obere Länge	14	22
Abstand entlang der Länge	27	27
Abstand entlang der Breite	18	18
Tiefe	10	11
Bodenbreite	13	5
Bodenlänge	22	13

Beispiel 7

[0074] Ein Segment des Gegenstandes aus Beispiel 3 wurde in einer Trockenätzvorrichtung durch eine einfache Schattenmaske (eine Aluminiumplatte mit einem eingefrästen $4 \times 24\text{mm}$ -Spalt) hindurch behandelt, bis die Böden der Vertiefungen in einem Streifen von etwa 5×30 Vertiefungen die darunter liegende Kupferfolie erreicht hatten. Bei der Trockenätzvorrichtung handelte es sich um jene, die unter der Handelsbezeichnung MICRO RIE SERIES 800 von Technics, Pleasanton, CA, erhältlich ist, mit 300 Watt für 14 Stunden bei Raumtemperatur mit einer Sauerstoffatmosphäre bei 300 Torr betrieben. Durch dieselbe Maske wurde Kupfer auf das Segment aufgedampft. Bei dem Kupfer-Bedampfer handelte es sich um jenen, der unter der Handelsbezeichnung SEC-600 DUAL PHASE CRYO TORR SYSTEM von CHA Industries, Menlo Park, CA, erhältlich ist, betrieben bei 1×10^{-6} Torr und mit 9,5 kV, um zuerst $0,02 \mu\text{m}$ Titan und dann $1,2 \mu\text{m}$ Kupfer zu plattieren. Ein zweites Segment des Gegenstandes aus Beispiel 3, welches nicht geätzt worden war, wurde ebenfalls unter Verwendung derselben Maske mit Kupfer bedampft. Weder die Ätz- noch die Bedampfungsbedingungen waren optimiert. Für das Segment, welches sowohl durch Ätzen als auch durch Aufdampfen behandelt war, betrug der Widerstand zwischen dem resultierenden bedampften Feld und der Kupferunterlage etwa 6 Ohm, gemessen durch einfaches Pressen von Ohmmetersonden gegen die beiden Seiten des Segments. Der Widerstand, welcher durch Zusammenpressen der Sonden des Ohmmeters gemessen wurde, betrug etwa 6 Ohm. Für das Segment des Gegenstandes aus Beispiel 3, welches bedampft, aber nicht geätzt worden war, betrug der Widerstand zwischen dem bedampften Feld und der Kupferunterlage mehr als 10^{12} Ohm. Dies zeigt, dass in den Gegenständen der vorliegenden Erfindung Durchkontaktierungen erzeugt werden können. Dies zeigt, dass die Verbundgegenstände der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, um unter Anwendung bekannter Verfahren elektrische Schaltungen zu bauen.

[0075] Die vorliegende Erfindung ist nun mit Bezug auf verschiedene Ausführungsformen beschrieben worden. Es wird dem Fachmann ersichtlich sein, dass an den beschriebenen Ausführungsformen viele Veränderungen vorgenommen werden können, ohne den Umfang der Erfindung zu verlassen. Der Umfang der vorliegenden Erfindung sollte also nicht auf die hier beschriebenen Strukturen beschränkt werden, sondern stattdes-

sen durch die Strukturen, welche durch den Wortlaut der Patentansprüche beschrieben werden, und die Äquivalente jener Strukturen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Verbundgegenstandes mit einer großen voraussagbaren Formstabilität, wobei das Verfahren umfasst

- a. Abscheiden einer Schicht einer strahlungshärtbaren Zusammensetzung auf einer Oberfläche einer strahlungsdurchlässigen Metallfolien-Unterlage, um eine Schicht mit einer freiliegenden Oberfläche bereitzustellen;
- b. Kontaktieren einer Urform mit einer vorgeformten Oberfläche, welche ein Muster aufweist, die der freiliegenden Oberfläche der Schicht der strahlungshärtbaren Zusammensetzung auf der Metallfolien-Unterlage eine dreidimensionale Mikrostruktur präzise geformter und angeordneter funktioneller Diskontinuitäten verleihen kann, wobei die Diskontinuitäten distale Oberflächenabschnitte und benachbarte vertiefte Oberflächenabschnitte, enthaltend Vertiefungen, welche rechtwinklig, kreisförmig, halbkreisförmig, dreieckig, quadratisch oder sechseckig sind, enthalten, unter ausreichendem Kontaktdruck, um der Schicht das Muster zu verleihen;
- c. Bestrahlen der härtbaren Zusammensetzung mit einem ausreichenden Maß an Strahlung durch die Metallfolien-Unterlage hindurch, während die Schicht der strahlungshärtbaren Zusammensetzung sich in Kontakt mit der gemusterten Oberfläche der Urform befindet, um die Zusammensetzung zu härten, um ein gehärtetes Polymer bereitzustellen, welches an der Metallfolien-Unterlage haftet; und
- d. Trennen der gehärteten Polymerschicht auf der Metallfolien-Unterlage von der Oberfläche der Urform.

