



(10) **DE 11 2019 002 263 T5** 2021.02.18

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/213048**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(51) Int Cl.: **H01Q 9/04 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2019 002 263.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2019/029857**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.04.2019**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **07.11.2019**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **18.02.2021**

(30) Unionspriorität:

62/665,072	01.05.2018	US
62/671,022	14.05.2018	US
16/396,943	29.04.2019	US

(71) Anmelder:

Rogers Corporation, Chandler, AZ, US

(74) Vertreter:

**Müller Schupfner & Partner Patent- und
Rechtsanwaltspartnerschaft mbB, 80336
München, DE**

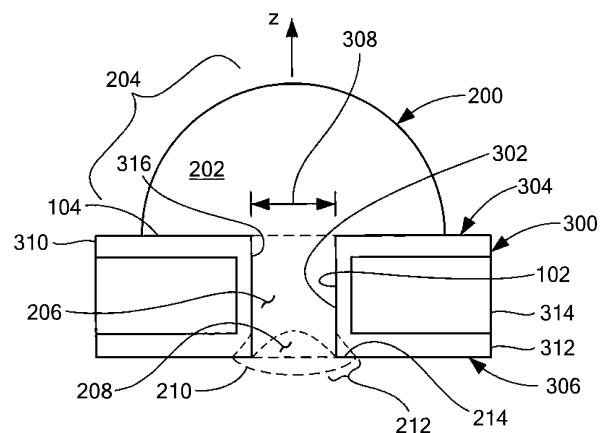
(72) Erfinder:

**O'Connor, Stephen, Chandler, AZ, US; Taraschi,
Gianni, Chandler, AZ, US; Brown, Christopher,
Chandler, AZ, US; Pance, Kristi, Chandler, AZ,
US; Sprentall, Karl, Chandler, AZ, US; Fitts,
Bruce, Chandler, AZ, US; Baars, Dirk, Chandler,
AZ, US; Blasius, William, Chandler, AZ, US;
Sethumadhavan, Murali, Chandler, AZ, US;
George, Roshin Rose, Chandler, AZ, US; White,
Michael S., Chandler, AZ, US; Lunt, Michael,
Chandler, AZ, US; Henson, Sam, Chandler, AZ,
US; Dobrick, John, Chandler, AZ, US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Auf ein Substrat befestigte elektromagnetische dielektrische Struktur und Verfahren zu deren Herstellung**

(57) Zusammenfassung: In einer Ausführungsform umfasst ein elektromagnetisches Bauelement ein Substrat ein Substrat, das eine dielektrische Schicht und eine erste leitende Schicht umfasst; mindestens eine dielektrische Struktur, die mindestens ein nicht-gasförmiges dielektrisches Material umfasst, das einen ersten dielektrischen Abschnitt bildet, der sich von der ersten Seite des Substrats nach außen erstreckt, wobei der erste dielektrische Abschnitt eine mittlere Dielektrizitätskonstante und einen optionalen zweiten dielektrischen Abschnitt aufweist, der sich in eine optionale Durchkontaktierung erstreckt. Die mindestens eine dielektrische Struktur ist mit dem Substrat durch mindestens eines der folgenden Elemente verbunden: eine mechanische Verriegelung zwischen dem zweiten dielektrischen Teil und dem Substrat aufgrund des mindestens einen Verriegelungsschlitzes, der eine retrograde Oberfläche aufweist; eine Zwischenschicht, die sich zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat befindet und eine aufgerauhte Oberfläche aufweist; oder ein Klebmaterial, das sich zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat befindet. Ein Verfahren zur Herstellung der Vorrichtung kann das Spritzgießen einer dielektrischen Zusammensetzung auf das Substrat umfassen, um das dielektrische Substrat zu bilden.



BeschreibungQUERVERWEIS AUF
VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Vorteile der U.S. Serial No. 16/396,943, eingereicht am 29. April 2019, die die Vorteile der U.S. Provisional Application Serial No. 62/671,022, eingereicht am 14. Mai 2018, beansprucht und die Vorteile der U.S. Provisional Application Serial No. 62/665,072, eingereicht am 1. Mai 2018, die alle durch Verweis in ihrer Gesamtheit in dieser Anmeldung aufgenommen wurden.

HINTERGRUND

[0002] Die vorliegende Offenlegung bezieht sich im Allgemeinen auf eine Befestigungsbaugruppe für eine dielektrische Struktur, insbesondere auf ein elektromagnetisches Gerät, und im Besonderen auf ein dielektrisches Resonator-Antennensystem (DRA), einen dielektrischen, elektronischen Filter oder eine dielektrisch belastete Antenne.

[0003] Während bestehende dielektrische Strukturen und deren Anordnungen für den vorgesehenen Zweck geeignet sein können, würde der Stand der Technik der dielektrischen Strukturen durch eine verbesserte Befestigungsanordnung zur Verbesserung der Haftung der dielektrischen Strukturen auf einem Substrat vorangetrieben.

KURZE ZUSAMMENFASSUNG

[0004] In einer Ausführungsform umfasst eine elektromagnetische Vorrichtung ein Substrat, das eine dielektrische Schicht und eine erste leitende Schicht umfasst; mindestens eine dielektrische Struktur, die mindestens ein nichtgasförmiges dielektrisches Material umfasst, das einen ersten dielektrischen Abschnitt bildet, der sich von der ersten Seite des Substrats nach außen erstreckt, wobei der erste dielektrische Abschnitt eine mittlere Dielektrizitätskonstante aufweist, und einen optionalen zweiten dielektrischen Abschnitt, der sich in ein optionales Via erstreckt. Die mindestens eine dielektrische Struktur ist mit dem Substrat durch mindestens eines der folgenden Elemente verbunden: eine mechanische Verriegelung zwischen dem zweiten dielektrischen Teil und dem Substrat aufgrund des mindestens einen Verriegelungsschlitzes, der eine retrograde Oberfläche aufweist; eine Zwischenschicht, die sich zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat befindet und eine aufgerauhte Oberfläche aufweist; oder ein Klebstoffmaterial, das sich zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat befindet.

[0005] Ein Verfahren zur Herstellung der Vorrichtung kann das Spritzgießen einer dielektrischen Zusam-

mensetzung auf das Substrat umfassen, um die Vorrichtung zu bilden.

[0006] Die oben beschriebenen und andere Merkmale werden durch die folgenden Abbildungen, detaillierten Beschreibungen und Ansprüche veranschaulicht.

Figurenliste

[0007] Bezug nehmend auf die beispielhaften, nicht einschränkenden Zeichnungen, wobei gleichartige Elemente in den begleitenden Abbildungen gleich nummeriert sind:

Fig. 1 zeigt ein Beispiel für ein elektromagnetisches Gerät in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform;

Fig. 2A, Fig. 2B und **Fig. 2C** zeigen beispielhafte alternative Ausführungsformen einer dielektrischen Struktur, die auf ein Substrat mit einem elektrisch leitenden Durchgangs-Via entsprechend einer Ausführungsform geklebt ist;

Fig. 3A, Fig. 3B und **Fig. 3C** zeigen beispielhafte alternative Ausführungsformen einer dielektrischen Struktur, die gemäß einer Ausführungsform auf ein Substrat mit einem nicht elektrisch leitenden Durchgangs-Via geklebt ist;

Fig. 4A und **Fig. 4B** zeigen beispielhafte alternative Ausführungsformen einer dielektrischen Struktur, die gemäß einer Ausführungsform auf ein Substrat mit einem nicht elektrisch leitenden Blind-Via geklebt ist;

Fig. 5A, Fig. 5B und **Fig. 5C** zeigen beispielhafte alternative Ausführungsformen einer dielektrischen Struktur, die gemäß einer Ausführungsform auf ein Substrat mit einer Öffnung in einer Metallschicht geklebt ist;

Fig. 6A und **Fig. 6B** zeigen beispielhafte alternative Ausführungsformen einer dielektrischen Struktur, die unter Verwendung einer expandierten Zwischenschicht auf ein Substrat geklebt wird, in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform;

Fig. 7A und **Fig. 7B** zeigen beispielhafte alternative Ausführungsformen einer dielektrischen Struktur, die unter Verwendung einer nicht expandierten Zwischenschicht auf ein Substrat geklebt wird, entsprechend einer Ausführungsform;

Fig. 8A und **Fig. 8B** zeigen beispielhafte alternative Ausführungsformen einer dielektrischen Struktur, die ähnlich wie in **Fig. 6A, Fig. 6B, Fig. 7A** und **Fig. 7B** auf ein Substrat geklebt ist und eine metallisierte Struktur verwendet, in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform;

Fig. 9A und **Fig. 9B** zeigen ein Beispiel für eine dielektrische Struktur mit Seitenflügelabschnitten, die gemäß einer Ausführungsform mit einem Substrat verbunden sind;

Fig. 10A, Fig. 10B, Fig. 10C, Fig. 10D, Fig. 10E, Fig. 10F, Fig. 10H, Fig. 10I und **Fig. 10J** zeigen eine Beispielalternative von dreidimensionalen Formen für eine dielektrische Struktur in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform;

Fig. 11A, Fig. 11B, Fig. 11C, Fig. 11D und **Fig. 11E** zeigen beispielhaft alternative z-Achsen-Querschnitte für eine dielektrische Struktur in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform;

Fig. 12A, Fig. 12B, Fig. 12C, Fig. 12D, Fig. 12E, Fig. 12F und **Fig. 12G** zeigen Beispiele alternativer Anordnungen dielektrischer Strukturen **200** in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform; und

Fig. 13 zeigt ein Beispiel eines Verriegelungsschlitzes mit einer retrograden Oberfläche.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0008] Obgleich die folgende detaillierte Beschreibung zur Veranschaulichung viele Besonderheiten enthält, wird jeder, der über gewöhnliches Fachwissen verfügt, zu schätzen wissen, dass viele Variationen und Änderungen der folgenden Details in den Geltungsbereich der Ansprüche fallen. Dementsprechend werden die folgenden Beispielausführungen ohne Verlust an Allgemeingültigkeit und ohne Einschränkungen der Ansprüche dargestellt.

[0009] Eine Ausführungsform, wie sie durch die verschiedenen Abbildungen und den begleitenden Text gezeigt und beschrieben wird, stellt eine Befestigungsbaugruppe für eine dielektrische Struktur dar, die ein elektromagnetisches Gerät bildet, das in einer Ausführungsform z.B. als dielektrische Resonatorantenne, einen dielektrischen elektronischen Filter oder eine dielektrisch belastete Antenne verwendet werden kann.

[0010] **Fig. 1** zeigt eine transparente Draufsicht eines elektromagnetischen (EM) Gerätes **100** mit einem oder mehreren Merkmalen einer Ausführungsform, die im Folgenden offengelegt und beschrieben wird. Im Allgemeinen hat die EM-Vorrichtung **100** mindestens eine dielektrische Struktur **200** (einzeln bezeichnet durch die Bezugsziffern **200.1, 200.2, 200.3, 200.4**), die auf eine oder mehrere verschiedene Arten mit einem Substrat **300** verbunden ist (nachstehend im Einzelnen beschrieben). In einer Ausführungsform hat das Substrat **300** mindestens eine Durchkontaktierung **302**, die sich zumindest teilweise durch das Substrat **300** von einer ersten Seite **304** (Oberseite in **Fig. 1** dargestellt) zu einer gegenüberliegenden zweiten Seite **306** (Unterseite in **Fig. 1**

nicht dargestellt, am besten in Bezug auf mindestens **Fig. 2B** gesehen) des Substrats **300** erstreckt. In einer Ausführungsform können die Durchkontaktierungen **302** vertikal sein, z.B. mit einer in **Fig. 2A-2C** dargestellten z-Achse ausgerichtet oder aufgrund von Herstellungsabweichungen leicht nicht vertikal sein. In einer Ausführungsform hat die dielektrische Struktur **200** mindestens ein nicht-gasförmiges dielektrisches Material **202**, das einen ersten dielektrischen Teil **204** bildet, der sich von der ersten Seite **304** des Substrats **300** nach außen erstreckt, wobei der erste dielektrische Teil **204** eine durchschnittliche Dielektrizitätskonstante hat. Während das hier dargestellte Substrat **300** eine Laminatstruktur aus dielektrischem Material und leitfähigem Material ist (weiter unten besprochen), versteht der Fachmann, dass dies nur zu Illustrationszwecken dient und dass andere Formen von Substraten **300** in Betracht gezogen werden, wie z.B., aber nicht beschränkt auf: ein Leiterplattenlaminat; eine flexible Leiterplatte; ein flexibles Folienmaterial; ein Folienmaterial auf Polymerbasis; ein Elektronikwafermaterial; eine Halbleiterscheibe; eine isolierende Scheibe; oder eine Metallfolie. In einer Ausführungsform und wie hier unten näher erläutert, ist die dielektrische Struktur **200** mit dem Substrat **300** zumindest teilweise durch eine Bindung an einer Grenzfläche zwischen der dielektrischen Struktur **200** und des mindestens einen Via **302** verbunden, die nun zumindest unter Bezugnahme auf **Fig. 1-9B** beschrieben wird.

[0011] In einer Ausführungsform kann das EM-Gerät **100** eine dielektrische Resonatorantenne (DRA) sein, bei der die dielektrische Struktur **200** zumindest Teil der DRA ist.

[0012] Es wird nun auf die **Fig. 2A, Fig. 2B** und **Fig. 2C** verwiesen, wobei **Fig. 2A** die dielektrische Struktur **200.1** auf dem Substrat **300** zeigt, **Fig. 2B** eine Seitenansicht einer ersten Ausführungsform der dielektrischen Struktur **200.1** im Querschnitt durch die Schnittlinie 2B-2B und **Fig. 2C** eine Seitenansicht einer zweiten Ausführungsform der dielektrischen Struktur **200.1** im Querschnitt durch die Schnittlinie 2C-2C. Wie zumindest in **Fig. 1** und **Fig. 2A** dargestellt, ist die dielektrische Struktur **200, 200.1** auf der ersten Seite **304** des Substrats **300** so angeordnet, dass sie eine der Durchkontaktierungen **302.1** nur teilweise bedeckt, oder so angeordnet, dass sie eine der Durchkontaktierungen **302.2** vollständig bedeckt. Außerdem können ein oder mehrere optionale sekundäre Durchkontaktierungen **302.3** (nur zwei sekundäre Durchkontaktierungen **302.3** abgebildet und nur eine in **Fig. 1** aufgezählt, aber eine Ausführungsform kann andere sekundäre Durchkontaktierungen **302.3** enthalten, die mit anderen dielektrischen Strukturen **200** verbunden sind) auf einer gegenüberliegenden Seite der dielektrischen Struktur **200, 200.1** angeordnet werden, z.B. gegenüber einem Signalführungsschlitz **324**. Die sekundären Durchkontaktierungen

gen **302.3** können die gleiche Größe oder eine andere Größe als die Durchkontaktierungen **302.1**, **302.2** haben. Wie sowohl in **Fig. 2B** als auch in **Fig. 2C** dargestellt, erstreckt sich eine Beispieldurchkontaktierung **302** vollständig durch das Substrat **300**.

[0013] In Bezug auf **Fig. 2B** bildet das nicht-gasförmige dielektrische Material **202** einen zweiten dielektrischen Teil **206**, der sich nur teilweise in die Durchkontaktierung **302** erstreckt und eine unterfüllte Durchkontaktierung bildet, oder einen zweiten dielektrischen Teil **206**, **208**, **210**, der sich vollständig in die Durchkontaktierung **302** erstreckt und eine vollständig gefüllte Durchkontaktierung bildet, oder einen zweiten dielektrischen Teil **206**, **208**, **210**, der sich vollständig in die Durchkontaktierung **302** und darüber hinaus erstreckt und eine überfüllte Durchkontaktierung bildet, wobei der zweite dielektrische Teil **206**, **208**, **210** an den ersten dielektrischen Teil **204** angrenzt und nahtlos mit diesem verbunden ist. In einer Ausführungsform ist die dielektrische Struktur **200** nicht nur teilweise mit dem Substrat **300** durch eine Bindung an einer Grenzfläche **102** zwischen der dielektrischen Struktur **200** und der Durchkontaktierung **302** verbunden, sondern sie ist ferner mit dem Substrat **300** durch eine Bindung an einer Grenzfläche **104** zwischen dem ersten dielektrischen Teil **204** und der ersten Seite **304** des Substrats **300** verbunden. In einer Ausführungsform der überfüllten Durchkontaktierung **302** bildet ein dritter dielektrischer Teil **212** des nicht-gasförmigen dielektrischen Materials **202**, der sich nach außen über eine Innendurchmesseröffnung **308** der Durchkontaktierung **302** auf der zweiten Seite **306** des Substrats **300** hinaus erstreckt, eine geschulterte Verriegelung **214** zwischen dem dritten dielektrischen Teil **212** und der zweiten Seite **306** des Substrats **300**, wobei der dritte dielektrische Teil **212** an den zweiten dielektrischen Teil **206**, **208**, **210** angrenzt und nahtlos mit diesem verbunden ist, und wobei die dielektrische Struktur **200** weiter mit dem Substrat **300** durch ein Bonden an einer Grenzfläche **214** zwischen dem dritten dielektrischen Teil **212** und der zweiten Seite **306** des Substrats **300** verbunden ist. In einer Ausführungsform enthält das Substrat **300** eine erste leitende Schicht **310** auf der ersten Seite **304**, eine zweite leitende Schicht **312** auf der zweiten Seite **306** und eine dielektrische Schicht **314** zwischen der ersten und der zweiten leitenden Schicht **310**, **312**, und die Durchkontaktierung **302** hat Innenwände **316**, die elektrisch zwischen der ersten und der zweiten leitenden Schicht **310**, **312** verbunden sind. In einer Ausführungsform kann die dielektrische Struktur **200**, wie sie z.B. in **Fig. 2B** dargestellt ist, durch ein Formverfahren, wie z.B. Spritzgießen, Formpressen oder Transfer-Molding, hergestellt werden. Alternativ kann eine Ausführungsform der dielektrischen Struktur **200**, wie sie z.B. in **Fig. 2B** dargestellt ist, durch ein thermisches Laminierungsverfahren hergestellt werden.

[0014] In Bezug auf **Fig. 2C** hat die dielektrische Struktur **200** ein Klebematerial **106**, das zwischen dem ersten dielektrischen Teil **204** und dem Substrat **300** angeordnet ist, die Durchkontaktierung **302** erstreckt sich vollständig durch das Substrat **300**, und das Klebematerial erstreckt sich: (i) nur teilweise in die Durchkontaktierung bzw. Via, wobei es ein unterfülltes Via bildet, dargestellt durch die gestrichelte Linie **108**; oder (ii) erstreckt sich vollständig in das Via, wobei es ein vollständig gefülltes Via bildet, dargestellt durch die gestrichelte Linie **110**; oder (iii) erstreckt sich vollständig in das Via und darüber hinaus, wobei es ein überfülltes Via bildet, dargestellt durch die gestrichelte Linie **112**. In einer Ausführungsform hat das Klebematerial **106** eine durchschnittliche Dielektrizitätskonstante, und die Dielektrizitätskonstanten des Klebematerials **106** und des ersten dielektrischen Teils **204** sind im wesentlichen aufeinander abgestimmt. In einer Ausführungsform ist die dielektrische Struktur **200** nicht nur teilweise mit dem Substrat **300** durch eine Bindung an einer Grenzfläche **102** zwischen der dielektrischen Struktur **200** und der Durchkontaktierung **302** verbunden, sondern weiter mit dem Substrat **300** durch eine Bindung an einer Grenzfläche **114** zwischen dem ersten dielektrischen Teil **204** und dem Klebstoff **106** und einer Grenzfläche **116** zwischen dem Klebstoff **106** und der ersten Seite **304** des Substrats **300** verbunden. In einer Ausführungsform der überfüllten Durchkontaktierung **302** erstreckt sich ein Teil **118** des Klebstoffs **106** nach außen über eine Innendurchmesseröffnung **308** der Durchkontaktierung **302** auf der zweiten Seite **306** des Substrats **300** hinaus, um eine geschulterte Verriegelung **120** zwischen dem Teil **118** des Klebstoffs **106** und der zweiten Seite **306** des Substrats **300** zu bilden. Ähnlich wie das in **Fig. 2B** dargestellte Substrat **300** enthält auch das in **Fig. 2C** dargestellte Substrat **300** eine erste leitende Schicht **310** auf der ersten Seite **304**, eine zweite leitende Schicht **312** auf der zweiten Seite **306** und eine dielektrische Schicht **314** zwischen der ersten und zweiten leitenden Schicht **310**, **312**, und die Durchkontaktierung **302** hat Innenwände **316**, die zwischen der ersten und zweiten leitenden Schicht **310**, **312** elektrisch verbunden sind. In einer Ausführungsform kann der erste dielektrische Teil **204**, wie in **Fig. 2C** dargestellt, durch ein Formverfahren hergestellt und dann durch den Klebstoff **106** und ein Bestückungsverfahren auf das Substrat **300** geklebt werden.

[0015] Es wird nun auf die **Fig. 3A**, **Fig. 3B** und **Fig. 3C** Bezug genommen, wobei die jeweilige Abbildung mit den entsprechenden **Fig. 2A**, **Fig. 2B** und **Fig. 2C** identisch ist, mit Ausnahme der folgenden Unterschiede. In einer Ausführungsform hat das Substrat **300** eine erste leitende Schicht **310** auf der ersten Seite **304**, eine zweite leitende Schicht **312** auf der zweiten Seite **306** und eine dielektrische Schicht **314** zwischen der ersten und zweiten leitenden Schicht **310**, **312**, aber die Durchkontaktierung

302 hat nicht-leitende Innenwände **318**, die die erste und zweite leitende Schicht **310**, **312** elektrisch isolieren. In Anbetracht der anderen Ähnlichkeiten der in den **Fig. 3A**, **Fig. 3B** und **Fig. 3C** dargestellten Strukturen im Vergleich zu den in den **Fig. 2A**, **Fig. 2B** und **Fig. 2C** dargestellten und oben ausführlich besprochenen Strukturen wird eine wiederholte Beschreibung ähnlicher Merkmale als unnötig erachtet, da ein Fachmann die ähnlichen Merkmale durch Vergleich der bezeichneten Abbildungen erkennen würde.

[0016] In einer Ausführungsform und wie in **Fig. 2B**, **Fig. 2C**, **Fig. 3B** und **Fig. 3C** dargestellt, kann die zweite Seite **306** des Substrats **300** um den unteren Umfang der Durchkontaktierung **302** eine Fasse, Senkung oder Kerbe **322** enthalten (in **Fig. 2B**, **Fig. 2C**, **Fig. 3B** und **Fig. 3C** dargestellt, aber nur in **Fig. 3B** und **Fig. 3C** zur Verdeutlichung aufgezählt), die, wenn sie mit nicht gasförmigem dielektrischem Material **202** oder Klebstoffmaterial **106** gefüllt ist, eine andere Form der strukturellen Befestigung zusätzlich zu den hier oben besprochenen Schulterverriegelungen **214** und **120** bietet.

