

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
3. August 2017 (03.08.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/129686 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F03D 1/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/051663

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Januar 2017 (26.01.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 101 663.2
29. Januar 2016 (29.01.2016) DE
10 2016 219 873.4
12. Oktober 2016 (12.10.2016) DE

(71) Anmelder: **WOBEN PROPERTIES GMBH** [DE/DE];
Borsigstraße 26, 26607 Aurich (DE).

(72) Erfinder: **RUBNER, Florian**; Virchowstraße 6, 26607
Aurich (DE). **VINKE, Daniel**; Gärtnerweg 14, 26607
Aurich (DE).

(74) Anwalt: **EISENFÜHR SPEISER**; Johannes-Brahms-Platz
1, 20355 Hamburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SPAR CAP AND PRODUCTION METHOD

(54) Bezeichnung : HOLMGURT UND HERSTELLUNGSVERFAHREN

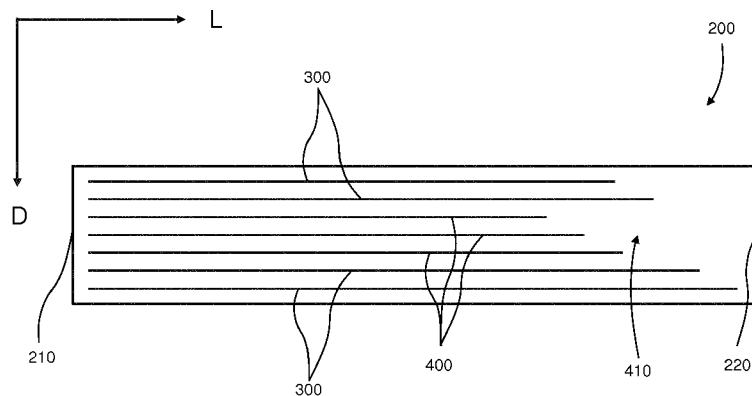


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a spar cap for a rotor blade of a wind energy plant, having a longitudinal extension from a first end to a second end, a transverse extension orthogonal to the longitudinal extension and a thickness orthogonal to the longitudinal extension and the transverse extension. The invention further relates to a method for producing the aforementioned spar cap. The spar cap has a longitudinal extension from a first end to a second end, a transverse extension orthogonal to the longitudinal extension and a thickness orthogonal to the longitudinal extension and the transverse extension. The spar cap comprises at least two layers of a first fiber composite material and at least one layer of a second fiber composite material, the first fiber composite material having another matrix material and/or other fibers than the second fiber composite material, wherein the second fiber composite material is disposed in a portion adjacent to the second end in the direction of the thickness between the at least two layers of the first fiber composite material, the at least one layer of the second fiber composite material ending before the second end.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/129686 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft einen Holmgurt für ein Rotorblatt einer Windenergieanlage mit einer Längserstreckung von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende, einer Quererstreckung orthogonal zu der Längserstreckung und einer Dicke orthogonal zur Längserstreckung und zur Quererstreckung. Darüber hinaus ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines eingangs genannten Holmgurts. Der Holmgurt weist eine Längserstreckung von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende, eine Quererstreckung orthogonal zur Längserstreckung und einer Dicke orthogonal zur Längserstreckung und zur Quererstreckung, mindestens zwei Lagen eines ersten Faserverbundmaterials, und mindestens eine Lage eines zweiten Faserverbundmaterials auf, wobei das erste Faserverbundmaterial ein anderes Matrixmaterial und/oder andere Fasern aufweist als das zweite Faserverbundmaterial, das zweite Faserverbundmaterial in einem Abschnitt angrenzend an das zweite Ende in Richtung der Dicke zwischen den mindestens zwei Lagen des ersten Faserverbundmaterials angeordnet ist und die mindestens eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials vor dem zweiten Ende endet.

Holmgurt und Herstellungsverfahren

Die Erfindung betrifft einen Holmgurt für ein Rotorblatt einer Windenergieanlage mit einer Längserstreckung von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende, einer Quererstreckung orthogonal zu der Längserstreckung und einer Dicke orthogonal zur Längserstreckung und zur Quererstreckung. Die Erfindung betrifft ferner ein Rotorblatt einer
5 Windenergieanlage mit einem eingangs genannten Holmgurt. Zudem betrifft die Erfindung eine Windenergieanlage mit einem Turm, einer Gondel und einem Rotor, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor mindestens ein Rotorblatt mit einem eingangs genannten Holmgurt aufweist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines eingangs genannten Holmgurts.

10 Holmgurte der eingangs genannten Art sind beispielsweise Bestandteile von Rotorblättern, vorzugsweise Rotorblätter von Windenergieanlagen, oder von Flugzeugtragflächen, die insbesondere zur Versteifung in Längsrichtung ausgebildet sind. Eine derartige Versteifung dient insbesondere zur Aufnahme von Kräften, die entlang einer longitudinalen Erstreckung verlaufen, wobei bei Rotorblättern von
15 Windenergieanlagen die zuvor genannte longitudinale Erstreckung von der Wurzel des Rotorblattes bis zur Spitze des Rotorblattes verläuft. Holmgurte sind im Allgemeinen derart gestaltet, dass diese ein erstes und ein zweites Ende aufweisen. Der Holmgurt weist darüber hinaus in der Regel eine flächige Geometrie auf, die durch die Längserstreckung und die Quererstreckung gebildet wird. Orthogonal zu der
20 Quererstreckung und zu der Längserstreckung weist ein Holmgurt eine Dicke auf.

Holmgurte können aus unterschiedlichen Materialien hergestellt sein oder diese umfassen. Derzeit ist es insbesondere üblich Holmgurte aus faserverstärkten Materialien, vorzugsweise faserverstärkten Kunststoffen, herzustellen, da diese bei einem vergleichsweise geringen Gewicht eine hohe Steifigkeit aufweisen. Ferner kann die anisotrope Eigenschaft der faserverstärkten Materialien bei der Herstellung eines Holmgurtes genutzt werden, da dadurch insbesondere eine in Längsrichtung gerichtete Steifigkeit bereit gestellt werden kann. Derzeit werden oftmals glasfaserverstärkte Kunststoffe eingesetzt, da diese einen guten Kompromiss aus hoher Steifigkeit und geringen Kosten darstellen.

Ein Rotorblatt einer Windenergieanlage umfasst in der Regel unter anderem ein oberes und ein unteres Schalelement. Die Schalelemente bilden mit ihren äußeren Oberflächen im Wesentlichen die äußere Geometrie des Rotorblattes. Meist enthält das Rotorblatt ein oberes Schalelement mit einem Holmgurt und/oder ein unteres Schalelement mit einem Holmgurt. Der Holmgurt ist bzw. die Holmgurte sind in der Regel an einer Innenseite der Schalelemente angeordnet. Der Holmgurt ist dabei vorzugsweise auf oder an einer inneren Fläche des Schalelements angeordnet und/oder in das Schalelement eingebettet.

Die Anforderungen an Holmgurte der eingangs genannten Art sind vielfältig. Um ihrer Funktion der Versteifung des Rotorblatts in Längsrichtung nachzukommen, muss der Holmgurt insbesondere in Richtung seiner longitudinalen Erstreckung eine vergleichsweise hohe Steifigkeit aufweisen. Insbesondere muss diese Steifigkeit höher sein als die Steifigkeit der den Holmgurt umgebenden Elemente, um der Funktion als Längsversteifung gerecht zu werden. Nichtsdestotrotz müssen die Rotorblätter von Windenergieanlagen respektive die in den Rotorblättern enthaltenen Holmgurte trotz der hohen Steifigkeitsanforderung ein geringes Gewicht aufweisen. Ein geringes Gewicht der Rotorblätter reduziert einerseits die Normalkraft an der Nabe der Gondel und andererseits die Fliehkräfte an der Nabe sowie innerhalb der Erstreckung des Rotorblattes.

Insbesondere bei dem Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Masse des eingesetzten Materials und den Kosten. Aufgrund der hohen Kosten des faserverstärkten Kunststoffes ist es hier wünschenswert, das eingesetzte Materialvolumen bzw. dessen Masse zu minimieren und dennoch eine hohe Steifigkeit zu erreichen. Eine weitere Anforderung an die Holmgurte der eingangs

genannten Art ist, dass diese in das obere und/oder untere Schalenelement des Rotorblattes eingefügt und/oder an den Schalenelementen befestigt werden können.

Windenergieanlagen sind aufgrund ihrer Bauhöhe und der exponierten Standorte verstärkt durch Blitzeinschläge bei Gewittern gefährdet. Dabei treten die Blitzeinschläge
5 in der Regel an der höchsten Stelle der Windenergieanlage ein, die in der Regel durch die Blattspitze gebildet wird. Lediglich bei sehr hohen Anlagen besteht die Möglichkeit von Aufwärtsblitzen, die auch an anderen Stellen der Windenergieeinlagen einschlagen können. Bei einem Blitzeinschlag besteht das Risiko, dass der Blitz in die tragende Struktur der Windenergieanlage einschlägt. Daher besteht die Anforderung, dass das
10 Blitzeinschlagrisiko reduziert wird.

Aufgrund des komplexen Schwingungssystems einer Windenergieanlage ist es eine weitere Anforderung an den Holmgurt, dass dieser dynamische Kräfte aufnehmen kann und insbesondere eine gute Dauerfestigkeit aufweist. Diese Dauerfestigkeit ist unter
15 anderem dahingehend wichtig, da die Holmgurte nicht kontinuierlich überwacht werden können und darüber hinaus deren Austausch in der Regel nicht zerstörungsfrei durchgeführt werden kann.

Holmgurte der eingangs genannten Art sind seit langer Zeit hinlänglich bekannt, insbesondere aus dem Windenergieanlagenbau und dem Flugzeugbau. Aufgrund der steigenden wirtschaftlichen Anforderungen an Windenergieanlagen ist der Trend zu
20 erkennen, dass die Anlagen, hinsichtlich der Nabenhöhe und des Rotordurchmessers, kontinuierlich größer werden. Der Rotordurchmesser steht dabei in einem direkten Zusammenhang mit der Länge der einzelnen Rotorblätter.

Die steigende Größe der Windenergieanlagen wiederum führt zur immer höheren mechanischen Belastungen der einzelnen Komponenten, unter anderem der
25 Komponenten in den Rotorblättern. Durch die steigende Länge der Rotorblätter werden die Fliehkräfte größer und somit auch die einzelnen Kräfte innerhalb solcher Komponenten, die die Längskräfte aufnehmen. Aufgrund dieser steigenden Kräfte ist ein Trend dahingehend zu erkennen, dass die längskraftaufnehmenden Holmgurte an einzelnen Bereichen mit einem größeren Querschnitt orthogonal zur Längsrichtung
30 versehen werden, um die Steifigkeit zu erhöhen. Diese steigende Dicke steht jedoch in einem Zusammenhang mit einem steigenden Gewicht des Holmgurtes.

Aufgrund der steigenden Nabenhöhe und der längeren Rotorblätter steigt das Risiko eines Blitzeinschlages deutlich. Eine Schwierigkeit der heutigen Holmgurte bzw. der Rotorblätter, in denen die Holmgurte eingebaut sind, ist, dass diese anfällig für einen Blitzeinschlag sind. Spezielle Maßnahmen zur Reduktion des Blitzeinschlagsrisikos sowie zur Erhöhung der Steifigkeit des Holmgurtes sind oftmals mit hohen Kosten verbunden. Die existierenden Vorrichtungen und Verfahren bieten verschiedene Vorteile, jedoch sind weitere Verbesserungen wünschenswert.

