

**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 714 230 A2**

(51) Int. Cl.: **B29C 51/08** (2006.01)  
**F16J 3/02** (2006.01)  
**F02M 17/04** (2006.01)

**Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01242/17

(22) Anmeldedatum: 11.10.2017

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.04.2019

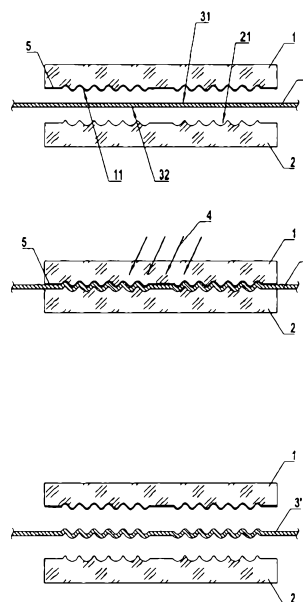
(71) Anmelder:  
Dätwyler Schweiz AG, Militärstrasse 7  
6467 Schattdorf (CH)

(72) Erfinder:  
Maria del Mar Diez Diaz, 8807 Freienbach (CH)  
Norbert Haberland, 53881 Euskirchen (DE)  
Ronny Vrijens, 3721 Vliermaalroot (BE)

(74) Vertreter:  
Schneider Feldmann AG Patent- und Markenanwälte,  
Beethovenstrasse 49, Postfach 2792  
8022 Zürich (CH)

(54) **Verfahren zum Umformen eines flächenförmigen Substrats.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Formen einer formstabilen dreidimensionalen Struktur in ein flächenförmiges Substrat (3) aus thermoplastischem Material, umfassend die Schritte: a.) Bereitstellen eines Formwerkzeugs, umfassend eine erste Matrice (1) mit einer ersten Template-Oberfläche (11) zur Kontaktierung der oberen Oberfläche (31) des Substrats (3) und einer zweiten Matrice (2) mit einer zweiten Template-Oberfläche (21) zur Kontaktierung der unteren Oberfläche (32) des Substrats (3), die der oberen Oberfläche (31) des Substrats (3) gegenüberliegt; wobei jede der Template-Oberflächen (11, 21) eine Umkehrung der gewünschten Form, die in die obere und untere Oberfläche (31, 32) des Substrats (3) zu formen ist, aufweist; und wobei mindestens eine der ersten Matrizen (1) und der zweiten Matrizen (2) transparent für elektromagnetische Wellen der vorbestimmten Wellenlänge ist; b.) Bereitstellen von mindestens einer Absorptionsschicht (5), die sich durch Absorption einer elektromagnetischen Strahlung (4) der vorbestimmten Wellenlänge erwärmen lässt und dabei das thermoplastische Substrat (3) auf dessen Glasübergangstemperatur oder höher aufheizt; c.) Platzieren des Substrats (3) zwischen der ersten und zweiten Matrice (1, 2) des Formwerkzeugs und Schliessen des Formwerkzeugs; d.) Bestrahlen der Absorptionsschicht (5) mit der elektromagnetischen Strahlung (4) zur Erwärmung des thermoplastischen Substrats (3) auf dessen Glasübergangstemperatur oder höher über eine hinreichende Zeit, um das thermoplastische Substrat in die dreidimensionale Struktur umzuformen.



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Formen einer formstabilen dreidimensionalen Struktur in ein flächenförmiges Substrat aus thermoplastischem Material.

### Stand der Technik

[0002] Dünne Kunststofffolien mit spezifischen dreidimensionalen Merkmalen können beispielsweise als Steuermembrane bei Membranvergasern eingesetzt werden. Eine solche Membran ist beispielhaft in WO 2016 012 233 bzw. in der Schweizer Patentanmeldung Nr. 00 038/16 beschrieben. Die Membran umfasst eine formstabile dreidimensionale Struktur in Form einer Vielzahl von konzentrischen Wellen.

[0003] Flächenförmige Substrate werden typischerweise mittels Thermoform-Herstellungsverfahren wie das Vakuum- oder Überdruck- oder mechanische Thermoformen unter Verwendung einer positiven und negativen Matrize verarbeitet. Das Thermoformen mit Vakuum oder Überdruck ist jedoch nur für becherartige Strukturen geeignet und sehr feine, genaue Strukturen lassen sich nicht auf beiden Seiten des Flächengebildes erzielen. Durch mechanisches Thermoformen wie zweiteiliges Formen oder Heissprägen sind feinere Strukturen erhältlich. Jedoch ist es kaum möglich zweidimensionale, planare Flächengebilde oder Folien aus Kunststoff von weniger als 100 Mikrometern Dicke zu formstabilen dreidimensionalen Strukturen genau umzuformen.