2. Verfahren zur Herstellung eines Verbundgegenstandes mit einer großen voraussagbaren Formstabilität, wobei das Verfahren umfasst:

- a. Anordnen einer Schicht einer strahlungshärtbaren Zusammensetzung auf einer Oberfläche einer Metallfolien-Unterlage, um eine Schicht mit einer freiliegenden Oberfläche bereitzustellen;
- b. Kontaktieren einer strahlungsdurchlässigen Urform mit einer vorgeformten Oberfläche, welche ein Muster aufweist, die der freiliegenden Oberfläche der Schicht der strahlungshärtbaren Zusammensetzung auf der Metallfolien-Unterlage eine dreidimensionale Mikrostruktur präzise geformter und angeordneter funktioneller Diskontinuitäten verleihen kann, wobei die Diskontinuitäten distale Oberflächenabschnitte und benachbarte vertiefte Oberflächenabschnitte, enthaltend Vertiefungen, welche rechtwinklig, kreisförmig, halbkreisförmig, dreieckig, quadratisch oder sechseckig sind, enthalten, unter ausreichendem Kontaktdruck, um der Schicht das Muster zu verleihen;
- c. Bestrahlen der Zusammensetzung mit einem ausreichenden Maß an Strahlung durch die Urform hindurch, während die Schicht der strahlungshärtbaren Zusammensetzung sich in Kontakt mit der gemusterten Oberfläche der Urform befindet, um die Zusammensetzung zu härten, um ein gehärtetes Polymer bereitzustellen, welches an der Metallfolien-Unterlage haftet; und
- d. Trennen der gehärteten Polymerschicht auf der Metallfolien-Unterlage von der Oberfläche der Urform.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, wobei die strahlungshärtbare Zusammensetzung eine härtbare Oligomerezusammensetzung ist.

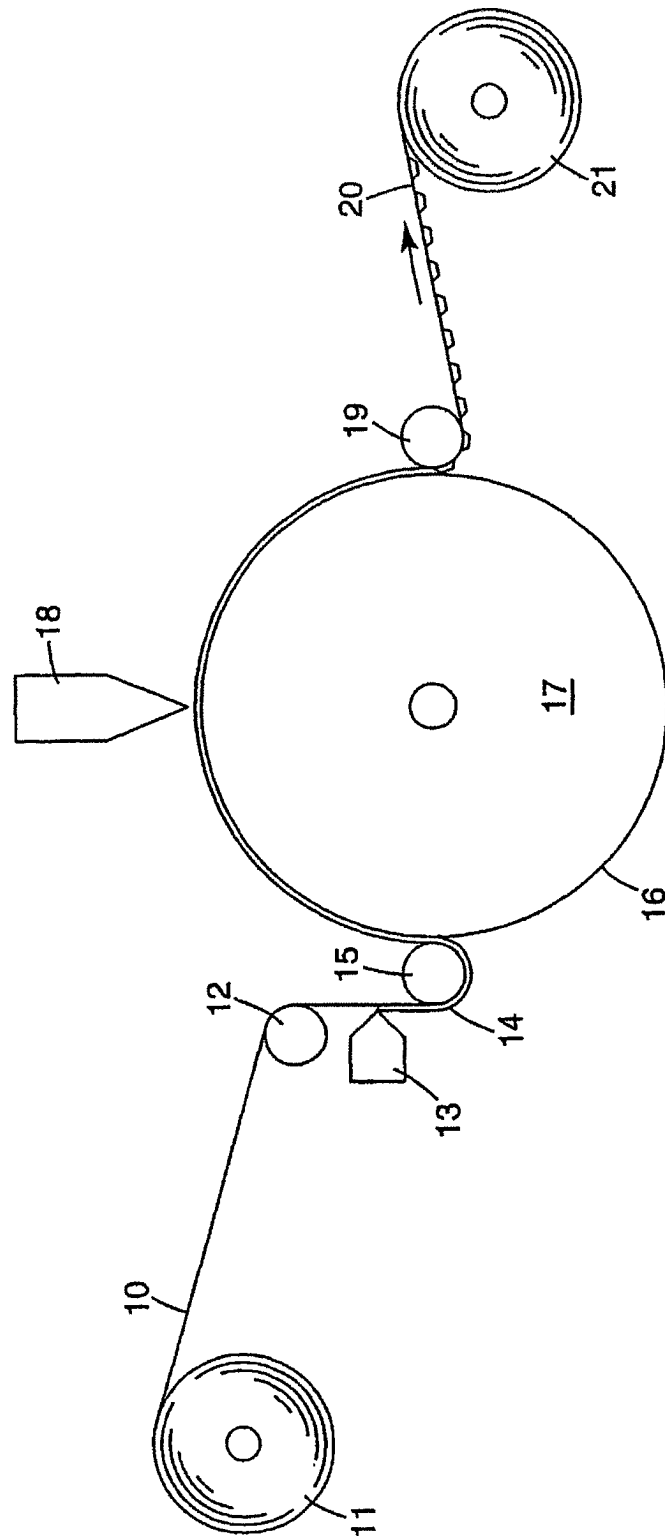
4. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, wobei nach einem solchen Kontakt mindestens ein Abschnitt der Polymerschicht einen distalen Oberflächenabschnitt enthalten wird, welcher mindestens mit einem Abstand von 0,05 mm von einem benachbarten vertieften Oberflächenabschnitt distal entfernt angeordnet ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, wobei die Metallfolien-Unterlage ein Metall umfasst, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Kupfer, Aluminium, Zink, Titan, Zinn, Eisen, Nickel, Gold, Silber, Kombinationen daraus und Legierungen daraus.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Strahlung ausgewählt ist aus Elektronenstrahl-Strahlung und thermischer Strahlung.

7. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Strahlung ausgewählt ist aus aktinischer Strahlung, thermischer Strahlung und Elektronenstrahl-Strahlung.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



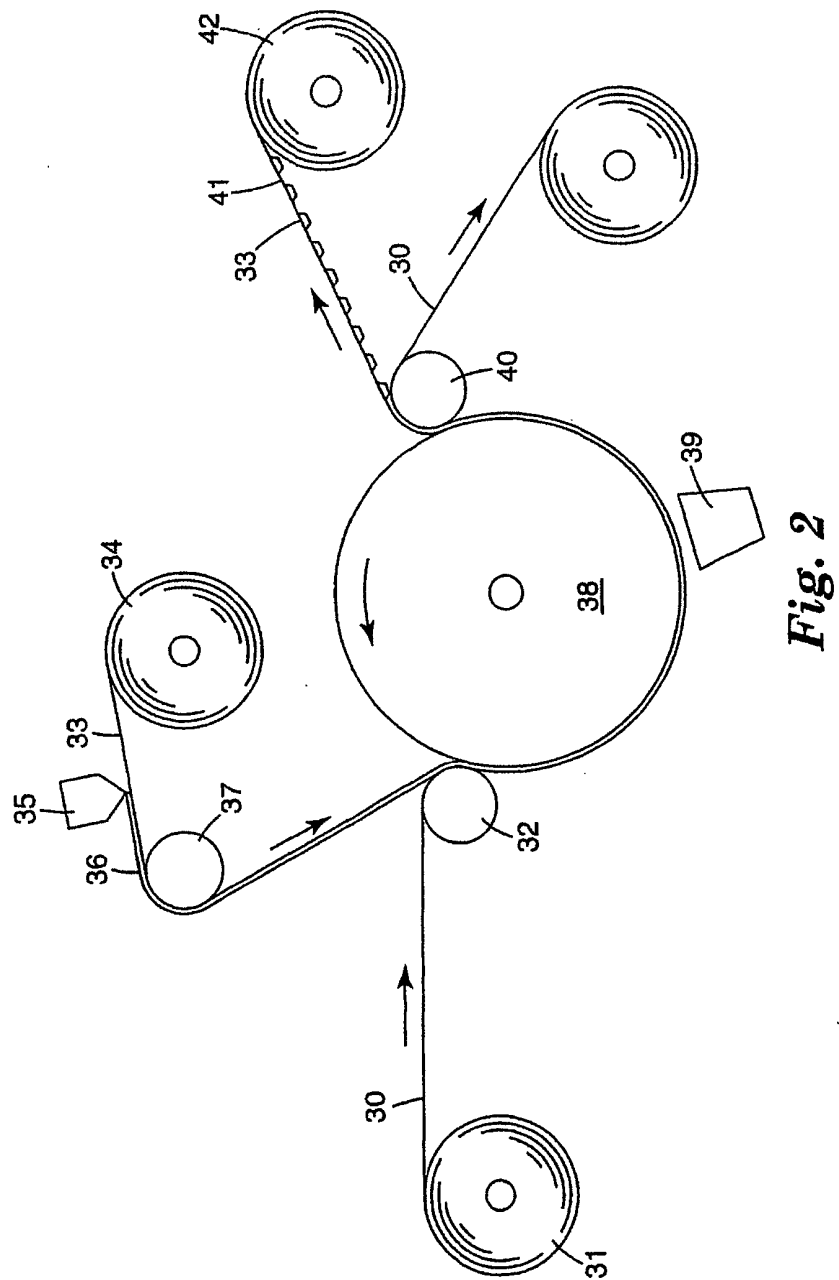


Fig. 2

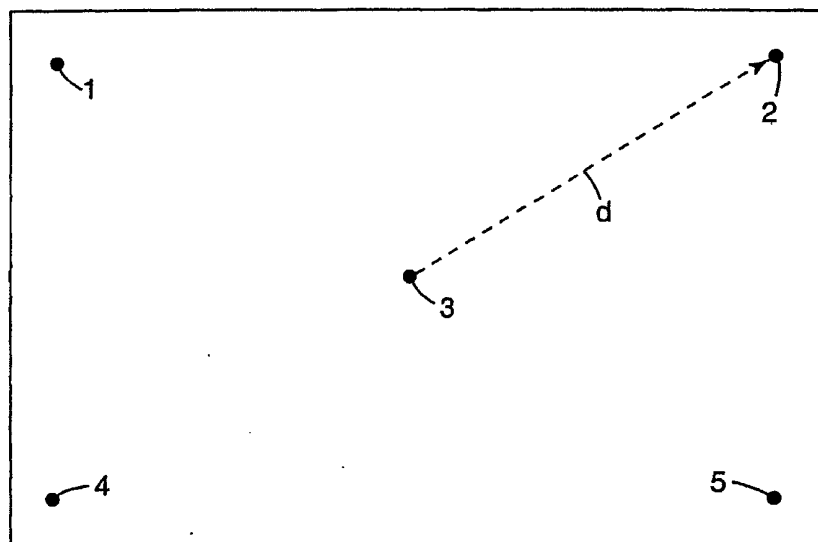
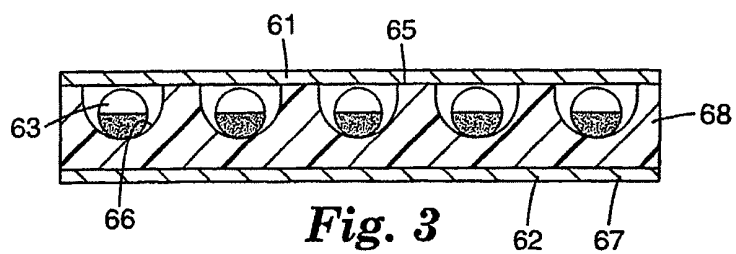