[0017] Es wird nun auf die **Fig. 4A** und **Fig. 4B** verwiesen, wo jede einzelne Figur mit den entsprechenden **Fig. 3B** und **Fig. 3C** identisch ist, mit Ausnahme der folgenden Unterschiede. In einer Ausführungsform ist die Durchkontaktierung **302** ein blindes Via, das sich vollständig durch die erste leitende Schicht **310** und die dielektrische Schicht **314** erstreckt und an der zweiten leitenden Schicht **312** endet, die das blinde Ende **320** des Via **302** bildet. Unter besonderer Bezugnahme auf die in **Fig. 4A** dargestellte dielektrische Struktur **200** bildet das nicht-gasförmige dielektrische Material **202** nicht nur den ersten dielektrischen Teil **204**, sondern auch einen zweiten dielektrischen Teil **216**, der sich in das Blind-Via **302** erstreckt und ein im wesentlichen gefülltes Blind-Via **302** bildet, wobei der zweite dielektrische Teil **216** an den ersten dielektrischen Teil **204** angrenzt und nahtlos mit diesem verbunden ist. Unter besonderer Bezugnahme auf die in **Fig. 4B** dargestellte dielektrische Struktur **200** ist nun zu sehen, dass sich das Klebmaterial **106** in das Blind-Via **302** erstreckt und ein im Wesentlichen gefülltes Blind-Via **302** bildet. Im Hinblick auf die anderen Ähnlichkeiten der in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** dargestellten Strukturen im Vergleich zu den in **Fig. 3B** und **Fig. 3C** dargestellten und oben ausführlich besprochenen Strukturen wird eine wiederholte Beschreibung ähnlicher Merkmale als unnötig erachtet, da ein Fachmann die ähnlichen Merkmale durch Vergleich der bezeichneten Abbildungen erkennen würde.

[0018] Es wird nun auf die **Fig. 5A**, **Fig. 5B** und **Fig. 5C** verwiesen, wo jede entsprechende Figur den entsprechenden **Fig. 3A**, **Fig. 3B** und **Fig. 3C** ähnlich ist, mit Ausnahme der folgenden Unterschiede. In einer Ausführungsform und unter besonderer Bezug-

nahme auf **Fig. 5B** hat das Substrat **300** eine leitende Schicht **310** auf der ersten Seite **304** und eine dielektrische Schicht **314**, die an die leitende Schicht **310** angrenzt. In den Ausführungsformen von **Fig. 5A**, **Fig. 5B** und **Fig. 5C** bildet ein offener Bereich, wie z.B. ein Signalführungsschlitz **324**, eine Art Durchkontaktierung **302**, d.h. ein blindes Via, das sich vollständig durch die leitende Schicht **310** erstreckt und an der dielektrischen Schicht **314** endet, die das blinde Ende **320** der Durchkontaktierung **302** bildet. In einer Ausführung dieser speziellen Durchkontaktierung **302** kann der Signalführungsschlitz **324** ein gerader oder gekrümmter Schlitz sein und alternativ in beiden Dimensionen in der Ebene ähnlich sein, wie z.B. ein Quadrat oder ein Kreis. Das nichtgasförmige dielektrische Material **202** bildet nicht nur den ersten dielektrischen Teil **204**, sondern bildet auch einen zweiten dielektrischen Teil **216**, der sich in das Blind-Via **302** erstreckt und ein im wesentlichen gefülltes Blind-Via **302** bildet, wobei der zweite dielektrische Teil **216** an den ersten dielektrischen Teil **204** angrenzt und nahtlos mit diesem verbunden ist. In einer anderen Ausführungsform und unter besonderer Bezugnahme auf **Fig. 5C** hat die dielektrische Struktur **200** ein Klebmaterial **106**, das zwischen dem ersten dielektrischen Teil **204** und dem Substrat **300** angeordnet ist. Das Substrat **300** hat eine leitende Schicht **310** auf der ersten Seite **304** und eine dielektrische Schicht **314**, die an die leitende Schicht **310** angrenzt. Die Durchkontaktierung **302** ist ein Blind-Via, das sich vollständig durch die leitende Schicht **310** erstreckt und an der dielektrischen Schicht **314** endet, die das blinde Ende **320** der Durchkontaktierung **302** bildet. Das Klebmaterial **106** erstreckt sich in das Blind-Via **302**, das ein im wesentlichen gefülltes Blind-Via **302** bildet, und die Dielektrizitätskonstanten des Klebmaterials **106** und des ersten dielektrischen Teils **204** sind im wesentlichen aufeinander abgestimmt. In Anbetracht der anderen Ähnlichkeiten der in den **Fig. 5B** und **Fig. 5C** dargestellten Strukturen im Vergleich zu den in den **Fig. 3B** und **Fig. 3C** dargestellten und oben ausführlich besprochenen Strukturen wird eine wiederholte Beschreibung ähnlicher Merkmale als unnötig erachtet, da ein Fachmann die ähnlichen Merkmale durch Vergleich der bezeichneten Abbildungen erkennen würde.

[0019] Es wird nun auf die **Fig. 6A**, **Fig. 6B**, **Fig. 7A** und **Fig. 7B** verwiesen, wo gleichartige Elemente, die in diesen und anderen Abbildungen dargestellt sind, gleich nummeriert sind. In einer Ausführungsform und unter besonderer Bezugnahme auf **Fig. 6A** beinhaltet das EM-Gerät **100** (siehe **Fig. 1** zum Beispiel) ein Substrat **300** mit einer ersten Seite **304** und einer gegenüberliegenden zweiten Seite **306**, eine dielektrische Struktur **200** mit mindestens einem nicht-gasförmigen dielektrischen Material **202**, das einen dielektrischen Teil **204** bildet, der sich von der ersten Seite **304** des Substrats **300** nach außen erstreckt, wobei der dielektrische Teil **204** eine mittlere

re Dielektrizitätskonstante hat, eine Zwischenschicht **122**, die zwischen dem dielektrischen Abschnitt **204** und der ersten Seite **304** des Substrats **300** angeordnet ist, und wobei die dielektrische Struktur **200** mit dem Substrat **300** wenigstens teilweise durch eine Bindung an einer Grenzfläche **124** zwischen der Zwischenschicht **122** und dem Substrat **300** verbunden ist. Darüber hinaus ist die dielektrische Struktur **200** weiter mit dem Substrat **300** durch eine Bindung an einer Grenzfläche **126** zwischen dem dielektrischen Teil **204** und der Zwischenschicht **122** verbunden. In einer anderen Ausführung und unter besonderer Bezugnahme auf **Fig. 6B** hat die dielektrische Struktur **200** ein Klebematerial **106**, das zwischen dem dielektrischen Teil **204** und der Zwischenschicht **122** angeordnet ist, wobei die Dielektrizitätskonstanten des Klebematerials **106** und des dielektrischen Teils **204** im wesentlichen übereinstimmen. Wie sowohl in **Fig. 6A** als auch in **Fig. 6B** dargestellt ist, bedeckt die Zwischenschicht **122** eine gesamte Fläche zwischen dem dielektrischen Teil **204** und der ersten Seite **304** des Substrats **300** und darf nicht oder nicht über eine Außenkante des dielektrischen Teils **204** hinausragen, wie durch die Abmessungen **128** bzw. **130** angegeben. Es wird nun speziell auf die **Fig. 7A** und **Fig. 7B** verwiesen, wo die Zwischenschicht **122** eine gesamte Fläche zwischen dem dielektrischen Teil **204** und der ersten Seite **304** des Substrats **300** bedeckt und nicht über eine Außenkante des dielektrischen Teils **204** hinausragt, wie durch die Abmessung **128** angegeben. Wie in den **Fig. 6A**, **Fig. 6B**, **Fig. 7A** und **Fig. 7B** dargestellt, hat das Substrat **300** eine leitende Schicht **310**, die auf der ersten Seite **304** angeordnet ist, und eine dielektrische Schicht **314**, die an die leitende Schicht **310** angrenzt, wobei die leitende Schicht **310** zwischen der Zwischenschicht **122** und der dielektrischen Schicht **314** angeordnet ist. In einer Ausführungsform hat die Zwischenschicht **122** eine durchschnittliche Oberflächenrauigkeit, die größer ist als eine durchschnittliche Oberflächenrauigkeit der leitenden Schicht **310**. In einer Ausführungsform besteht die Zwischenschicht **122** aus: einem Oxidmaterial; einem Kupferoxid; einem schwarzen Oxid; einem Nitridmaterial; einer Schicht eines atomaren Abscheidungsmaterials; einer Schicht eines Aufdampfmaterials; oder einer beliebigen Kombination der vorgenannten Materialien. In einer Ausführungsform kann die endgültige Zwischenschicht **122** durch ein maskiertes Abscheidungsverfahren während der Bildung der Zwischenschicht gebildet werden, oder sie kann durch Entfernung von Zwischenschichtmaterial mit einem maskierten Entfernungungsverfahren gebildet werden. In Bezug auf die in **Fig. 7A** und **Fig. 7B** dargestellten Ausführungsformen kann ein Ätzverfahren angewandt werden, um den Abschluß der Zwischenschicht **122** im wesentlichen am äußeren Rand der dielektrischen Struktur **200**, wie durch die Dimension **128** dargestellt, zu bewirken. In einer Ausführungsform kann der Ätzprozess ein Essigsäure-Ätzprozess sein.

[0020] Es wird nun auf die **Fig. 8A** und **Fig. 8B** verwiesen, die ähnliche Ausführungsformen wie die **Fig. 6A**, **Fig. 6B**, **Fig. 7A** und **Fig. 7B** darstellen, wobei gleiche Elemente gleich nummeriert sind, mit Ausnahme der folgenden Unterschiede. In einer Ausführungsform enthält die EM-Vorrichtung **100** (siehe z.B. **Fig. 1**) eine metallisierte Struktur **400**, die auf der leitenden Schicht oder der ersten leitenden Schicht **310** angeordnet und mit dieser elektrisch verbunden ist, wobei die metallisierte Struktur **400** eine Vielzahl von Metallzäunen bildet, wobei jeder Metallzaun **402** der Vielzahl von Metallzäunen eine entsprechende der dielektrischen Struktur **200** umgibt oder im wesentlichen umgibt. In einer Ausführungsform hat die metallisierte Struktur **400** einen dielektrischen inneren Teil **404** und einen elektrisch leitenden äußeren Teil **406**. Wie durch die gestrichelten Linien **132** in **Fig. 8A** und **Fig. 8B** dargestellt, kann sich die Zwischenschicht **122** zwischen der dielektrischen Struktur **200** und dem Substrat **300** wahlweise von der dielektrischen Struktur **200** bis zur metallisierten Struktur **400** nach außen erstrecken.

[0021] Es wird nun auf **Fig. 9A** und **Fig. 9B** verwiesen, wobei **Fig. 9A** eine transparente Draufsicht eines EM-Gerätes **100** ist (siehe z.B. dielektrische Struktur **200.3** des EM-Gerätes **100** in **Fig. 1**), und **Fig. 9B** ist eine Draufsicht durch die Schnittlinie 9B-9B in **Fig. 9A**. In einer Ausführungsform enthält die EM-Vorrichtung **100** ein Substrat **300** mit einer ersten Seite **304** und einer gegenüberliegenden zweiten Seite **306**, mindestens eine dielektrische Struktur **200** mit mindestens einem nicht-gasförmigen dielektrischen Material **202**, das einen ersten dielektrischen Abschnitt **204** bildet, der sich von der ersten Seite **304** des Substrats **300** nach außen erstreckt, wobei die dielektrische Struktur **200** ferner nicht-gasförmiges dielektrisches Material **202** enthält, das einen zweiten dielektrischen Abschnitt (Seitenflügelabschnitt) **218** bildet, der sich seitlich vom ersten dielektrischen Abschnitt **204** erstreckt, und wobei die dielektrische Struktur **200** mit dem Substrat **300** mindestens teilweise durch eine Bindung an einer Grenzfläche **134** zwischen dem ersten dielektrischen Abschnitt **204** und dem Substrat **300** und einer Grenzfläche **136** zwischen dem zweiten dielektrischen Abschnitt **218** und dem Substrat **300** verbunden ist. In einer Ausführungsform bildet das nicht-gasförmige dielektrische Material **202** ferner einen dritten dielektrischen Teil (Seitenflügelteil) **220** ähnlich dem zweiten dielektrischen Teil **218**, der sich seitlich vom ersten dielektrischen Teil **204** entgegengesetzt zum zweiten dielektrischen Teil **218** erstreckt, und die dielektrische Struktur **200** ist ferner an einer Grenzfläche **138** zwischen dem dritten dielektrischen Teil **220** und dem Substrat **300** mit dem Substrat **300** verbunden. Wie in **Fig. 9A** und **Fig. 9B** dargestellt, erstrecken sich der zweite und dritte dielektrische Teil **218**, **220** seitlich nach außen vom ersten dielektrischen Teil **204** in Ausrichtung mit einem Signalfüh-

rungsschlitz **324**, der nicht nur dazu dient, eine zusätzliche Befestigungsfläche zwischen der dielektrischen Struktur **200** und dem Substrat **300** zu schaffen, sondern auch dazu, eine angemessene Abdeckung des Signalzuführungsschlitzes **324** mit dem nicht-gasförmigen dielektrischen Material **202** zu gewährleisten, wo es aufgrund von Herstellungsabweichungen zu einer leichten Fehlausrichtung der verschiedenen Komponenten oder Merkmale des EM-Bauelements **100** kommen kann. In einer Ausführung hat der erste dielektrische Teil **204** eine Gesamtaußenabmessung D , wie in der Draufsicht von **Fig. 9B** zu sehen ist, und der zweite und dritte dielektrische Teil **218**, **220** erstrecken sich seitlich vom ersten dielektrischen Teil **204** in einem Abstand d , wobei d kleiner ist als D . In einer Ausführung ist d gleich oder kleiner als 30% von D oder d gleich oder kleiner als 15% von D . Während der zweite und dritte dielektrische Teil **218**, **220** in **Fig. 9B** als mit einem spezifischen flachen oberen Profil dargestellt sind, wird vom Fachmann erkannt, dass dies nur zur Veranschaulichung dient und dass der zweite und dritte dielektrische Teil **218**, **220** jedes beliebige Profil haben kann, das für einen hier angegebenen Zweck geeignet ist, wie z.B. ein allmähliches Übergangprofil von der ersten Seite **304** des Substrats **300** zum Scheitelpunkt **224** der dielektrischen Struktur **200**, dargestellt durch die gestrichelten Linien **222**. In einer Ausführungsform ist die Höhe h des zweiten und dritten dielektrischen Teils **218**, **220** kleiner als die Gesamthöhe H der dielektrischen Struktur **200**. In einer Ausführungsform ist h gleich oder weniger als 30% von H , oder h ist gleich oder weniger als 15% von H .

[0022] Während die in **Fig. 8A** und **Fig. 8B** dargestellten metallisierten Strukturen **400** in Bezug auf eine bestimmte dielektrische Struktur **200** dargestellt sind, wie z.B. diejenige, die den in **Fig. 6A**, **Fig. 6B**, **Fig. 7A** und **Fig. 7B** dargestellt sind, wird erkannt, dass eine solche Darstellung nur zur Veranschaulichung dient und nicht beabsichtigt ist, sich auf den Umfang der Offenlegung zu beschränken, da die Anmelderin der Ansicht ist, dass dieselbe metallisierte Struktur **400** gleichermaßen auf jede andere hier offen gelegte dielektrische Struktur **200** anwendbar ist, wie z.B. die in **Fig. 2B**, **Fig. 2C**, **Fig. 3B**, **Fig. 3C**, **Fig. 4A**, **Fig. 4B**, **Fig. 5B**, **Fig. 5C**, **Fig. 9A** und **Fig. 9B** dargestellten.

[0023] In jeder der vorstehenden Ausführungsformen wird vom Fachmann erkannt, dass jede im Stand der Technik bekannte Signaleinspeisungsstruktur, die für einen hier angegebenen Zweck geeignet ist, für die elektromagnetische Anregung der hier angegebenen dielektrischen Strukturen **200** implementiert werden kann. Dessen ungeachtet umfasst eine hierin offen gelegte Ausführungsform eine Anordnung, bei der die Durchkontaktierungen **302** mit leitenden Innenwänden **316**, die elektrisch zwischen der ersten und zweiten leitenden Schicht **310**, **312**

verbunden sind, einen substratintegrierten Wellenleiter (SIW) **140** bilden, wie in **Fig. 1** dargestellt. In einer Ausführung können die sekundären Durchkontaktierungen **302.3** nicht metallisiert sein, um den Betrieb des SIW **140** nicht wesentlich zu stören.

[0024] Obwohl die verschiedenen dielektrischen Strukturen **200**, die hier offenbart werden, eine repräsentative Kuppel- oder Halbkugelform und damit einen kreisförmigen Querschnitt relativ zur z-Achse haben, wird erkannt, dass dies nur zur Veranschaulichung dient und dass andere Formen für die dielektrische Struktur **200** verwendet werden können, ohne den Umfang der Offenbarung zu beeinträchtigen. Zum Beispiel und mit Bezug auf **Fig. 10A-11D** kann jede offengelegte dielektrische Struktur **200** eine dreidimensionale Form in Form eines Zylinders **Fig. 10A**, eines Polygonkastens **Fig. 10B**, **Fig. 10C**, eines konischen Polygonkastens **Fig. 10D**, **Fig. 10E**, eines Kegels **Fig. 10F**, eines Kegelstumpfes **Fig. 10G**, eines Toroids **Fig. 10H**, einer Kuppel **Fig. 10I** (z.B. eine Halbkugel), eine langgestreckte Kuppel **Fig. 10J** oder jede andere dreidimensionale Form, die für einen hierin angegebenen Zweck geeignet ist und daher einen Z-Achsen-Querschnitt in Form eines Kreises **Fig. 11A**, eines Rechtecks **Fig. 11B**, eines Polygons **Fig. 11C**, eines Rings **Fig. 11D**, eines Ellipsoids **Fig. 11E** oder jede andere Form haben kann, die für einen hierin angegebenen Zweck geeignet ist.

[0025] Zusätzlich, und obwohl **Fig. 1** ein EM-Gerät **100** als eine Anordnung dielektrischer Strukturen **200.1**, **200.1**, **200.3**, **200.4** in einer bestimmten Art und Weise darstellt, wird erkannt, dass dies nur zu Illustrationszwecken dient und dass andere Anordnungen für die dielektrischen Strukturen **200** verwendet werden können, ohne den Umfang der Offenlegung zu beeinträchtigen. Zum Beispiel und unter Bezugnahme auf **Fig. 12A-12G** kann eine Vielzahl dielektrischer Strukturen **200** in einem Array mit einem Mitte-zu-Mitte-Abstand zwischen benachbarten dielektrischen Strukturen **200** gemäß einer der folgenden Anordnungen angeordnet werden: in gleichen Abständen zueinander in einer x-y-Gitterformation, wobei $A=B$ ist (siehe zum Beispiel **Fig. 12A**); in Abständen zueinander in einer Rautenformation, wobei die Rautenform der Rautenform entgegengesetzte Innenwinkel $\alpha < 90$ Grad und entgegengesetzte Innenwinkel $\beta > 90$ Grad aufweist (siehe **Fig. 12B**, zum Beispiel); relativ zueinander in einem einheitlichen periodischen Muster beabstandet (siehe zum Beispiel **Abb. 12A**, **Abb. 12B**, **Abb. 12C**, **Abb. 12D**); relativ zueinander in einem zunehmenden oder abnehmenden nicht-periodischen Muster beabstandet (siehe zum Beispiel **Abb. 12E**, **Abb. 12F**, **Abb. 12G**); relativ zueinander auf einem schrägen Gitter in einem einheitlichen periodischen Muster beabstandet (siehe **Abb. 12E**, **Abb. 12F**, **Abb. 12G**); relativ zueinander auf einem schrägen Gitter in einem einheitlichen periodischen Muster beabstandet (siehe **Abb. 12C**,

zum Beispiel); relativ zueinander auf einem radialen Gitter in einem gleichförmigen periodischen Muster beabstandet (siehe zum Beispiel **Fig. 12D**); relativ zueinander auf einem x-y-Gitter in einem zunehmenden oder abnehmenden nichtperiodischen Muster beabstandet (siehe zum Beispiel **Fig. 12E**); relativ zueinander auf einem schrägen Gitter in einem zunehmenden oder abnehmenden nichtperiodischen Muster beabstandet (siehe zum Beispiel **Fig. 12E**); relativ zueinander auf einem schrägen Gitter in einem zunehmenden oder abnehmenden nichtperiodischen Muster beabstandet (siehe zum Beispiel **Fig. 12F**, zum Beispiel); relativ zueinander auf einem radialen Gitter in einem zunehmenden oder abnehmenden nichtperiodischen Muster beabstandet (siehe zum Beispiel **Fig. 12G**); relativ zueinander auf einem Nicht-x-y-Gitter in einem gleichförmigen periodischen Muster beabstandet (siehe zum Beispiel **Fig. 12B**, **Fig. 12C**, **Fig. 12D**); relativ zueinander auf einem Nicht-x-y-Gitter in einem zunehmenden oder abnehmenden nichtperiodischen Muster beabstandet (siehe zum Beispiel **Fig. 12F**, **Fig. 12G**). Zwar werden hier verschiedene Anordnungen der Vielzahl dielektrischer Strukturen **200** dargestellt, z.B. über **Fig. 12A-12G**, aber es wird gewürdigt, dass solche dargestellten Anordnungen nicht erschöpfend sind von den vielen Anordnungen, die in Übereinstimmung mit einem hier angegebenen Zweck konfiguriert werden können. Daher werden alle Anordnungen der Vielzahl dielektrischer Strukturen **200**, die hier für einen hierin offengelegten Zweck dargestellt sind, in Betracht gezogen und als in den Rahmen der hierin offengelegten Offenlegung fallend betrachtet.

[0026] Formverfahren wie das Insert-Molding zur Bildung von Strukturen auf Schaltungssubstraten, wie z.B. Leiterplatten oder Silizium-Wafern, führen häufig zu einer schlechten Haftung zwischen dem geformten Material und dem Substrat. Für solche Anwendungen ist jedoch eine starke Haftung zwischen dem geformten Material und dem darunter liegenden Substrat entscheidend, um ein gutes elektrisches Ansprechverhalten zu erzielen. Zum Beispiel führt das Spritzgießen einer dielektrischen Struktur **200** auf dem Substrat **300** oft zu Delaminierungsbereichen entlang der Längenskala von einigen Mikrometern. Es wurde festgestellt, dass die Adhäsion zwischen dem dielektrischen Material der dielektrischen Struktur und der leitenden Schicht oder zwischen dem dielektrischen Material der dielektrischen Struktur und dem dielektrischen Material der dielektrischen Schicht durch eine oder beide mechanische oder chemische Techniken erhöht werden kann. Zu den mechanischen Techniken gehört die mechanische Verzahnung der dielektrischen Struktur mit mindestens einer der leitenden Schichten und der dielektrischen Schicht unter Verwendung einer retrograden Oberfläche eines Durchgangs. Chemische Techniken umfassen das Oxidieren einer Oberfläche der leitenden Schicht oder das Hinzufügen einer Klebstoff-

schicht. Eine weitere Technik zur Erhöhung der Adhäsion beinhaltet das Aufrauen einer Oberfläche der leitenden Schicht, um die Grenzfläche zwischen der dielektrischen Struktur und der leitenden Schicht zu vergrößern.