Das Deutsche Patent- und Markenamt hat in der Prioritätsanmeldung zu vorliegender Anmeldung folgenden Stand der Technik recherchiert: DE 10 2011 003 560 B4, DE 10 2008 007 304 A1, DE 10 2009 047 570 A1, DE 10 2010 002 432 A1, DE 10 2013 100 117 A1, DE 202 06 942 U1.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Holmgurt und ein Verfahren zur Herstellung eines Holmgurtes bereitzustellen, welche einen oder mehrere der genannten Nachteile vermindern oder beseitigen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung, einen Holmgurt und ein Verfahren zur Herstellung eines Holmgurtes bereitzustellen, welche eine steifere Konfiguration des Holmgurtes und damit auch des Rotorblattes ermöglichen. Darüber hinaus ist es eine Aufgabe der Erfindung ein Rotorblatt mit einem verringerten Blitzeinschlagsrisiko bereitzustellen.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt gelöst durch einen Holmgurt für ein Rotorblatt einer Windenergieanlage, mit einer Längserstreckung von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende, einer Quererstreckung orthogonal zur Längserstreckung und einer Dicke orthogonal zur Längserstreckung und zur Quererstreckung, mindestens zwei Lagen eines ersten Faserverbundmaterials, und mindestens eine Lage eines zweiten Faserverbundmaterials, wobei das erste Faserverbundmaterial ein anderes Matrixmaterial und/oder andere Fasern aufweist als das zweite Faserverbundmaterial, das zweite Faserverbundmaterial in einem Abschnitt angrenzend an das zweite Ende in Richtung der Dicke zwischen den mindestens zwei Lagen des ersten Faserverbundmaterials angeordnet ist, die mindestens eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials vor dem zweiten Ende endet.

Die Längserstreckung von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende ist eine Längserstreckung in eine Richtung des Holmgurtes, die der längsten Ausdehnung des Holmgurtes entspricht. Die Quererstreckung erstreckt sich in einer Richtung orthogonal zur Längserstreckung und weist eine größere Abmessung auf als die Dicke. Dies geht

einher mit der Erkenntnis, dass der Holmgurt im Wesentlichen als ein flächiges Element mit einer geringen Dicke ausgebildet ist. Die flächige Erstreckung des Holmgurtes wird demnach durch die Längserstreckung und durch die Quererstreckung gebildet.

Die Dicke des Holmgurtes verläuft in eine Richtung, die orthogonal zur zuvor beschriebenen Fläche und somit in eine orthogonale Richtung zur Längserstreckung sowie gleichzeitig in eine orthogonale Richtung zur Quererstreckung verläuft. Um den speziellen Belastungen des Holmgurtes gerecht zu werden, wird die Abmessung der Quererstreckung und/oder die Abmessung der Dicke entlang der Längserstreckung variiert. Dabei nimmt insbesondere die Abmessung der Dicke hin zum zweiten Ende und/oder zum ersten Ende hin ab. Dies wird insbesondere dadurch ermöglicht, dass das Dehnungsniveau zur Spitze des Rotorblattes abnimmt.

Der Holmgurt umfasst mindestens zwei Lagen eines ersten Faserverbundmaterials. Die Lagen sind im Wesentlichen als Schichten eines Materials zu verstehen, die eine flächige Geometrie mit einer geringen Dicke aufweisen. Eine Lage besteht dabei aus mindestens zwei flächig angeordneten Fasern und aus dem die Fasern umgebenden Matrixmaterial. Die Lagen des Faserverbundmaterials sind im Wesentlichen planparallel zur zuvor genannten flächigen Ausdehnung des Holmgurtes angeordnet. Ferner umfasst der erfindungsgemäße Holmgurt mindestens eine Lage eines zweiten Faserverbundmaterials, wobei die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials ebenfalls im Wesentlichen als Schichten eines Materials zu verstehen sind, die eine flächige Geometrie mit einer geringen Dicke aufweisen.

Ein Holmgurt mit derartigen Faserverbundlagen kann vorzugsweise vollständig starr sein und keine Biegung um irgendeine Achse zulassen. Ferner vorzugsweise ist ein derartiger Holmgurt bezüglich bestimmter Achsen in gewisser Weise elastisch. Beispielsweise kann der Holmgurt aufgrund der großen Abmessung seiner Längserstreckung bezüglich einer Achse parallel zur Quererstreckung elastisch sein. Eine möglichst minimale Elastizität ist vorzugsweise in Längsrichtung der Längserstreckung zu realisieren, d.h. bezüglich einer Achse parallel zur Längserstreckung.

Die Bestandteile des ersten Faserverbundmaterials sind dabei erfindungsgemäß verschieden von den Bestandteilen des zweiten Faserverbundmaterials. Faserverbundmaterialien der eingangs genannten Art weisen im Wesentlichen zwei Hauptbestandteile auf. Die Hauptbestandteile sind ein Matrixmaterial und Fasern, wobei die Hauptbestandteile derartige Wechselwirkungen miteinander aufweisen, dass das

Faserverbundmaterial vorzugsweise höherwertige Eigenschaften aufweist als jede der beiden einzelnen, beteiligten Hauptbestandteile. Die Fasern sind dabei in das Matrixmaterial eingebettet. Dem Einsatz von unterschiedlichen Bestandteilen in den zwei Faserverbundmaterialien des Holmgurtes liegt die Erkenntnis zugrunde, dass der Einsatz
5 mehrerer Materialien vorteilhaft hinsichtlich der zu erzielbaren Eigenschaften des Holmgurtes ist, da die spezifischen Charakteristika der Materialien, wie beispielsweise Steifigkeit, spezifisches Gewicht oder elektrische Leitfähigkeit gezielt genutzt werden können.

Das Matrixmaterial bildet die Matrix aus, die die Fasern in ihrer Position halten und
10 Spannungen zwischen den Fasern übertragen und verteilen. Darüber hinaus dient die Matrix dem Schutz der Fasern vor äußeren mechanischen und chemischen Einflüssen. Die Fasern erhöhen die Festigkeit des Materials, die in Abhängigkeit des Faserverlaufs in der Matrix entweder richtungsabhängig (anisotrop) oder richtungsunabhängig (isotrop) ist. Die unterschiedlichen Bestandteile des ersten Faserverbundmaterials und des zweiten
15 Faserverbundmaterials beziehen sich im Wesentlichen auf die Fasern und/oder das Matrixmaterial.

Mit anderen Fasern sind hier verschiedene bzw. unterschiedliche Fasern im Sinne von Faserarten bzw. Fasermaterialien gemeint. Die Fasern des ersten Faserverbundmaterials und/oder des zweiten Faserverbundmaterials können unterschiedliche Faserarten
20 umfassen oder aus diesen bestehen. Potenzielle Faserarten können organische Fasern, und/oder anorganische Fasern, und/oder Naturfasern sein. Anorganische Fasern sind beispielsweise Glasfasern, Basaltfasern, Borfasern, Keramikfasern oder Stahlfasern. Organische Fasern sind beispielsweise Aramidfasern, Kohlenstofffasern, Polyesterfasern und Polyethylenfasern (insbesondere High Performance Polyethylene (HPPE) Fasern,
25 wie beispielsweise Dyneema-Fasern). Naturfasern sind beispielsweise Hanffasern, Flachsfasern oder Sisalfasern.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante umfasst das erste und/oder das zweite Faserverbundmaterial jeweils ausschließlich eine einzelne Faserart. In einer weiteren bevorzugten Variante umfassen die Fasern des ersten Faserverbundmaterials und/oder
30 des zweiten Faserverbundmaterials jeweils zwei Faserarten, beispielsweise organische Fasern und anorganische Fasern. In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante umfassen das erste Faserverbundmaterial und/oder das zweite Faserverbundmaterial jeweils mehr als zwei unterschiedliche Faserarten.

Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, die weiter unten noch im Detail beschrieben wird, bei der die Fasern des ersten Faserverbundmaterials nicht elektrisch leitfähige Fasern, wie beispielsweise Glasfasern, umfassen oder sind, und die Fasern des zweiten Faserverbundmaterials Kohlenstofffasern umfassen oder sind.

- 5 Die Fasern des ersten und/oder des zweiten Faserverbundmaterials können innerhalb des Matrixmaterials auf unterschiedlichste Weise angeordnet sein. Die Fasern können als Gewebe, und/oder Gelege, und/oder Multiaxialgelege, und/oder Gesticke, und/oder Fließstoff, und/oder Matten, und/oder Geflechte, und/oder Faserbündel, vorzugsweise Rovings, innerhalb des Matrixmaterials angeordnet sein.
- 10 Diese Anordnung der Fasern bestimmt unter anderem den Herstellungsprozess, insbesondere die Wirtschaftlichkeit des Herstellungsprozesses, sowie die Anisotropie des Faserverbundmaterials. Je nach Anforderungen an den Holmgurt kann durch die Anordnung der Fasern eine starke Anisotropie oder auch eine starke Isotropie erreicht werden, so dass die Steifigkeit in Längsrichtung, in Querrichtung und auch in Richtung
- 15 der Dicke durch die Ausrichtung der in den Faserverbundmaterialien enthaltenen Fasern beeinflusst werden kann. Anisotrope Eigenschaften des Holmgurts sind vorzugsweise zu realisieren, da es eine Aufgabe des Holmgurts ist die Aufnahme von Kräften in Längsrichtung zu gewährleisten. Zu diesem Zweck werden die Fasern vorzugsweise mit einer Ausrichtung in Längsrichtung in das Matrixmaterial eingebettet.
- 20 Erfindungsgemäß ist das zweite Faserverbundmaterial in einem Abschnitt angrenzend an das zweite Ende des Holmgurtes in Richtung der Dicke zwischen den mindestens zwei Lagen des ersten Faserverbundmaterials angeordnet. Die Lagen des ersten Faserverbundmaterials und die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials sind demnach im Wesentlichen planparallel übereinander angeordnet. Der Holmgurt besteht aus
- 25 mindestens drei Schichten, wobei zwei äußere Schichten und mindestens eine innere Schicht vorhanden sind. Eine Schicht besteht dabei aus einer oder mehrerer Lagen des Faserverbundmaterials. Die zwei äußeren Schichten bestehen dabei aus Lagen des ersten Faserverbundmaterials und, im Falle von insgesamt drei Schichten, die zwischen diesen äußeren Schichten angeordnete innere Schicht besteht aus Lagen des zweiten
- 30 Faserverbundmaterials.

Die Dicke des Holmgurtes wird durch die planparallel, übereinander angeordneten Lagen des ersten Faserverbundmaterials und die planparallel, übereinander angeordneten Lagen des zweiten Faserverbundmaterials gebildet. Die Dicke des Holmgurtes ist daher

im Wesentlichen linear zu der Anzahl der Lagen des ersten Faserverbundmaterials und zu der Anzahl der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials. Durch die Anzahl der Lagen kann das Gewicht des Holmgurtes wesentlich beeinflusst werden, da die Dicke in Verbindung mit der flächigen Ausdehnung, bestimmt durch die Längserstreckung und Querstreckung, und das spezifische Gewicht der Faserverbundmaterialien das Gewicht des Holmgurtes bestimmt.