[0004] Zudem ist das Thermoformen mit zweiteiligen Formwerkzeugen oder Heissprägung teuer und hat aufgrund der langen Vorheiz- und Abkühlzyklen des Formwerkzeugs lange Zykluszeiten, weil das gesamte Formwerkzeug auf die Glasübergangstemperatur des thermoplastischen Materials oder höher während jedes der Zyklen vorgeheizt wird. Dies gilt insbesondere für die thermische Verarbeitung von Kunststoffen mit hohen Glasübergangstemperaturen.

[0005] Ein weiteres Problem der bekannten Thermoformverfahren ist, dass sie sich nicht für die Herstellung von Membranen eignen, die strukturelle Merkmale unterschiedlicher Dicke aufweisen, beispielsweise ein verdicktes zentrisches Teil, das um ein Mehrfaches dicker ist als der restliche Membranbereich.

[0006] Es besteht daher ein Bedarf für ein schnelles und hochgenaues Herstellungsverfahren, um eine formstabile dreidimensionale Struktur in ein flächenförmiges Substrat aus thermoplastischem Material zu formen.

### Kurzdarstellung der Erfindung

[0007] Ziel der Erfindung ist es, ein schnelles und hochgenaues Herstellungsverfahren zum Formen einer formstabilen dreidimensionalen Struktur in ein flächenförmiges Substrat aus thermoplastischem Material bereitzustellen.

[0008] Dies wird durch das Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 9 erreicht. Das Verfahren zum Formen einer formstabilen dreidimensionalen Struktur in ein flächenförmiges Substrat aus thermoplastischem Material umfasst die Schritte: (a) Bereitstellen eines Formwerkzeugs, umfassend eine erste Matrize mit einer ersten Template-Oberfläche zur Kontaktierung der oberen Oberfläche des flächenförmigen Substrats und einer zweiten Matrize mit einer zweiten Template-Oberfläche zur Kontaktierung der unteren Oberfläche des flächenförmigen Substrats, die der oberen Oberfläche des flächenförmigen Substrats gegenüberliegt; wobei jede der Template-Oberflächen eine Umkehrung der gewünschten Struktur, die in die obere und untere Oberfläche des Substrats zu formen ist, aufweist; und wobei mindestens eine der ersten Matrizen und der zweiten Matrizen transparent für elektromagnetische Wellen der vorbestimmten Wellenlänge ist; (b) Bereitstellen von mindestens einer Absorptionsschicht, die sich durch Absorption der elektromagnetischen Strahlung der vorbestimmten Wellenlänge erwärmen lässt und dabei das thermoplastische Substrat auf dessen Glasübergangstemperatur oder höher aufheizt; (c) Platzieren des Substrats zwischen der ersten und zweiten Matrize des Formwerkzeugs und Schliessen des Formwerkzeugs; (d) Bestrahlen der Absorptionsschicht mit der elektromagnetischen Strahlung zur Erwärmung des thermoplastischen Substrats auf dessen Glasübergangstemperatur oder höher über eine hinreichende Zeit, um das thermoplastische Material in die dreidimensionale Struktur umzuformen.

[0009] Das Verfahren ermöglicht somit das Umformen von flächenförmigen Substraten zu nicht-planaren Produkten mit formstabilen Strukturen, z.B. zu den Membranen wie in WO 2016 012 233 bzw. in der Schweizer Patentanmeldung Nr. 00038/16 beschrieben. Das flächenförmige Substrat kann ein Flächengebilde, eine Folie oder ein Belag aus thermoplastischem Material sein. Das flächenförmige Substrat für das Verfahren kann eine Dicke vorzugsweise zwischen 5 Mikrometer bis 5 Millimeter aufweisen, bevorzugt 8 bis 500 Mikrometer. Thermoplastische Materialien können aus der Gruppe der Polybenzimidazole (PBI), Polyimide (PI), thermoplastischen Polyimide (TPI), Polyamidimide (PAI), Polyethersulfone (PES), Polyphenylsulfone (PPSU), Polyetherimide (PEI), Polysulfone (PSU), Polyetherketone (PEK), Polyaryl etherketone (PAEK), Polyphenylensulfide (PPS), Perfluoralkoxy-Polymere (PFA), Ethylen-Tetrafluorethylen (ETFE), Polychlortrifluorethylen (PCTFE), Polyvinylidenfluoride (PVDF), Polybutylenterephthalate (PBT) oder Polyetheretherketone (PEEK) ausgewählt werden.

[0010] Die elektromagnetischen Wellen können bei einer Wellenlänge von 200 nm bis 2000 nm von einer gepulsten Quelle emittiert werden.

**[0011]** Die Absorptionsschicht kann aus einer Metallschicht bestehen, die über der ersten und/oder zweiten Template-Oberfläche bereitgestellt ist. Typischerweise beträgt die Dicke der Metallschicht zwischen einigen Dutzend oder einigen Hunderten Nanometern. Die Strahlenquelle emittiert dann einen Strahl, der durch die erste und/oder zweite Matrize passiert und auf die Metallschicht trifft. Die Metallschicht absorbiert den Strahl und wird schnell heiss. Der Abschnitt der Absorptionsschicht, der in Kontakt mit der oberen und/oder unteren Oberfläche des flächenförmigen Substrats steht, überträgt die Wärme auf das flächenförmige Substrat, das sich entsprechend auf seine Glasübergangstemperatur oder darüber aufheizt, und das flächenförmige Substrat wird umgeformt, um eine formstabile dreidimensionalen Struktur zu erhalten.