[0027] Die dielektrische Struktur **200** kann durch Spritzgießen geformt werden, z.B. durch Umspritzen einer dielektrischen Zusammensetzung auf ein Substrat **300**. Bei einigen Ausführungsformen wird eine Vielzahl der dielektrischen Strukturen auf ein Substrat **300** spritzgegossen, z.B. bestehend aus der leitenden Schicht **310** und der dielektrischen Schicht **314**. Es kann eine Kombination aus Spritzguss- und anderen Herstellungsverfahren verwendet werden, z.B. mindestens eines von 3D-Druck oder Tintenstrahl-Druck.

[0028] Das Spritzgießen ermöglicht die schnelle und effiziente Herstellung der dielektrischen Struktur auf dem Substrat. Das Spritzgießen kann das Einlegen des Substrats in die auf der Oberfläche des Substrats befindliche Form und das Spritzgießen der dielektrischen Zusammensetzung in die Form umfassen.

[0029] Das Formen kann das Spritzgießen der dielektrischen Zusammensetzung, die ein thermoplastisches Polymer umfasst, umfassen. Die dielektrische Zusammensetzung kann hergestellt werden, indem zuerst ein dielektrischer Füllstoff und ein optionales Silan kombiniert werden, um eine Füllstoffzusammensetzung zu bilden, und dann die Füllstoffzusammensetzung mit dem thermoplastischen Polymer gemischt wird. Bei einem thermoplastischen Polymer kann das Polymer vor, nach oder während des Mischens mit einem oder beiden dielektrischen Füllstoffen geschmolzen werden. Die dielektrische Zusammensetzung kann dann in der Form spritzgegossen werden.

[0030] Die Schmelztemperatur, die Einspritztemperatur und die Werkzeugtemperatur können von der Schmelz- und Glasübergangstemperatur des Polymers abhängen. Die Schmelztemperatur, die Einspritztemperatur und die Werkzeugtemperatur können größer oder gleich mindestens einer der Schmelz- und Glasübergangstemperatur des Polymers sein. Die Schmelztemperatur, die Einspritztemperatur oder die Werkzeugtemperatur kann mindestens 40°C bis 220°C oder 40°C bis 160°C oder 100°C bis 220°C betragen. Der Einspritzdruck und/oder der Nachdruck kann 65 bis 350 Kilopascal (kPa) betragen.

[0031] Ultraschallwellen können zur Unterstützung des Spritzgießens eingesetzt werden. Zum Beispiel können Ultraschallwellen in die dielektrische Zusammensetzung oder das Substrat fokussiert werden. Die erzeugten Kräfte können zumindest entweder zu einer Verbesserung der Füllstoffbenetzung, einer

Verringerung der Viskosität der dielektrischen Zusammensetzung, einer Verbesserung der Verdichtungskonsistenz oder einer Erhöhung der Grenzflächenhaftung zwischen der dielektrischen Zusammensetzung und dem Substrat führen.

[0032] Alternativ zur Verwendung von Ultraschallwellen kann Wärmeenergie anstelle von Ultraschallwellen zur Unterstützung des Spritzgießens eingesetzt werden. Zum Beispiel kann eine zugehörige Substratplatte vor dem Umspritzen oder Erwärmen der dielektrischen Zusammensetzung und dem Aufkleben der dielektrischen Strukturen auf die Substratplatte vorgewärmt werden.

[0033] Es kann 0,1 bis 10 Sekunden oder 0,5 bis 5 Sekunden oder 0,2 bis 1 Sekunde dauern, um die Form zu füllen, während dieser Zeit kann die Formtemperatur sinken. Die Form kann mit einer Geschwindigkeit von 0,25 bis 3 Kubikzoll pro Sekunde (in^3/sec) gefüllt werden. Nach dem Einspritzen kann die dielektrische Zusammensetzung für weniger als oder gleich 10 Minuten, oder weniger als oder gleich 2 Minuten, oder 2 bis 30 Sekunden, oder 0,5 bis 10 Minuten, oder 0,5 bis 5 Minuten in der Form sein. Nach dem Formen kann die Vorrichtung bei einer verringerten Formtemperatur entnommen werden.

[0034] Eine Vielzahl von Variablen kann modifiziert werden, um eine gute Abformung der dielektrischen Zusammensetzung zu gewährleisten. Zum Beispiel kann mindestens eine der folgenden Variablen modifiziert werden: die Einspritzgeschwindigkeit, die Position der Düse während des Einspritzens, eine Größe der Düse, die Viskosität der dielektrischen Zusammensetzung, ein Molekulargewicht des spritzgegossenen Materials (zum Beispiel eines thermoplastischen Polymers oder eines Oligomers in einer härtbaren Zusammensetzung), eine Füllstoffzusammensetzung (zum Beispiel unter Verwendung einer multimodalen Teilchengröße), eine Temperatur (zum Beispiel der dielektrischen Zusammensetzung vor dem Formen, eine Einspritztemperatur während des Formens oder eine Werkzeugtemperatur des Werkzeugs) oder ein Druck.

[0035] Die leitende Schicht **310** kann einen Verriegelungsschlitz **510** mit einer retrograden Oberfläche umfassen. Die retrograde Oberfläche des Verriegelungsschlitzes kann zu einer mechanischen Verzahnung zwischen der dielektrischen Struktur **200** und der leitenden Schicht **310** führen. Ein Beispiel für einen Verriegelungsschlitz **510** mit retrograder Oberfläche ist in **Fig. 13** dargestellt. Wie in **Fig. 13** dargestellt ist, kann eine Querschnittsfläche einer oberen Öffnung **502** eine kleinere Querschnittsfläche haben als eine Querschnittsfläche an einer Stelle entlang der Tiefe des Verriegelungsschlitzes **510**. Die obere Öffnung ist definiert als die Öffnung, durch die die

dielektrische Zusammensetzung während des Spritzgießens eintritt.

[0036] Die retrograde Oberfläche des Verriegelungsschlitzes **510** kann linear entlang eines Winkels θ von weniger als 90° , oder 10 bis 85° , oder 45 bis 80° in Bezug auf die Formteilerfläche **504** des Substrats **300** sein. Die Formfläche des Substrats bezieht sich auf die Oberfläche, auf der die dielektrische Zusammensetzung spritzgegossen wird. **Fig. 13** illustriert eine Ausführungsform der linearen retrograden Oberfläche. Die retrograde Oberfläche kann nichtlinear sein, z.B. mit mindestens einer konvexen oder einer konkaven Oberfläche. Die retrograde Oberfläche kann z.B. gezackt sein und eine aufgerauhte Oberfläche oder eine Vielzahl von Vorsprüngen aufweisen, die sich in die retrograde Oberfläche hinein oder aus ihr heraus erstrecken.

[0037] Die retrograde Oberfläche kann durch verschiedene Methoden gebildet werden. Zum Beispiel kann die retrograde Oberfläche gebildet werden, indem ein Bereich der ersten leitenden Schicht **310** einem Ätzmittel ausgesetzt wird, zum Beispiel durch Maskierung. Die Ätzung kann mit einem flüssigen Ätzmittel durchgeführt werden. Das Ätzen kann mit einem Ätzmittel in der Gasphase durchgeführt werden, z.B. durch Plasmaätzen, Ionenstrahlätzen oder reaktives Ionenätzen. Das Ätzmittel kann isotrop, d.h. sowohl in lateraler als auch in vertikaler Richtung, ätzen. Ein isotropes Ätzmittel (z.B. Chlorgas oder Chlorwasserstoff) kann zur Bildung einer linearen retrograden Oberfläche oder einer konkaven retrograden Oberfläche führen.

[0038] Jede der oben genannten leitenden Schichten, zum Beispiel die leitenden Schichten **310** und **312** unabhängig voneinander, kann ein leitendes Metall enthalten. Das leitende Metall kann aus mindestens einem der Elemente Kupfer, Aluminium, Silber oder Gold bestehen. Zum Beispiel kann das leitende Metall aus Kupfer oder einer Kupferlegierung bestehen.

[0039] Vor dem Umspritzen kann auf der leitfähigen Schicht **310** eine Zwischenschicht **122** gebildet werden. Ebenso kann eine Zwischenschicht auf jedem freiliegenden blinden Ende **320** der Durchkontaktierung **302** gebildet werden. Die Zwischenschicht **122** kann aus mindestens einem Oxidmaterial (z.B. mindestens einem Kupferoxid oder einem schwarzen Oxid), einem Nitridmaterial, einer Schicht eines atomaren Abscheidungsmaterials oder einer Schicht eines Aufdampfmaterials bestehen. Die Zwischenschicht **122** kann durch mindestens eines von atomarer Abscheidung oder Aufdampfung gebildet werden. Die Zwischenschicht **122** kann gebildet werden, indem die leitende Schicht einer wässrigen oxidierenden Lösung ausgesetzt wird, die mindestens eine der Substanzen HNO_3 , H_2SO_4 , AgNO_3 , H_2O_2 , HOCl ,

KOCl, KMnO_4 oder CH_3COOH enthält. Die Oxidationslösung kann 2 bis 95 Vol% oder 5 bis 80 Vol% des Oxidationsmittels, bezogen auf das Gesamtvolumen der Oxidationslösung, enthalten. Die Zwischenschicht kann im Vergleich zur leitenden Schicht eine erhöhte Rauigkeit aufweisen. Die Zwischenschicht kann eine Rauigkeit mit einem durchschnittlichen Abstand von Spitze zu Tal von 0,5 bis 5 Mikrometer oder 1 bis 5 Mikrometer oder 1 bis 3 Mikrometer aufweisen. Der durchschnittliche Abstand von Spitze zu Tal kann z.B. durch Bildanalyse eines Bildes bestimmt werden, das mittels Rasterelektronenmikroskopie von einem Teil der Oberfläche mit einer Fläche von mindestens 20 Mikrometern zum Quadrat erhalten wurde. Andere Methoden zur Bestimmung des durchschnittlichen Abstands von Spitze zu Tal sind die optische Profilometrie und die Rasterkraftmikroskopie.

[0040] Vor dem Umspritzen mit Einlegeteilen kann eine Oberfläche der leitfähigen Schicht, z.B. die Formteilerfläche **504**, durch mechanische oder chemische Prozesse aufgeraut werden, um eine aufgeraute Oberfläche zu bilden, die im Vergleich zur Ausgangsoberfläche einen erhöhten durchschnittlichen Abstand zwischen Spitze und Tal aufweist. Der durchschnittliche Abstand von Spitze zu Tal kann größer oder gleich 5 % oder größer oder gleich 10 % oder 20 bis 50 % der Dicke der leitfähigen Schicht sein. Diese Erhöhung der Rauigkeit kann eine verbesserte Haftung der dielektrischen Struktur ermöglichen.

[0041] Vor dem Umspritzen kann ein Klebstoff **106** auf eine Formteilerfläche des Substrats aufgetragen werden, zum Beispiel auf mindestens eine der leitenden Schichten **310**, der Zwischenschicht **122**, jeder freiliegenden dielektrischen Schicht **314** oder jedem freiliegenden blinden Ende von **320** der Durchkontaktierung **302**. Die Klebeschicht kann auf der Grundlage der gewünschten Eigenschaften ausgewählt werden und kann z.B. ein duroplastisches Polymer mit niedriger Schmelztemperatur oder eine andere Zusammensetzung zum Verbinden zweier dielektrischer Schichten oder einer leitenden Schicht mit einer dielektrischen Schicht sein. Die Haftschrift kann einen Poly(arylenether), ein Carboxy-funktionalisiertes Polybutadien- oder Polyisoprenpolymer umfassen, das Butadien-, Isopren- oder Butadien- und Isopreneinheiten und null bis weniger als oder gleich 50 Gew.-% co-härtbare Monomereinheiten enthält. Die Klebstoffzusammensetzung der Klebstoffschicht kann sich von der dielektrischen Zusammensetzung unterscheiden. Die Klebstoffschicht kann in einer Menge von 2 bis 15 Gramm pro Quadratmeter vorhanden sein. Der Poly(arylenether) kann einen Carboxy-funktionalisierten Poly(arylenether) umfassen. Der Poly(arylenether) kann das Reaktionsprodukt aus einem Poly(arylenether) und einem cyclischen Anhydrid oder das Reaktionsprodukt aus einem Poly(arylenether) und Maleinsäureanhydrid

sein. Das carboxy-funktionalisierte Polybutadien- oder Polyisoprenpolymer kann ein carboxy-funktionalisiertes Butadien-Styrol-Copolymer sein. Das carboxy-funktionalisierte Polybutadien- oder Polyisoprenpolymer kann das Reaktionsprodukt aus einem Polybutadien- oder Polyisoprenpolymer und einem cyclischen Anhydrid sein. Das carboxy-funktionalisierte Polybutadien- oder Polyisoprenpolymer kann ein maleiniertes Polybutadien-Styrol oder maleiniertes Polyisopren-Styrol-Copolymer sein.

[0042] Die Klebeschicht kann einen dielektrischen Füllstoff (z.B. Keramikpartikel) enthalten, um die Dielektrizitätskonstante einzustellen. Zum Beispiel kann die Dielektrizitätskonstante der Klebeschicht angepasst werden, um die Leistung des elektromagnetischen Geräts (z.B. DRA-Geräte) zu verbessern oder anderweitig zu verändern.

[0043] Die jeweiligen dielektrischen Anteile, zum Beispiel die dielektrische Struktur **200** und die dielektrische Schicht **314**, können jeweils unabhängig voneinander aus einem dielektrischen Material bestehen. Eine Vielzahl von dielektrischen Materialien kann in jeder der vorgenannten Ausführungsformen verwendet werden. Die dielektrische Struktur kann aus einem thermoplastischen Polymer bestehen. Die dielektrische Schicht **314** kann aus mindestens einem thermoplastischen Polymer oder einem duroplastischen Polymer bestehen. Das dielektrische Material kann aus einer Füllstoffzusammensetzung bestehen, die einen dielektrischen Füllstoff (hier auch als Füllstoff bezeichnet) enthält. Jedes dielektrische Material kann unabhängig voneinander, bezogen auf das Gesamtvolumen des dielektrischen Materials, 30 bis 100 Volumenprozent (vol%) eines Polymers und 0 bis 70 Volumenprozent einer Füllstoffzusammensetzung oder 30 bis 99 Volumenprozent eines Polymers und 1 bis 70 Volumenprozent einer Füllstoffzusammensetzung oder 50 bis 95 Volumenprozent eines Polymers und 5 bis 50 Volumenprozent einer Füllstoffzusammensetzung umfassen. Das Polymer und der Füllstoff können so ausgewählt werden, dass ein dielektrisches Material mit einer Dielektrizitätskonstante, die für einen hier angegebenen Zweck konsistent ist, und einem Verlustfaktor von weniger als 0,01 oder weniger als oder gleich 0,008 bei 10 Gigahertz (GHz) entsteht. Der Verlustfaktor kann mit der IPC-TM-650 -X-Band-Streifenleitungs-Methode oder mit der Split-Resonator-Methode gemessen werden.

[0044] Das thermoplastische Polymer kann Oligomere, Polymere, Ionomere, Dendrimere, Copolymere (z.B. Pfropfcopolymere, statistische Copolymere, Blockcopolymere (z.B. Sternblockcopolymere und statistische Copolymere)) und Kombinationen aus mindestens einem der vorgenannten umfassen. Das thermoplastische Polymer kann teilkristallin oder amorph sein. Das thermoplastische Polymer kann einen dielektrischen Verlust (auch als Verlustfaktor be-

zeichnet) von weniger als oder gleich 0,007, oder weniger als oder gleich 0,006, oder 0,0001 bis 0,007 bei einer Frequenz von 500 MHz bis 100 GHz, oder 500 MHz bis 10 GHz bei 23°C aufweisen.

[0045] Das thermoplastische Polymer kann aus einem Polycarbonat, einem Polystyrol, einem Poly(phenylenether), einem Polyimid (z.B. Polyetherimid), einem Polybutadien, einem Polyacrylnitril, einem Poly(C1-12-alkyl)methacrylat (z.B.) bestehen, Polymethylmethacrylat (PMMA), ein Polyester (z.B. Poly(ethylenterephthalat), Poly(butylenterephthalat), Polythioester), ein Polyolefin (z.B. Polypropylen (PP), Polyethylen hoher Dichte (HDPE)), Polyethylen niedriger Dichte (LDPE), lineares Polyethylen niedriger Dichte (LLDPE)), ein Polyamid (z.B. Polyamidimid), ein Polyarylat, ein Polysulfon (z.B. Polyarylsulfon, Polysulfonamid), ein Poly(phenylsulfid), ein Poly(phenylenoxid), ein Polyether (zum Beispiel Poly(etherketon) (PEK), Poly(etheretherketon) (PEEK), Polyethersulfon (PES)), eine Poly(acrylsäure), ein Polyacetal, ein Polybenzoxazol (zum Beispiel, Polybenzothiazol, Polybenzothiazinophenothiazin), ein Polyoxadiazol, ein Polypyrazinochinoxalin, ein Polypyromellitimid, ein Polychinoxalin, ein Polybenzimidazol, ein Polyoxindol, ein Polyoxoisindolin (zum Beispiel, Polydioxoisindolin), ein Polytriazin, ein Polypyridazin, ein Polypiperazin, ein Polypyridin, ein Polypiperidin, ein Polytriazol, ein Polypyrazol, ein Polypyrrolidin, ein Polycarbonat, ein Polyoxabicyclononan, ein Polydibenzofuran, ein Polyphthalid, ein Polyacetal, ein Polyanhydrid, ein Vinylpolymer (zum Beispiel ein Poly(vinylether), ein Poly(vinylthioether), ein Poly(vinylalkohol), ein Poly(vinylketon), ein Poly(vinylhalogenid) (zum Beispiel, Poly(vinylchlorid)), ein Poly(vinylchlorid), ein Poly(vinylnitril), ein Poly(vinylester)), ein Polysulfonat, ein Polysulfid, ein Polyharnstoff, ein Polyphosphazen, ein Polysilazan, ein Polysiloxan oder eine Kombination, die mindestens einen der vorgenannten Stoffe enthält. Das thermoplastische Polymer kann ein Poly(aryl)etherketon (z.B. Poly(etherketon), Poly(etheretherketon) und Poly(etherketonketon)), ein Polysulfon (z.B. Poly(ethersulfon)), ein Poly(phenylsulfid), ein Poly(ethersulfid), ein Poly(etherimid), ein Poly(amidimid) oder eine Kombination, die mindestens eines der vorgenannten enthält, umfassen. Das thermoplastische Polymer kann ein Polyolefin umfassen. Das thermoplastische Polymer kann eine Kombination umfassen, die mindestens eines der vorgenannten Polymere umfasst.

[0046] Das thermoplastische Polymer kann aus einem Poly(aryl)etherketon bestehen, z.B. Poly(etherketon), Poly(etheretherketon) und Poly(etherketonketon). Das thermoplastische Polymer kann zum Beispiel Poly(etheretherketon) umfassen. Das Poly(etheretherketon) kann eine Schmelzflussrate (MRF) von 40 bis 50 Gramm pro 10 Minuten (g/10 min) haben, die nach ASTM D1238-13, Verfahren A, bei ei-

ner Belastung von 2,16 Kilogramm (kg) bei 400°C bestimmt wird.

[0047] Das thermoplastische Polymer kann ein Polyolefin enthalten. Das Polyolefin kann aus einem Polyethylen niedriger Dichte bestehen. Das Polyolefin kann ein zyklisches Olefin-Copolymer umfassen (z.B. ein Copolymerisationsprodukt von Norbornen und Ethylen unter Verwendung eines Metallocen-Katalysators), gegebenenfalls in Kombination mit einem linearen Polyolefin. Das zyklische Olefin-Copolymer kann eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften aufweisen: eine Zugfestigkeit bei Streckgrenze von 40 bis 50 Megapascal (MPa) bei 5 Millimetern pro Minute (mm/min), gemessen nach ISO 527-2/1A: 2012; eine Dielektrizitätskonstante von 2 bis 2.5 bei einer Frequenz von 1 bis 10 Kilohertz (kHz), wie nach IEC 60250 bestimmt; und einer Wärmeformbeständigkeitstemperatur von größer oder gleich 125°C, z.B. 135 bis 160°C bei 0,46 MPa, wie nach ISO 75-1,-2:2004 bestimmt.

[0048] Das dielektrische Material kann aus einem flüssigkristallinen Polymer bestehen. Flüssigkristalline Polymere (manchmal als „LCP“ abgekürzt) sind eine Klasse von Polymeren, die für eine Vielzahl von Anwendungen bekannt sind. Flüssigkristalline Polymere bestehen oft aus thermoplastischen Harzen, obwohl sie durch Funktionalisierung oder durch Compoundierung mit einem Duroplast, z.B. einem Epoxidharz, auch als Duroplast verwendet werden können. Man geht davon aus, dass flüssigkristalline Polymere aufgrund der Art der sich wiederholenden Einheiten in der Polymerkette eine feste molekulare Form (z.B. linear) haben. Die sich wiederholenden Einheiten bestehen in der Regel aus starren molekularen Elementen. Die starren Molekülelemente (Mesogene) sind häufig stab- oder scheibenförmig, typischerweise aromatisch und häufig heterozyklisch. Die starren molekularen Elemente können in einer oder beiden der Hauptkette (Rückgrat) des Polymers und in den Seitenketten vorhanden sein. Die starren molekularen Elemente können durch flexiblere molekulare Elemente, die manchmal als Spacer bezeichnet werden, getrennt werden.

[0049] Beispiele für kommerzielle flüssigkristalline Polymere sind unter anderem VECTRA™, kommerziell erhältlich von Celanese, XYDAR™, kommerziell erhältlich von Solvay, und ZENITE™, kommerziell erhältlich von Celanese, und solche, die von RTP Co. erhältlich sind, zum Beispiel die flüssigkristallinen Polymere der Serie RTP-3400.

[0050] Das dielektrische Material kann aus mindestens einem der folgenden Materialien bestehen: 1,2-Polybutadien (PBD), Polyisopren, Polybutadien-Polyisopren-Copolymere, Polyetherimid (PEI), Fluorpolymere wie Polytetrafluorethylen (PTFE), Polyimid, Polyetheretherketon (PEEK), Polyamidimid,

Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylennaphthalat, Polycyclohexylenterephthalat oder Polyphenylenether, z.B. auf der Basis von allylierten Polyphenylenethern. Es können auch Kombinationen von Polymeren niedriger Polarität mit Polymeren höherer Polarität verwendet werden, nicht einschränkende Beispiele sind Epoxy und Poly(phenylenether), Epoxy und Poly(etherimid), Cyanatester und Poly(phenylenether) oder 1,2-Polybutadien und Polyethylen.

[0051] Die dielektrische Schicht **314** kann aus einem Fluorpolymer bestehen, zum Beispiel aus Polyvinylfluorid (PVF), Polyvinylidenfluorid (PVDF), fluoriertem Ethylen-Propylen (FEP), Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Polyethylentetrafluorethylen (PETFE). Zu den Fluorpolymeren gehören fluoriierte Homopolymere, z.B. PTFE und Polychlortrifluorethylen (PCTFE), und fluoriierte Copolymere, z.B. Copolymere aus Tetrafluorethylen oder Chlortrifluorethylen mit einem Monomer wie Hexafluorpropylen oder Perfluoralkylvinylether, Vinylidenfluorid, Vinylfluorid, Ethylen oder eine Kombination aus mindestens einem der vorgenannten. Das Fluorpolymer kann eine Kombination aus verschiedenen mindestens einem dieser Fluorpolymere umfassen.