Die innere Schicht, welche aus dem zweiten Faserverbundmaterial besteht, ist erfindungsgemäß in einem Abschnitt angrenzend an das zweite Ende angeordnet, so dass die innere Schicht bzw. der Abschnitt aufweisend die innere Schicht von dem zweiten Ende im Wesentlichen in Längsrichtung beabstandet ist. Die Abmessung dieser Beabstandung kann vorzugsweise 2%, ferner vorzugsweise 5%, ferner vorzugsweise 7,5%, ferner vorzugsweise 10%, ferner vorzugsweise 12,5%, ferner vorzugsweise 15%, ferner vorzugsweise 17,5%, ferner vorzugsweise 20%, ferner vorzugsweise mehr als 20% der Abmessung der longitudinalen Holmgurterstreckung betragen. Dieser Abschnitt kann sich ferner bis zum ersten Ende des Holmgurtes erstrecken. In einer weiteren bevorzugten Variante ist dieser Abschnitt ebenfalls von dem ersten Ende des Holmgurtes beabstandet.

Erfindungsgemäß endet daher die mindestens eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials vor dem zweiten Ende des Holmgurtes. Es ergibt sich demnach weiter, dass der zuvor genannte Abschnitt, aufweisend das zweite Faserverbundmaterial, stets von dem zweiten Ende beabstandet ist. Ferner ergibt sich, dass das zweite Ende im Wesentlichen durch Lagen des ersten Faserverbundmaterials gebildet wird. Es ist daher eine erfindungsgemäße Voraussetzung, dass am zweiten Ende des Holmgurtes mindestens eine Lage des ersten Faserverbundmaterials vorhanden ist.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Holmgurtes reduziert sich die Anzahl der Lagen des ersten Faserverbundmaterials zum zweiten Ende hin. Diese Reduktion der Lagen des ersten Faserverbundmaterials zum zweiten Ende hin ist dahingehend vorteilhaft, dass durch die Anzahl der Lagen das Gewicht des Holmgurtes maßgeblich beeinflusst wird und eine derartige Lagenreduktion zu einer Gewichtersparnis führen kann. Mit der Reduktion der Lagen und der damit verbundenen Gewichtersparnis geht ferner eine Reduktion der Steifigkeit einher. Eine solche Reduktion der Anzahl der Lagen kann auch als Abschäftung oder Zurückschäftung bezeichnet werden.

Die Reduktion der Lagen des ersten Faserverbundmaterials kann jedoch nur insofern erfolgen, dass in dem oben genannten Bereich, enthaltend Lagen des ersten und des zweiten Faserverbundmaterials, zwei äußere Lagen, bestehend aus dem ersten Faserverbundmaterial, verbleiben, damit die Lage oder die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials zwischen diesen zwei äußeren Lagen des ersten Faserverbundmaterials angeordnet sind. Im Bereich des zweiten Endes, an dem keine Lagen des zweiten Faserverbundmaterials angeordnet sind, kann die Anzahl der Lagen des ersten Faserverbundmaterials bis auf eins reduziert werden.

Eine Reduktion der Lagen des ersten Faserverbundmaterials zum zweiten Ende hin ist insbesondere vorteilhaft, da die notwendige Längssteifigkeit des Holmgurts zum zweiten Ende hin, aufgrund der sich reduzierenden Fliehkräfte zur Spitze des Rotorblattes hin, abnimmt und somit die erzielte Gewichtsersparnis mit keinen Nachteilen hinsichtlich der Steifigkeitsanforderungen einher geht.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Holmgurtes weist dieser mindestens zwei Lagen des zweiten Faserverbundmaterials auf, wobei die Anzahl der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials sich zum zweiten Ende hin reduziert. Diese Ausführungsvariante berücksichtigt den Umstand, dass auch die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials das Gewicht des Holmgurtes beeinflussen und somit in Abschnitten des Holmgurtes mit geringeren Festigkeitsanforderungen reduziert werden können.

Eine Reduktion der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials zum zweiten Ende hin ist insbesondere vorteilhaft, da die notwendige Längssteifigkeit des Holmgurts zum zweiten Ende hin, aufgrund der sich reduzierenden Fliehkräfte zur Spitze des Rotorblattes hin, abnimmt. Auf diese Weise kann eine Gewichtsersparnis erzielt werden. Gleichzeitig wird die Reduktion der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials und/oder die Reduktion der Lagen des ersten Faserverbundmaterials zum zweiten Ende hin vorzugsweise derart aufeinander und/oder auf die an der jeweiligen Stelle des Holmgurts herrschenden Anforderungen abgestimmt, dass ungünstige durch die Abschäftung verursachte Steifigkeitssprünge im Holmgurt reduziert oder vermieden werden. Dies kann insbesondere dadurch vermieden oder reduziert werden, dass bei die Reduktion der Lagen des ersten und zweiten Faserverbundmaterials nicht exakt an den gleichen Stellen erfolgt, sondern versetzt.

Eine weitere bevorzugte Fortbildung des erfindungsgemäßen Holmgurtes sieht vor, dass dieser mindestens drei oder mehr Lagen des ersten Faserverbundmaterials und/oder mindestens drei oder mehr Lagen des zweiten Faserverbundmaterials umfasst. Diese Ausführungsvariante wird in einem Großteil der Anwendung für Holmgurte angewandt, da
5 in der Regel eine Vielzahl an Faserverbundmateriallagen notwendig ist, um die gewünschten Steifigkeitseigenschaften eines Holmgurtes zu erreichen.

In einer besonders bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Holmgurtes ist vorgesehen, dass die mindestens eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials zwei
10 äußere, sich gegenüberliegende Seiten aufweist, die jeweils durch eine flächige Ausdehnung der Lagen in Längs- und Quererstreckung gebildet werden, wobei auf den beiden Seiten der mindestens einen Lage des zweiten Faserverbundmaterials die gleiche Anzahl an Lagen des ersten Faserverbundmaterials angeordnet ist. Die zwei äußeren Schichten, bestehend aus Lagen des ersten Faserverbundmaterials, weisen demnach jeweils die gleiche Anzahl an Lagen des ersten Faserverbundmaterials auf.

15 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Holmgurtes ist vorgesehen, dass die Fasern des zweiten Faserverbundmaterials Kohlenstofffasern umfassen oder sind. Kohlenstofffaserverstärkte Faserverbundmaterialien haben den besonderen Vorteil einer sehr hohen Steifigkeit, wobei diese gleichzeitig ein äußerst geringes spezifisches Gewicht aufweisen. Die Steifigkeit des kohlenstofffaserverstärkten
20 Faserverbundmaterials ist insbesondere stark anisotrop einstellbar und kann somit gezielt die Steifigkeit in Längsrichtung des Holmgurtes erhöhen. Die Steifigkeit in Längsrichtung wird ferner vorteilhaft beeinflusst, wenn Endlosfasern eingesetzt werden.

Die Kohlenstofffasern können dabei in unterschiedlichen Matrixmaterialien eingebettet
25 sein, wobei bei der Verwendung von faserverstärkten Kunststoffen insbesondere die Anwendung von thermoplastischen oder duroplastischen Matrixmaterialien vorteilhaft ist. Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff zeichnet sich ferner durch gute Dämpfungseigenschaften, eine hohe Schlagzähigkeit in Verbindung mit einer gezielt einstellbaren thermischer Ausdehnung aus. Ferner zeichnet sich
30 kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff durch eine im Vergleich zum glasfaserverstärkten Kunststoff stark erhöhte elektrische und thermische Leitfähigkeit aus.

Der Erfindung liegt ferner die Erkenntnis zugrunde, dass das Blitzeinschlagrisiko durch elektrisch leitfähige Materialien im bzw. am Rotorblatt erhöht wird. Die hinsichtlich der Steifigkeit und des spezifischen Gewichts besondere Vorteilhaftigkeit des

kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffes wird durch diese Erkenntnis eingeschränkt, da durch die zuvor erläuterte hohe elektrische Leitfähigkeit des kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffes das Blitzeinschlagrisiko durch dessen Verwendung erhöht wird. Der Erfindung liegt ferner die Erkenntnis zugrunde, dass das erhöhte Blitzeinschlagrisiko bei der Verwendung von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff im Holmgurt reduziert werden kann, wenn der kohlenstofffaserverstärkte Kunststoff von einem nicht oder weniger elektrisch leitfähigen Material umgeben ist. Dabei kann ferner das Risiko eines Überschlags des Blitzes im Verlauf der inneren Ableitung zum Rotorblattflansch minimiert werden.

10 Auf die zuvor beschriebene Erkenntnis in Bezug auf elektrisch leitfähige Materialien im bzw. am Rotorblatt und des damit einhergehenden Blitzeinschlagrisikos geht ferner die Erkenntnis der Vorteilhaftigkeit einer Zurückschäftung des elektrisch leitfähigen Materials zurück. Daher ist die zuvor beschriebene Beabstandung des zweiten Faserverbundmaterials vom zweiten Ende des Holmgurtes eine weitere Lösung zur Reduktion des Blitzeinschlagrisikos.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Fasern des ersten Faserverbundmaterials anorganische Fasern, insbesondere nicht elektrisch leitfähige Fasern, wie beispielsweise Glasfasern, umfassen oder sind. Anorganische Fasern bieten in der Regel den Vorteil, dass diese trotz ihrer guten Materialeigenschaften lediglich geringe Materialkosten verursachen und die Verarbeitung ebenfalls kostengünstig durchzuführen ist. Dies gilt insbesondere im direkten Vergleich zu kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen. Bevorzugte anorganische Fasern sind neben Glasfasern unter anderem Basaltfasern, Borfasern oder Keramikfasern. Glasfasern werden besonders bevorzugt als Fasern in faserverstärkten Kunststoffen eingesetzt, wobei hier überwiegend duroplastische oder thermoplastische Matrixmaterialien zum Einsatz kommen.

Der Erfindung liegt ferner die Erkenntnis zugrunde, dass in Holmgurten der Einsatz von elektrisch nicht leitfähigen Materialien einige Vorteile bieten. Diese Vorteile zeigen sich beispielsweise dadurch, dass das Blitzeinschlagrisiko bei der Verwendung von nicht leitfähigen Holmgurtmaterialien reduziert wird. Der Erfindung liegt ferner die Erkenntnis zugrunde, dass bei der Verwendung von zwei Holmgurtmaterialien die Möglichkeit besteht, ein elektrisch leitfähiges und ein nicht oder gering elektrisch leitfähiges Material zu verwenden. Im Falle, dass das nicht oder kaum elektrisch leitfähige Material das elektrisch leitfähige Material im Wesentlichen umschließt, besteht die Möglichkeit das

leitfähige Material vollständig oder überwiegend zu isolieren und somit das Blitzeinschlagrisiko zu reduzieren.

In einer weiteren Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Holmgurts ist vorgesehen, dass das Matrixmaterial des ersten Faserverbundmaterials und/oder des
5 zweiten Faserverbundmaterials Kunststoff umfasst oder daraus besteht, und der Kunststoff vorzugsweise ein Thermoplast und/oder ein Duroplast umfasst oder daraus besteht, und/oder dass das Matrixmaterial des ersten Faserverbundmaterials und/oder des zweiten Faserverbundmaterials Zement umfasst oder daraus besteht, und/oder Beton umfasst oder daraus besteht, und/oder Keramik umfasst oder daraus besteht.

10 Eine Kunststoffmatrix aus einem thermoplastischen Matrixmaterial hat den Vorteil, dass sich der erzeugte Holmgurt noch umformen und/oder verschweißen lässt. Dies hat insbesondere seine Ursache darin, dass das thermoplastische Matrixmaterial mehrfach aufgeschmolzen werden kann. Dies kann vorteilhaft bei der Befestigung des Holmgurtes im Hohlraum des Rotorblattes sein. Holmgurte, die ein Duroplast als Matrixmaterial
15 aufweisen oder aus diesem bestehen, zeichnen sich dagegen durch eine besonders hohe Festigkeit aus. Nachteilig ist bei einem duroplastischen Matrixmaterial, dass dieses nach dem Aushärten nur schwer weiterzuverarbeiten ist und ein abermaliges Aufschmelzen nicht möglich ist.