Fig. 4

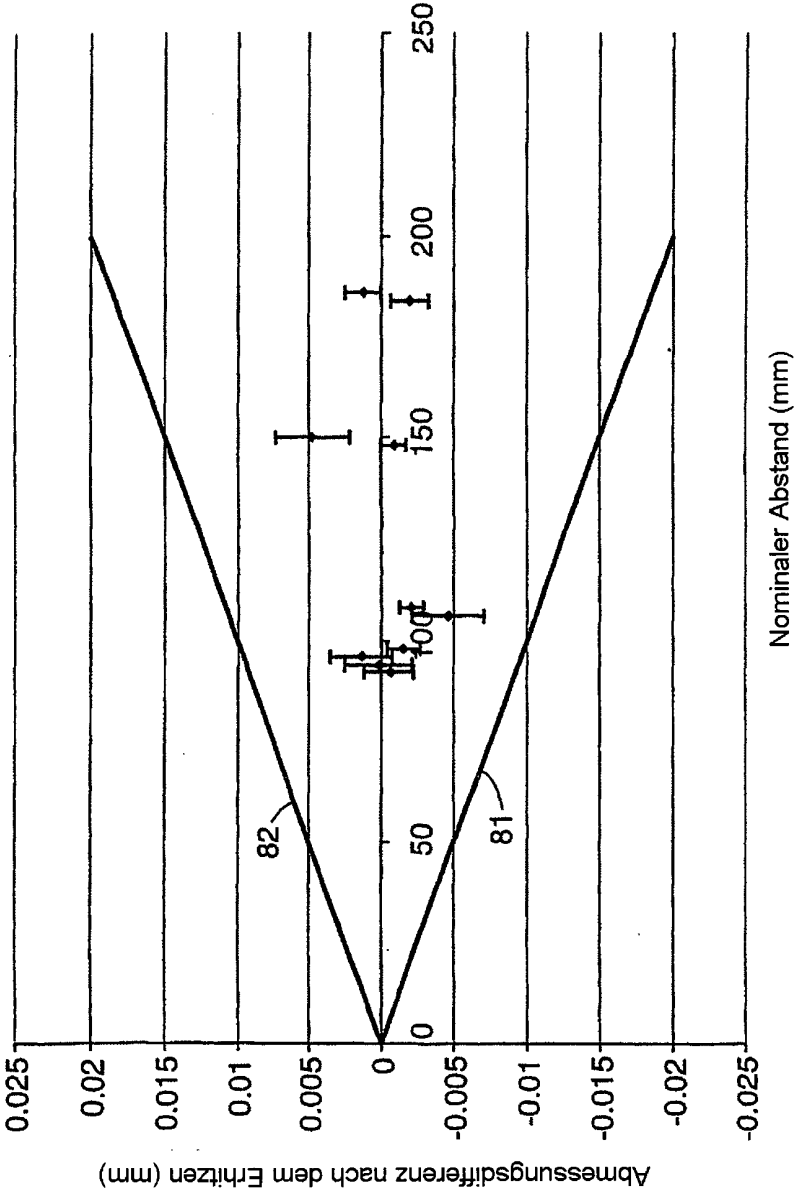
