(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 034 545 B4** 2008.07.10

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 034 545.2**
(22) Anmeldetag: **26.07.2006**
(43) Offenlegungstag: **31.01.2008**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **10.07.2008**

(51) Int Cl.[8]: ***H01Q 1/40*** (2006.01)
H01Q 1/28 (2006.01)
H01Q 1/36 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

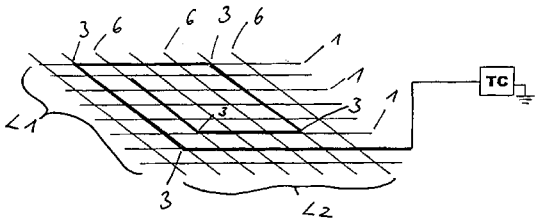
(74) Vertreter:
Fink Numrich Patentanwälte, 80634 München

(72) Erfinder:
Hoffmeister, Christoph, 28203 Bremen, DE;
Herrmann, Axel S., 31228 Peine, DE;
Breckenfelder, Christof, 28203 Bremen, DE;
Glotzbach, Ulrich, 28205 Bremen, DE; Herzog, Otthein, 28355 Bremen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE10 2004 039505 A1
DE10 2004 005017 A1
DE 197 29 972 A1
DE 91 15 582 U1
US2005/02 35 482 A1
WO 2005/0 71 605 A2
JP 2005-033561 A Patent Abstracts of Japan;

(54) Bezeichnung: **Antenne in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff und Verfahren zur Ausbildung einer Antenne in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Antenne in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, insbesondere einem kohlestofffaserverstärkten Verbundwerkstoff, wobei der faserverstärkte Verbundwerkstoff eine Kunststoffmatrix und darin eingebettete Faserstränge aus leitfähigen strukturtragenden Verstärkungsfasern, insbesondere aus Kohlenstoff, umfasst, gekennzeichnet durch:
- eine oder mehrere Lagen (L1, L2) von Fasersträngen (1, 6), wobei in wenigstens einem Teil der Lagen (L1, L2) ein oder mehrere beabstandete Faserstränge (1, 6) ausgebildet sind, welche von den anderen Fasersträngen (1, 6) der jeweiligen Lage (L1, L2) beabstandet sind;
- wobei wenigstens ein Teil der beabstandeten Faserstränge (1, 6) in der Kunststoffmatrix des faserverstärkten Verbundwerkstoffs derart angeordnet ist, dass durch den wenigstens ein Teil der beabstandeten Faserstränge eine von den restlichen Fasersträngen (1, 6) isolierte Antennenstruktur gebildet wird, über welche elektromagnetische Wellen empfangen und/oder gesendet werden können.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Antenne in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff und ein Verfahren zur Ausbildung einer Antenne in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff.

[0002] Faserverstärkte Verbundwerkstoffe, insbesondere kohlestofffaserverstärkte Verbundwerkstoffe (auch als CFK bezeichnet), haben sich in den letzten Jahrzehnten in vielen verschiedenen technischen Anwendungsgebieten als bevorzugter Werkstoff durchgesetzt. Die Vorzüge dieses Materials bestehen darin, dass es eine hohe gewichtsspezifische Festigkeit und Steifigkeit aufweist. Deshalb werden solche Verbundwerkstoffe in Bereichen eingesetzt, in denen eine hohe Steifigkeit des Materials bei gleichzeitig sehr geringem Gewicht gefordert ist, wie z. B. in der Luft- und Raumfahrt oder im Automobilbau.

[0003] Insbesondere bei der Verwendung von CFK-Werkstoffen in sicherheitskritischen technischen Bereichen, wie z. B. in der Luftfahrtindustrie, ist es wünschenswert, dass diese Werkstoffe im Hinblick auf Schädigungen durch Krafteinwirkungen von außen durch entsprechende Sensoren überwacht werden. Es erweist sich hierbei als problematisch, die sensierten Daten auf einfache Weise über eine Schnittstelle am faserverstärkten Werkstoff auszulesen.