Der Einsatz von Zement, Beton, Metall, Keramik und/oder Kohlenstoff ermöglicht die
20 Nutzung der spezifischen Vorteile der genannten Materialien die sich insbesondere, aber nicht ausschließlich, auf deren Steifigkeiten hinsichtlich Zug und/oder Druckkräfte, deren spezifisches Gewicht, deren elektrische und/oder thermische Leitfähigkeit und/oder deren Verarbeitbarkeit beziehen.

Bei dem erfindungsgemäßen Holmgurt besteht die Möglichkeit, dass das erste
25 Faserverbundmaterial ein anderes Matrixmaterial als das zweite Faserverbundmaterial aufweist. Beispielsweise besteht die Möglichkeit, dass das erste Faserverbundmaterial ein thermoplastisches Matrixmaterial umfasst, um die Vorteile dieses Materials hinsichtlich der Elastizität und Verarbeitbarkeit zu nutzen. Ferner besteht die Möglichkeit, dass das zweite Faserverbundmaterial ein duroplastisches Matrixmaterial umfasst, um
30 die Möglichkeit einer hohen Festigkeit durch dieses Material zu nutzen. Matrizen aus Kunststoff und/oder Keramik bieten im vorliegenden Anwendungsfeld den besonderen Vorteil, dass es sich um elektrisch nicht bzw. gering leitfähige Materialien handelt, so dass das Blitzeinschlagrisiko reduziert werden kann, wenn diese Matrixmaterialien insbesondere für das erste Faserverbundmaterial eingesetzt werden.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Holmgurts ist vorgesehen, dass die Lagen des ersten Faserverbundmaterials und des zweiten Faserverbundmaterials zwischen zwei äußeren Lagen des ersten Faserverbundmaterials angeordnet sind. In dieser Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass zwischen den äußeren Faserverbundmateriallagen des ersten Faserverbundmaterials, vermischt übereinander Lagen des ersten Faserverbundmaterials und des zweiten Faserverbundmaterials angeordnet sein können.

In dieser Ausführungsvariante sind demnach mehr als die zwei Schichten, bestehend aus einer oder mehrerer Lagen des ersten Faserverbundmaterials, und die eine Schicht, bestehend aus einer oder mehrerer Lagen des zweiten Faserverbundmaterials, angeordnet. Zwischen den zwei äußeren Schichten, bestehend aus Lagen des ersten Faserverbundmaterials, können eine Vielzahl an Schichten, bestehend aus Lagen des ersten Faserverbundmaterials und Lagen des zweiten Faserverbundmaterials, angeordnet sein. Hier sind die zwei unterschiedlichen Materialien demnach schichtweise vermischt. Vorzugsweise weisen das erste und das zweite Faserverbundmaterial die gleichen Matrixmaterialien auf.

Eine derartige Anordnung ist dahingehend vorteilhaft, dass Steifigkeitssprünge im Holmgurt reduziert werden können und somit keine oder schwächere Spannungsspitzen vorhanden sind. Das Vorsehen von zwei äußeren Lagen des ersten Verbundmaterials ist dahingehend notwendig, dass diese Lagen spezifische technische Aufgaben übernehmen. Insbesondere ist hier an die notwendige Bedingung zu verweisen, dass der Holmgurt in das Rotorblatt eingefügt werden muss und somit das erste Faserverbundmaterial mit einem weiteren Material vorzugsweise stoffschlüssig zu verbinden ist. Darüber hinaus ist der bereits erwähnte Vorteil hier umsetzbar, dass das erste Faserverbundmaterial aus einem nichtleitfähigen Material besteht, das das zweite Faserverbundmaterial isoliert und somit das Blitzeinschlagrisiko reduziert werden kann.

Eine bevorzugte Ausführungsvariante sieht ferner vor, dass die Fasern des ersten Faserverbundmaterials und/oder des zweiten Faserverbundmaterials im Wesentlichen parallel zur Richtung der Längserstreckung verlaufen. Ein derartiger Faserverlauf resultiert darin, dass insbesondere die Zugsteifigkeit des Holmgurts in Längsrichtung maximiert wird.

Für weitere Vorteile, Ausführungsvarianten und Ausführungsdetails des erfindungsgemäßen Holmgurts und seiner Fortbildungen wird auch auf die unten

folgende Beschreibung zu den Merkmalen des zugehörigen Herstellungsverfahrens verwiesen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch ein Rotorblatt einer Windenergieanlage mit einem zuvor beschriebenen Holmgurt und/oder einer elektrisch leitfähigen Folienlage und einer Blitzfangeinrichtung eines Blitzschutzsystems, wobei die elektrisch leitfähige Folienlage mit der Blitzfangeinrichtung über eine elektrisch leitfähige Verbindung verbunden ist.

Das Vorsehen eines erfindungsgemäßen Holmgurts in einem Rotorblatt einer Windenergieanlage ist hinsichtlich unterschiedlicher Belange vorteilhaft. Insbesondere zeichnet sich ein derartiges Rotorblatt durch ein geringeres Gewicht und gegebenenfalls durch eine höhere Steifigkeit aus. Ferner besteht bei der Wahl der entsprechenden Faserverbundmaterialien die Möglichkeit der Reduktion des Blitzschlagrisikos. Dieser ist insbesondere zu realisieren, wenn für ein erstes Faserverbundmaterial ein Material genutzt wird, das eine geringe elektrische Leitfähigkeit aufweist.

Das Vorsehen einer mit der Blitzfangeinrichtung, beispielsweise einem Rezeptor, elektrisch leitfähig verbunden Folienlage, die ebenfalls elektrisch leitfähig ist, hat den Vorteil, dass dadurch die Auffangfläche der Blitzfangeinrichtung deutlich vergrößert werden kann und daher das Risiko für Blitzeinschläge in diesem Bereich beispielsweise in den Gurt des Rotorblattes und/oder dadurch verursachte Schäden am Rotorblatt deutlich reduzieren.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des Rotorblatts ist vorgesehen, dass die Folienlage eine Erstreckung in Richtung einer Längserstreckung des Rotorblatts aufweist, die vorzugsweise maximal $1/5$, insbesondere maximal $1/10$ oder maximal $1/20$ oder maximal $1/50$ der Längserstreckung des Rotorblatts beträgt. Vorzugsweise erstreckt sich die Folienlage somit nicht über die gesamte Längserstreckung des Rotorblatts, auch nicht über einen Großteil der Längserstreckung des Rotorblatts, sondern lediglich über einen vergleichsweise kleinen Bereich.

Ferner ist bevorzugt, dass die Folienlage einen Bereich in Richtung einer Längserstreckung des Rotorblatts abdeckt, in dem die mindestens eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials des Holmgurts endet. Insbesondere bei einer Anordnung, bei der die Folienlage den Bereich abdeckt, in dem die mindestens eine Lage des zweiten

Faserverbundmaterials endet, kann das Risiko für Blitzeinschläge, beispielsweise in den Holmgurt, in diesem Bereich weiter reduziert werden.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung sieht vor, dass die Folienlage in einer äußeren Hälfte einer quer Längserstreckung des Rotorblatts gemessenen Dicke einer Rotorblattwandung angeordnet ist, insbesondere in einem äußeren Drittel oder einem äußeren Viertel oder einem äußeren Zehntel oder einem äußeren Fünfzigstel oder einem äußeren Hundertstel. Eine Anordnung der Folienlage möglichst weit außen (in einer Richtung quer zur Längserstreckung des Rotorblatt) an der Rotorblattoberfläche ist bevorzugt für eine besonders effiziente Wirkung der Folienlage.

Es kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass die Folienlage auf einer oder mehreren Lagen Faserverbundmaterial angeordnet ist, die vorzugsweise keine für die Auslegung des Rotorblatts relevanten Trageigenschaften aufweist bzw. aufweisen. Diese Ausgestaltung ist insbesondere bevorzugt, um im Schadensfall, beispielsweise eine Beschädigung von Faserverbundmaterial durch einen Lichtbogen eines Blitzes, keine für die Tragfähigkeit des Rotorblattes relevanten Lagen Faserverbundmaterial zu beeinträchtigen, sondern möglichst nur die zusätzlich vorgesehen Lagen Faserverbundmaterial, auf denen die Folienlage angeordnet ist.

Weiter ist bevorzugt, dass die Folienlage angeordnet und ausgebildet ist, einer erwarteten Blitzstrombelastung zu widerstehen. Die erwartete Blitzstrombelastung kann insbesondere eine erwartete mittlere Blitzstrombelastung sein. Sollten die Folienlage und/oder die eine oder mehreren Lagen Faserverbundmaterial, auf der die Folienlage angeordnet ist, einer Blitzstrombelastung, insbesondere einer die erwartete Blitzstrombelastung übertreffenden Blitzstrombelastung nicht oder nicht vollständig widerstehen, kann eine Reparatur und/oder ein Austausch der Folienlage und/oder der eine, oder mehreren Lagen Faserverbundmaterial, auf der die Folienlage angeordnet ist, vorgesehen sein.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung sieht vor, dass die Folienlage mehrere Ausnehmungen und/oder Maschen aufweist, die vorzugsweise in einem regelmäßigen Muster angeordnet sind. Beispielsweise können die Ausnehmungen und/oder Maschen rautenförmig und/oder rechteckförmig und/oder quadratisch und/oder rund und/oder oval und/oder vieleckig ausgebildet sein. Die Stege zwischen den Ausnehmungen und/oder Maschen weisen vorzugsweise eine Dicke von 0,3 mm und eine Breite von 0,5 mm auf.

Die Ausnehmungen und/oder Maschen weisen vorzugsweise eine Länge von 3,5 mm und eine Breite von 2,5 mm auf.

Die Folienlage besteht vorzugsweise aus Aluminium oder Kupfer oder weist Legierungen von Aluminium oder Kupfer auf.

- 5 Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch eine Windenergieanlage mit einem Turm, einer Gondel und einem Rotor, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor mindestens ein Rotorblatt mit einem zuvor beschriebenen Holmgurt und/oder mindestens ein zuvor beschriebenes Rotorblatt aufweist. Neben den bereits genannten Vorteilen, ist eine Windenergieanlage, umfassend
10 einen erfindungsgemäßen Holmgurt, dahingehend vorteilhaft, dass diese mit einer höheren Nabenhöhe und einer größeren Rotorspannweite vorgesehen werden kann. Darüber hinaus können die Gesamtkosten einer Windenergieanlage durch das Vorsehen eines erfindungsgemäßen Holmgurtes reduziert werden. Das Vorsehen einer elektrisch leitfähigen Folienlage kann das Risiko eines Blitzeinschlags und/oder dadurch
15 verursachter Schäden deutlich reduzieren.

- Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Holmgurts mit einer Längserstreckung von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende, einer Quererstreckung orthogonal zur Längserstreckung und einer Dicke orthogonal zur Längserstreckung und zur
20 Quererstreckung, das Verfahren umfassend die Schritte Verlegen von mindestens zwei Lagen eines ersten Faserverbundmaterials, Verlegen von mindestens einer Lage eines zweiten Faserverbundmaterials derart, dass das zweite Faserverbundmaterial in einem Abschnitt angrenzend an das zweite Ende in Richtung der Dicke zwischen mindestens zwei Lagen des ersten Faserverbundmaterials angeordnet ist, und die mindestens eine
25 Lage des zweiten Faserverbundmaterials vor dem zweiten Ende endet, wobei das erste Faserverbundmaterial ein anderes Matrixmaterial und/oder andere Fasern aufweist als das zweite Faserverbundmaterial.