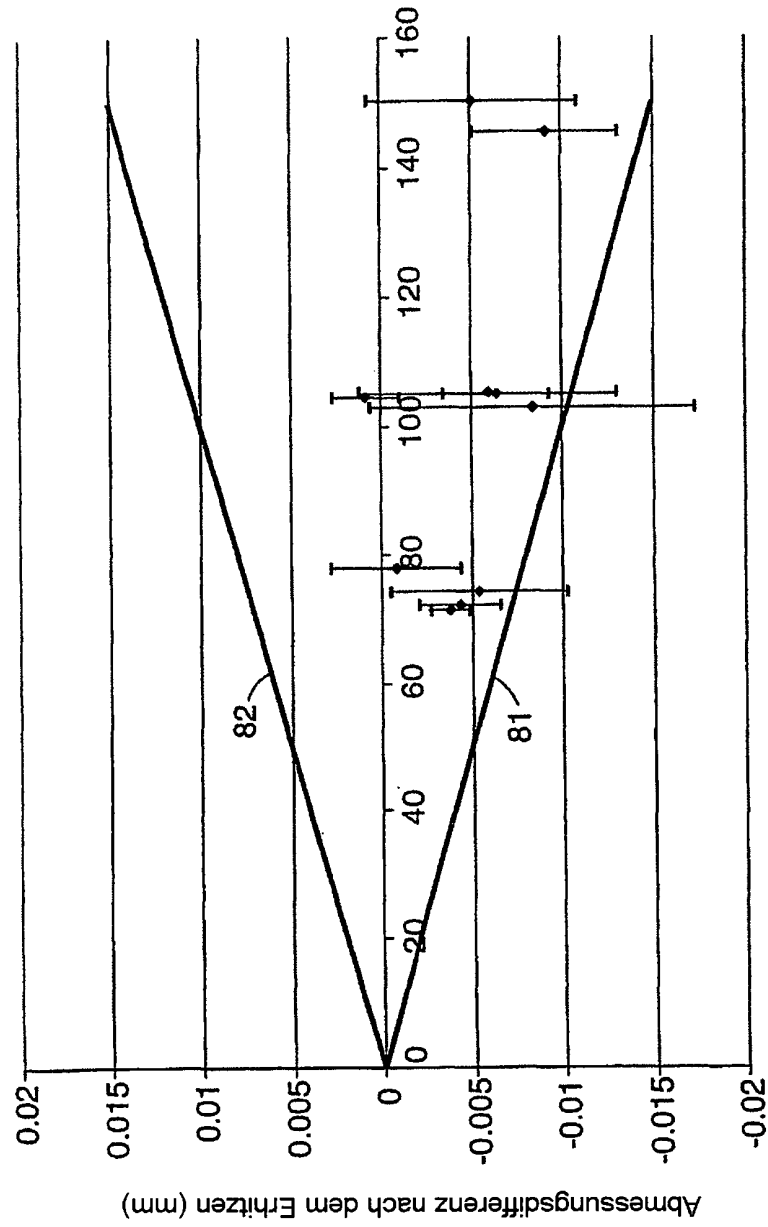


Fig. 5



Nominaler Abstand (mm)

Fig. 6