[0052] Die dielektrische Schicht **314** kann aus duroplastischem Polybutadien oder Polyisopren bestehen. Wie hier verwendet, schließt der Begriff „wärmehärtbares Polybutadien oder Polyisopren“ Homopolymere und Copolymere ein, die von Butadien, Isopren oder Kombinationen davon abgeleitete Einheiten enthalten. Einheiten, die von anderen copolymerisierbaren Monomeren abgeleitet sind, können auch im Polymer vorhanden sein, z.B. in Form von Pfropfungen. Beispielhafte copolymerisierbare Monomere sind unter anderem vinylaromatische Monomere, zum Beispiel substituierte und unsubstituierte monovinylaromatische Monomere wie Styrol, 3-Methylstyrol, 3,5-Diethylstyrol, 4-n-Propylstyrol, alpha-Methylstyrol, alpha-Methylvinyltoluol, para-Hydroxystyrol, para-Methoxystyrol, alpha-Chlorstyrol, alpha-Bromstyrol, Dichlorstyrol, Dibromstyrol, Tetra-Chlorstyrol und dergleichen; und substituierte und unsubstituierte divinylaromatische Monomere wie Divinylbenzol, Divinyltoluol und dergleichen. Kombinationen, die mindestens eines der vorgenannten copolymerisierbaren Monomere enthalten, können ebenfalls verwendet werden. Beispielhafte duroplastische Polybutadien- oder Polyisoprene umfassen unter anderem Butadien-Homopolymere, Isopren-Homopolymere, Butadien-vinylaromatische Copolymere wie Butadien-Styrol, Isopren-vinylaromatische Copolymere wie Isopren-Styrol-Copolymere und dergleichen.

[0053] Das duroplastische Polybutadien oder Polyisopren kann ebenfalls modifiziert werden. Die Polymere können z.B. Hydroxyl-terminiert, Methacrylat-terminiert, Carboxylat-terminiert o.ä. sein. Es können nachreagierte Polymere wie Epoxy-, Maleinsäu-

reanhydrid- oder Urethan-modifizierte Polymere aus Butadien- oder Isoprenpolymeren verwendet werden. Die Polymere können auch vernetzt werden, z.B. durch divinylaromatische Verbindungen wie Divinylbenzol, z.B. ein mit Divinylbenzol vernetztes Polybutadien-Styrol. Beispielhafte Materialien werden von ihren Herstellern weitgehend als „Polybutadiene“ klassifiziert, z.B. Nippon Soda Co., Tokio, Japan, und Cray Valley Hydrocarbon Specialty Chemicals, Exton, PA. Es können auch Kombinationen verwendet werden, z.B. eine Kombination aus einem Polybutadien-Homopolymer und einem Poly(butadien-Isopren)-Copolymer. Es können auch Kombinationen aus einem syndiotaktischen Polybutadien verwendet werden.

[0054] Das wärmehärtende Polybutadien oder Polyisopren kann bei Raumtemperatur flüssig oder fest sein. Das flüssige Polymer kann ein zahlenmittleres Molekulargewicht (M_n) von mehr als oder gleich 5.000 g/mol haben. Wie hier verwendet, kann das Zahlenmittel des Molekulargewichts auf Polystyrolstandards basieren. Das flüssige Polymer kann ein M_n von weniger als 5.000 g/mol oder 1.000 bis 3.000 g/mol haben. Wärmehärtbares Polybutadien oder Polyisopren mit einer mindestens 90 Gew.-%igen 1, 2-Zugabe kann nach der Aushärtung aufgrund der großen Anzahl an Vinyl-Seitengruppen, die zur Vernetzung zur Verfügung stehen, eine höhere Vernetzungsdichte aufweisen.

[0055] Das Polybutadien oder Polyisopren kann im dielektrischen Material in einer Menge von bis zu 100 Gew.-% oder bis zu 75 Gew.-% in Bezug auf das gesamte dielektrische Material vorhanden sein, genauer gesagt 10 bis 70 Gew.-% oder 20 bis 60 oder 70 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dielektrischen Materials.

[0056] Andere Polymere, die mit dem duroplastischen Polybutadien oder Polyisopren kohärten können, können für spezifische Eigenschafts- oder Verarbeitungsmodifikationen hinzugefügt werden. Um beispielsweise die Stabilität der dielektrischen Festigkeit und der mechanischen Eigenschaften des dielektrischen Materials über die Zeit zu verbessern, kann ein Ethylen-Propylen-Elastomer mit niedrigerem Molekulargewicht in den Systemen verwendet werden. Ein Ethylen-Propylen-Elastomer, wie es hier verwendet wird, ist ein Copolymer, Terpolymer oder ein anderes Polymer, das hauptsächlich Ethylen und Propylen enthält. Ethylen-Propylen-Elastomere können weiterhin als EPM-Copolymere (d.h. Copolymere aus Ethylen- und Propylenmonomeren) oder EPDM-Terpolymere (d.h. Terpolymere aus Ethylen-, Propylen- und Dienmonomeren) klassifiziert werden. Insbesondere Ethylen-Propylen-Dien-Terpolymer-Kautschuke haben gesättigte Hauptketten, wobei die Ungesättigkeit außerhalb der Hauptkette für eine einfache Vernetzung zur Verfügung steht. Flüssige Ethylen-Pro-

pylen-Dien-Terpolymerkautschuke, bei denen das Dien Dicyclopentadien ist, können verwendet werden.

[0057] Die Molekulargewichte der Ethylen-Propylen-Kautschuke können weniger als 10.000 g/mol viskositätsgemittelt Molekulargewicht (Mv) betragen. Der Ethylen-Propylen-Kautschuk kann einen Ethylen-Propylen-Kautschuk mit einem Mv von 7.200 g/mol enthalten, der von Lion Copolymer, Baton Rouge, LA, unter dem Handelsnamen TRILENE™ CP80 erhältlich ist; einen flüssigen Ethylen-Propylen-Dicyclopentadien-Terpolymer-Kautschuk mit einem Mv von 7.000 g/mol, der von Lion Copolymer unter dem Handelsnamen TRILENE™ 65 erhältlich ist; und ein flüssiges Ethylen-Propylen-Ethyliden-Norbornen-Terpolymer mit einem Mv von 7.500 g/mol, das von Lion Copolymer unter dem Namen TRILENE™ 67 erhältlich ist.

[0058] Der Ethylen-Propylen-Kautschuk kann in einer Menge vorhanden sein, die wirksam ist, um die Stabilität der Eigenschaften des dielektrischen Materials über die Zeit aufrechtzuerhalten, insbesondere die dielektrische Festigkeit und die mechanischen Eigenschaften. Typischerweise betragen solche Mengen bis zu 20 Gew.-% in Bezug auf das Gesamtgewicht des dielektrischen Materials, konkret 4 bis 20 Gew.-% oder 6 bis 12 Gew.-%.

[0059] Eine andere Art von co-vulkanisierbarem Polymer ist ein ungesättigtes polybutadien- oder polyisoprenhaltiges Elastomer. Diese Komponente kann ein statistisches oder Blockcopolymer aus hauptsächlich 1,3-Additionsbutadien oder Isopren mit einem ethylenisch ungesättigten Monomer sein, zum Beispiel eine vinylaromatische Verbindung wie Styrol oder alpha-Methylstyrol, ein Acrylat oder Methacrylat wie Methylmethacrylat oder Acrylnitril. Das Elastomer kann ein festes, thermoplastisches Elastomer sein, das ein lineares Blockcopolymer oder ein Blockcopolymer vom Pfropftyp mit einem Polybutadien- oder Polyisoprenblock und einem thermoplastischen Block, der von einem monovinylaromatischen Monomer wie Styrol oder alpha-Methylstyrol abgeleitet werden kann, umfaßt. Blockcopolymer dieser Art umfassen Styrol-Butadien-Styrol-Triblockcopolymer, zum Beispiel solche, die von Dexco Polymers, Houston, TX unter dem Handelsnamen VECTOR 8508M™, von Enichem Elastomers America, Houston, TX unter dem Handelsnamen SOL-T-6302™ und von Dynasol Elastomers unter dem Handelsnamen CALPRENE™ 401 erhältlich sind; und Styrol-Butadien-Diblock-Copolymere und gemischte Triblock- und Diblock-Copolymere, die Styrol und Butadien enthalten, zum Beispiel solche, die von Kraton Polymers (Houston, TX) unter dem Handelsnamen KRATON D1118 erhältlich sind. KRATON D1118 ist ein gemischtes Diblock-/Triblock-Styrol- und Butadien-haltiges Copolymer, das 33 Gew.-% Styrol enthält.

[0060] Das optionale polybutadien- oder polyisoprenhaltige Elastomer kann ferner ein zweites Blockcopolymer enthalten, das dem oben beschriebenen ähnlich ist, mit der Ausnahme, dass der Polybutadien- oder Polyisoprenblock hydriert wird, wodurch ein Polyethylenblock (im Falle von Polybutadien) oder ein Ethylen-Propylen-Copolymerblock (im Falle von Polyisopren) gebildet wird. In Verbindung mit dem oben beschriebenen Copolymer lassen sich Werkstoffe mit höherer Zähigkeit herstellen. Ein beispielhaftes zweites Blockcopolymer dieser Art ist KRATON GX1855 (kommerziell erhältlich von Kraton Polymers, von dem angenommen wird, dass es sich um eine Kombination aus einem 1,2-Butadien-Styrol-Blockcopolymer mit hohem Styrol-Gehalt und einem Styrol-(Ethylen-Propylen)-Styrol-Blockcopolymer handelt.

[0061] Die ungesättigte polybutadien- oder polyisoprenhaltige Elastomerkomponente kann im dielektrischen Material in einer Menge von 2 bis 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des dielektrischen Materials, nämlich 5 bis 50 Gew.-% oder 10 bis 40 oder 50 Gew.-%, vorhanden sein.

[0062] Zu den weiteren co-härtbaren Polymeren, die für spezifische Eigenschafts- oder Verarbeitungsmodifikationen hinzugefügt werden können, gehören unter anderem Homopolymere oder Copolymere von Ethylen wie Polyethylen und Ethylenoxid-Copolymere, Naturkautschuk; Norbornen-Polymere wie Polydicyclopentadien; hydrierte Styrol-Isopren-Styrol-Copolymere und Butadien-Acrylnitril-Copolymere; ungesättigte Polyester und dergleichen. Der Anteil dieser Copolymere beträgt im Allgemeinen weniger als 50 Gew.-% des Gesamtpolymers im dielektrischen Material.

[0063] Durch freie Radikale härtbare Monomere können auch für spezifische Eigenschafts- oder Verarbeitungsmodifikationen zugesetzt werden, z.B. um die Vernetzungsdichte des Systems nach der Aushärtung zu erhöhen. Beispielhafte Monomere, die geeignete Vernetzungsmittel sein können, sind z.B. mindestens eines von zwei-, drei- oder höher ethylenisch ungesättigten Monomeren wie Divinylbenzol, Triallylcyanurat, Diallylphthalat oder multifunktionelle Acrylat-Monomere (z.B. SARTOMER™-Polymere, erhältlich bei Sartomer USA, Newtown Square, PA, Geschäft unter Arkema Group), die alle kommerziell erhältlich sind. Das Vernetzungsmittel kann, wenn es verwendet wird, in der dielektrischen Zusammensetzung in einer Menge von bis zu 20 Gew.-% oder 1 bis 15 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der dielektrischen Zusammensetzung, enthalten sein.

[0064] Der dielektrischen Zusammensetzung kann ein Härtungsmittel zugesetzt werden, um die Härtungsreaktion von Polyenen mit olefinischen reaktiven Stellen zu beschleunigen. Härtungsmittel

können organische Peroxide, z.B. Dicumylperoxid, t-Butylperbenzoat, 2,5-Dimethyl-2,5-di(t-butylperoxy)hexan, α,α -dibis(t-butylperoxy)diisopropylbenzol, 2,5-Dimethyl-2,5-di(t-butylperoxy)hexin-3 oder eine Kombination, die mindestens einen der vorgenannten Stoffe enthält, umfassen. Kohlenstoff-Kohlenstoff-Initiatoren, z.B. 2,3-Dimethyl-2,3-Diphenylbutan, können verwendet werden. Härtungsmittel oder Initiatoren können allein oder in Kombination verwendet werden. Die Menge des Härtungsmittels kann 1,5 bis 10 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polymers in der dielektrischen Zusammensetzung, betragen.

[0065] In einigen Ausführungsformen ist das Polybutadien- oder Polyisoprenpolymer carboxyfunktionalisiert. Die Funktionalisierung kann unter Verwendung einer polyfunktionellen Verbindung erreicht werden, die im Molekül sowohl (i) eine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung oder eine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung als auch (ii) mindestens eine Carboxygruppe, einschließlich einer Carbonsäure, eines Anhydrids, eines Amids, eines Esters oder eines Säurehalogenids, aufweist. Eine spezifische Carboxygruppe ist eine Carbonsäure oder ein Carbonsäureester. Beispiele für polyfunktionelle Verbindungen, die eine funktionelle Carbonsäuregruppe bereitstellen können, umfassen mindestens eine von Maleinsäure, Maleinsäureanhydrid, Fumarsäure oder Zitronensäure. Insbesondere mit Maleinsäureanhydrid adduzierte Polybutadiene können in der wärmehärtbaren Zusammensetzung verwendet werden. Geeignete maleinisierte Polybutadien-Polymere sind im Handel erhältlich, z.B. von Cray Valley unter den Handelsnamen RICON 130MA8, RICON 130MA13, RICON 130MA20, RICON 131MA5, RICON 131MA10, RICON 131MA17, RICON 131MA20 und RICON 156MA17. Geeignete maleinisierte Polybutadien-Styrol-Copolymere sind im Handel erhältlich, z.B. von Sartomer unter den Handelsnamen RICON 184MA6. RICON 184MA6 ist ein Butadien-Styrol-Copolymer, dem Maleinsäureanhydrid mit einem Styrolgehalt von 17 bis 27 Gew.-% und einem Mn-Gehalt von 9.900 g/mol zugesetzt wurde.

[0066] Die dielektrische Schicht und/oder die dielektrische Struktur kann eine Füllstoffzusammensetzung enthalten, die so gewählt werden kann, dass die Dielektrizitätskonstante, der Dissipationsfaktor oder der Wärmeausdehnungskoeffizient eingestellt werden kann. Die Füllstoffzusammensetzung kann mindestens einen dielektrischen Füllstoff umfassen, z.B. mindestens einen von Titandioxid (Rutil und Anatas), Bariumtitanat, Strontiumtitanat, Siliciumdioxid (einschließlich geschmolzenem amorphem Siliciumdioxid), Korund, Wollastonit, Ba₂Ti₉O₂₀, Vollglaskugeln, Hohlkugeln aus synthetischem Glas oder Keramik, Quarz, Bornitrid, Aluminiumnitrid, Siliciumcarbid, Beryllie, Aluminiumoxid, Aluminiumoxid-Trihydrat, Magnesia, Glimmer, Talkum, Nanotone oder

Magnesiumhydroxid. Der dielektrische Füllstoff kann mindestens aus Partikeln, Fasern oder Whiskern bestehen.

[0067] Die Füllstoffzusammensetzung kann eine multimodale Partikelgrößenverteilung haben, wobei ein Peak eines ersten Modus der multimodalen Partikelgrößenverteilung mindestens siebenmal so groß ist wie ein Peak eines zweiten Modus der multimodalen Partikelgrößenverteilung. Die multimodale Partikelgrößenverteilung kann zum Beispiel bimodal, trimodal oder quadramodal sein. Mit anderen Worten, die Füllstoffzusammensetzung kann eine erste Vielzahl von Teilchen mit einer ersten durchschnittlichen Teilchengröße und eine zweite Vielzahl von Teilchen mit einer zweiten durchschnittlichen Teilchengröße umfassen; wobei die erste durchschnittliche Teilchengröße größer oder gleich dem 7-fachen oder größer oder gleich dem 10-fachen oder 7- bis 20-fachen der zweiten durchschnittlichen Teilchengröße ist. Wie hier verwendet, bezieht sich der Begriff Teilchengröße auf einen Durchmesser einer Kugel mit dem gleichen Volumen wie das Teilchen und die durchschnittliche Teilchengröße bezieht sich auf ein Zahlenmittel der Teilchengrößen der Vielzahl von Teilchen. Die erste Vielzahl von Partikeln und die zweite Vielzahl von Partikeln kann den gleichen dielektrischen Füllstoff enthalten. Zum Beispiel können die erste Vielzahl von Partikeln und die zweite Vielzahl von Partikeln Titandioxid umfassen. Umgekehrt können die erste Vielzahl von Partikeln und die zweite Vielzahl von Partikeln unterschiedliche dielektrische Füllstoffe enthalten. Zum Beispiel kann die erste Vielzahl von Teilchen Siliciumdioxid und die zweite Vielzahl von Teilchen Titandioxid umfassen.

[0068] Die erste Vielzahl von Partikeln kann eine durchschnittliche Partikelgröße von 1 bis 10 Mikrometern oder 2 bis 5 Mikrometern haben. Die zweite Vielzahl von Partikeln kann eine durchschnittliche Partikelgröße von 0,01 bis 1 Mikrometer oder 0,1 bis 0,5 Mikrometer haben. Der dielektrische Füllstoff kann eine erste Vielzahl von Partikeln umfassen, die Titandioxid mit einer durchschnittlichen Partikelgröße von 1 bis 10 Mikrometern umfassen, und eine zweite Vielzahl von Partikeln mit einer durchschnittlichen Partikelgröße von 0,1 bis 1 Mikrometer.

[0069] Das dielektrische Material kann 10 bis 90 Vol %, oder 20 bis 80 Vol%, oder 30 bis 80 Vol%, oder 40 bis 80 Vol% des dielektrischen Füllstoffs, bezogen auf das Gesamtvolumen des dielektrischen Materials, umfassen. Das dielektrische Material kann 25 bis 45 Vol-% oder 30 bis 40 Vol-% der ersten Vielzahl von Partikeln und 10 bis 25 Vol-% oder 10 bis 20 Vol-% der zweiten Vielzahl von Partikeln umfassen; beide basieren auf dem Gesamtvolumen des dielektrischen Materials. Der dielektrische Füllstoff kann 10 bis 90 Vol. % oder 50 bis 90 Vol. % oder 60 bis 80 Vol. % der ersten Vielzahl von Partikeln, bezogen auf das

Gesamtvolumen des dielektrischen Füllstoffs, umfassen. Der dielektrische Füllstoff kann 10 bis 90 Vol. % oder 10 bis 50 Vol. % oder 20 bis 40 Vol. % der zweiten Vielzahl von Partikeln, bezogen auf das Gesamtvolumen des dielektrischen Füllstoffs, umfassen.

[0070] Das dielektrische Material kann einen Flussmodifikator enthalten. Der Flussmodifikator kann aus einem keramischen Füllstoff bestehen. Der keramische Füllstoff kann einen oder mehrere der hier aufgeführten dielektrischen Füllstoffe umfassen, sofern er sich vom dielektrischen Füllstoff unterscheidet. Zum Beispiel kann der dielektrische Füllstoff aus Titandioxid und der keramische Füllstoff aus Bornitrid bestehen. Der Fließmodifikator kann aus einem Fluorpolymer (z.B. PFPE) bestehen, z.B. FLUOROGARD™, das im Handel bei Chemours USA Fluoroproducts, Wilmington, DE, erhältlich ist. Der Fließmodifikator kann ein polyedrisches oligomeres Silsesquioxan (allgemein als „POSS“ bezeichnet, hier auch als „Silsesquioxan“ bezeichnet) umfassen. Der Strömungsmodifikator kann aus einer Kombination bestehen, die einen oder mehrere der vorgenannten Strömungsmodifikatoren umfasst. Der Flussmodifikator kann in einer Menge von weniger als oder gleich 5 Vol% oder 0,5 bis 5 Vol% oder 0,5 bis 2 Vol%, bezogen auf das Gesamtvolumen des dielektrischen Materials, vorhanden sein. Bei diesen niedrigen Konzentrationen wird die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials nicht wesentlich beeinflusst.

[0071] Der Strömungsmodifikator kann das Silsesquioxan umfassen. Das Silsesquioxan ist ein anorganisches Material in Nanogröße mit einem Siliciumdioxidkern, der reaktive funktionelle Gruppen an der Oberfläche haben kann. Das Silsesquioxan kann einen Würfel oder eine würfelförmige Struktur haben, die an den Scheitelpunkten Siliciumatome enthält und Sauerstoffatome miteinander verbindet. Jedes der Siliciumatome kann kovalent an eine anhängende R-Gruppe gebunden sein. Silsesquioxane, zum Beispiel Octa(dimethylsiloxy)silsesquioxan ($R_8Si_8O_{12}$), bestehen aus einem Käfig aus Silicium- und Sauerstoffatomen um einen Kern mit acht anhängenden R-Gruppen. Jede R-Gruppe kann unabhängig voneinander ein Wasserstoff, eine Hydroxygruppe, eine Alkylgruppe, eine Arylgruppe oder eine Alkengruppe sein, wobei die R-Gruppe ein bis zwölf Kohlenstoffatome und ein oder mehrere Heteroatome (z.B. Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor, Silicium, ein Halogen oder eine Kombination, die mindestens eines der vorgenannten enthält) umfassen kann. Jede Gruppe R kann unabhängig voneinander eine reaktive Gruppe umfassen, z.B. einen Alkohol, eine Epoxygruppe, einen Ester, ein Amin, ein Keton, einen Ether, ein Halogenid oder eine Kombination, die mindestens eines der vorgenannten enthält. Jede R-Gruppe kann unabhängig voneinander ein Silanol, ein Alkoxid, ein Chlorid oder eine Kombination, die mindestens eine der vorstehenden Grup-

pen umfasst, umfassen. Das Silsesquioxan kann Trisilanolphenyl-POSS, Dodecaphenyl-POSS, Octaisobutyl-POSS, Octamethyl-POSS oder eine Kombination, die mindestens einen der vorgenannten Stoffe enthält, umfassen. Das Silsesquioxan kann Trisilanolphenyl-POSS enthalten.

[0072] Optional können einer oder mehrere der Füllstoffe mit einer siliziumhaltigen Beschichtung oberflächenbehandelt werden, zum Beispiel mit einem organofunktionellen Alkoxysilan-Kopplungsmittel. Als Haftvermittler kann ein Zirkonat- oder Titanat-Haftvermittler verwendet werden. Solche Haftvermittler können die Dispersion des Füllstoffs im dielektrischen Material verbessern und die Wasseraufnahme des fertigen DRA verringern. Die Füllstoffkomponente kann 5 bis 50 Vol% der Mikrokugeln und 70 bis 30 Vol% amorphes Quarzglas als Sekundärfüllstoff, bezogen auf das Gewicht der Füllstoffzusammensetzung, enthalten.

[0073] Jedes dielektrische Material kann unabhängig voneinander optional ein oder mehrere Flammenschutzmittel enthalten, die nützlich sind, um das dielektrische Material flammbeständig zu machen. Diese Flammenschutzmittel können halogeniert oder unhalogeniert sein. Die Flammenschutzmittel können in der dielektrischen Schicht in einer Menge von 0 bis 30 Vol.-%, bezogen auf das Volumen des dielektrischen Materials, enthalten sein.