- Das Verlegen der Lagen des ersten und/oder zweiten Faserverbundmaterials erfolgt derart, dass die flächigen Seiten dieser Lagen jeweils überwiegend planparallel,
30 übereinander angeordnet werden. Das Verlegen erfolgt ferner derart, dass die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials zwischen den Lagen des ersten Faserverbundmaterials verlegt werden. Ferner vorzugsweise sind auf den zwei äußeren, sich

gegenüberliegenden Lagen des zweiten Faserverbundmaterials jeweils gleich viele Lagen des ersten Faserverbundmaterials angeordnet.

Am zweiten Ende des Holmgurtes werden die Lagen des ersten Faserverbundmaterials und die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials derart verlegt, so dass die Lagen des
5 ersten Faserverbundmaterials bis zum zweiten Ende hinreichen und die Lagen des ersten Faserverbundmaterials bereits vor dem zweiten Ende enden. Das zweite Ende wird daher vorzugsweise ausschließlich durch Lagen des ersten Faserverbundmaterials hergestellt.

Das Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Holmgurtes erfolgt ferner durch die
10 Nutzung eines ersten Faserverbundmaterials und eines zweiten Faserverbundmaterials, wobei das erste Faserverbundmaterial ein anderes Material ist als das zweite Faserverbundmaterial. Diese Andersartigkeit zeigt sich insbesondere bei den verwendeten Fasern und/oder dem verwendeten Matrixmaterial. Vorzugsweise wird für das erste Faserverbundmaterial ein Material verwendet, das lediglich gering oder nicht
15 elektrisch leitfähig ist. Ferner vorzugsweise wird für das zweite Faserverbundmaterial ein Material genutzt, das insbesondere eine sehr hohe Steifigkeit aufweist.

Das Verlegen der Lagen der Faserverbundmaterialien kann auf unterschiedliche Weise erfolgen, beispielsweise wird die Faserwickeltechnik, die Autoklavpresstechnik oder das
20 Handlaminierverfahren angewendet. In Abhängigkeit der gewählten Fasern und/oder des gewählten Matrixmaterials können im Anschluss an den zuvor dargelegten Herstellungsprozess noch weitere Herstellungsschritte folgen. Diese Schritte können beispielsweise das Aushärten eines Matrixmaterials und/oder die Verdichtung des Faserverbundmaterials umfassen.

Eine bevorzugte Fortbildung des zuvor erläuterten Herstellungsverfahrens sieht vor, dass
25 die Anzahl der Lagen des ersten Faserverbundmaterials zum zweiten Ende hin reduziert werden, wobei die Reduktion der Lagen entweder kontinuierlich oder in definierten Abständen erfolgt. Dabei wird im Wesentlichen die Anzahl der übereinander angeordneten Lagen des ersten Faserverbundmaterials reduziert, so dass zwei Schichten, bestehend aus Lagen des ersten Faserverbundmaterials, angeordnet an den
30 äußersten Flächen des zweiten Faserverbundmaterials, zum zweiten Ende hin eine in Richtung der Dicke geringer werdende Abmessung aufweist.

Durch diesen Herstellungsschritt wird die Dicke des Holmgurtes entlang der Längserstreckung reduziert. Durch die sehr geringe Dicke der einzelnen Lagen kann im Allgemeinen ein sehr homogener Übergang der einzelnen Lagen gewährleistet werden, so dass der Holmgurt eine stetige Geometrie aufweisen kann.

- 5 Eine bevorzugte Ausführungsform des Herstellungsverfahrens sieht vor, dass mindestens zwei Lagen des zweiten Faserverbundmaterials derart verlegt werden, dass sich die Anzahl der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials zum zweiten Ende hin reduziert. Auch hier wird aufgrund der reduzierten Lagenanzahl des zweiten Faserverbundmaterials auf die spezifischen Belastungssituationen entlang der Längserstreckung des Holmgurts
10 eingegangen. Bei dem Verlegen der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials ist zu beachten, dass die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials nicht bis zum zweiten Ende hin verlegt werden, sondern das Verlegen bereits vor dem zweiten Ende beendet wird. Durch diese Art des Verlegens wird sichergestellt, dass das zweite Faserverbundmaterial nicht bis zum zweiten Ende reicht, und somit das zweite Ende im
15 Wesentlichen ausschließlich durch die Lagen des ersten Faserverbundmaterials gebildet wird.

Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren und seine Fortbildungen weisen Merkmale auf, die sie insbesondere dafür geeignet machen, einen erfindungsgemäßen Holmgurt und seine Fortbildungen herzustellen. Zu den Vorteilen, Ausführungsvarianten und
20 Ausführungsdetails des Herstellungsverfahrens wird daher auch auf die vorangegangene Beschreibung zu den entsprechenden Vorrichtungsmerkmalen des Holmgurts und seiner Fortbildungen verwiesen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines zuvor beschriebenen Rotorblatts, das
25 Verfahren umfassend Einbringen eines zuvor beschriebenen Holmgurts; und/oder Einbringen einer elektrisch leitfähigen Folienlage und Verbinden der Folienlage mit einer Blitzfangeinrichtung eines Blitzschutzsystems über eine elektrisch leitfähige Verbindung.

Zu den Vorteilen, Ausführungsvarianten und Ausführungsdetails des Herstellungsverfahrens für ein Rotorblatt wird auch auf die vorangegangene Beschreibung zu den
30 entsprechenden Merkmalen der übrigen Aspekte verwiesen.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden beispielhaft anhand der beiliegenden Figuren erläutert. Es zeigen:

- Figur 1: eine schematische Darstellung einer Windenergieanlage;
- Figur 2: eine schematische Querschnittsansicht in Richtung einer Längs- und Quererstreckung eines Holmgurts;
- Figur 3: eine schematische Querschnittsansicht in Richtung einer Längserstreckung und der Dicke eines Holmgurts;
- Figur 4: eine schematische Querschnittsansicht in Richtung einer Quererstreckung und einer Dicke eines Holmgurts;
- Figur 5: eine schematische Querschnittsansicht in Richtung einer Quererstreckung und einer Dicke eines Holmgurts im Bereich der Zurückschäftung;
- Figur 6: eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Rotorblatts; und
- Figur 7: einen vergrößerten Ausschnitt aus einer schematischen Darstellung einer elektrisch leitfähigen Folienlage eines Rotorblatts gemäß Figur 6.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Windenergieanlage. Figur 1 zeigt eine Windenergieanlage 100 mit einem Turm 102 und einer Gondel 104. An der Gondel 104 ist ein Rotor 106 mit drei Rotorblättern 108 und einem Spinner 110 angeordnet. Der Rotor 106 wird im Betrieb durch den Wind in eine Drehbewegung versetzt und treibt dadurch einen Generator in der Gondel 104 an.

Erfindungsgemäße Holmgurte 200 werden insbesondere für die Längsversteifung der Rotorblätter 108 eingesetzt. Zu diesem Zweck wird mindestens ein Holmgurt 200, vorzugsweise zwei Holmgurte 200, im Inneren des Rotorblattes 108 angeordnet und bevorzugt an einer zum Inneren des Rotorblattes 108 gewandten Seite befestigt.

Figur 2 zeigt eine schematische Querschnittsansicht in Richtung einer Längserstreckung L und Quererstreckung Q eines Holmgurtes 200. Der Holmgurt erstreckt sich longitudinal entlang seiner Längserstreckung L von einem ersten Ende 210 zu einem zweiten Ende 220. Das erste Ende 210 repräsentiert vorzugsweise das Ende des Holmgurtes 200, das im Bereich einer Rotorblattwurzel angeordnet ist. Das zweite Ende 220 repräsentiert hingegen das Ende der Holmgurtes 200, das im Bereich einer Rotorblattspitze angeordnet ist. Die Abmessung der Quererstreckung Q kann entlang der

Längserstreckung L hin zum zweiten Ende 220 abschnittsweise abnehmen. Die Reduktion der Abmessung der Querstreckung Q kann alternativ vorzugsweise auch kontinuierlich erfolgen.

Der Holmgurt 200 ist im Wesentlichen aus Faserverbundmaterialien hergestellt, die in Form von sogenannten Lagen verarbeitet werden und in dieser Form auch im hergestellten Holmgurt 200 vorliegen. Eine Lage umfasst im Wesentlichen Fasern und ein Matrixmaterial, wobei eine Lage insbesondere als Schicht ausgebildet ist. Das heißt, dass eine Lage eine flächige Geometrie mit einer geringen Dicke aufweist. Die flächige Geometrie der Lagen ist insbesondere durch eine Fläche in Richtung der Längserstreckung L und der Quererstreckung Q ausgebildet.

Daher sind in der Figur 2, Figur 3, Figur 4 und Figur 5 die Lage bzw. die Lagen eines ersten Faserverbundmaterials 300 und die Lage bzw. die Lagen eines zweiten Faserverbundmaterials 400 abgebildet. Die Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 umfassen oder sind vorzugsweise Glasfasern und die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 umfassen oder sind vorzugsweise Kohlenstofffasern.

In der Figur 2 sind im Wesentlichen eine Lage des ersten Faserverbundmaterials 300 und eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials abgebildet. Die Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 umschließen überwiegend die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 in Richtung der Längserstreckung L und in Richtung der Quererstreckung Q.

Insbesondere weist der Holmgurt 200 eine Zurückschäftung 410 der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 auf. Diese Zurückschäftung 410 zeigt sich insbesondere dadurch, dass die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 vom zweiten Ende 220 des Holmgurtes 200 beabstandet sind. Diese Beabstandung reduziert das Risiko eines Blitzeinschlages für den Fall, dass das erste Faserverbundmaterial eine geringe oder keine elektrische Leitfähigkeit und das zweite Faserverbundmaterial eine, im Vergleich zum ersten Faserverbundmaterial, hohe elektrische Leitfähigkeit aufweist. Ferner wird durch eine derartige Isolierung das Risiko eines Überschlags im Verlauf der inneren Ableitung zum Rotorblattflansch reduziert.

Die schematische Darstellung des Holmgurtes 200 in Figur 2 zeigt eine Quererstreckung Q der Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 und der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400.

Figur 3 zeigt eine schematische Querschnittsansicht in Richtung einer Längserstreckung L und einer Dicke D eines Holmgurtes 200. In dieser Ansicht sind insbesondere die schematisch dargestellten Lagen und deren Anzahl abgebildet. Die Lagen sind in einer Perspektive orthogonal zu ihrer flächigen Ausdehnung und orthogonal zur ihrer Längserstreckung abgebildet. Die Dicke D des Holmgurtes wird bestimmt durch die Anzahl der übereinander angeordneten Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 und durch die Anzahl der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400. Der Bereich der Zurückschäftung 410 der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 ist in dieser Perspektive ebenfalls dargestellt.

Ferner ist die longitudinale Erstreckung der einzelnen Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 und die longitudinale Erstreckung der einzelnen Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 abgebildet, wobei die Abmessungen deren jeweiliger longitudinaler Erstreckung nicht gleich ist. Durch die Zurückschäftung der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 entstehen bei der Wahl eines steiferen Materials für das zweite Faserverbundmaterial als für das erste Faserverbundmaterial Steifigkeitssprünge. Durch die Reduktion der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 an einer Stelle entlang der Längserstreckung L können die Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 in Summe eine höhere Steifigkeit aufweisen als die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400, so dass die Steifigkeitssprünge weitestgehend minimiert werden können.