[0004] In der DE 10 2004 039 505 A1 wird ein faserverstärkter Verbundwerkstoff vorgeschlagen, in dem Metallfäden bzw. Glasfasern zur Datenübertragung als Transponder ausgebildet werden. Die Herstellung eines solchen Faserverbundwerkstoffs erweist sich jedoch als aufwändig, da in separaten Arbeitsschritten die Metall- bzw. Glasfasern in den Verbundwerkstoff eingebracht werden müssen.

[0005] Aus der Druckschrift US 2005/0235482 A1 ist ein Antennen-Array bekannt, bei dem planare Antennen in einem Textilwerkstoff eingebracht sind. Die einzelnen Antennen können durch leitfähige Fasern ausgebildet werden, welche über isolierende Fasern von dem umgebenden Material isoliert sind. Diese textile Struktur kann beispielsweise mit einem Harz imprägniert werden, um eine feste Struktur zur Verwendung in größeren Bauteilen, wie z. B. in Flugzeugflügeln oder dergleichen, zu schaffen. Die Ausbildung der Antenne in einer solchen Struktur erweist sich ebenfalls als aufwändig, da mehrere Schichten aus unterschiedlichen Fasern gebildet werden müssen.

[0006] In der Druckschrift JP 2005033561 A ist eine Antenne gezeigt, welche aus Antennenelementen besteht, die aus spiralförmigen Karbonfasern zusammengesetzt sind, welche in ein synthetisches Harz eingebracht sind. Diese Druckschrift offenbart nicht, wie Antennen in faserverstärkten Verbundwerkstoffen eingebracht werden können.

[0007] In dem Dokument WO 2005/071605 A2 ist ein Textilmaterial mit einem Hochfrequenztransponder beschrieben, bei dem elektrisch leitfähige Bestandteile des Textilmaterials als Antennen ausgebildet sind. Das Dokument beschäftigt sich nicht mit der Ausbildung von Antennen in Faserverbundwerkstoffen.

[0008] Das Dokument DE 197 29 972 A1 offenbart ein faserverstärktes Kunststoff-Formteil mit integrierter Antenne, wobei die Fasern, die zur Verstärkung des Formteils eingesetzt werden, die Antenne in dem Formteil bilden.

[0009] Das Dokument DE 10 2004 005 017 A1 beschreibt ein Textilmaterial mit Antennenkomponenten eines HF-Transponders, wobei die Antennenkomponenten aus elektrisch leitfähigen Bestandteilen des Textilmaterials bestehen.

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Antenne in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff zu schaffen, welche einfach und kostengünstig herzustellen ist. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung ein Herstellungsverfahren zu schaffen, mit dem eine solche Antenne in einem Faserverbundwerkstoff ausgebildet werden kann.

[0011] Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0012] Die erfindungsgemäße Antenne ist in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, insbesondere einem kohlestofffaserverstärkten Verbundwerkstoff, ausgebildet, wobei der faserverstärkte Verbundwerkstoff eine Kunststoffmatrix und darin eingebettete Faserstränge bzw. Faserbündel aus leitfähigen Verstärkungsfasern, insbesondere aus Kohlenstoff, umfasst. Sofern nicht besonders vermerkt, ist hier und im folgenden, insbesondere auch in den Ansprüchen, unter dem Begriff "Faserstrang" ein Faserstrang aus den elektrisch leitfähigen und strukturtragenden Verstärkungsfasern, insbesondere aus Kohlenstofffasern, des Verbundwerkstoffs zu verstehen. Ein Faserstrang besteht vorzugsweise aus einer Vielzahl von Fasern oder Filamenten, kann ggf. aber auch nur eine einzelne Faser umfassen.

[0013] Die erfindungsgemäße Antenne umfasst eine oder mehrere Lagen von Fasersträngen, wobei in wenigstens einem Teil der Lagen ein oder mehrere beabstandete Faserstränge ausgebildet sind, welche von den anderen Fasersträngen der jeweiligen Lage beabstandet sind. Dabei ist wenigstens ein Teil der beabstandeten Faserstränge in der Kunststoffmatrix des faserverstärkten Verbundwerkstoffs derart ange-

ordnet, dass durch den wenigstens ein Teil der beabstandeten Fasersträngen eine von den restlichen Fasersträngen isolierte Antennenstruktur gebildet wird, über welche elektromagnetische Wellen empfangen und/oder gesendet werden können.