[0074] In einer Ausführungsform ist das Flammenschutzmittel anorganisch und liegt in Form von Partikeln vor. Ein beispielhaftes anorganisches Flammenschutzmittel ist ein Metallhydrat, das z.B. einen volumengemittelten Teilchendurchmesser von 1 nm bis 500 nm oder 1 bis 200 nm oder 5 bis 200 nm oder 10 bis 200 nm hat; alternativ dazu beträgt der volumengemittelte Teilchendurchmesser 500 nm bis 15 Mikrometer, z.B. 1 bis 5 Mikrometer. Das Metallhydrat ist ein Hydrat eines Metalls wie Mg, Ca, Al, Fe, Zn, Ba, Cu, Ni oder eine Kombination aus mindestens einem der vorgenannten. Hydrate von Mg, Al oder Ca werden besonders bevorzugt, z.B. mindestens eines von Aluminiumhydroxid, Magnesiumhydroxid, Calciumhydroxid, Eisenhydroxid, Zinkhydroxid, Kupferhydroxid oder Nickelhydroxid; oder Hydrate von Calciumaluminat, Gipsdihydrat, Zinkborat oder Bariummetaborat. Zusammensetzungen aus diesen Hydraten können z.B. ein Hydrat verwendet werden, das Mg und mindestens eines der Elemente Ca, Al, Fe, Zn, Ba, Cu oder Ni enthält. Ein bevorzugtes zusammengesetztes Metallhydrat hat die Formel $MgM_x(OH)_y$, worin M Ca, Al, Fe, Zn, Ba, Cu oder Ni ist, x 0,1 bis 10 ist und y 2 bis 32 ist. Die flammhemmenden Partikel können beschichtet oder anderweitig behandelt werden, um die Dispersion und andere Eigenschaften zu verbessern.

[0075] Organische Flammenschutzmittel können alternativ oder zusätzlich zu den anorganischen Flammenschutzmitteln verwendet werden. Beispiele für organische Flammenschutzmittel sind Melamincyanurat, feinteiliges Melaminpolyphosphat, verschiedene andere phosphorhaltige Verbindungen wie aromatische Phosphinate, Diphosphinate, Phosphonate und Phosphate, bestimmte Polysilsesquioxane, Siloxane und halogenierte Verbindungen wie Hexachlordenomethylentetrahydrophthalsäure (HET-Säure), Tetrabromphthalsäure und Dibromoneopentylglykol A Flammenschutzmittel (wie ein bromhaltiges Flammenschutzmittel). Beispiele für bromierte Flammenschutzmittel sind Saytex BT93W (Ethylenbistetraabromphthalimid), Saytex **120** (Tetradecabromdiphenoxybenzol) und Saytex **102** (Decabromdiphenyloxid).

[0076] Das Flammenschutzmittel kann in einer Menge von 20 phr (Teile pro hundert Teile Harz) bis 60 phr oder 30 bis 45 phr enthalten sein. Das Flammenschutzmittel kann in Kombination mit einem Synergisten verwendet werden, z.B. kann ein halogeniertes Flammenschutzmittel in Kombination mit einem Synergisten wie Antimontrioxid verwendet werden, und ein phosphorhaltiges Flammenschutzmittel kann in Kombination mit einer stickstoffhaltigen Verbindung wie Melamin verwendet werden.

[0077] Ergänzend zu den vorstehenden Ausführungen kann eine dielektrische Struktur, wie sie hier offengelegt ist, auf einem Substrat durch direkte thermische Schmelzverbindung entweder gleichzeitig mit der Strukturformung (z.B. thermoplastisches Spritzgießen) oder nach der Strukturformung (z.B. Anwendung von Wärme/Druck oder Ultraschallenergie/Druck) befestigt werden.

[0078] In dem Bemühen, die Haftung an einer Grenzflächenkontaktfläche zu maximieren, kann es vorteilhaft sein, einen Primer oder einen Klebstoff in Kombination mit den oben genannten Verbindungsmethoden zu verwenden. Ein Primer verändert die Oberflächeneigenschaften des Substrats bei minimalen Dicken (Angström bis Submikrometer). Der Zweck des Primers besteht darin, die Chemie an der Substratoberfläche zu verändern, um eine bessere Kopplung (kovalente Bindung) oder Kompatibilität zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat zu ermöglichen. Aufgrund der minimalen Dicke eines Primers gibt es auch ein minimales Fließ- und Spaltfüllvermögen. Ein Klebstoff erfüllt im Wesentlichen die gleiche Funktion wie ein Primer, jedoch in einer dickeren Schicht, um ein Fließ- und Spaltfüllvermögen zu ermöglichen.

[0079] Aufgrund der minimalen Dicke des Primers ist es weniger notwendig, die dielektrischen Eigenschaften der dielektrischen Struktur anzupassen. Umgekehrt erfordert die größere Dicke des Klebstoffs unter Umständen mehr Aufmerksamkeit bei der Anpassung

an die dielektrischen Eigenschaften der dielektrischen Struktur, um eine Verringerung der Leistung bei der Endmontage zu vermeiden.

[0080] Primer können kleine, reaktive Moleküle wie Silane, Zirkonate und Titanate sein und sind in der Industrie als Dynasylan von Evonik Industries AG, Essen, Deutschland, oder Ken-React von Kenrich Petrochemicals, Bayonne, NJ, USA, bekannt. Es kann sich um größere Moleküle handeln, die entweder oligomer oder polymer sind, wobei ihre Auftragsdicke durch den Feststoffgehalt der lösungsmittelhaltigen Lösung bestimmt wird, aus der sie aufgetragen werden. Oligomere Primer können reaktive Funktionalitäten wie z.B. Vinyl-Ungesättigkeit enthalten, die sich in Gegenwart von Wärme und einem freien Radikalinitiator zu einem hohen Molekulargewicht verketteten oder vernetzen können. Zu den geeigneten Oligomeren gehören Vinyl-terminierte Polyphenylenether, die als Noryl von SABIC, Selkirk, NY, USA, erhältlich sind, und Butadien-Styrol-Copolymere, die als Ricon von Cray Valley/Total Petrochemicals, Exton, PA, USA, erhältlich sind. Polymer-Grundierungsketten werden weich, wenn sie Temperaturen oberhalb ihrer Glasübergangstemperatur ausgesetzt werden, und können zur Oberflächenglätte beitragen, wodurch Lufteinschlüsse minimiert werden.

[0081] Klebstoffe können dickere Anwendungen von formulierten Oligomeren wie oben oder, noch bevorzugter, löslich gemachte Hochpolymere sein. Darüber hinaus können Kombinationen aus reaktiven Oligomeren und nicht reaktiven Polymeren mit einem radikalischen Initiator und optional einem reaktiven Co-Agenten verwendet werden, um die Oligomervernetzung zu maximieren. Das hochpolymere Klebmaterial kann so gewählt werden, dass es der Polarität und dem Löslichkeitsparameter der harzartigen Komponente der dielektrischen Struktur entspricht, um die Kompatibilität zu maximieren. Alternativ können Säure-Base-Paare verwendet werden (Beispiel: Anhydrid-Amin), wenn sie keine Verschlechterung der Montageleistung zeigen. Zu den thermoplastischen Harzen, die löslich sind und weich werden, fließen und haften, gehören: Polyetherimid-Copolymere, erhältlich als Ultem von Sabic, Selkirk, NY, USA; Polyimide, erhältlich als Polyimid P84NT von Evonik Industries AG, Essen, Deutschland; fluorierte Polyimide, erhältlich als CP1 von NeXolve, Huntsville, AL, USA. Materialien mit Glasübergangstemperaturen über 260°C sind möglicherweise besser für Baugruppen geeignet, die eine weitere Lötverarbeitung erfordern. Dickere Verbindungslinien, die zum Fließen und zur Spaltfüllung erforderlich sind, erfordern möglicherweise eine bessere Anpassung der dielektrischen Eigenschaften des Klebstoffs an die dielektrische Struktur. Für die dielektrische Struktur geeignete Füllstoffe können für den Klebstoff verwendet werden, um eine gute Anpassung zu erreichen.

[0082] Primer können auf das Substrat Kupfer/Silber/Gold aufgetragen und an Ort und Stelle ausgehärtet werden. Die dielektrische Struktur kann dann direkt auf das grundierte Substrat spritzgegossen werden, oder eine vorgeformte dielektrische Struktur kann thermisch auf dem Substrat fixiert werden (z.B. durch IR-, Reibungs- oder Ultraschallverfahren). Im Falle des direkten Spritzgießens können Klebstoffe auf das Substrat aufgetragen werden, wobei die Wärme des geschmolzenen Kunststoffes zur Aktivierung des Klebstoffs genutzt wird. Oder die Klebstoffe können entweder auf das Substrat oder auf die Unterseite der vorgeformten dielektrischen Struktur aufgetragen werden, wenn die Struktur vor dem Verkleben gebildet wird. Die zur Aktivierung des Klebstoffs erforderliche Energie kann durch Heißluft, Induktion, Reibung oder Ultraschallverfahren aufgebracht werden. Ein Mittel zum Aufbringen eines gleichmäßigen, gleichmäßigen Drucks kann verwendet werden, um den aktivierten (erweichten) Klebstoff in Spalten und andere Fehler zwischen dem Substrat und der dielektrischen Struktur zu drücken.

[0083] Im Folgenden werden die nicht einschränkenden Aspekte der vorliegenden Offenlegung dargelegt.

[0084] Aspekt 1: Elektromagnetische Vorrichtung, umfassend: ein Substrat, das eine dielektrische Schicht und eine erste leitende Schicht umfasst; mindestens eine dielektrische Struktur, die mindestens ein nicht-gasförmiges dielektrisches Material umfasst, das einen ersten dielektrischen Abschnitt bildet, der sich von der ersten Seite des Substrats nach außen erstreckt, wobei der erste dielektrische Abschnitt eine mittlere Dielektrizitätskonstante und einen optionalen zweiten dielektrischen Abschnitt aufweist, der sich in eine optionale Durchkontaktierung (Via) erstreckt. Mindestens eine dielektrische Struktur ist mit dem Substrat durch mindestens eines der folgenden Elemente verbunden: eine mechanische Verriegelung zwischen dem zweiten dielektrischen Teil und dem Substrat aufgrund des mindestens einen Verriegelungsschlitzes, der eine retrograde Oberfläche aufweist; eine Zwischenschicht, die sich zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat befindet und eine aufgerauhte Oberfläche aufweist; oder ein Klebstoffmaterial, das sich zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat befindet.

[0085] Aspekt 2: Die Vorrichtung von Aspekt 1, die ferner mindestens eine Durchkontaktierung umfasst, die sich mindestens teilweise durch das Substrat von einer ersten Seite zu einer gegenüberliegenden zweiten Seite des Substrats erstreckt.

[0086] Aspekt 3: Die Vorrichtung eines oder mehrerer der oben genannten Aspekte, die die mechanische Verriegelung umfasst.

[0087] Aspekt 4: Die Vorrichtung eines oder mehrerer der vorstehenden Aspekte, wobei die Zwischenschicht vorhanden ist und wobei die Zwischenschicht eine Oberflächenrauigkeit aufweist, die durch einen durchschnittlichen Abstand von Spitze zu Tal von 0,5 bis 5 Mikrometern definiert ist.

[0088] Aspekt 5: Die Vorrichtung von Aspekt 4, bei dem die Zwischenschicht aus dem gleichen oder einem anderen Material besteht wie die erste leitende Schicht.

[0089] Aspekt 6: Die Vorrichtung eines oder mehrerer der vorgenannten Aspekte, die die Klebeschicht umfasst.

[0090] Aspekt 7: Die Vorrichtung eines oder mehrerer der vorstehenden Aspekte, wobei die EM-Vorrichtung eine dielektrische Resonatorantenne, DRA, umfasst und die mindestens eine dielektrische Struktur mindestens ein Teil der DRA ist.

[0091] Aspekt 8: Ein Verfahren zur Herstellung der Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Aspekte, umfassend: Spritzgießen einer dielektrischen Zusammensetzung auf das Substrat, um das dielektrische Substrat zu bilden.

[0092] Aspekt 9: Das Verfahren von Aspekt 8, wobei die dielektrische Zusammensetzung ein thermoplastisches Polymer umfasst.

[0093] Aspekt 10: Das Verfahren von Aspekt 9, wobei eine Einspritztemperatur der dielektrischen Zusammensetzung während des Formens größer als eine Schmelztemperatur des thermoplastischen Polymers ist; vorzugsweise beträgt die Einspritztemperatur 40°C bis 220°C oder 40°C bis 160°C oder 100°C bis 220°C.

[0094] Aspekt 11: Das Verfahren eines oder mehrerer der Aspekte 8 bis 10, wobei der Einspritzdruck während des Spritzgießens 65 bis 350 kPa beträgt.

[0095] Aspekt 12: Das Verfahren zu einem oder mehreren der Aspekte 8 bis 11, wobei eine Formtemperatur nach dem Spritzgießen 0 bis 250°C oder 23 bis 200°C beträgt und gegebenenfalls 0,5 bis 10 Minuten lang aufrechterhalten wird.

[0096] Aspekt 13: Das Verfahren nach einem oder mehreren der Aspekte 8 bis 12, wobei das Spritzgießen das Füllen der Form mit der dielektrischen Zusammensetzung in 0,1 bis 10 Sekunden oder 0,5 bis 5 Sekunden oder 0,2 bis 1 Sekunde umfasst.

[0097] Aspekt 14: Das Verfahren nach einem oder mehreren der Aspekte 8 bis 13, bei der zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat keine sichtbaren Delaminationen (d.h. in Bezug auf das bloße Auge eines bestimmten menschlichen Beobachters) vorhanden sind.

[0098] Aspekt 15: Das Verfahren nach einem oder mehreren der Aspekte 8 bis 14, das ferner die Bildung der mechanischen Verzahnung durch Ätzen des Substrats umfasst.

[0099] Aspekt 16: Das Verfahren nach einem oder mehreren der Aspekte 8 bis 15, das ferner das Bilden der Zwischenschicht auf einer leitfähigen Schicht des Substrats umfasst; wobei das Bilden der Zwischenschicht optional das Aussetzen der leitfähigen Schicht einem Oxidationsmittel umfasst, wobei das Oxidationsmittel vorzugsweise mindestens eines von HNO_3 , H_2SO_4 , AgNO_3 , H_2O_2 , HOCl , KOCl , KMnO_4 oder CH_3COOH umfasst.

[0100] Aspekt 17: Das Verfahren nach einem oder mehreren der Aspekte 8 bis 16, das ferner die Bildung einer Abscheidung eines Klebmaterials auf dem Substrat vor dem Spritzgießen umfasst.

[0101] Aspekt 18: Das Verfahren nach einem oder mehreren der Aspekte 8 bis 17, wobei die dielektrische Zusammensetzung einen dielektrischen Füllstoff umfasst; wobei der dielektrische Füllstoff eine multimodale Teilchengröße aufweist.

[0102] Aspekt 19: Das Verfahren von Aspekt 18, wobei der dielektrische Füllstoff eine erste Vielzahl von Partikeln mit einer ersten durchschnittlichen Partikelgröße und eine zweite Vielzahl von Partikeln mit einer zweiten durchschnittlichen Partikelgröße umfasst; wobei die erste durchschnittliche Partikelgröße größer oder gleich dem 7-fachen, oder größer oder gleich dem 10-fachen, oder 7 bis 20-mal der zweiten durchschnittlichen Partikelgröße ist.

[0103] Aspekt 20: Das Verfahren nach einem oder mehreren der Aspekte 8 bis 19, wobei die dielektrische Zusammensetzung mindestens eines von einem Fließmodifizierungsmittel, einem Silan oder einem Flammschutzmittel umfasst.

[0104] Aspekt 21: Das Verfahren nach einem oder mehreren der Aspekte 8 bis 20, das ferner das Senden einer Ultraschallwelle auf mindestens eine der dielektrischen Zusammensetzung oder das Substrat während oder nach dem Spritzgießen umfasst.

[0105] Aspekt 22: Das Verfahren nach einem oder mehreren der Aspekte 8 bis 20, das ferner die Übertragung von Wärmeenergie auf mindestens eine der dielektrischen Zusammensetzung oder das Substrat während oder nach dem Spritzgießen umfasst.

[0106] Aus all dem Vorstehenden wird ersichtlich, dass viele Variationen der Offenlegung durch die Kombination von Elementen einer hierin offengelegten Ausführungsform mit einer anderen hierin offengelegten Ausführungsform erreicht werden können, unabhängig davon, ob solche Kombinationen explizit dargestellt wurden oder nicht, da durch die Offenlegung selbst solche Kombinationen inhärent hierin offengelegt wurden, und es wird davon ausgegangen, dass jede und alle diese Kombinationen in den Geltungsbereich der beigefügten Ansprüche und darüber hinaus in den Geltungsbereich der hierin offengelegten Offenlegung fallen.

[0107] In den Zeichnungen und der Beschreibung wurden Beispielausführungen offengelegt, und obwohl spezifische Begriffe und/oder Abmessungen verwendet wurden, werden diese, sofern nicht anders angegeben, nur in einem allgemeinen, beispielhaften und/oder beschreibenden Sinn und nicht zum Zwecke der Beschränkung verwendet, so dass der Umfang der Ansprüche nicht so eingeschränkt ist. Wenn ein Element wie eine Schicht, ein Film, eine Region, ein Substrat oder ein anderes beschriebenes Merkmal als „auf“ einem anderen Element bezeichnet wird, kann es sich direkt auf dem anderen Element befinden, oder es können auch dazwischenliegende Elemente vorhanden sein. Wird dagegen ein Element als „direkt auf“ einem anderen Element bezeichnet, sind keine dazwischenliegenden Elemente vorhanden. Die Verwendung der Begriffe „erstes“, „zweites“ usw. bezeichnet keine Ordnung oder Bedeutung, sondern die Begriffe „erstes“, „zweites“ usw. werden verwendet, um ein Element von einem anderen zu unterscheiden. Die Verwendung der Begriffe ein, eines, usw. bezeichnen keine Mengenbeschränkung, sondern vielmehr das Vorhandensein von mindestens einem der referenzierten Elemente. Und alle Hintergrundinformationen, die hier zur Verfügung gestellt werden, dienen der Offenlegung von Informationen, von denen die Anmelderin glaubt, dass sie von möglicher Relevanz für die hier offengelegte Offenlegung sind. Kein Eingeständnis ist notwendigerweise beabsichtigt und sollte auch nicht dahingehend ausgelegt werden, dass eine solche Hintergrundinformation den Stand der Technik gegenüber einer Ausführungsform der hier offengelegten Offenbarung darstellt.

[0108] Die Zusammensetzungen, Methoden und Artikel können alternativ alle hierin offengelegten geeigneten Materialien, Schritte oder Komponenten umfassen, aus ihnen bestehen oder im Wesentlichen aus ihnen bestehen. Die Zusammensetzungen, Verfahren und Gegenstände können zusätzlich oder alternativ so formuliert werden, dass sie frei oder im Wesentlichen frei von Materialien (oder Arten), Schritten oder Bestandteilen sind, die ansonsten zur Erreichung der Funktion oder der Ziele der Zusam-

mensetzungen, Verfahren und Gegenstände nicht erforderlich sind.

[0109] Der Begriff „oder“ bedeutet „und/oder“, es sei denn, aus dem Kontext geht eindeutig etwas anderes hervor. Die Bezugnahme in der gesamten Spezifikation auf „eine Ausführungsform“, „eine andere Ausführungsform“, „einige Ausführungsformen“, „einen Aspekt“ usw. bedeutet, dass ein bestimmtes Element (z.B. Merkmal, Struktur, Stufe oder Merkmal), das in Verbindung mit der Ausführungsform beschrieben wird, in mindestens einer der hier beschriebenen Ausführungsformen enthalten ist und in anderen Ausführungsformen vorhanden sein kann oder nicht. Darüber hinaus ist zu verstehen, dass die beschriebenen Elemente in den verschiedenen Ausführungsformen in jeder geeigneten Weise kombiniert werden können.

[0110] Sofern hierin nicht anders angegeben, sind alle Teststandards der jüngste Standard, der am Anmeldetag dieser Anmeldung in Kraft ist, oder, falls eine Priorität in Anspruch genommen wird, der Anmeldetag der frühesten Prioritätsanmeldung, in der der Teststandard erscheint.

[0111] Die Endpunkte aller auf die Arzneimittelkomponente oder -eigenschaft gerichteten Bereiche schließen die Endpunkte ein, sind unabhängig voneinander kombinierbar und schließen alle Zwischenpunkte und Bereiche ein. Zum Beispiel schließen Bereiche von „bis zu 25 Gew.-% oder 5 bis 20 Gew.-%“ die Endpunkte und alle Zwischenwerte der Bereiche von „5 bis 25 Gew.-%“ wie 10 bis 23 Gew.-% usw. ein. Der Begriff umfassend, wie er hier verwendet wird, schließt die mögliche Einbeziehung eines oder mehrerer zusätzlicher Merkmale nicht aus. Der Begriff „Kombination“ schließt Mischungen, Gemische, Legierungen, Reaktionsprodukte und dergleichen ein. Auch Kombinationen, die mindestens eines der vorgenannten oder mindestens eines der Mittel umfassen, die bedeuten, dass die Liste jedes Element einzeln einschließt, sowie Kombinationen von zwei oder mehr Elementen der Liste und Kombinationen von mindestens einem Element der Liste mit ähnlichen, nicht genannten Elementen.

[0112] Alle zitierten Patente, Patentanmeldungen und andere Referenzen sind hier durch Verweis in ihrer Gesamtheit enthalten. Wenn jedoch ein Begriff in der vorliegenden Anmeldung im Widerspruch zu einem Begriff in der aufgenommenen Bezugnahme steht oder im Widerspruch zu einem Begriff in der aufgenommenen Bezugnahme steht, hat der Begriff aus der vorliegenden Anmeldung Vorrang vor dem widersprüchlichen Begriff aus der aufgenommenen Bezugnahme.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 16/396943 [0001]
- US 62/671022 [0001]
- US 62/665072 [0001]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- ISO 527-2/1A:2012 [0047]

Patentansprüche

1. Ein elektromagnetisches EM-Gerät, aufweisend: ein Substrat mit einer dielektrischen Schicht und einer ersten leitenden Schicht;

mindestens eine dielektrische Struktur, die mindestens ein nichtgasförmiges dielektrisches Material umfasst, das einen ersten dielektrischen Abschnitt bildet, der sich von der ersten Seite des Substrats nach außen erstreckt, wobei der erste dielektrische Abschnitt eine mittlere Dielektrizitätskonstante und einen optionalen zweiten dielektrischen Abschnitt aufweist, der sich in eine optionale Durchkontaktierung erstreckt;

wobei die mindestens eine dielektrische Struktur mit dem Substrat durch mindestens eine der folgenden Strukturen verbunden ist:

eine mechanische Verriegelung zwischen dem zweiten dielektrischen Teil und dem Substrat aufgrund des mindestens einen Verriegelungsschlitzes mit einer retrograden Oberfläche;

eine Zwischenschicht, die sich zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat befindet und eine aufgerauhte Oberfläche aufweist; oder

ein Klebematerial, das sich zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat befindet.