Ferner kann durch eine derartige Reduktion der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 auch die Anzahl der Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 zum zweiten Ende 220 hin reduziert werden. Dadurch wiederum kann, bei einem sich reduzierenden Dehnungsniveau, der Holmgurt 200 zum zweiten Ende 220 hin mit insgesamt weniger übereinander angeordneten Lagen hergestellt werden. Eine reduzierte Anzahl der übereinander angeordneten Lagen resultiert in einer kompakteren Bauweise, geringeren Materialkosten und einer beschleunigten Herstellungszeit sowie letztlich in einem geringeren Gewicht des Holmgurtes 200.

Darüber hinaus ist dargestellt, dass die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 in Richtung der Dicke zwischen Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 angeordnet sind. Ferner ist in diesem speziellen Ausführungsbeispiel abgebildet, dass die Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 zwei äußere, sich gegenüberliegende Seiten aufweisen, die jeweils durch eine flächige Ausdehnung der Lagen in Längserstreckung L

und Quererstreckung Q gebildet werden, wobei auf den beiden äußeren Seiten der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 die gleiche Anzahl an Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 angeordnet ist. Für die Figur 3 bedeutet dies, dass in vertikaler Richtung, über und unter der drei Lagen des zweiten Faserverbundmaterials
5 400 vorzugsweise jeweils die gleiche Anzahl an Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 angeordnet ist.

Figur 4 zeigt eine schematische Querschnittsansicht in Richtung einer Quererstreckung Q und einer Dicke D eines Holmgurts 200. Der gezeigte Querschnitt ist insbesondere aus einem Bereich entlang der Längserstreckung L in dem die Lagen des ersten
10 Faserverbundmaterials 300 und Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400, analog zur Beschreibung der Figur 3, nicht reduziert sind. Daher sind drei Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400 im Inneren und an deren flächigen, äußeren Seiten sind jeweils zwei Lagen des ersten Faserverbundmaterials angeordnet. Die Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 und der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400
15 erstrecken sich ferner vorzugsweise vollständig entlang der Quererstreckung Q.

Figur 5 zeigt eine schematische Querschnittsansicht in Richtung einer Quererstreckung und einer Dicke eines Holmgurts. Der gezeigte Querschnitt ist insbesondere aus einem Bereich der Zurückschäftung 410 entlang der Längserstreckung L in dem die Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 und Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400,
20 analog zur Beschreibung der Figur 3, reduziert sind, da hier lediglich Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 abgebildet sind. Es ist ferner ein Bereich der Zurückschäftung 410 abgebildet, der, angrenzend an das zweite Ende 220 und nicht aufweisend Lagen des zweiten Faserverbundmaterials 400, im Wesentlichen aus Lagen des ersten Faserverbundmaterials 300 besteht oder diese umfasst.

Figur 6 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Rotorblatts 108 mit einer Rotorblattspitze 510 und zwei Blitzfangeinrichtungen in Form eines ersten und zweiten Rezeptors 501, 502 auf, die Teil eines nicht näher dargestellten Blitzschutzsystems sind. Mit dem zweiten Rezeptor 502 elektrisch leitfähig verbunden ist eine elektrisch leitfähige Folienlage 530. Diese erstreckt sich nicht über die gesamte
25 Längserstreckung des Rotorblatts, sondern weist eine Erstreckung E in Richtung der Längserstreckung des Rotorblatts von wenigen Metern, vorzugsweise etwa 1-5m auf. Insbesondere deckt die Folienlage 530 einen Bereich in Richtung einer Längserstreckung des Rotorblatts ab, in dem die mindestens eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials des Holmgurts endet. Dieser Bereich ist in Figur 6 am Übergang vom Holmgurt mit
30

erstem und zweitem Faserverbundmaterial 522 zum Holmgurt mit nur dem ersten Faserverbundmaterial 521 zu erkennen. Ferner vorzugsweise ist die Folienlage 530 in Richtung quer zur Längserstreckung des Rotorblatts 108 möglichst weit außen angeordnet.

- 5 Figur 7 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus einer schematischen Darstellung einer elektrisch leitfähigen Folienlage 530 eines Rotorblatts gemäß Figur 6. Die Folienlage 530 weist rautenförmige Maschen 531 auf, die durch Stege 532 getrennt sind. Die Stege 532 zwischen den Maschen 531 weisen vorzugsweise eine Dicke T von 0,3 mm und eine Breite R von 0,5 mm auf. Die Maschen 531 weisen vorzugsweise eine Länge LM von
- 10 3,5 mm und eine Breite TM von 2,5 mm auf.

Bezugszeichen

	100	Windenergieanlage
	102	Turm
	104	Gondel
5	106	Rotor
	108	Rotorblätter
	110	Spinner
	200	Holmgurt
	210	erstes Ende
10	220	zweites Ende
	300	Lage(n) erstes Faserverbundmaterial
	400	Lage(n) zweites Faserverbundmaterial
	410	Bereich der Zurückschäftung
	501, 502	Rezeptoren
15	510	Rotorblattspitze
	521	Holmgurt mit erstem Faserverbundmaterial
	522	Holmgurt mit erstem und zweitem Faserverbundmaterial
	530	elektrisch leitfähige Folienlage
	531	Masche
20	532	Steg
	L	Längserstreckung
	Q	Quererstreckung
	D	Dicke
	E	Erstreckung der Folienlage in Richtung der Längserstreckung des
25		Rotorblatts
	TM	Breite der Masche
	LM	Länge der Masche

R Breite des Stegs

T Dicke des Stegs

ANSPRÜCHE

1. Holmgurt (200) für ein Rotorblatt (108) einer Windenergieanlage (100), mit
 - einer Längserstreckung (L) von einem ersten Ende (210) zu einem zweiten Ende (220), einer Quererstreckung (Q) orthogonal zur Längserstreckung L und einer Dicke D orthogonal zur Längserstreckung (L) und zur Quererstreckung (Q),
 - mindestens zwei Lagen eines ersten Faserverbundmaterials (300), und
 - mindestens eine Lage eines zweiten Faserverbundmaterials (400),wobei
 - das erste Faserverbundmaterial ein anderes Matrixmaterial und/oder andere Fasern aufweist als das zweite Faserverbundmaterial,
 - das zweite Faserverbundmaterial in einem Abschnitt angrenzend an das zweite Ende (220) in Richtung der Dicke zwischen den mindestens zwei Lagen des ersten Faserverbundmaterials angeordnet ist,
 - die mindestens eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials (400) vor dem zweiten Ende (220) endet.

2. Holmgurt (200) nach dem vorstehenden Anspruch,
wobei ein Bereich am zweiten Ende (220) mindestens eine Lage des ersten Faserverbundmaterials (300) umfasst.

3. Holmgurt (200) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die Anzahl der Lagen des ersten Faserverbundmaterials (300) sich zum zweiten Ende (220) hin reduziert.

4. Holmgurt (200) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche,
mit mindestens zwei Lagen des zweiten Faserverbundmaterials (400),
wobei die Anzahl der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials (400) sich zum zweiten Ende (220) hin reduziert.

5. Holmgurt (200) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche,
mit mindestens drei oder mehr Lagen des ersten Faserverbundmaterials (300)
und/oder mindestens drei oder mehr Lagen des zweiten Faserverbundmaterials (400).

6. Holmgurt nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die mindestens eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials (400) zwei
äußere, sich gegenüberliegende Seiten aufweist, die jeweils durch eine flächige
Ausdehnung der Lagen in Längserstreckung (L) und Quererstreckung (Q) gebildet
werden,
wobei auf den beiden Seiten der mindestens einen Lage des zweiten
Faserverbundmaterials (400) die gleiche Anzahl an Lagen des ersten
Faserverbundmaterials angeordnet ist (300).
7. Holmgurt (200) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die Fasern des zweiten Faserverbundmaterials Kohlenstofffasern umfassen
oder sind und/oder
wobei die Fasern des ersten Faserverbundmaterials anorganische Fasern,
insbesondere Glasfasern, umfassen oder sind.
8. Holmgurt (200) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das Matrixmaterial des ersten Faserverbundmaterials und/oder des zweiten
Faserverbundmaterials
- Kunststoff umfasst oder daraus besteht und der Kunststoff vorzugsweise ein
Thermoplast und/oder ein Duroplast umfasst oder daraus besteht und/oder
 - Zement umfasst oder daraus besteht, und/oder
 - Beton umfasst oder daraus besteht, und/oder
 - Keramik umfasst oder daraus besteht.
9. Holmgurt (200) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei Lagen des ersten Faserverbundmaterials (300) und die Lagen des zweiten
Faserverbundmaterials (400) zwischen mindestens zwei äußeren Lagen des
ersten Faserverbundmaterials (300) angeordnet sind.
10. Holmgurt (200) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die Fasern des ersten Faserverbundmaterials und/oder des zweiten
Faserverbundmaterials im Wesentlichen parallel zur Richtung der
Längserstreckung (L) verlaufen.
11. Rotorblatt (108) einer Windenergieanlage (100) mit
- einem Holmgurt (200) nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche;
und/oder

- einer elektrisch leitfähigen Folienlage und einer Blitzfangeinrichtung eines Blitzschutzsystems, wobei die elektrisch leitfähige Folienlage mit der Blitzfangeinrichtung über eine elektrisch leitfähige Verbindung verbunden ist.
12. Rotorblatt (108) nach dem vorstehenden Anspruch, wobei
- 5 - die Folienlage eine Erstreckung in Richtung einer Längserstreckung des Rotorblatts aufweist, die vorzugsweise maximal $1/5$, insbesondere maximal $1/10$ oder maximal $1/20$ oder maximal $1/50$ der Längserstreckung des Rotorblatts beträgt; und/oder
 - 10 - die Folienlage einen Bereich in Richtung einer Längserstreckung des Rotorblatts abdeckt, in dem die mindestens eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials endet; und/oder
 - 15 - die Folienlage in einer äußeren Hälfte einer quer Längserstreckung des Rotorblatts gemessenen Dicke einer Rotorblattwandung angeordnet ist, insbesondere in einem äußeren Drittel oder einem äußeren Viertel oder einem äußeren Zehntel oder einem äußeren Fünzigstel oder einem äußeren Hundertstel; und/oder
 - die Folienlage auf einer oder mehreren Lagen Faserverbundmaterial angeordnet ist, die vorzugsweise keine für die Auslegung des Rotorblatts relevanten Trageigenschaften aufweist bzw. aufweisen; und/oder
 - 20 - die Folienlage angeordnet und ausgebildet ist, einer erwarteten Blitzstrombelastung zu widerstehen ; und/oder
 - die Folienlage mehrere Ausnehmungen und/oder Maschen aufweist, die vorzugsweise in einem regelmäßigen Muster angeordnet sind.
13. Windenergieanlage (100) mit einem Turm (102), einer Gondel (104) und einem
- 25 Rotor (106), dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (106) mindestens ein Rotorblatt (108) mit einem Holmgurt nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche 1-10 aufweist und/oder mindestens ein Rotorblatt (108) nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche 11-12 aufweist.
14. Verfahren zur Herstellung eines Holmgurts (200) mit einer Längserstreckung (L)
- 30 von einem ersten Ende (210) zu einem zweiten Ende (220), einer Quererstreckung (Q) orthogonal zur Längserstreckung (L) und einer Dicke D orthogonal zur Längserstreckung (L) und zur Quererstreckung (Q), das Verfahren umfassend die Schritte

- Verlegen von mindestens zwei Lagen eines ersten Faserverbundmaterials (300),
 - Verlegen von mindestens einer Lage eines zweiten Faserverbundmaterials (400) derart, dass
 - 5 - das zweite Faserverbundmaterial in einem Abschnitt angrenzend an das zweite Ende (220) in Richtung der Dicke D zwischen mindestens zwei Lagen des ersten Faserverbundmaterials (300) angeordnet ist, und
 - die mindestens eine Lage des zweiten Faserverbundmaterials (400) vor dem
 - 10 zweiten Ende (220) endet, wobei das erste Faserverbundmaterial ein anderes Matrixmaterial und/oder andere Fasern aufweist als das zweite Faserverbundmaterial.
15. Verfahren zur Herstellung eines Holmgurts (200) nach dem vorherigen Anspruch, wobei sich die Anzahl der Lagen des ersten Faserverbundmaterials (300) zum zweiten Ende (220) hin reduziert.
- 15 16. Verfahren zur Herstellung eines Holmgurts (200) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche 14-15, wobei mindestens zwei Lagen des zweiten Faserverbundmaterials (400) derart verlegt werden, dass sich die Anzahl der Lagen des zweiten Faserverbundmaterials (400) zum zweiten Ende (220) hin reduziert.
- 20 17. Verfahren zur Herstellung eines Rotorblatts (108) nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche 11-12, umfassend
- Einbringen eines Holmgurts nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche 1-10; und/oder
 - Einbringen einer elektrisch leitfähigen Folienlage und Verbinden der
 - 25 Folienlage mit einer Blitzfangeinrichtung eines Blitzschutzsystems über eine elektrisch leitfähige Verbindung.