[0014] Gemäß der Erfindung sind in der Antenne mehrere Lagen von Fasersträngen gelegt und übereinander positioniert, wobei zur Ausbildung der Antennenstruktur beabstandete Fasersträngen von unterschiedlichen Lagen, insbesondere von benachbarten Lagen, über sich kontaktierende Kontaktierungsstellen auf den beabstandeten Fasersträngen miteinander elektrisch verbunden sind. Hierdurch können auf einfache Weise komplexe und vielfältige Antennenstrukturen über mehrere Lagen hinweg durch entsprechende Kontaktierungsstellen zwischen den Lagen geschaffen werden.

[0015] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass in faserverstärkten Verbundwerkstoffen, insbesondere in kohlestofffaserverstärkten Verbundwerkstoffen, die herkömmlicherweise nur zur Verstärkung des Werkstoffs verwendeten leitfähigen Verstärkungsfasern auch als Antennen in dem Werkstoff eingesetzt werden können. Die erfindungsgemäße Antenne hat den Vorteil, dass in den Werkstoff nicht mehr in einem separaten Arbeitsschritt entsprechende Antennen eingebracht werden müssen, sondern durch geringfügige Modifikationen bei der Herstellung des Verbundwerkstoffs Antennenstrukturen bereits durch die vorhandenen Fasersträngen gebildet werden können.

[0016] Zur Gewährleistung eines guten elektrischen Kontakts sind die miteinander verbundenen Kontaktierungsstellen von beabstandeten Fasersträngen aneinander fixiert, insbesondere miteinander vernäht.

[0017] In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Antenne sind ein oder mehrere der beabstandeten Fasersträngen in Längsrichtung durch einen oder mehrere Trennabschnitte voneinander beabstandet. Vorzugsweise sind hierbei die oben definierten Kontaktierungsstellen benachbart zu Trennabschnitten auf beabstandeten Fasersträngen ausgebildet. Hierdurch kann auf einfache Weise eine kompakte, räumlich begrenzte Antennenstruktur in dem Verbundwerkstoff geschaffen werden.

[0018] Die erfindungsgemäße Antenne weist als Antennenstruktur vorzugsweise eine stabförmige und/oder mäanderförmige und/oder spiralförmige und/oder rahmenförmige Struktur und/oder eine Patchantennenstruktur auf.

[0019] Die einzelnen Faserlagen des Verbundwerkstoff denen die Antenne ausgebildet ist, bestehen vorzugsweise jeweils aus im Wesentlichen parallel gelegten Fasersträngen, wobei in einer bevorzugten Variante die Fasersträngen von benachbarten Lagen schräg zueinander verlaufen, insbesondere in einem Winkel, der zwischen 45 Grad und 90 Grad liegt.

[0020] In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Antennen wird die Beabstandung von den leitfähigen Verstärkungsfasern dadurch erreicht, dass in wenigstens einer Lage zwischen Fasersträngen aus Verstärkungsfasern zumindest teilweise Fasersträngen aus isolierendem Material, insbesondere Fasersträngen aus Glasfaser und/oder synthetischer Faser, angeordnet sind.

[0021] Um eine funktionsfähige Sende- und/oder Empfangseinheit in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff zu schaffen, ist vorzugsweise eine Verarbeitungseinheit, insbesondere einen Transponderchip, zum Verarbeiten von über die Antennenstruktur zu sendenden und/oder empfangenen elektromagnetischen Wellen vorgesehen, wobei die Antennenstruktur über einen oder mehrere Kontaktabschnitte an einem oder mehreren der beabstandeten Fasersträngen mit der Verarbeitungseinheit verbunden, insbesondere verklebt oder verbondet, ist. Zur kompakten Ausbildung der Verarbeitungseinheit in dem Verbundwerkstoff kann die Verarbeitungseinheit in dem Verbundwerkstoff eingegossen sein, wodurch ein kompaktes und steifes Bauteil geschaffen wird, welches beispielsweise in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt werden kann.