**[0012]** Falls mehr als eine Absorptionsschicht bereitgestellt sind, können die Absorptionsschichten aus unterschiedlichen Materialien, die sich durch die gleiche oder durch eine unterschiedliche Strahlenwellenlänge aufheizen lassen, bestehen.

**[0013]** Mit dem beschriebenen Verfahren ist die beidseitige Ausformung von flächenförmigen Substraten möglich.

**[0014]** Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

**[0015]** Bei einigen Ausführungsformen verfügt mindestens eine der ersten Template-Oberflächen und der zweiten Template-Oberflächen über die Absorptionsschicht. Falls beide Template-Oberflächen über eine Absorptionsschicht verfügen, können zwei Strahlenquellen verwendet werden, um beide Schichten durch deren jeweiligen transparenten Matrizen hindurch zu bestrahlen.

**[0016]** Bei einigen Ausführungsformen verfügt das flächenförmige Substrat über eine Absorptionsschicht. Eine derartige Schicht kann auf das flächenförmige Substrat überzogen werden oder das flächenförmige Substrat selbst sein.

**[0017]** Bei einigen Ausführungsformen kann das flächenförmige Substrat für elektromagnetische Wellen der vorbestimmten Wellenlänge transparent sein.

**[0018]** Bei einigen Ausführungsformen kann das flächenförmige Substrat ein Material umfassen, das geeignet ist, um die elektromagnetische Strahlung vorbestimmter Wellenlänge zu absorbieren, um auf oder über seine Glasübergangstemperatur aufgeheizt zu werden.

**[0019]** Bei einigen Ausführungsformen kann das flächenförmige Substrat mindestens zwei Teile umfassen, vorzugsweise zwei Schichten. Während Schritt d können die mindestens zwei Teile zusammen verschmolzen werden.

**[0020]** Bei einigen Ausführungsformen kann die Absorptionsschicht nur an Stellen bereitgestellt sein, wo das flächenförmige Substrat zu verschmelzen ist.

**[0021]** Bei einigen Ausführungsformen kann die Oberfläche des flächenförmigen Substrats über eine Trennbeschichtung vor Schritt c zum leichteren Entformen verfügen. Die Trennbeschichtung kann eine hydrophobe Beschichtung sein. Die Beschichtung kann eine fluorierte Beschichtung sein, z.B. eine Fluorethylenpropylen-Beschichtung. Die Beschichtung liegt im Bereich von 10 nm.

**[0022]** Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Formen einer formstabilen dreidimensionalen Struktur in ein flächenförmiges Substrat aus thermoplastischem Material, die Vorrichtung umfassend: (a) ein Formwerkzeug, das eine erste Matrize mit einer ersten Template-Oberfläche zur Kontaktierung der oberen Oberfläche des flächenförmigen Substrats und eine zweite Matrize mit einer zweiten Template-Oberfläche zur Kontaktierung der unteren Oberfläche des flächenförmigen Substrats, die der oberen Oberfläche des flächenförmigen Substrats gegenüberliegt, umfasst; wobei jede der Template-Oberflächen eine Umkehrung der gewünschten Form, die in die obere und untere Oberfläche des Substrats zu formen ist, aufweist; und wobei mindestens eine der ersten Matrizen und der zweiten Matrizen transparent für elektromagnetische Wellen der vorbestimmten Wellenlänge ist; und (b) eine elektromagnetische Strahlenquelle der vorbestimmten Wellenlänge zur Erwärmung einer Absorptionsschicht, die zwischen der ersten Template-Oberfläche und der zweiten Template-Oberfläche angeordnet ist.

**[0023]** Die Quelle der elektromagnetischen Wellen kann eine gepulste Quelle mit einer Wellenlänge von 200 nm bis 2000 nm sein.

**[0024]** Bei einigen Ausführungsformen verfügt mindestens eine der ersten Template-Oberflächen und der zweiten Template-Oberflächen über eine Absorptionsschicht.

**[0025]** Bei einigen Ausführungsformen kann die Absorptionsschicht eine einzelne Schicht sein. Die Absorptionsschicht kann eine Metallschicht, eine Graphitschicht oder eine Schicht aus wärmeaufnehmendem Lack sein.