2. Die Vorrichtung nach Anspruch 1, weiterhin umfassend mindestens eine Durchkontaktierung, die sich mindestens teilweise durch das Substrat von einer ersten Seite zu einer gegenüberliegenden zweiten Seite des Substrats erstreckt.

3. Die Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, umfassend die mechanische Verriegelung.

4. Die Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, wobei die Zwischenschicht vorhanden ist und wobei die Zwischenschicht eine Oberflächenrauigkeit aufweist, die durch einen durchschnittlichen Abstand von Spitze zu Tal von 0,5 bis 5 Mikrometern definiert ist.

5. Die Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Zwischenschicht aus dem gleichen oder einem anderen Material besteht wie die erste leitende Schicht.

6. Die Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, umfassend die Klebstoffschicht.

7. Die Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, wobei die EM-Vorrichtung eine dielektrische Resonatorantenne, DRA, umfasst und die mindestens eine dielektrische Struktur mindestens ein Teil der DRA ist.

8. Verfahren zur Herstellung der Vorrichtung aus einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, umfassend:

Spritzgießen einer dielektrischen Zusammensetzung auf das Substrat, um die Vorrichtung zu bilden.

9. Das Verfahren nach Anspruch 8, wobei die dielektrische Zusammensetzung ein thermoplastisches Polymer umfasst.

10. Das Verfahren nach Anspruch 9, wobei eine Einspritztemperatur der dielektrischen Zusammensetzung während des Formens größer als eine Schmelztemperatur des thermoplastischen Polymers ist; vorzugsweise beträgt die Einspritztemperatur 40°C bis 220°C oder 40°C bis 160°C oder 100°C bis 220°C.

11. Das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 10, wobei der Einspritzdruck während des Spritzgießens 65 bis 350 kPa beträgt.

12. Das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 11, wobei eine Formtemperatur nach dem Spritzgießen 0 bis 250°C oder 23 bis 200°C beträgt und gegebenenfalls 0,5 bis 10 Minuten lang aufrechterhalten wird.

13. Das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 12, wobei das Spritzgießen das Füllen der Form mit der dielektrischen Zusammensetzung in 0,1 bis 10 Sekunden oder 0,5 bis 5 Sekunden oder 0,2 bis 1 Sekunde umfasst.

14. Das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 13, bei dem keine sichtbaren Delaminationen zwischen der dielektrischen Struktur und dem Substrat vorhanden sind.

15. Das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 14, ferner umfassend die Bildung der mechanischen Verriegelung durch Ätzen des Substrats.

16. Das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 15, ferner umfassend das Bilden der Zwischenschicht auf einer leitfähigen Schicht des Substrats; wobei das Bilden der Zwischenschicht gegebenenfalls das Aussetzen der leitfähigen Schicht einem Oxidationsmittel umfasst, wobei das Oxidationsmittel vorzugsweise mindestens eines von HNO₃, H₂SO₄, AgNO₃, H₂O₂, HOCl, KOCl, KMnO₄ oder CH₃COOH umfasst.

17. Das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 16, ferner umfassend das Bilden einer Abscheidung eines Klebematerials auf dem Substrat vor dem Spritzgießen.

18. Das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 17, wobei die dielektrische Zusammensetzung einen dielektrischen Füllstoff umfasst; wobei der dielektrische Füllstoff eine multimodale Teilchengröße aufweist.

19. Das Verfahren nach Anspruch 18, wobei der dielektrische Füllstoff eine erste Vielzahl von Teilchen mit einer ersten durchschnittlichen Teilchengröße und eine zweite Vielzahl von Teilchen mit einer zweiten durchschnittlichen Teilchengröße umfasst; wobei die erste durchschnittliche Teilchengröße größer oder gleich dem 7-fachen oder größer oder gleich dem 10-fachen oder 7- bis 20-fachen der zweiten durchschnittlichen Teilchengröße ist.

20. Das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 19, wobei die dielektrische Zusammensetzung mindestens eines von einem Fließmodifizierungsmittel, einem Silan oder einem Flammenschutzmittel umfasst.

21. Das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 20, ferner umfassend das Senden einer Ultraschallwelle auf mindestens eine der dielektrischen Zusammensetzung oder das Substrat während oder nach dem Spritzgießen.