[0022] Neben der oben beschriebenen Antenne betrifft die Erfindung ferner ein Verfahren zum Ausbilden einer solchen Antenne in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff.

[0023] In dem erfindungsgemäßen Verfahren werden in einem ersten Schritt a) eine oder mehrere Lagen von Fasersträngen aus Kohlenstoff derart ausgebildet bzw. gelegt, dass in wenigstens einem Teil der Lagen ein oder mehrere beabstandete Fasersträngen ausgebildet sind, welche von den anderen Fasersträngen der jeweiligen Lage beabstandet sind. In einem Schritt b) wird schließlich die Kunststoffmatrix zur Bildung des faserverstärkten Verbundwerkstoffs derart in die eine oder mehreren Lagen eingebracht, dass wenigstens ein Teil der beabstandeten Fasersträngen eine von den restlichen Fasersträngen isolierte Antennenstruktur bildet, über welche elektromagnetische Wellen empfangen und/oder gesendet werden können.

[0024] Gemäß der Erfindung werden mehrere Lagen von Fasersträngen gelegt und übereinander positioniert, wobei zur Ausbildung der Antennenstruktur beabstandete Fasersträngen von unterschiedlichen Lagen, insbesondere von benachbarten Lagen, über sich kontaktierende Kontaktierungsstellen auf den beabstandeten Fasersträngen miteinander elektrisch

verbunden werden. Hierdurch können auf einfache Weise unterschiedlichste Antennenstrukturen über Kontaktierungsstellen zwischen einzelnen Lagen geschaffen werden.

[0025] Das erfindungsgemäße Verfahren macht sich die Erkenntnis zunutze, dass auf einfache Weise durch eine geeignete Modifikation eines herkömmlichen Herstellungsverfahrens für einen faserverstärkten Verbundwerkstoff eine Antenne in dem Werkstoff dadurch ausgebildet werden kann, dass Antennenstrukturen durch die Verstärkungsfaserstränge aus leitendem Material selbst gebildet werden. Das Verfahren hat den großen Vorteil, dass es auf einfache Weise in bestehende Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten Kunststoffen integriert werden kann. Es muss lediglich bei der Herstellung der einzelnen Faserlagen darauf geachtet werden, dass diejenigen Fasern in einer Lage, welche die Antennenstruktur bilden sollen, voneinander beabstandet sind, um den Empfang bzw. das Aussenden von elektromagnetischen Wellen, insbesondere im Hochfrequenzbereich, sicherzustellen und einen Kurzschluss mit benachbarten Fasern zu vermeiden. Darüber hinaus muss bei der Fertigung beim Einbringen der Kunststoffmatrix gewährleistet werden, dass durch die beabstandeten Faserstränge tatsächlich eine von den restlichen Fasersträngen isolierte Antennenstruktur gebildet wird.

[0026] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in Schritt b) zunächst in einem Teilschritt i) eine oder mehrere Isolationsschichten aus Kunststoff auf und/oder in der oder den Lagen des wenigstens einen Teils der Lagen, d. h. in den Lagen, in denen beabstandete Faserstränge ausgebildet sind, derart vorgesehen, dass wenigstens ein Teil der beabstandeten Faserstränge die isolierte Antennenstruktur bildet. Es wird somit in einem Zwischenschritt des Verfahrens durch die geeignete Ausbildung von Isolationsschichten sichergestellt, dass eine von der Reststruktur des Faserverbundwerkstoffs isolierte Antennenstruktur durch beabstandete Faserstränge erzeugt wird. In einem Endverarbeitungsschritt (Schritt ii)) werden schließlich die Lage bzw. die mehreren Lagen von Fasersträngen und die Isolationsschicht oder Isolationsschichten zu einem faserverstärkten Verbundwerkstoff endverarbeitet.