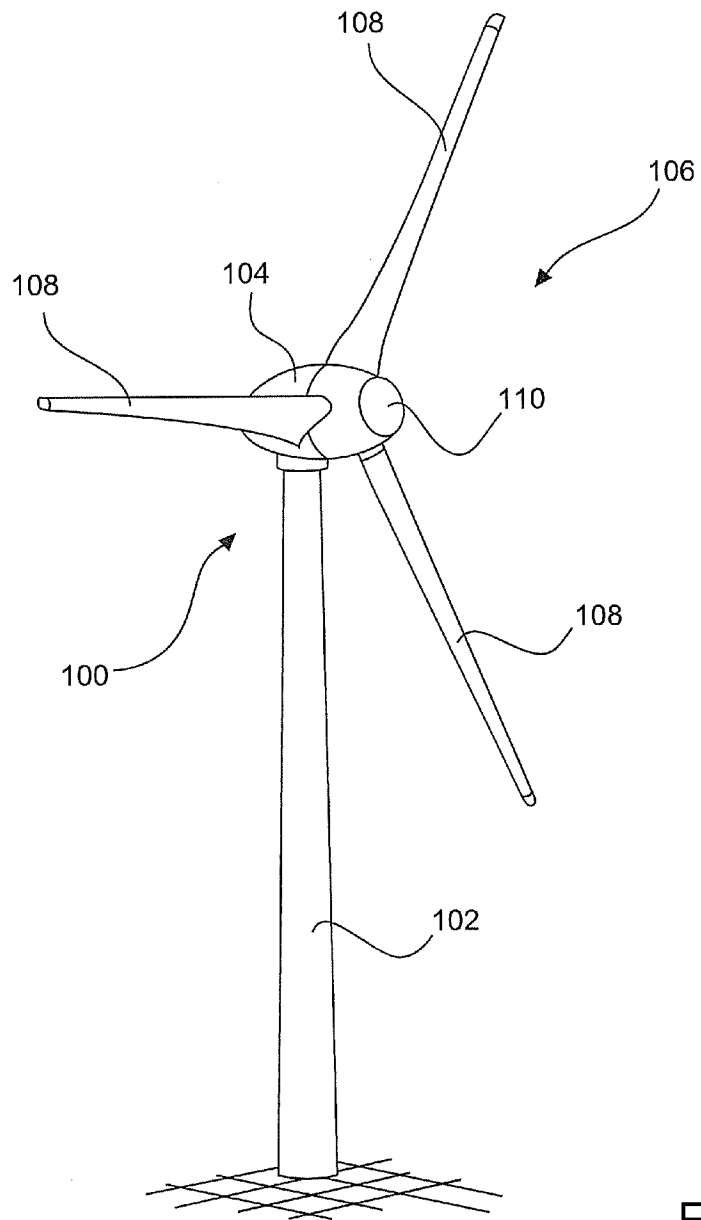


Fig. 1

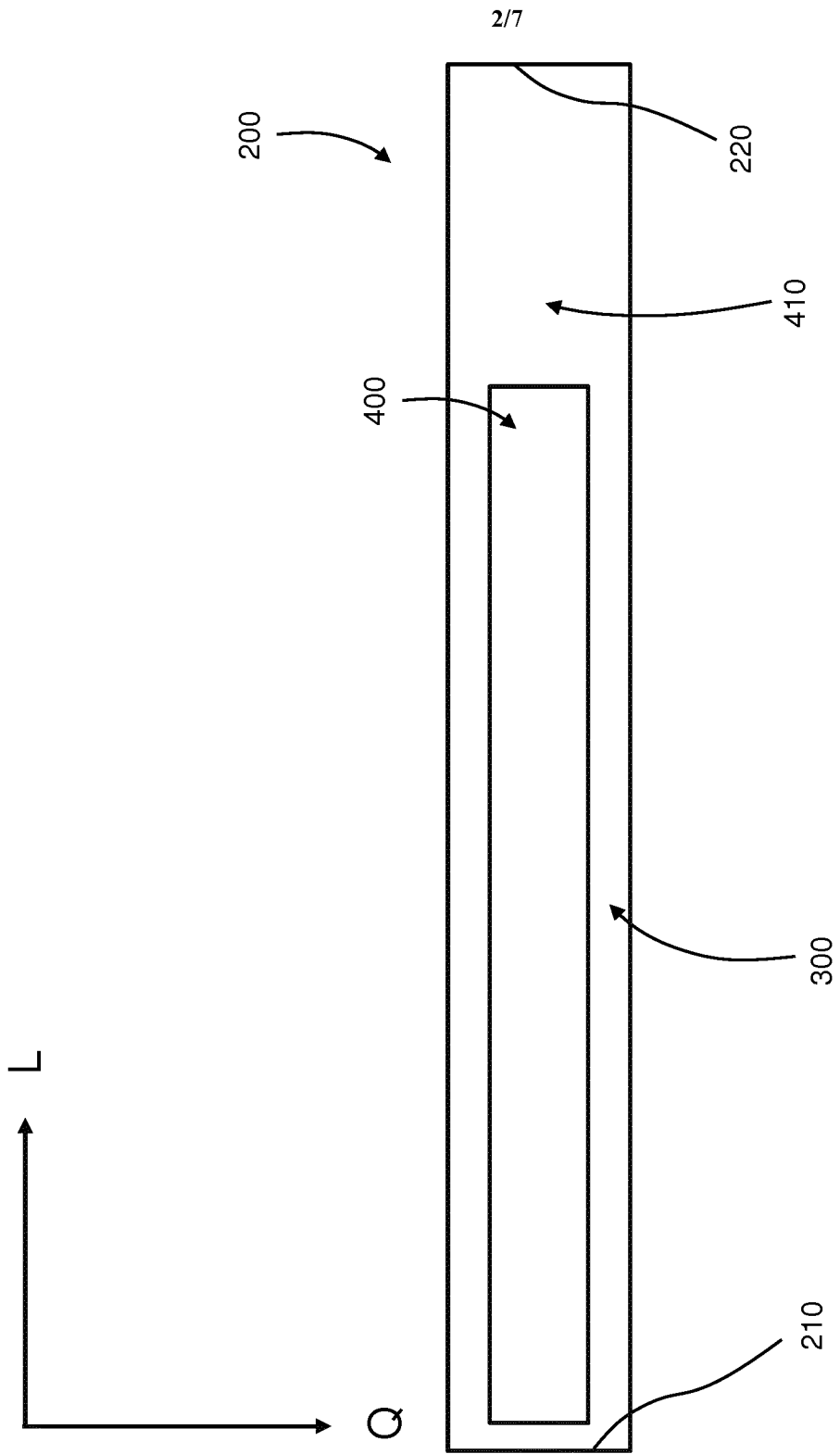


Fig. 2

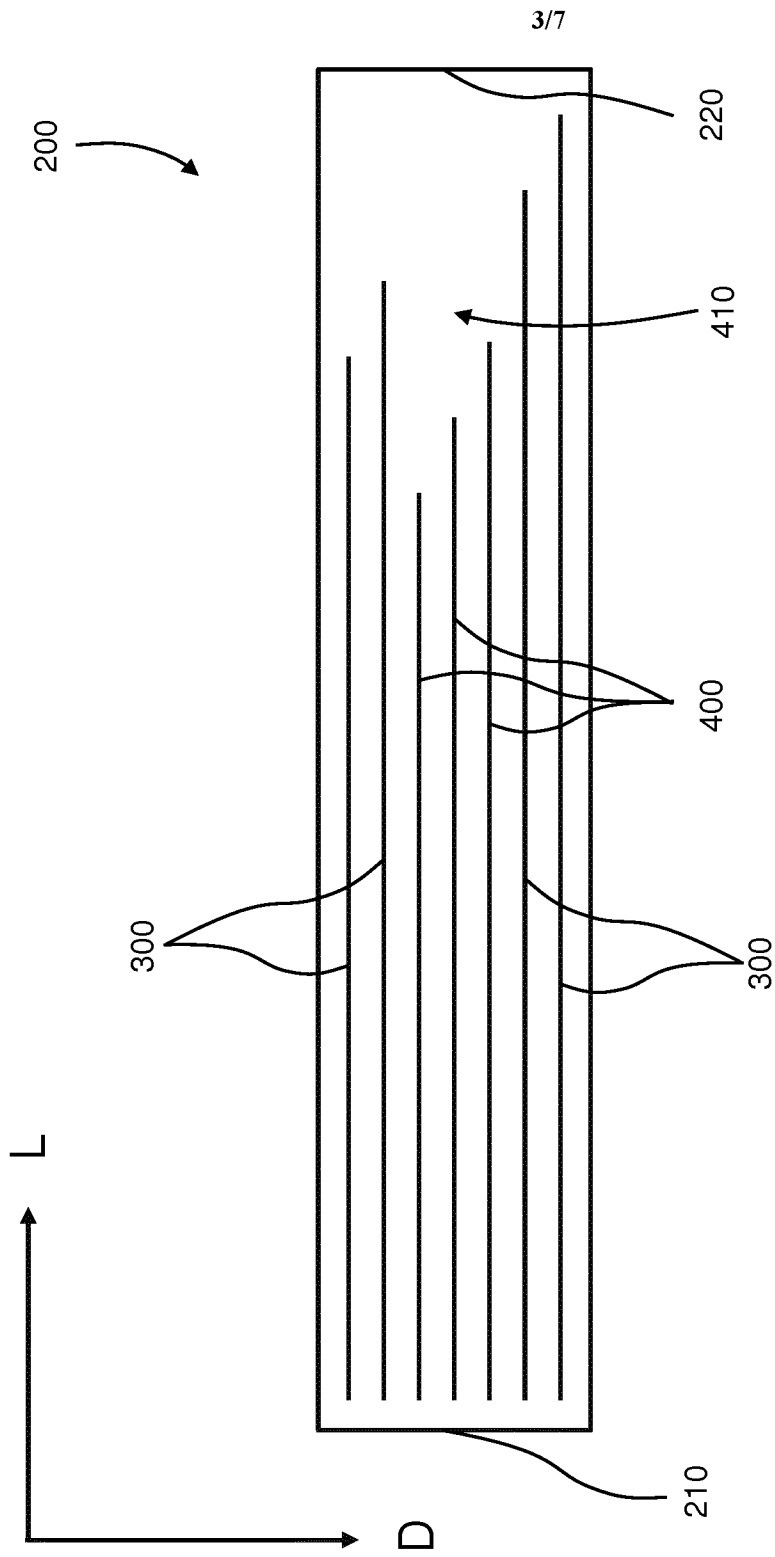


Fig. 3

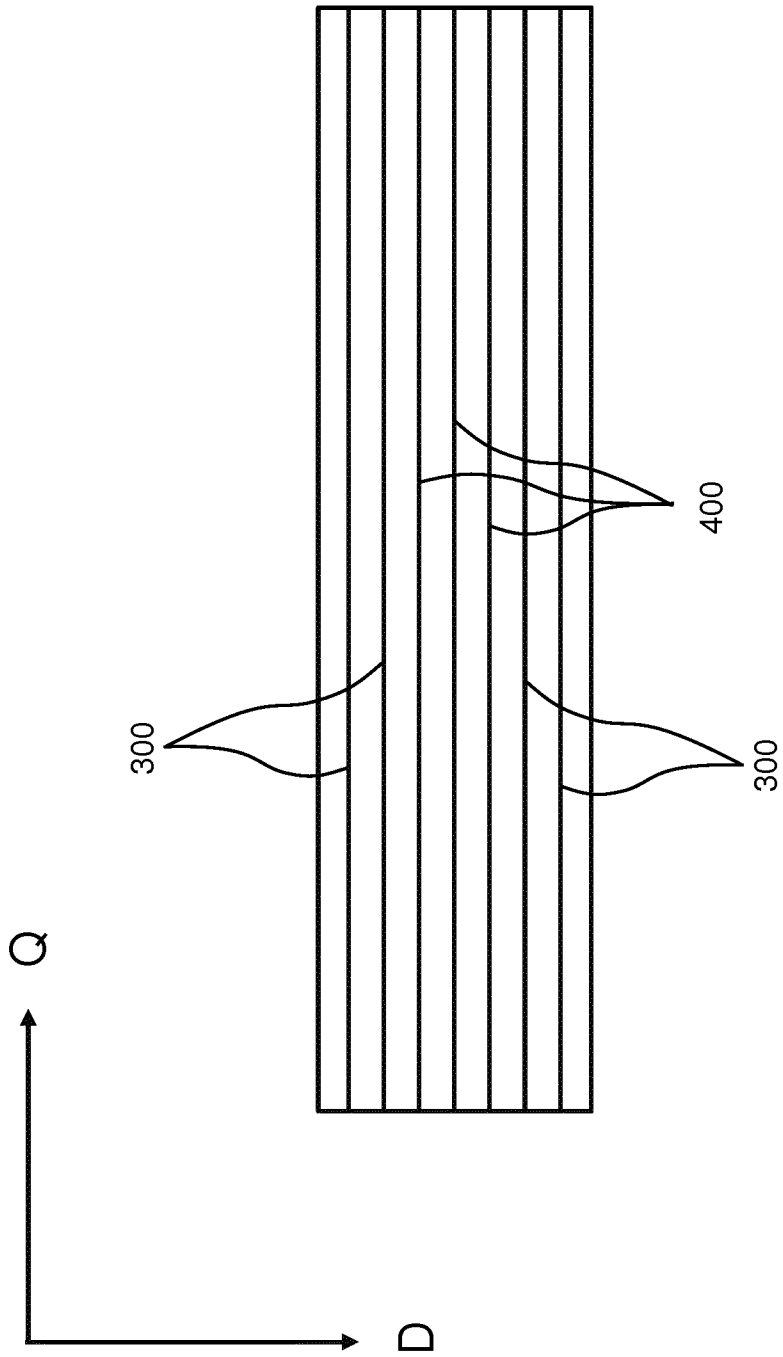