### Kurzbeschreibung der Figuren

**[0026]** Die Erfindung ist nachfolgend in Bezug auf die Ausführungsformen, die in den Figuren dargestellt sind, ausführlicher beschrieben. Die Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Formen einer formstabilen dreidimensionalen Struktur in ein flächenförmiges Substrat aus thermoplastischem Material;

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Formwerkzeugs während der Bestrahlung von einer Seite;

- Fig. 3 eine schematische Darstellung des Formwerkzeugs während der Bestrahlung von beiden Seiten;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung des Verfahrens mit der Absorptionsschicht, die auf dem Substrat bereitgestellt ist;
- Fig. 5 eine Membran, die sich nach dem Verfahren von Fig. 1 herstellen lässt;
- Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Formen einer formstabilen dreidimensionalen Struktur in ein flächenförmiges Substrat aus thermoplastischem Material, einschliesslich der Zusammenfügung von zwei Schichten;

## Beschreibung der Erfindung

**[0027]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Formen einer formstabilen dreidimensionalen Struktur in ein flächenförmiges Substrat 3 aus thermoplastischem Material.

**[0028]** Fig. 1(a) zeigt ein offenes Formwerkzeug mit einer ersten Matrice 1, die eine erste Template-Oberfläche 11 aufweist und einer zweiten Matrice 2, die eine zweite Template-Oberfläche 21 aufweist. Die erste Template-Oberfläche 11 weist die Umkehrform der gewünschten dreidimensionalen Struktur auf, die in eine obere Oberfläche 31 des flächenförmigen Substrats 3 zu formen ist. Die zweite Template-Oberfläche 21 weist die Umkehrform der gewünschten dreidimensionalen Struktur auf, die in eine untere Oberfläche 32 des flächenförmigen Substrats 3 zu formen ist. Die ersten und zweiten Template-Oberflächen 11, 21 können komplementäre Strukturen, wie in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt, aufweisen. Es sind jedoch auch nicht-komplementäre Strukturen möglich, solange das thermoplastische Material im geschmolzenen Zustand ausreichend verdrängt werden kann, wie in Fig. 3 und Fig. 4 gezeigt.

**[0029]** Das flächenförmige Substrat 3 kann ein planares Flächengebilde, eine Folie oder ein Belag mit einer Dicke im Bereich von 5 bis 5000 Mikrometer, vorzugsweise 25 bis 500 Mikrometer, sein und wird platziert zwischen der ersten und der zweiten Matrice 1, 2. Bezüglich der vorliegenden Erfindung ist das flächenförmige Substrat vor Anwendung des Verfahrens zweidimensional. Danach hat es eine formstabile dreidimensionale Struktur, beispielsweise mit komplementären Wellen, um z.B. eine Membran mit etwa derselben Gesamtdicke (Fig. 1(c)) zu erhalten oder mit nicht komplementären Wellen (Fig. 3), um z.B. eine Membran wechselnder Dicke zu erhalten.

**[0030]** Gute Resultate wurden bislang mit einer Folie aus Polyetheretherketon (PEEK) von 25 Mikrometern Dicke erzielt. Es können jedoch auch dickere Filme und andere Materialien wie Polybenzimidazol (PBI), Polyimid (PI), thermoplastisches Polyimid (TPI), Polyamidimid (PAI), Polyethersulfon (PES), Polyphenylsulfon (PPSU), Polyetherimid (PEI), Polysulfon (PSU), Polyetherketon (PEK), Polyaryletherketon (PAEK), Polyphenylensulfid (PPS), Perfluoralkoxy-Polymer (PFA), Ethylen-Tetrafluorethylen (ETFE), Polychlorotrifluorethylen (PCTFE), Polyvinylidenfluorid (PVDF), Polybutylenterephthalat (PBT) oder Polyetheretherketon (PEEK) verwendet werden.

**[0031]** Bei dem im Fig. 1 gezeigten Verfahren verfügt die erste Template-Oberfläche 11 der ersten Matrice 1 über eine Absorptionsschicht 5. Die Absorptionsschicht 5 kann innerhalb von Millisekunden mittels elektromagnetischer Strahlung 4 einer gepulsten Quelle bei einer Wellenlänge im Bereich von 200 bis 2000 nm rasch aufgeheizt werden. Zwecks Bestrahlung der Absorptionsschicht 5 besteht die erste Matrice 1 aus einem Material, das transparent für die Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung 4 ist.

**[0032]** Nach oder beim Verschluss des Formwerkzeugs (Fig. 1(b)) absorbiert die Absorptionsschicht 5 die Strahlung 4 und wird rasch aufgeheizt, um die Energie auf das thermoplastische flächenförmige Substrat 3 zu übertragen. Das Substrat 3 wird dabei erwärmt bis es ausreichend heiss ist, typischerweise auf seine Glasübergangstemperatur oder höher, um in die gewünschte dreidimensionale Struktur umgeformt zu werden. Im Laufe des Prozesses wärmen sich die erste und/oder zweite Matrice 1, 2 des Formwerkzeugs kaum auf und nach Beendigung der Bestrahlung 4 kann das Formwerkzeug fast sofort geöffnet und das umgeformte flächenförmige Substrat 3' entfernt werden (siehe Fig. 1(c)). Das Formwerkzeug ist dann bereit für den nächsten Zyklus.