[0027] Um eine elektrische Verbindung von beabstandeten Fasersträngen von unterschiedlichen Lagen auf einfache Weise zu erreichen, werden in einer bevorzugten Variante beim Ausbilden der Isolationsschicht im obigen Schritt i) Kontaktierungsfenster gebildet, welche nicht von der Isolationsschicht bedeckt sind, wobei die Kontaktierungsfenster derart angeordnet sind, dass beim anschließenden Positionieren der Lagen übereinander ein elektrischer Kontakt zwischen den Kontaktierungsstellen auf beabstandeten Fasersträngen in unterschiedlichen Lagen über die Kontaktierungsfenster hergestellt wird. Vorzugsweise werden hierbei die Kontaktierungsfenster dadurch gebildet, dass die Kontaktierungsstellen in einer jeweiligen Lage vor dem Aufbringen der Isolationsschicht durch Abdeckungen, insbesondere Aufkleber, abgedeckt werden, wobei die Abdeckungen nach Aufbringen der Isolationsschicht entfernt werden, um die Kontaktierungsstellen freizulegen. Alternativ können die Kontaktierungsfenster dadurch gebildet werden, dass in einer jeweiligen Lage eine Isolationsschicht in der Form eines Isolationsfilms aufgebracht wird, wobei der Isolationsfilm Öffnungen aufweist, welche die Kontaktierungsfenster darstellen und wobei der Isolationsfilm aus einem Kunststoff besteht, der bei der Durchführung des Endverarbeitungsschritts ii), in der Kunststoffmatrix aufgeht.

[0028] Um bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Antenne einen sicheren Kontakt zwischen den Kontaktierungsstellen zu gewährleisten, werden in einer bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens die miteinander zu verbindenden Kontaktierungsstellen von beabstandeten Fasersträngen aneinander fixiert, insbesondere durch Vernähen.

[0029] In einer weiteren Ausführungsform wird wenigstens eine Isolationsschicht im obigen Schritt i) durch Harzapplizieren der jeweiligen Lage mit einem ungehärteten Harz, insbesondere mit Epoxidharz, ausgebildet. Vorzugsweise werden darüber hinaus im obigen Endverarbeitungsschritt ii) die Lagen von Fasersträngen und die Isolationsschicht oder Isolationsschichten mit Harz, insbesondere mit Epoxidharz und/oder Polyesterharz, durchtränkt und anschließend gehärtet, wobei das Harten insbesondere durch Ausübung von Druck und Temperatur auf das Harz erfolgt.

[0030] In einer weiteren Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens werden beim oder nach dem Legen einer jeweiligen Lage im obigen Schritt a) ein oder mehrere der beabstandeten Faserstränge an einer oder mehreren Stellen, insbesondere unter Verwendung eines Schneidwerkzeugs, getrennt, wodurch ein oder mehrere Trennabschnitte gebildet werden. Hierdurch können in verschiedenen Bereichen eines Faserverbundwerkstoffs entsprechende Antennenstrukturen lokal begrenzt ausgebildet werden. Vorzugsweise sind hierbei die Kontaktierungsstellen der Faserstränge aus unterschiedlichen Lagen benachbart zu den Trennabschnitten auf den Fasersträngen ausgebildet.

[0031] Durch das erfindungsgemäße Verfahren können eine Vielzahl von unterschiedlichen Antennenstrukturen auf einfache Weise ausgebildet werden, insbesondere kann eine stabförmige Antenne in einer einzelnen Lage des Verbundwerkstoffs ausgebildet sein, jedoch können auch mäanderförmige

und/oder spiralförmige und/oder rahmenförmige Antennenstrukturen und/oder Patchantennenstrukturen in dem Material geschaffen werden.

[0032] In einer weiteren Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Faserstränge in einer jeweiligen Lage zumindest teilweise im Wesentlichen parallel zueinander gelegt. Ferner können die Faserstränge von benachbarten Lagen schräg zueinander verlaufen, insbesondere in einem Winkel, der zwischen 45 Grad und 90 Grad liegt.