Fig. 4

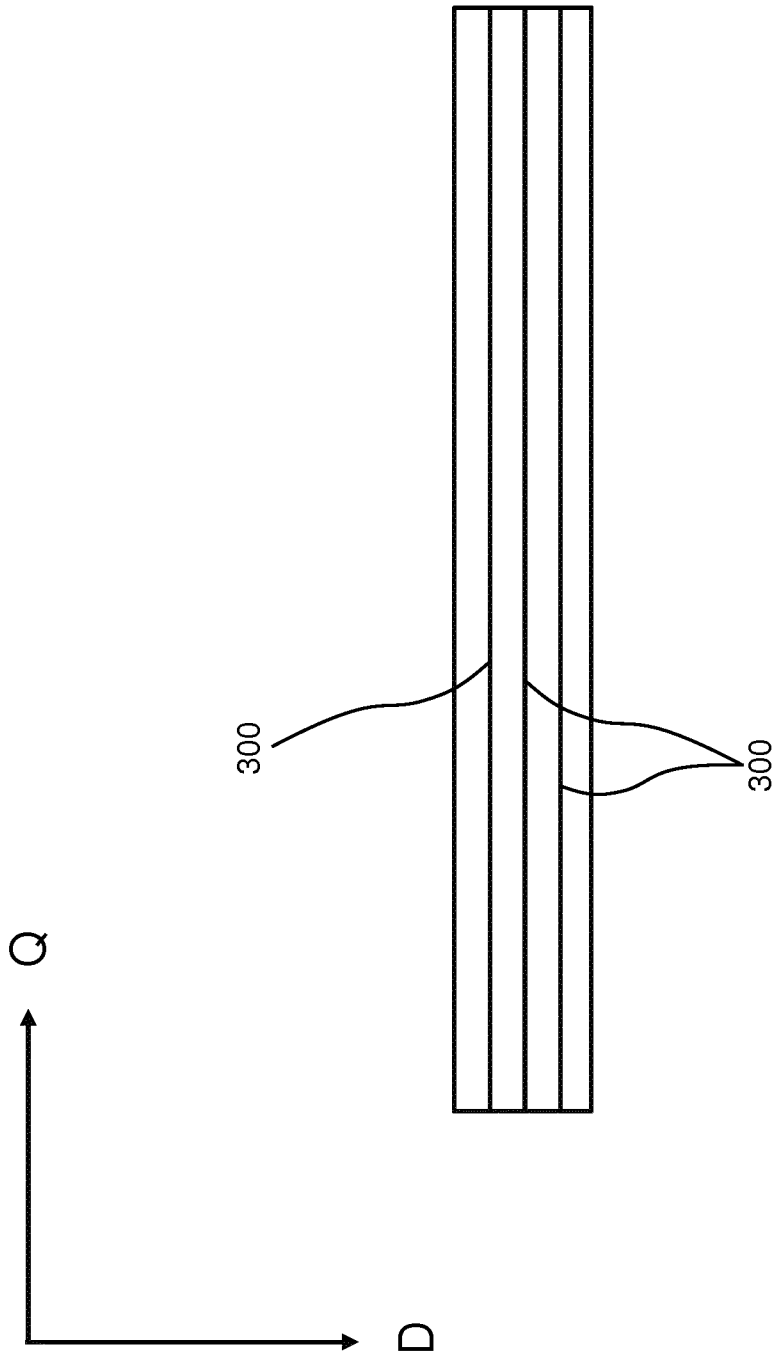


Fig. 5

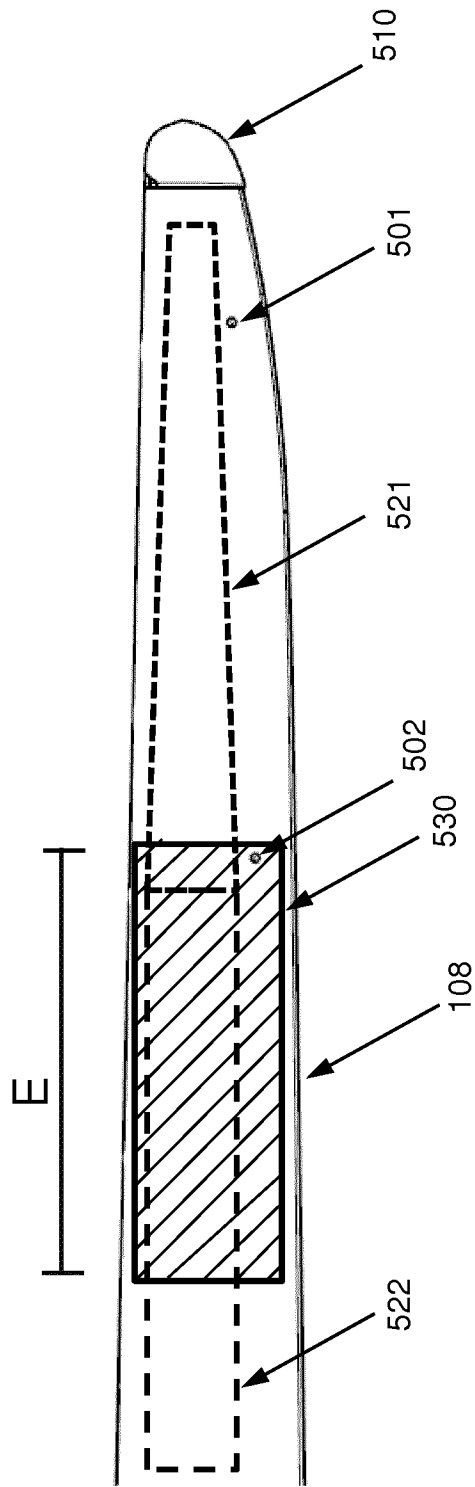


Fig. 6

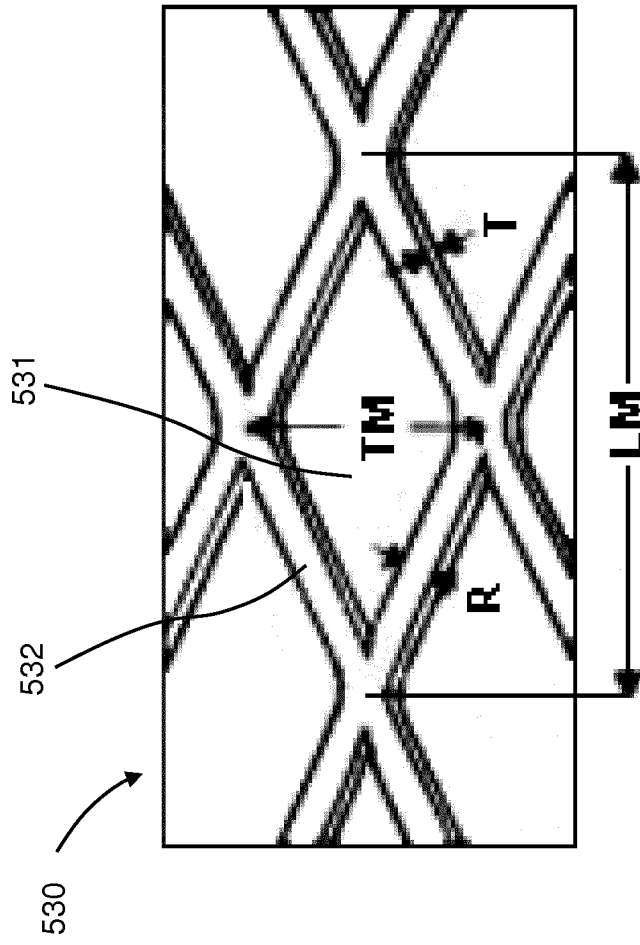


Fig. 7