**[0033]** Alternativ zur in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform kann die zweite Matrice 2 und das flächenförmige Substrat 3 transparent für die Strahlung sein. In diesem Fall kann die Strahlung durch die zweite Matrice 2 und das Substrat 3 hindurch zur Absorptionsschicht 5, über die die erste Matrice 1 verfügt, wie in Fig. 2 gezeigt, passieren.

**[0034]** Zur Verarbeitung dickerer flächenförmiger Substrate können die erste und die zweite Template-Oberfläche 11, 21 beide jeweils über eine Absorptionsschicht 5, 5' verfügen. In diesem Fall sind die erste und die zweite Matrice 1, 2 beide transparent und die Absorptionsschichten 5, 5' werden von entgegengesetzten Seiten, wie in Fig. 3 gezeigt, bestrahlt.

**[0035]** Fig. 4 zeigt eine Variation des Verfahrens, bei dem das flächenförmige Substrat 3 selbst über eine Absorptionsschicht 5 verfügt, die auf dem Substrat auf einer oder auf beiden Seiten aufgebracht ist, oder das Substrat besteht aus einem thermoplastischen Material, das die Strahlung absorbiert. Die erste und/oder die zweite Matrice 1, 2 sind transparent und die Strahlung kann von einer oder von beiden Seiten auf das Substrat gerichtet werden.

**[0036]** Fig. 5 zeigt ein Beispiel eines Gegenstands, das mit dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellt werden kann. Der Gegenstand ist eine Membran 6, die aus thermoplastischem Folienmaterial hergestellt ist, wie in WO 2016 012 233

beschrieben. Die Membran 6 in Form einer Scheibe umfasst eine Vielzahl von konzentrischen Wellen 61 und strahlenförmigen Verstärkungsrippen 62. Eine derartige dreidimensionale Struktur kann mit den oben beschriebenen Verfahren erhalten werden. Gute Resultate wurden z.B. mit einer planaren, PEEK-Folie von 25 Mikrometern Dicke erzielt, in die eine Vielzahl kreisförmiger, konzentrischer Wellen, wie in der Membran von Fig. 5 gezeigt, geformt wurden.

**[0037]** Wie in Fig. 6 gezeigt, erlaubt das Verfahren ferner das Zusammenfügen von zwei oder mehreren Schichten des Substrats 3, 3a. Fig. 6(a) zeigt das Formwerkzeug im geöffneten Zustand vor der Umformung des Substrats 3, 3a. Fig. 6(b) zeigt das Formwerkzeug im geöffneten Zustand nach der Umformung des Substrats zu einer formstabilen dreidimensionalen Struktur 3'. Um beispielsweise eine Membran mit einer Vielzahl von konzentrischen Wellen und einem zentrischen Teil, das um ein Mehrfaches dicker als die Wellmembran ist, zu erhalten, kann ein separates Teil 3a des Substrats zentral auf das flächenförmige Substrat 3, wie in Fig. 6(a) dargestellt, oder in eine der zwei Matrizen 1, 2 platziert werden. Eine derartige Membran ist beispielhaft in der Schweizer Patentanmeldung Nr. 00038/16 beschrieben.

**[0038]** Das separate Teil 3a kann als eine Absorptionsschicht 5a gebildet sein oder kann über eine Absorptionsschicht 5a auf einer der Seiten verfügen. Während der Bestrahlung der Absorptionsschicht(en) 5, 5a werden die zwei Substrateile 3, 3a auf über die Glasübergangstemperatur des thermoplastischen Materials aufgeheizt und damit permanent zusammengefügt und es wird eine formstabile dreidimensionale Struktur in das flächenförmige Substrat 3, wie in Fig. 6(b) gezeigt, geformt.

**[0039]** Es versteht sich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die oben ausgeführten Ausführungsformen begrenzt ist. Der Fachmann wird mit Kenntnis der Erfindung in der Lage sein, weitere Varianten abzuleiten, die auch zum Gegenstand der vorliegenden Erfindung gehören.

---

#### Liste der Bezugszeichen

---

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| 1     | erste Matrize                       |
| 11    | erste Template-Oberfläche           |
| 2     | zweite Matrize                      |
| 21    | zweite Template-Oberfläche          |
| 3     | flächenförmiges Substrat            |
| 3a    | Teil des flächenförmigen Substrats  |
| 3'    | umgeformtes flächenförmige Substrat |
| 31    | obere Oberfläche                    |
| 32    | untere Oberfläche                   |
| 4, 4' | elektromagnetische Strahlung        |
| 5, 5' | Absorptionsschicht                  |
| 5a    | Absorptionsschicht                  |
| 6     | Membran                             |
| 61    | konzentrische Wellen                |
| 62    | strahlenförmige Rippen              |