[0033] Für das Ausbilden der beabstandeten Faserstränge gemäß dem obigen Schritt a) gibt es verschiedene Möglichkeiten. Beispielsweise können die Faserstränge in wenigstens einer Lage während des Legens sofort auf Abstand gelegt werden. Ebenso ist es möglich, dass die Faserstränge in wenigstens einer Lage zunächst gelegt werden und anschließend diejenigen Faserstränge, welche als beabstandete Faserstränge dienen sollen, beabstandet werden.

[0034] Eine weitere Möglichkeit zur Bildung der beabstandeten Faserstränge besteht darin, dass in wenigstens einer Lage zwischen Fasersträngen aus elektrisch leitfähigen Verstärkungsfasern zumindest teilweise Faserstränge aus isolierendem Material, insbesondere Faserstränge aus Glasfaser und/oder Synthesefaser, z. B. Aramid oder Dynema, gelegt werden.

[0035] Vorzugsweise werden die Faserstränge im obigen Schritt a) durch textile Fertigungsverfahren, insbesondere durch Weben und/oder Flechten oder durch das aus dem Stand der Technik bekannte TFP-Verfahren (TFP = Tailored Fibre Placement) gelegt.

[0036] In einer weiteren, besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Antennenstruktur über einen oder mehrere Kontaktabschnitte an einem oder mehreren der beabstandeten Faserstränge mit einer Verarbeitungseinheit, insbesondere mit einem Transponderchip, zum Verarbeiten von über die Antennenstruktur zu sendenden und/oder empfangenen elektromagnetischen Wellen verbunden. Die Verbindung mit der Verarbeitungseinheit kann hierbei beispielsweise über Kleben und/oder Bonden erfolgen. Vorzugsweise wird die Antennenstruktur zusammen mit der Verarbeitungseinheit zu dem faserverstärkten Verbundwerkstoff integral vergossen, und zwar insbesondere mit Harz durchtränkt und gehärtet.

[0037] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Figuren detailliert beschrieben.

[0038] Es zeigen:

[0039] Fig. 1 bis Fig. 4 schematische Darstellungen, welche die wesentlichen Verfahrensschritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wiedergeben;

[0040] Fig. 5 eine Darstellung, welche fünf mögliche Antennenstrukturen zeigt, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren realisiert werden können;

[0041] Fig. 6 eine perspektivische Schemazeichnung, welche eine in einem Multiaxialgelege ausgebildete erfindungsgemäße Antennenstruktur in Verbindung mit einem Transponderchip zeigt;

[0042] Fig. 7 eine perspektivische Ansicht eines Multiaxialgeleges, in dem eine Antennenstruktur gemäß der Erfindung ausgebildet werden kann; und

[0043] Fig. 8 eine schematische Darstellung, welche den Einsatz der erfindungsgemäßen Antennenstruktur in einem Sensornetzwerk verdeutlicht.

[0044] Fig. 1 bis Fig. 4 verdeutlichen die wesentlichen Verfahrensschritte zur Ausbildung einer Antennenstruktur in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. In der hier beschriebenen Ausführungsform wird eine Antennenstruktur durch die Karbonfasern in einem karbonfaserverstärkten Kunststoff in mehreren Lagen eines Multiaxialgeleges dadurch ausgebildet, dass diejenigen Karbonfasern, welche die Antenne bilden, über Lagen hinweg miteinander verbunden werden. Im folgenden wird eine zweilagige Struktur zur Ausbildung der Antenne beschrieben, wobei jedoch auch weitere Lagen zur Bildung komplexerer Strukturen vorgesehen werden können.