Es folgen 20 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

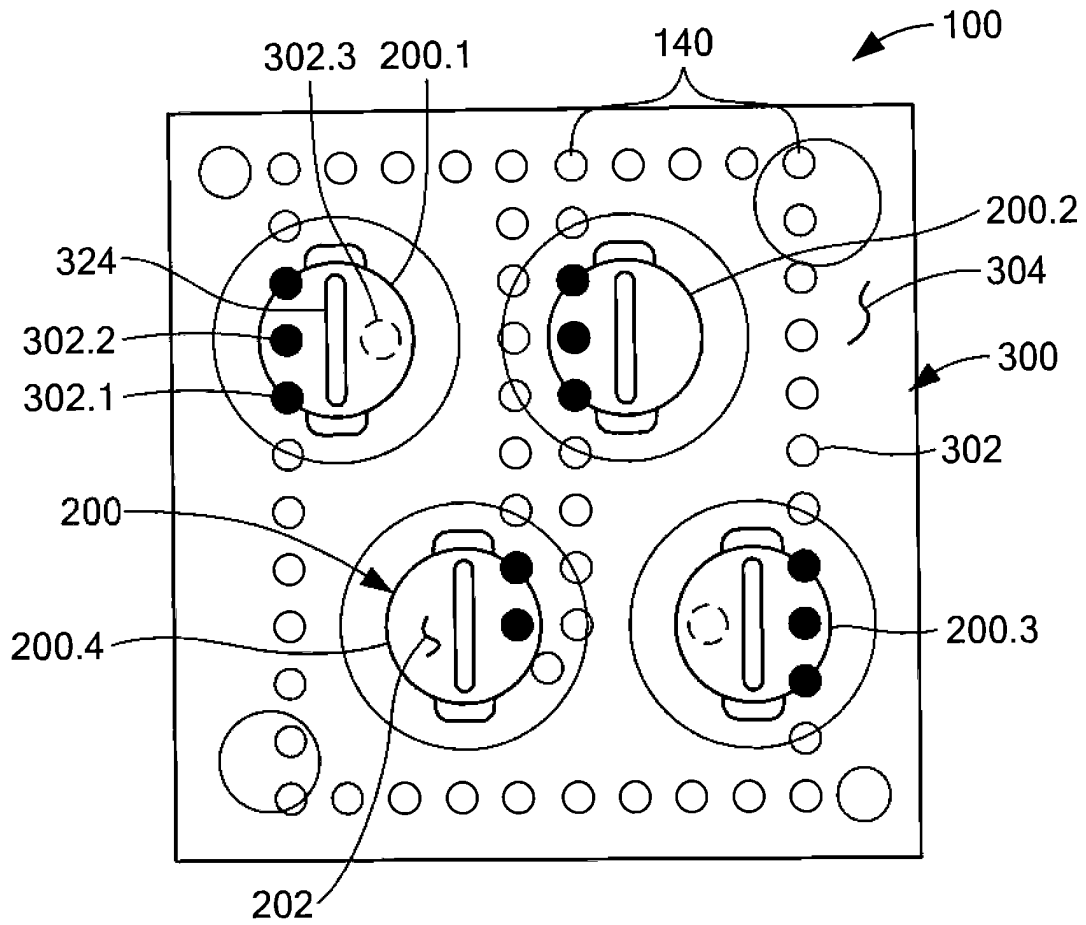


FIG. 1

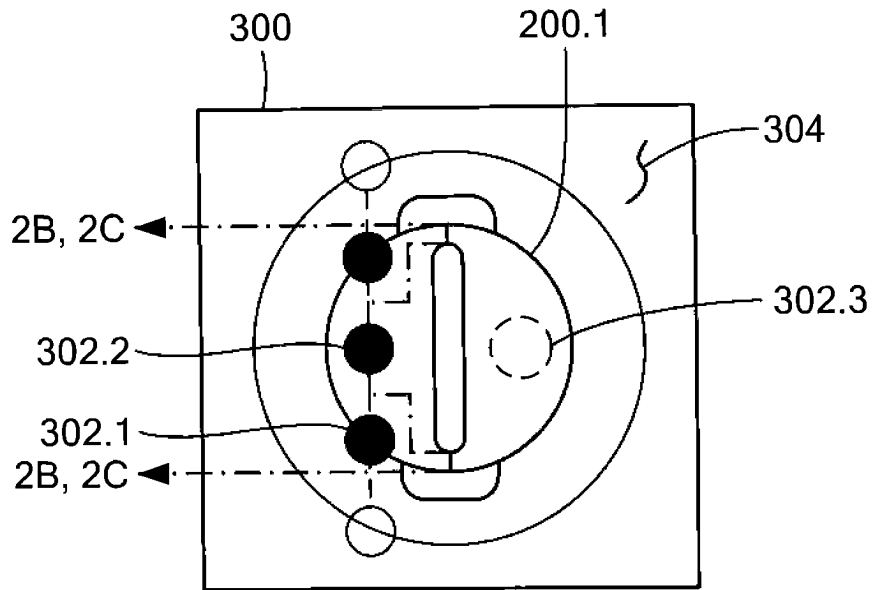


FIG. 2A

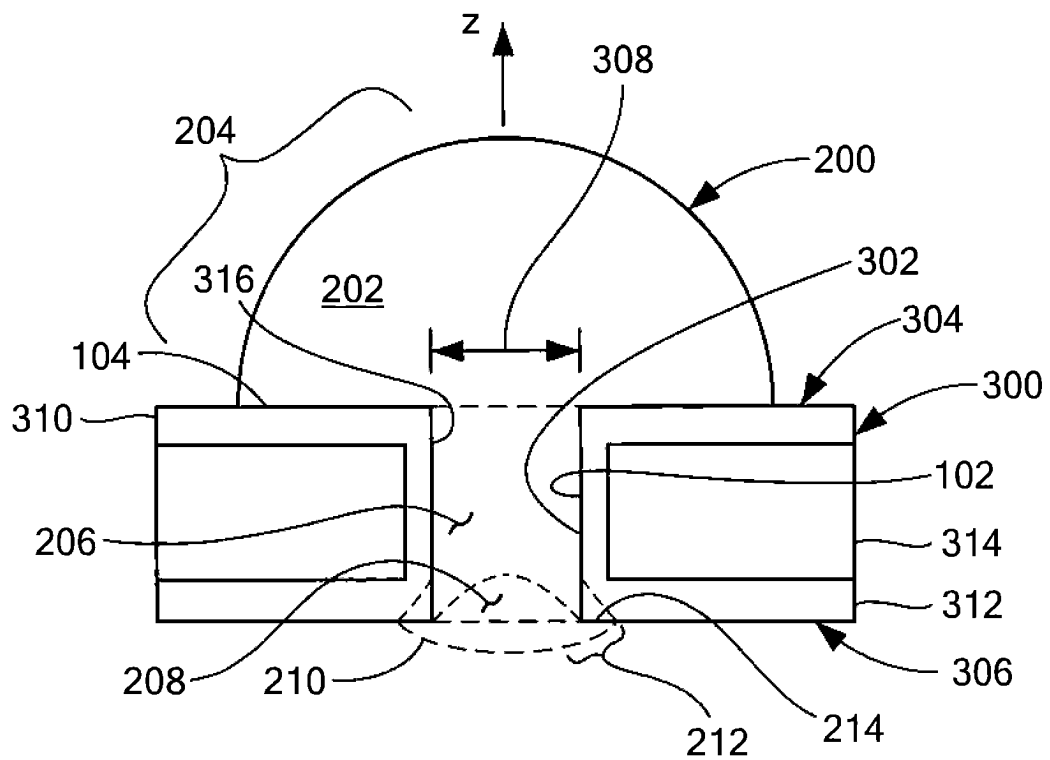


FIG. 2B

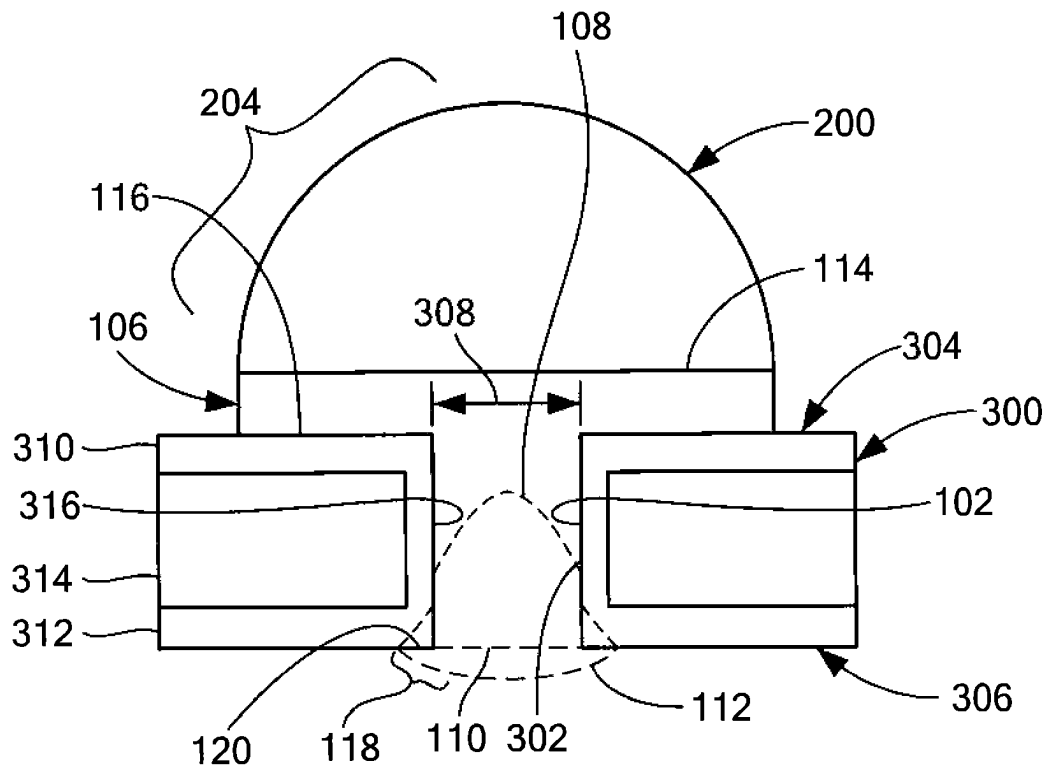


FIG. 2C

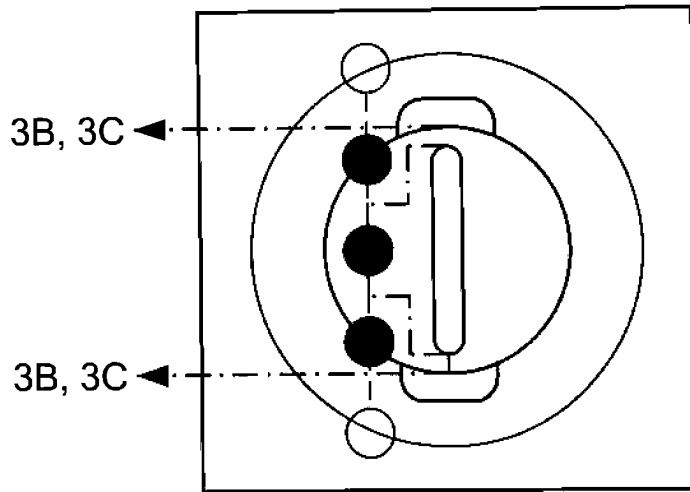


FIG. 3A

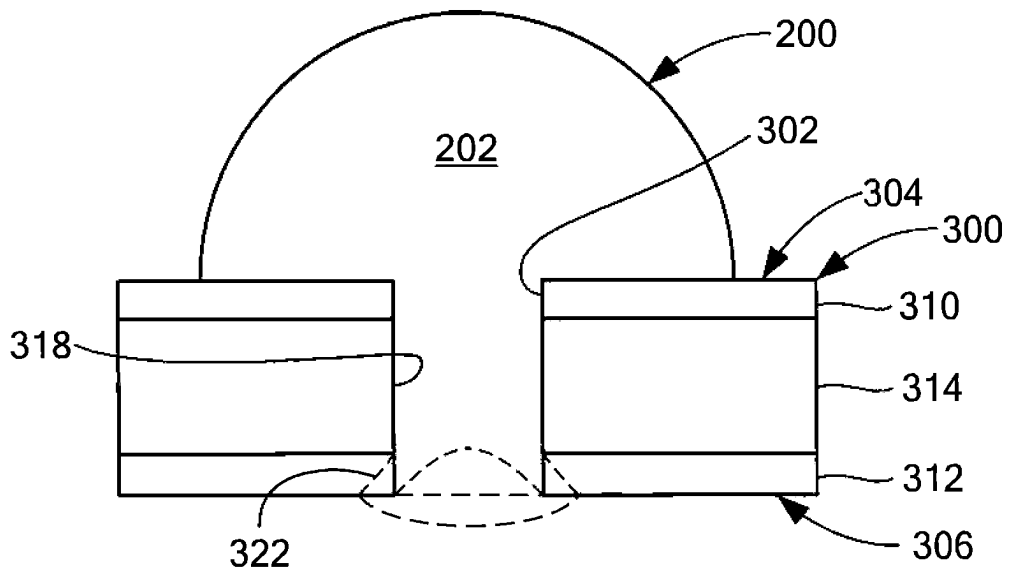


FIG. 3B

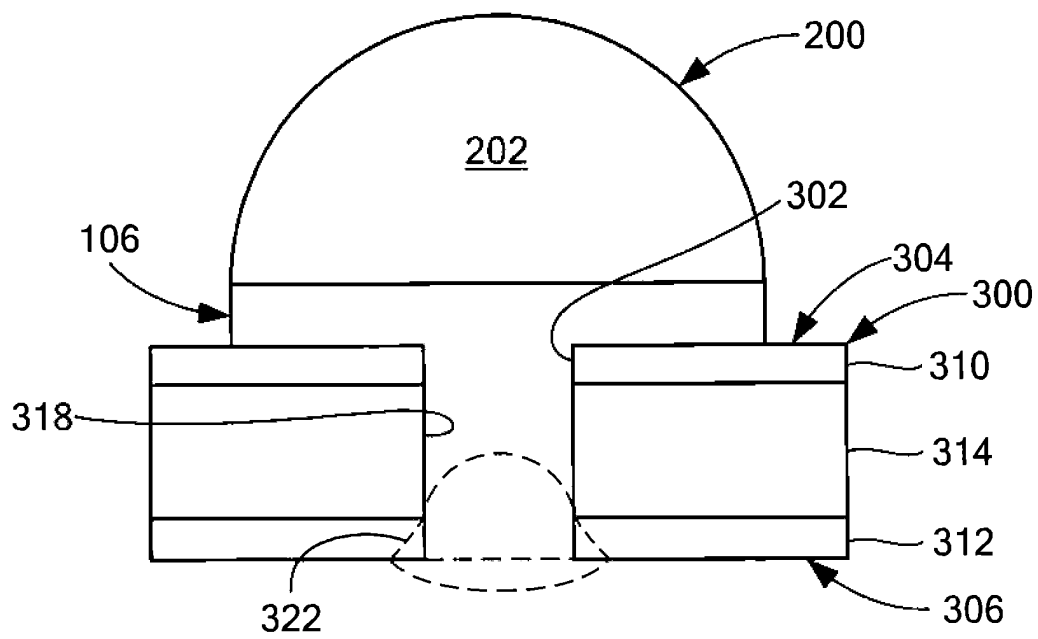


FIG. 3C

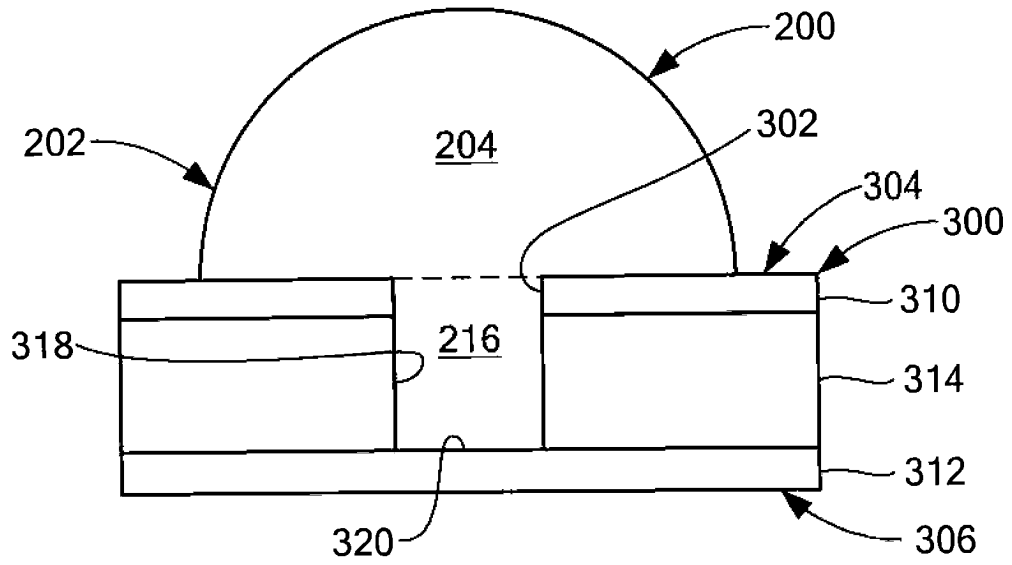


FIG. 4A

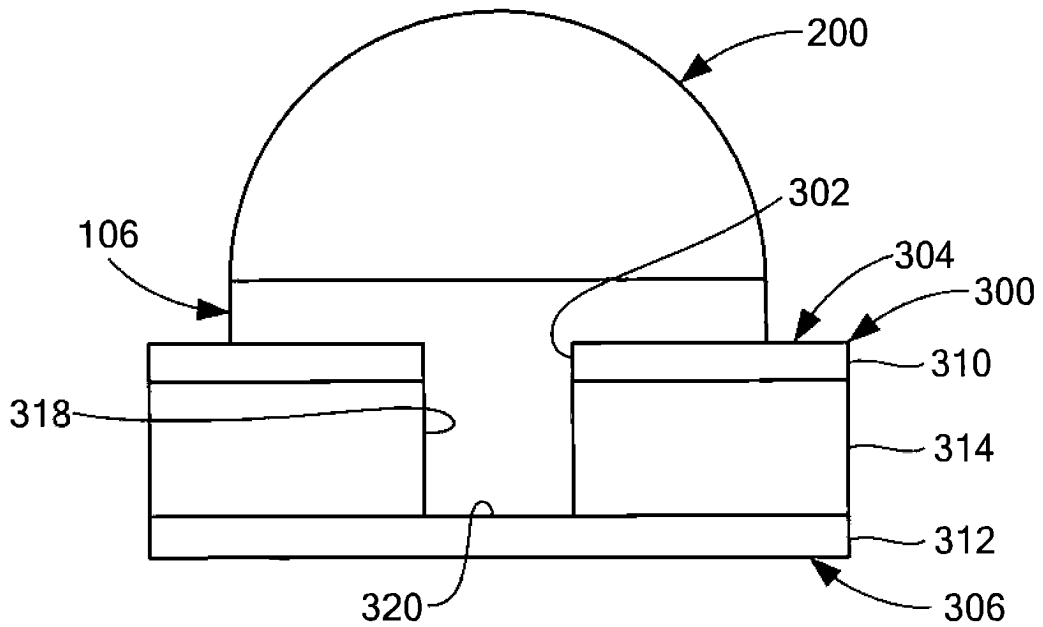


FIG. 4B

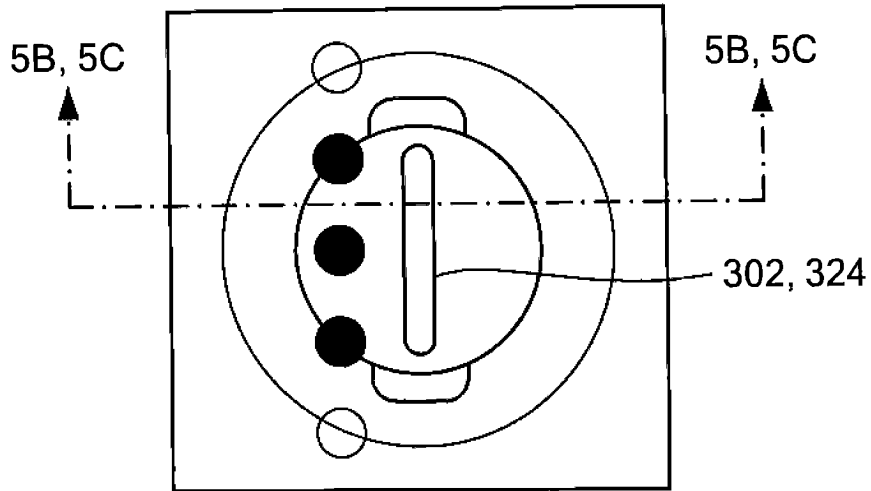


FIG. 5A

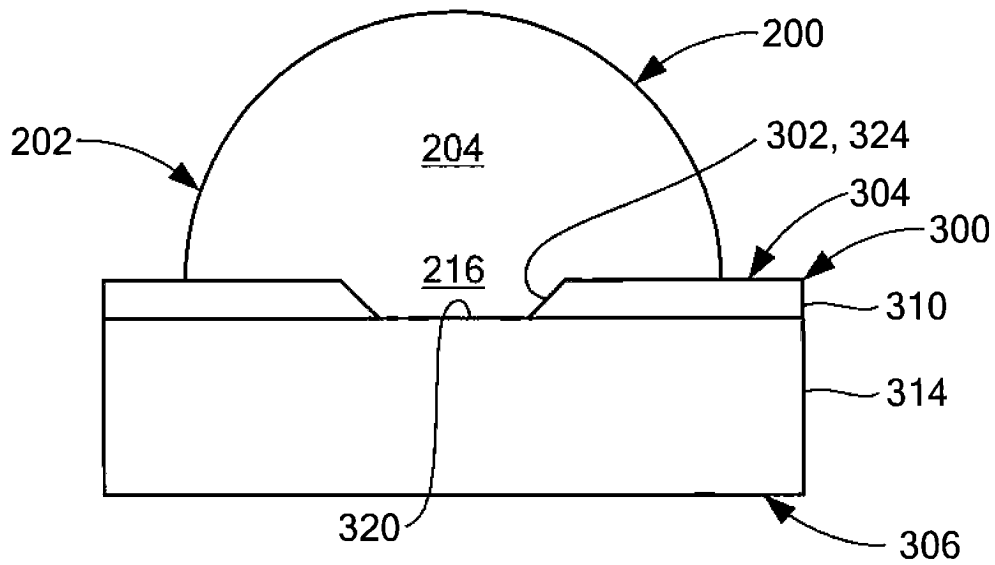


FIG. 5B

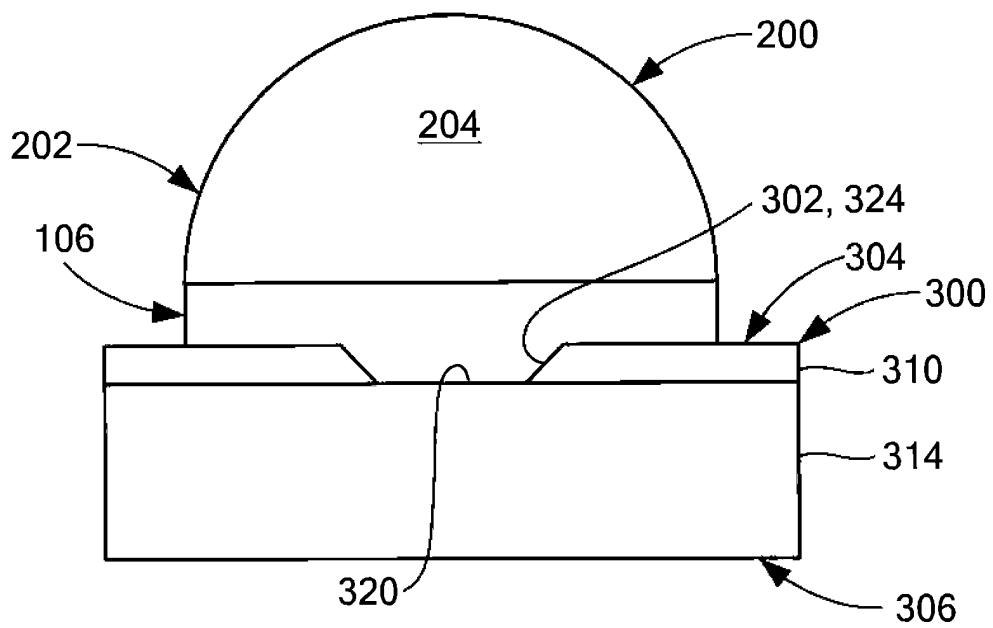


FIG. 5C

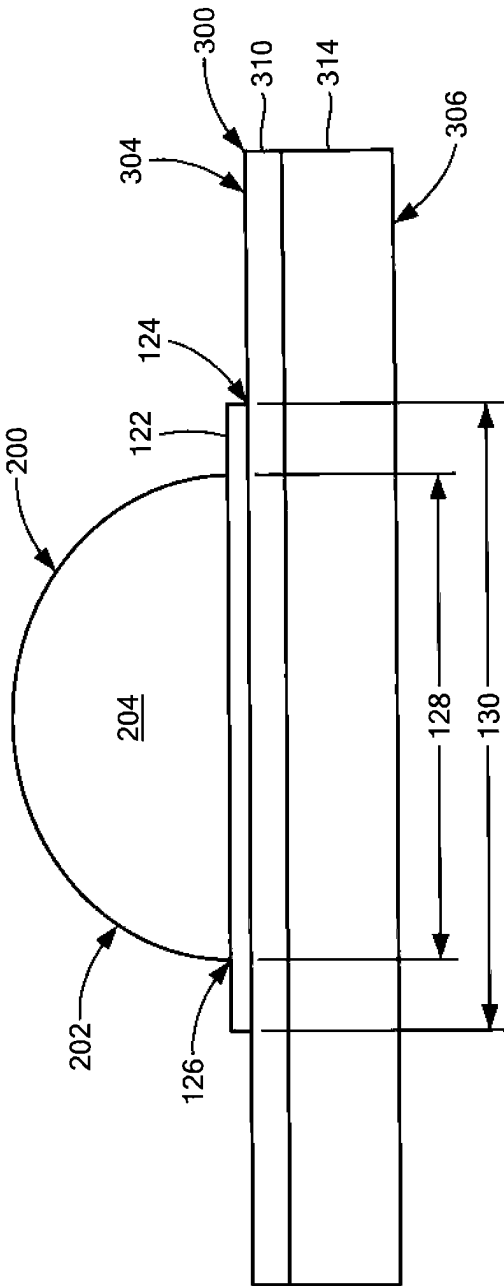


FIG. 6A

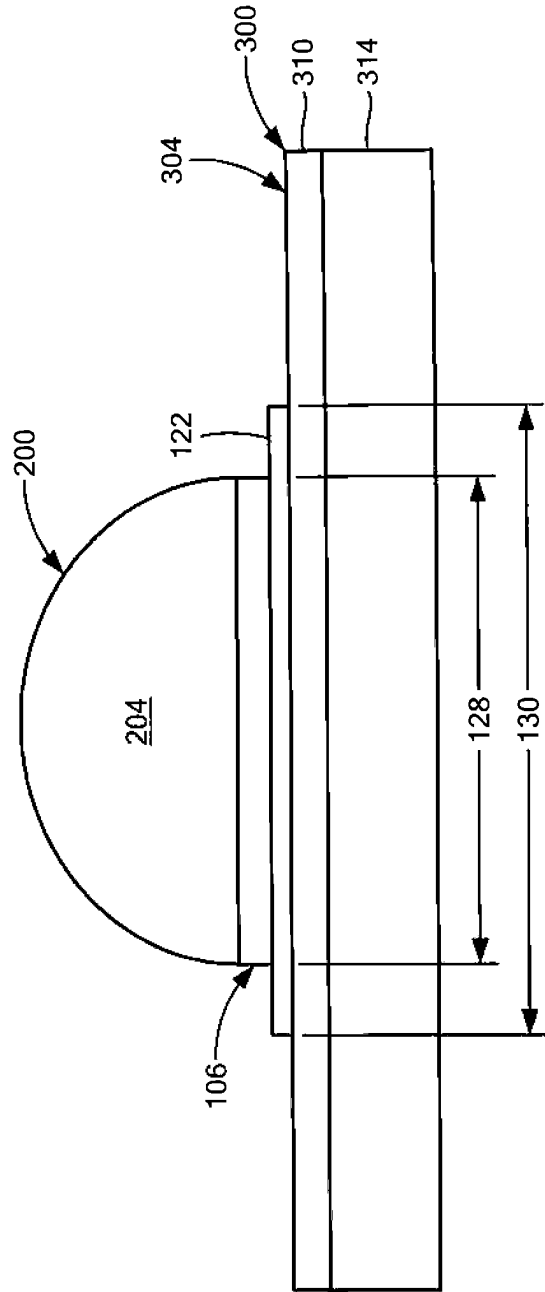


FIG. 6B

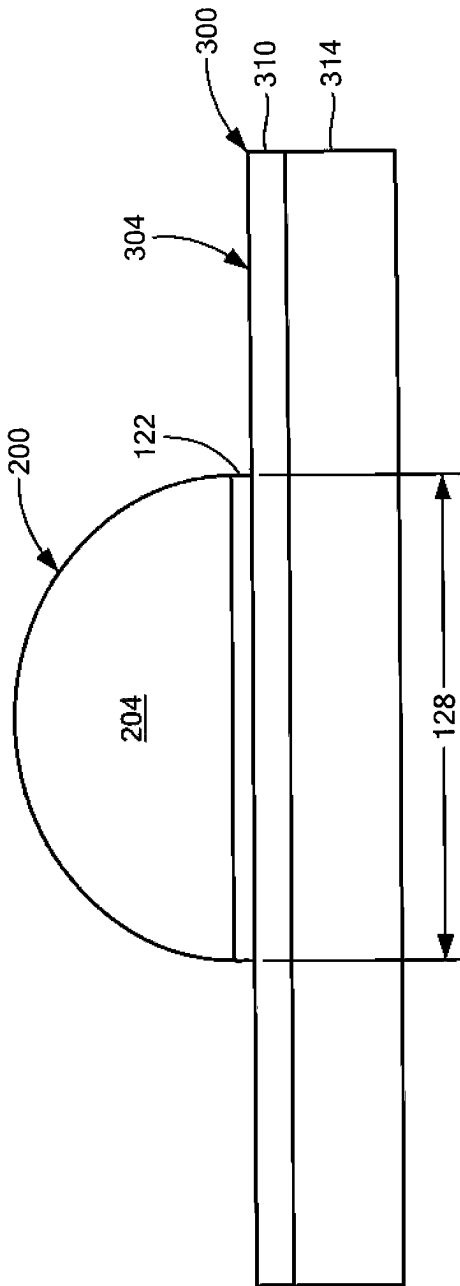


FIG. 7A

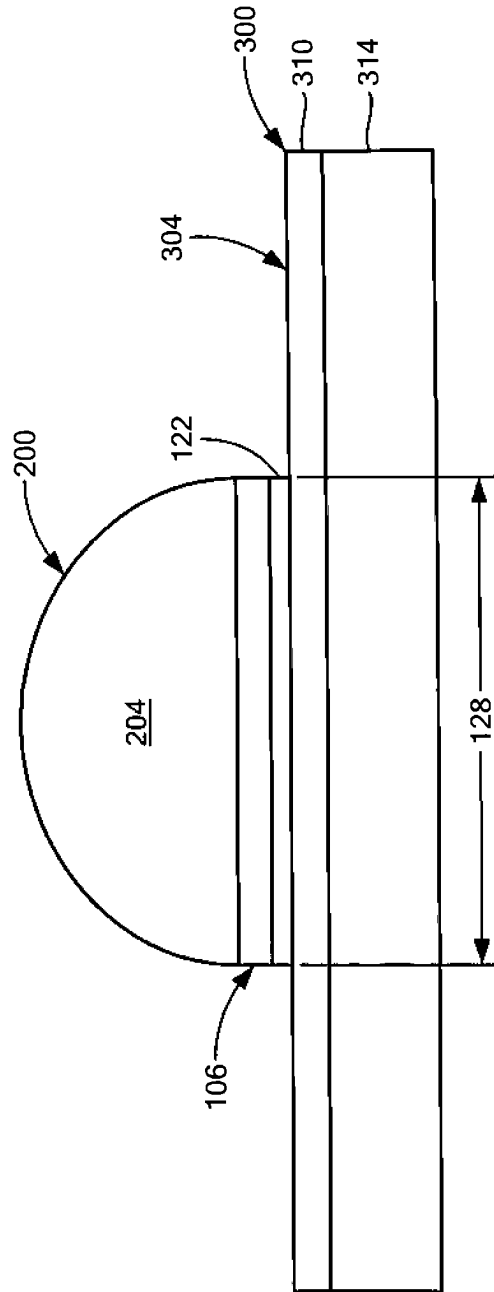


FIG. 7B

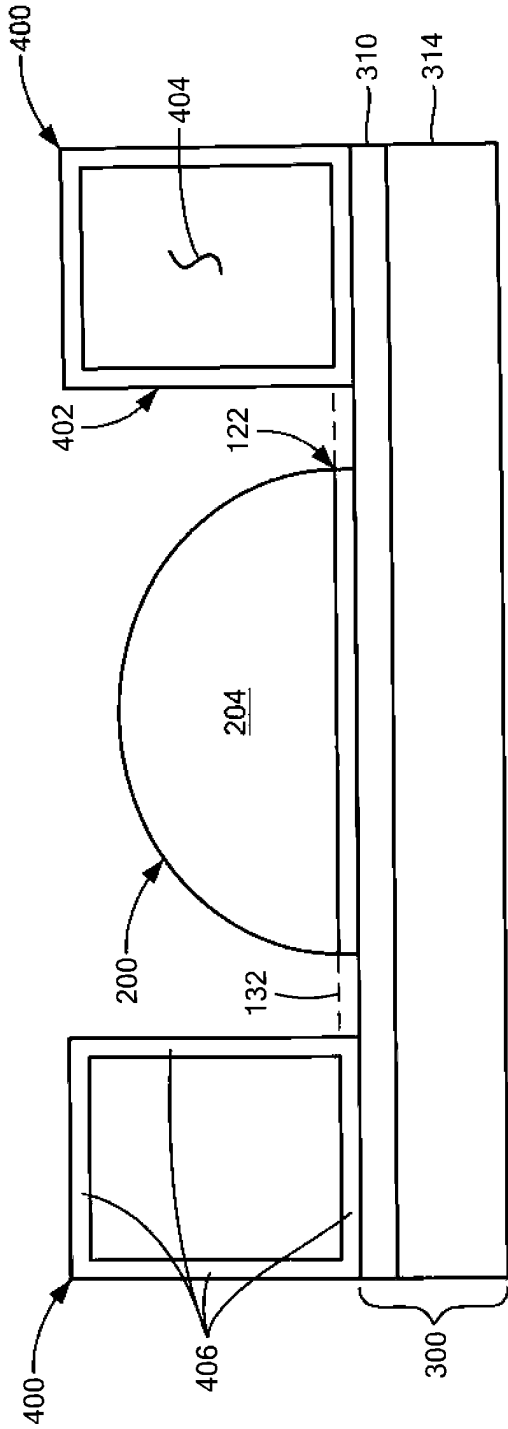


FIG. 8A

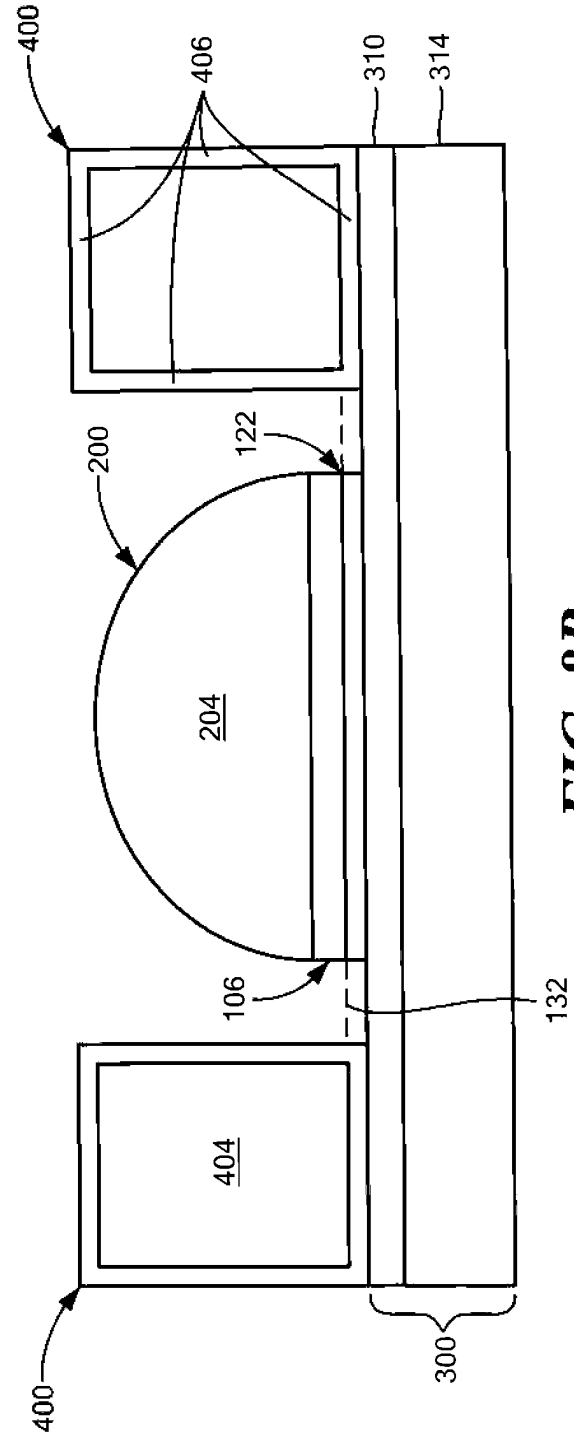


FIG. 8B

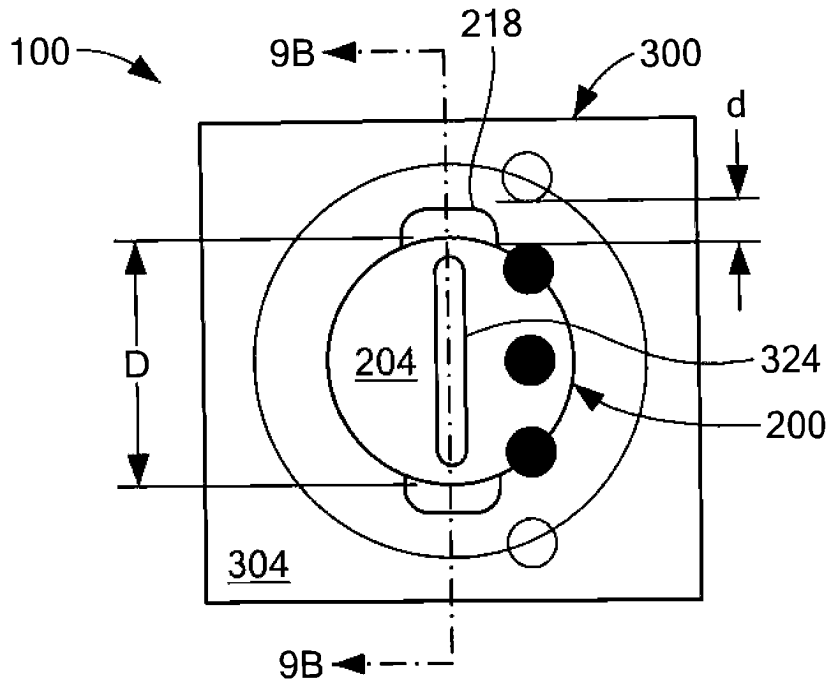


FIG. 9A

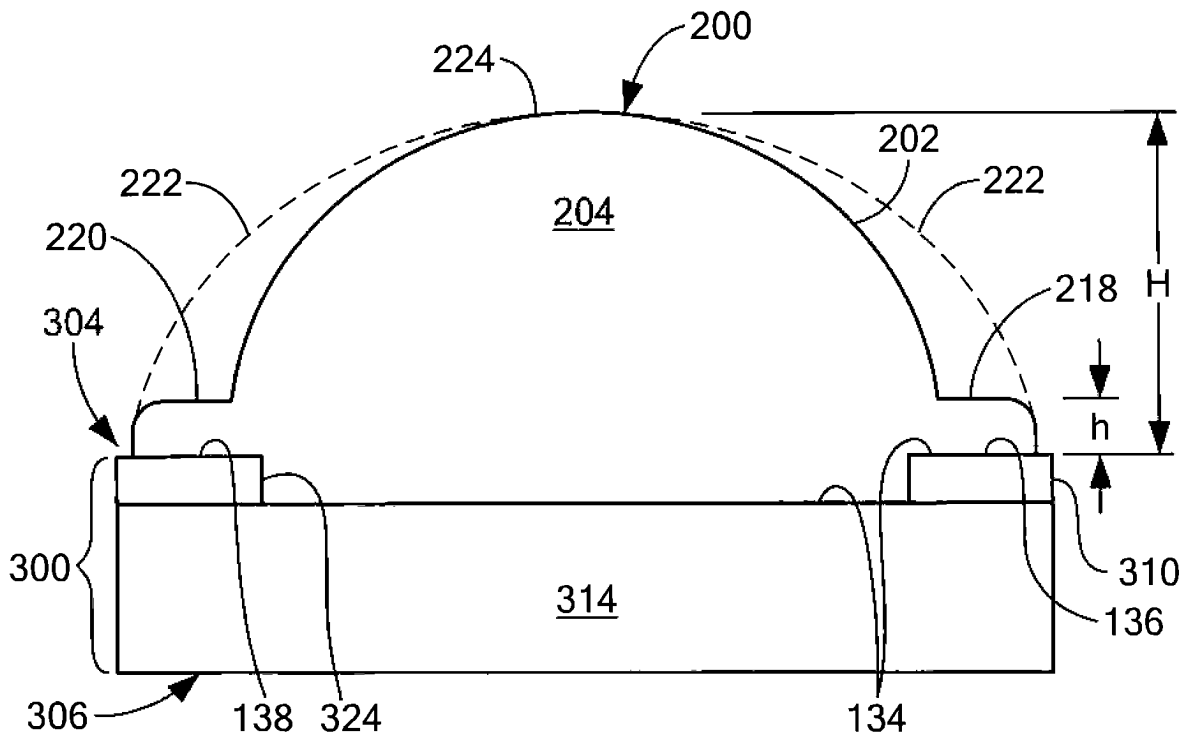


FIG. 9B

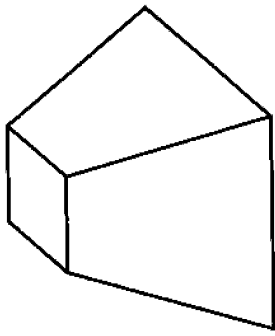