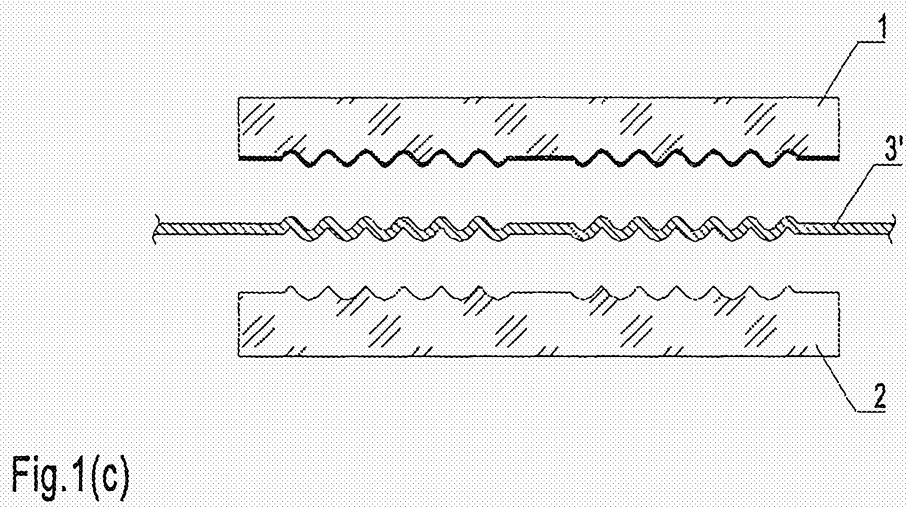
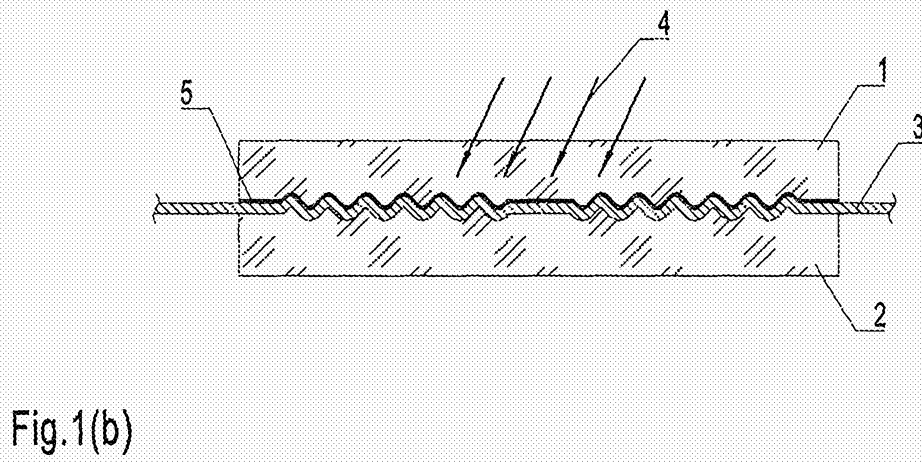
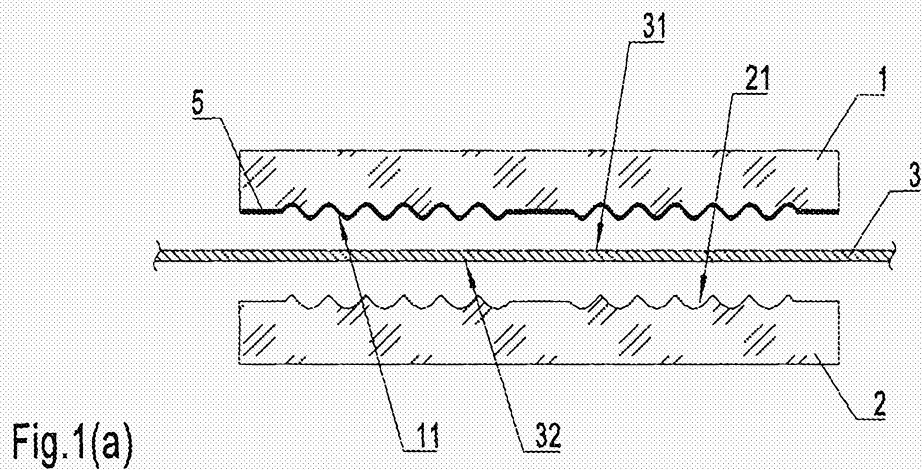
---

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Formen einer formstabilen dreidimensionalen Struktur in ein flächenförmiges Substrat (3) aus thermoplastischem Material umfassend die Schritte:
  - a. Bereitstellen eines Formwerkzeugs, umfassend eine erste Matrize (1) mit einer ersten Template-Oberfläche (11) zur Kontaktierung der oberen Oberfläche (31) des Substrats (3) und einer zweiten Matrize (2) mit einer zweiten Template-Oberfläche (21) zur Kontaktierung der unteren Oberfläche (32) des Substrats (3), die der oberen Oberfläche (31) des Substrats (3) gegenüberliegt; wobei jede der Template-Oberflächen (11, 21) eine Umkehrung der gewünschten Form, die in die obere und untere Oberfläche (31, 32) des Substrats (3) zu formen ist, aufweist; und

mindestens eine der ersten Matrizen (1) und der zweiten Matrizen (2) transparent für elektromagnetische Wellen einer vorbestimmten Wellenlänge ist;