FIG. 10E

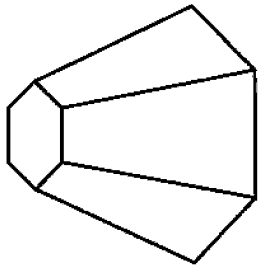


FIG. 10D

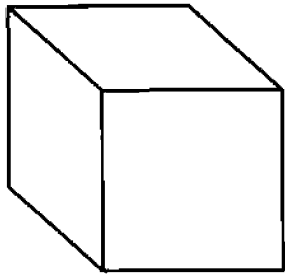


FIG. 10C

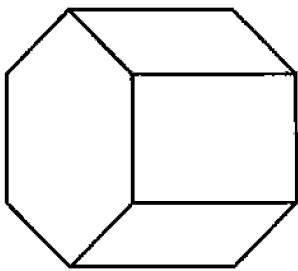


FIG. 10B

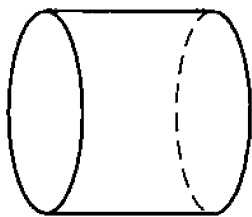


FIG. 10A

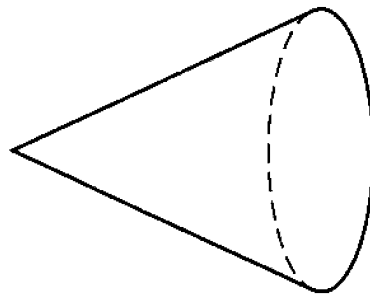


FIG. 10F

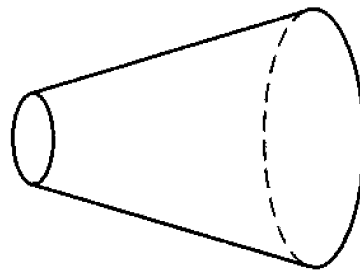


FIG. 10G

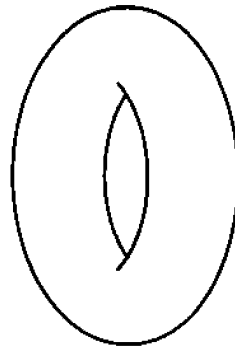


FIG. 10H

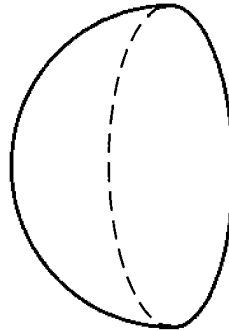


FIG. 10I



FIG. 10J

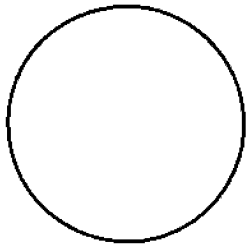


FIG. 11A

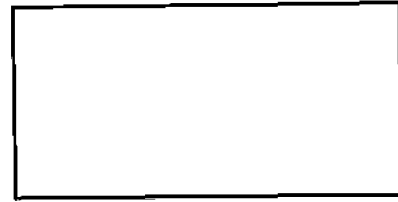


FIG. 11B

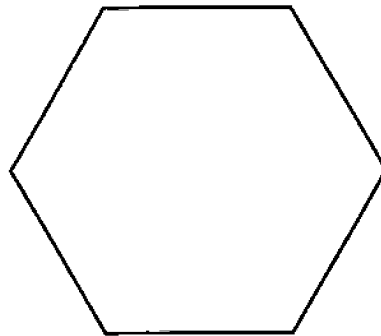


FIG. 11C

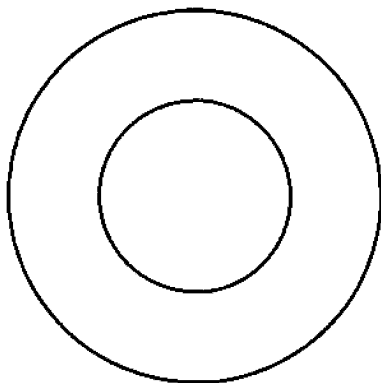


FIG. 11D

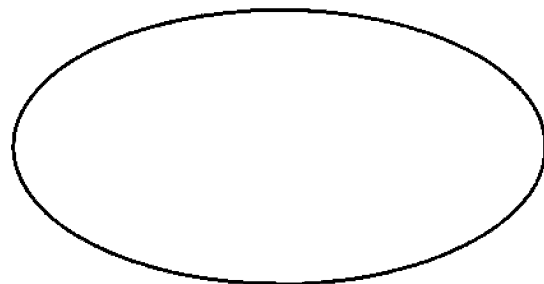


FIG. 11E

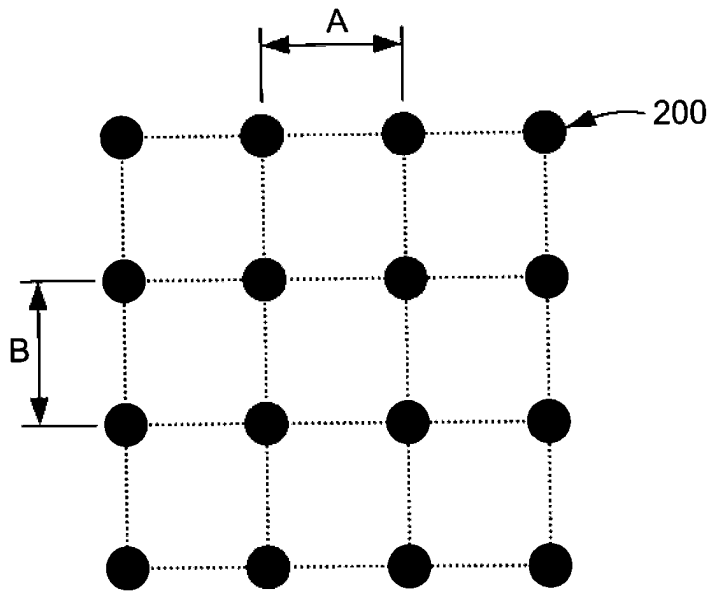


FIG. 12A

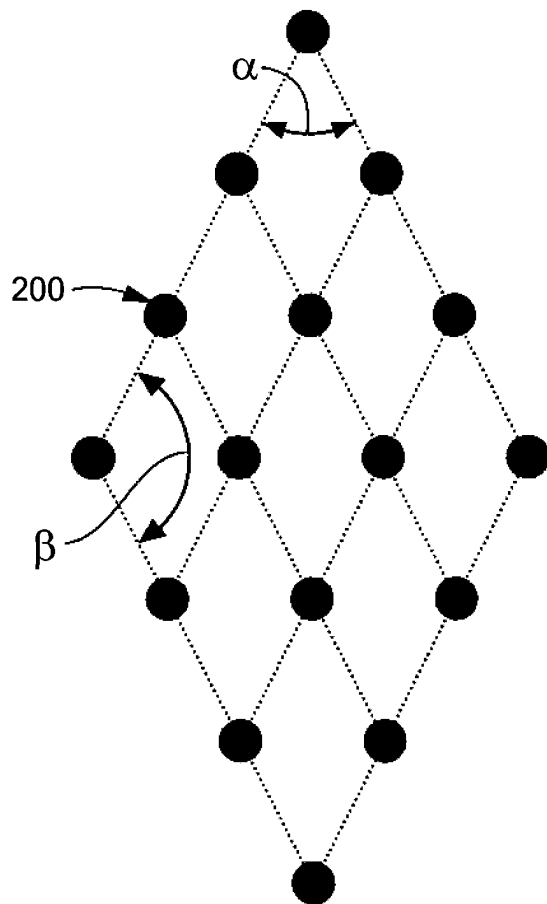


FIG. 12B

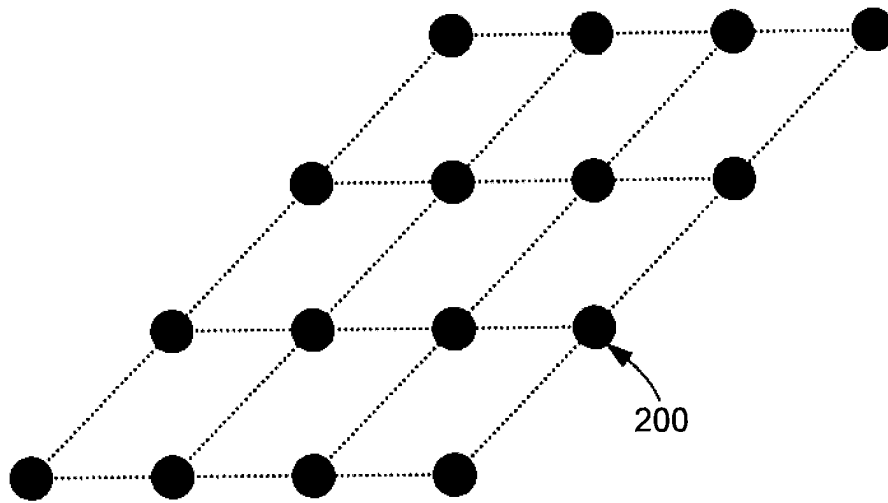


FIG. 12C

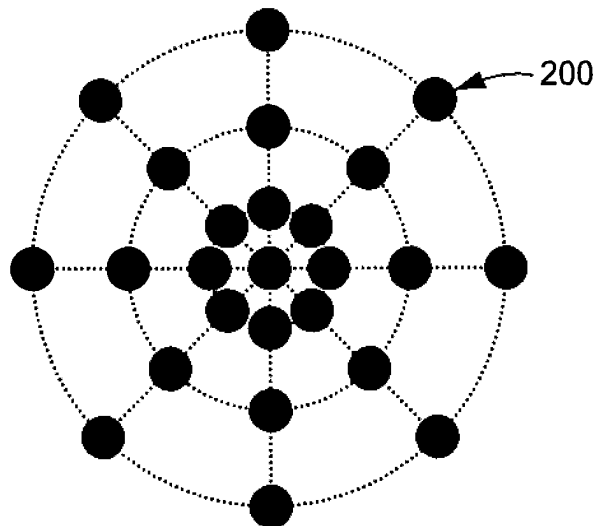


FIG. 12D

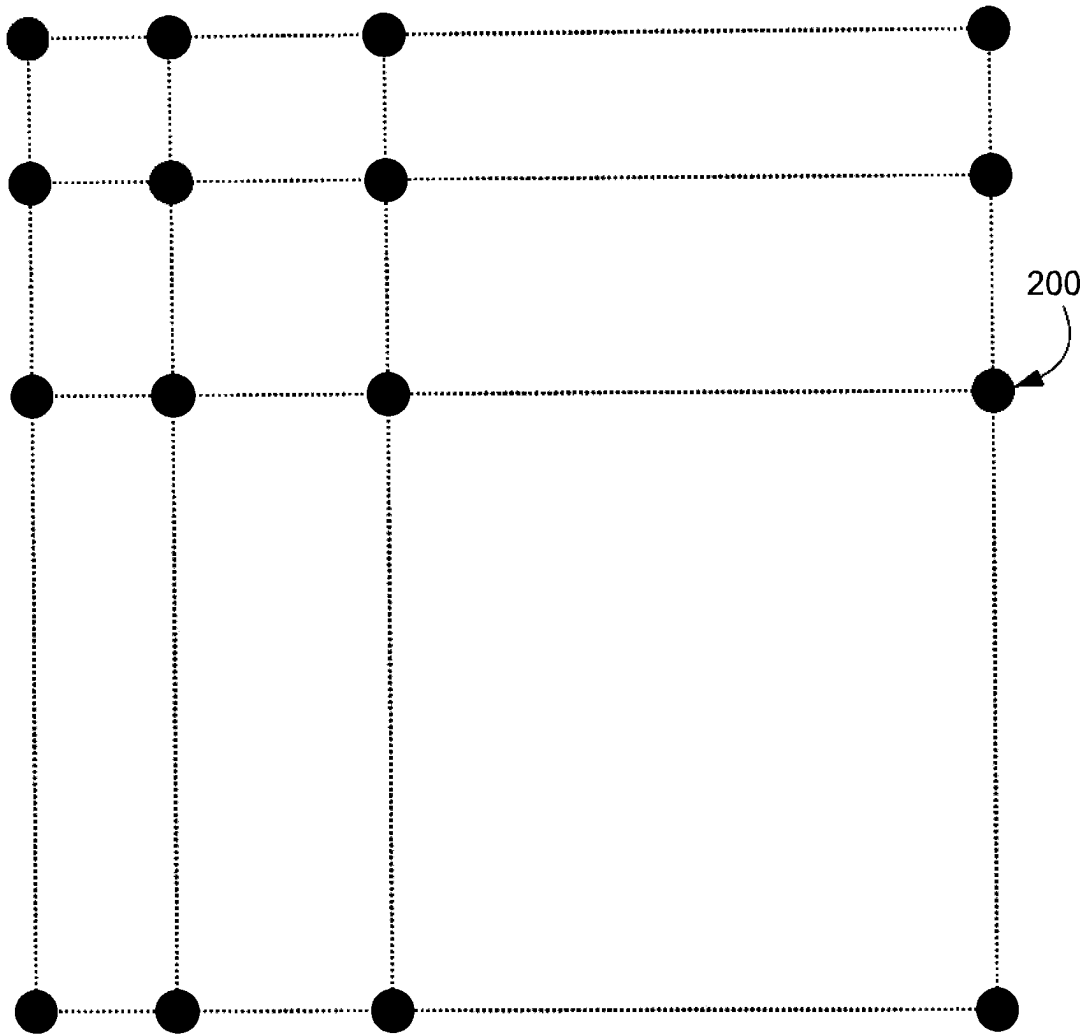


FIG. 12E

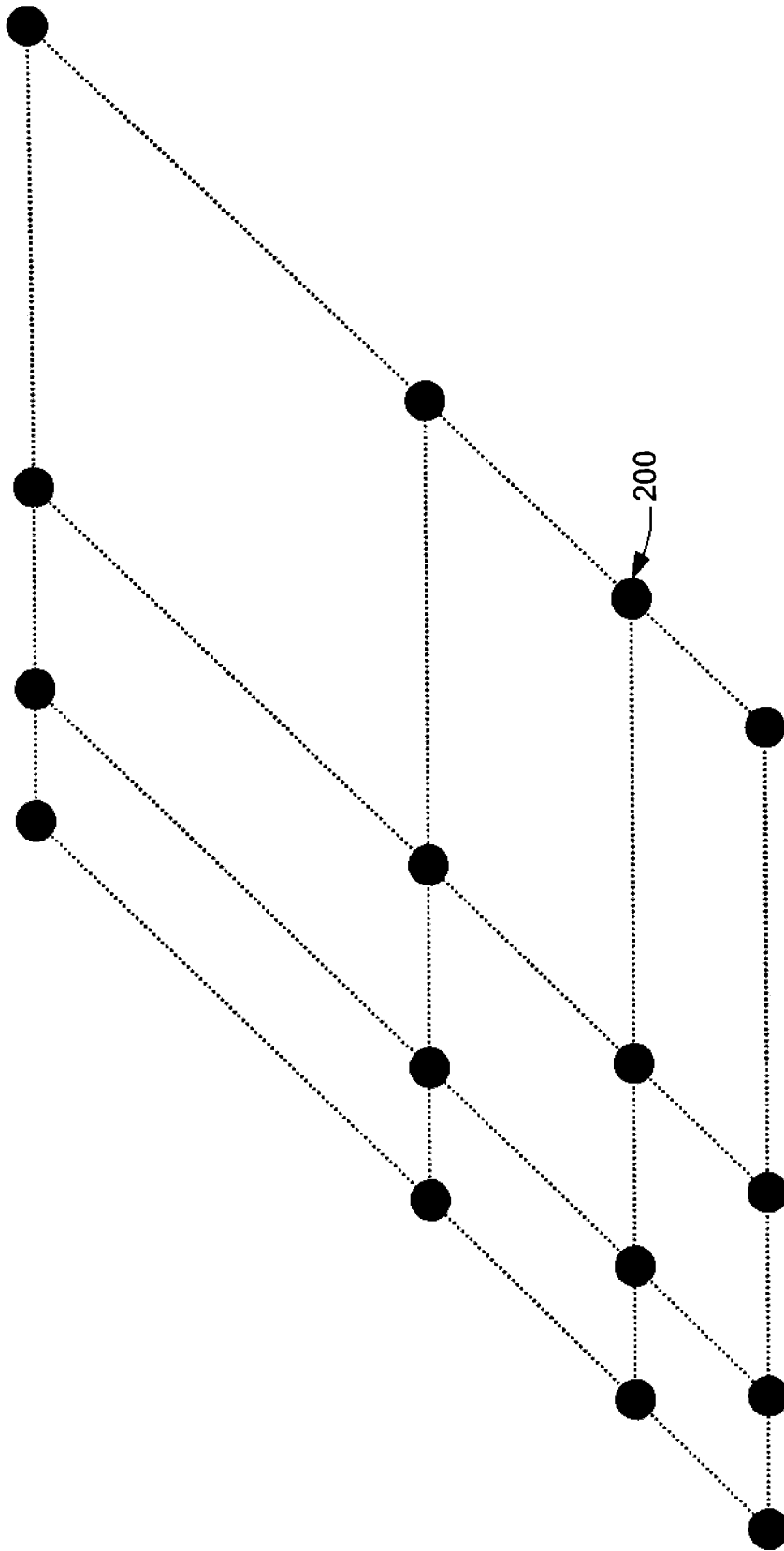


FIG. 12F

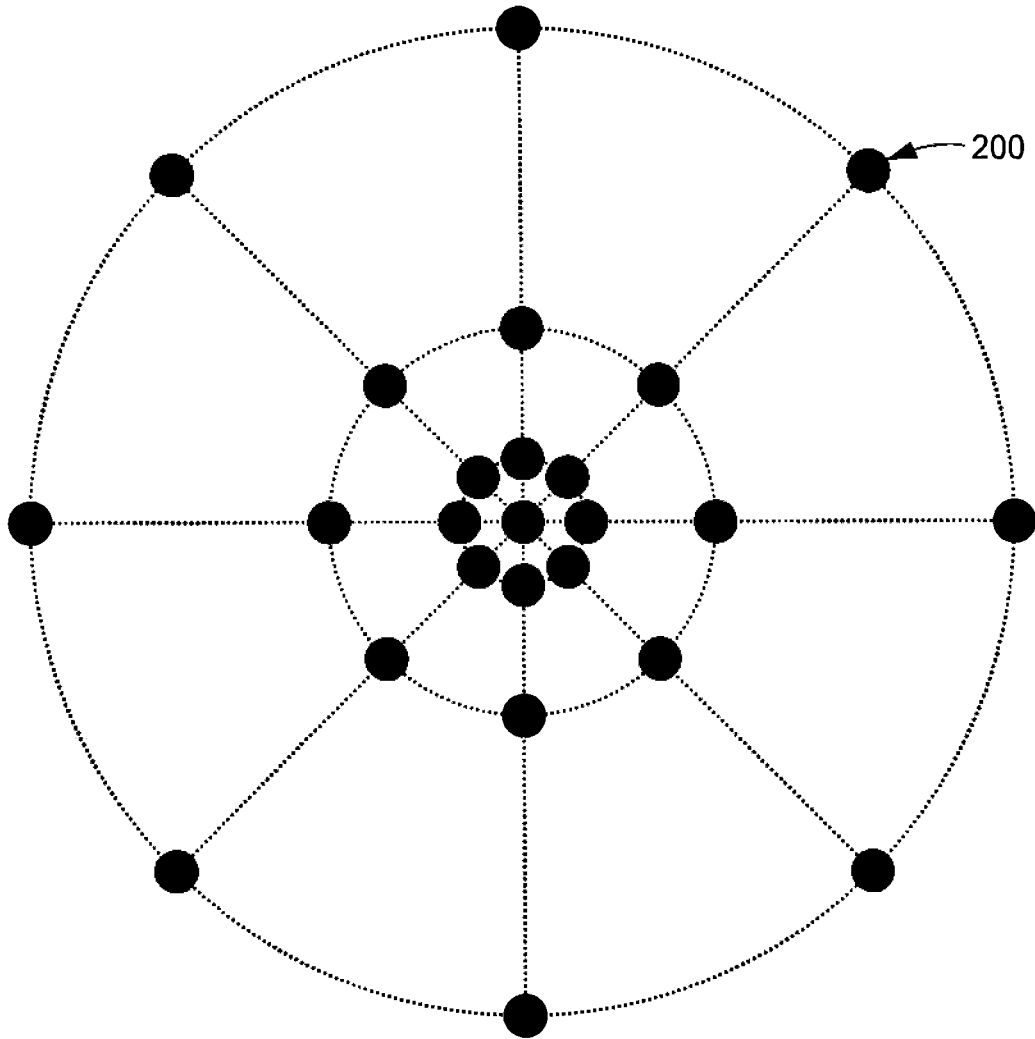


FIG. 12G

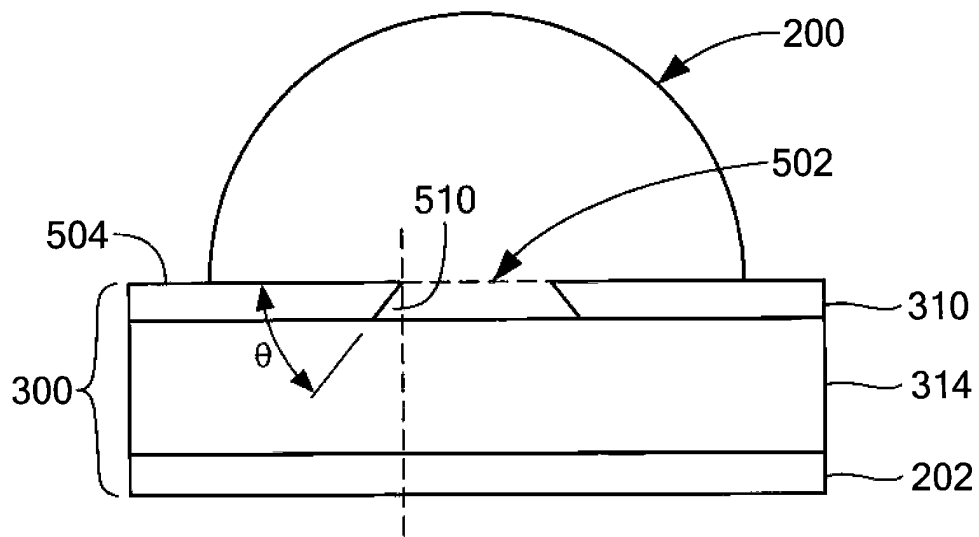


FIG. 13