- b. Bereitstellen von mindestens einer Absorptionsschicht (5, 5'), die sich durch Absorption einer elektromagnetischen Strahlung (4, 4') vorgegebener Wellenlänge erwärmen lässt und dabei das thermoplastische Substrat (3) auf dessen Glasübergangstemperatur oder höher aufheizt;
  - c. Platzieren des Substrats (3) zwischen der ersten und zweiten Matrize (1, 2) des Formwerkzeugs und Schliessen des Formwerkzeugs;
  - d. Bestrahlen der Absorptionsschicht (5, 5') mit der elektromagnetischen Strahlung (4, 4') zum Erwärmen des thermoplastischen Substrats (3) auf dessen Glasübergangstemperatur oder höher über eine hinreichende Zeit, um das thermoplastische Substrat in die dreidimensionale Struktur umzuformen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei mindestens eine der ersten Template-Oberflächen (11) und der zweiten Template-Oberflächen (21) über die Absorptionsschicht (5, 5') verfügt.
  3. Verfahren einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das flächenförmige Substrat (3, 3a) über die Absorptionsschicht (5, 5a) verfügt.
  4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das flächenförmige Substrat (3) ein Material umfasst, das geeignet ist, um die elektromagnetische Strahlung (4, 4') vorbestimmter Wellenlänge zu absorbieren und die Absorptionsschicht (5, 5a) bildet, um auf dessen Glasübergangstemperatur oder höher aufgeheizt zu werden.
  5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das flächenförmige Substrat mindestens zwei Teile (3, 3a) umfasst, vorzugsweise zwei Schichten.
  6. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die mindestens zwei Teile (3, 3a) während Schritt d zusammenverschmolzen werden.
  7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Absorptionsschicht (5, 5', 5a) nur an Stellen bereitgestellt ist, an denen das flächenförmige Substrat zu verschmelzen ist.
  8. Verfahren einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Oberfläche des flächenförmigen Substrats (3) vor Schritt c über eine hydrophobe Beschichtung verfügt.
  9. Vorrichtung zum Formen einer formstabilen dreidimensionalen Struktur in ein flächenförmiges Substrat (3) aus thermoplastischem Material, die Vorrichtung umfassend:
    - ein Formwerkzeug, umfassend eine erste Matrize (1) mit einer ersten Template-Oberfläche (11) zur Kontaktierung der oberen Oberfläche (31) des Substrats (3) und eine zweite Matrize (2) mit einer zweiten Template-Oberfläche (21) zur Kontaktierung der unteren Oberfläche (32) des Substrats (3), die der oberen Oberfläche (31) des Substrats (3) gegenüberliegt; wobei jede der Template-Oberflächen (11, 21) eine Umkehrung der gewünschten Form, die in die obere und untere Oberfläche (31, 32) des Substrats (3) zu formen ist, aufweist; und wobei mindestens eine der ersten Matrizen (1) und der zweiten Matrizen (2) transparent für elektromagnetische Wellen (4, 4') einer vorbestimmten Wellenlänge ist;
    - eine Quelle elektromagnetischer Strahlung der vorbestimmten Wellenlänge zur Erwärmung einer Absorptionsschicht (5, 5'), die zwischen der ersten Template-Oberfläche (11) und der zweiten Template-Oberfläche (21) angeordnet ist.
  10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei mindestens eine der ersten Template-Oberflächen (11) und der zweiten Template-Oberflächen (21) über die Absorptionsschicht (5, 5') verfügt.
  11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Absorptionsschicht (5, 5') eine Metallschicht, eine Graphitschicht oder eine Schicht aus wärmeaufnehmendem Lack ist.



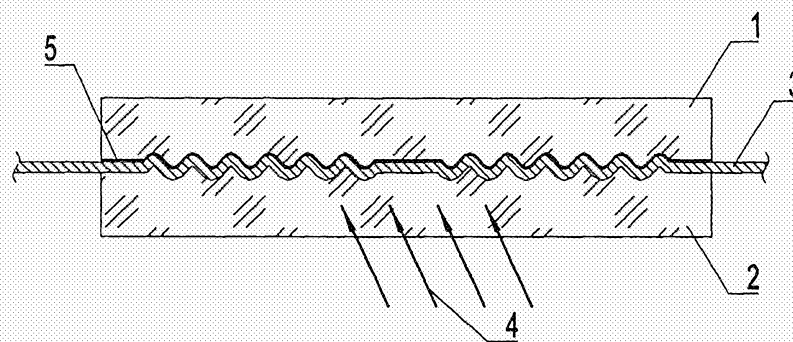


Fig. 2

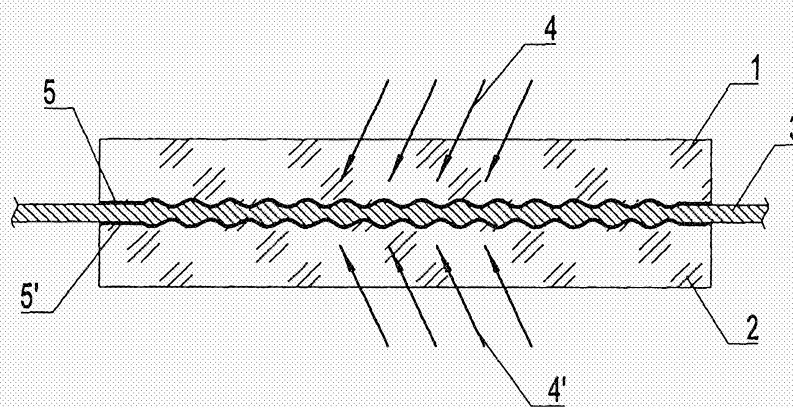


Fig. 3

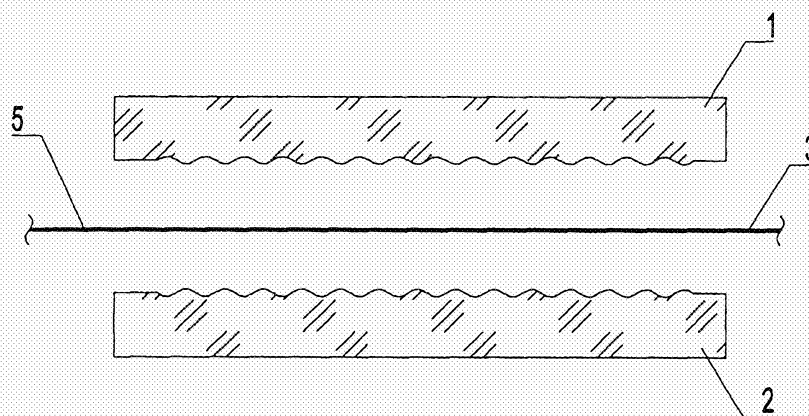


Fig. 4

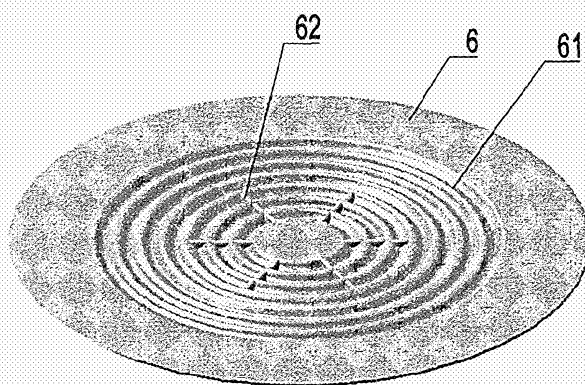


Fig. 5

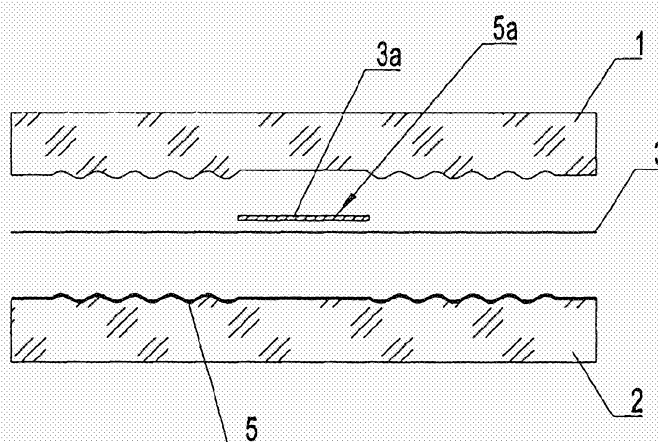


Fig. 6(a)

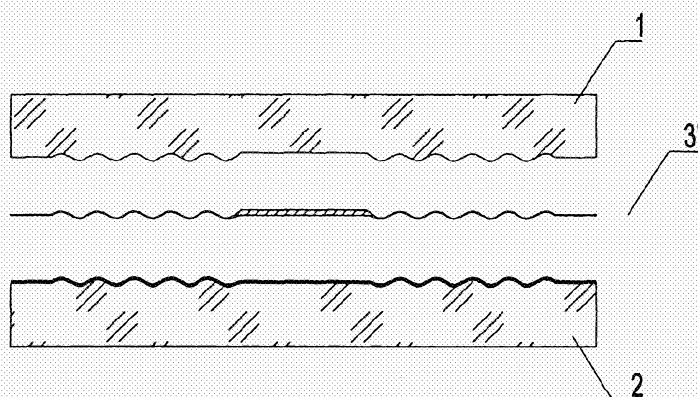


Fig. 6(b)