[0045] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, wird in einem ersten Verfahrensschritt mittels textiler Fertigungsverfahren, wie z. B. Weben, Flechten oder dem sogenannten Tailored Fibre Placement, eine erste Lage L1 aus parallel zueinander gelegten Karbonfasersträngen **1** (auch als Rovings bezeichnet) erzeugt. Erfindungsgemäß können zur Bildung solcher Lagen aus dem Stand der Technik bekannte Legeverfahren eingesetzt werden, welche gegebenenfalls nur derart justiert werden, dass sichergestellt ist, dass die einzelnen Faserstränge zumindest in einem Teilbereich der Lage zueinander beabstandet sind, so dass benachbarte Faserstränge **1** sich nicht berühren und somit elektrisch voneinander isoliert sind. Nach dem Legen der Lage L1 wird in einem nächsten Schritt eine Trennungsstelle **2** in einem der Faserstränge erzeugt. Benachbart zu dieser Trennungsstelle liegt die spätere Kontaktierungsstelle **3** des entsprechenden Faserstrangs mit einem Faserstrang aus einer darüber liegenden Schicht. Die Kontaktierungsstelle **3** ist in Fig. 1 durch ein gepunktetes Rechteck angedeutet. Das Trennen des Faserstrangs an der Trennungs-

stelle **2** erfolgt beispielsweise durch ein Schneidwerkzeug, insbesondere durch einen Cutter.

[0046] Wie oben beschrieben wurde, werden in der hier beschriebenen Ausführungsform die einzelnen Faserstränge **1** bereits beim Legen auf Abstand zueinander gelegt. Es ist jedoch auch möglich, dass beim Legen der Faserstränge zunächst nicht darauf geachtet wird, ob tatsächlich ein Abstand zwischen den einzelnen Fasersträngen zum Erreichen einer elektrischen Isolation vorliegt. In diesem Fall werden in einem Zwischenschritt nach dem Legen der Faserstränge **1** – vor oder nach der Erzeugung der Trennungsstellen **2** – diejenigen Faserstränge, in deren Bereich eine Antennenstruktur auszubilden ist, nachträglich auf Abstand gelegt. Alternativ ist es auch möglich, dass beim Legeprozess bzw. ebenfalls in einem Zwischenschritt zwischen denjenigen Fasersträngen, welche zur Bildung einer Antennenstruktur vorgesehen sind, isolierende Faserstränge gelegt werden, beispielsweise isolierende Glasfaserstränge. Es wird dann eine Struktur erzeugt, die sich in einer Lage aus Fasersträngen zusammensetzt, die abwechselnd aus Kohlenstoff und Glasfaser bestehen.

[0047] Nach der Erzeugung der ersten Lage L1 wird in einem nächsten Verarbeitungsschritt eine Maskierung an der späteren Kontaktierungsstelle **3** aufgebracht. Diese Maskierung kann beispielsweise durch Anbringen einer Abdeckung, insbesondere eines Aufklebers, auf dem entsprechenden Faserstrang erzeugt werden. Anschließend wird das derart maskierte Karbonfasergelege geharzt (d. h. es wird Harz aufgebracht bzw. appliziert), so dass eine Isolationsschicht **4** ausgebildet wird, wie aus Fig. 2 ersichtlich ist. Hierbei wird als Harz z. B. diejenige Harzmischung verwendet, welche auch bei der herkömmlichen Herstellung von Karbonfasergelegen eingesetzt wird. Es wird zu diesem Zeitpunkt jedoch noch keine Härtung des Harzes vorgenommen, so dass die Isolationsschicht zunächst eine ungehärtete Harzschicht ist. Schließlich wird in einem nächsten Schritt die zuvor angebrachte Maskierung entfernt, so dass die in Fig. 2 gezeigte Isolationsschicht **4** ein Kontaktierungsfenster **5** aufweist, welches die Kontaktierungsstelle **3** freilegt. Die Erzeugung der Isolationsschicht **4** ist ein Schritt in dem hier beschriebenen Verfahren, der sich von herkömmlichen Verfahren zur Erzeugung von kohlestofffaserverstärkten Kunststoffen unterscheidet. Zwar werden auch in herkömmlichen kohlestofffaserverstärkten Verbundwerkstoffen gegebenenfalls Isolationsschichten aus Kunststoff während der Herstellung ausgebildet, jedoch wird gemäß der Erfindung darauf geachtet, dass die Isolationsschichten eine Isolierung der Fasern derart bewirken, dass eine Antennenstruktur durch die Faserstränge gebildet wird. In der hier beschriebenen Ausführungsform wird dies dadurch erreicht, dass die Isolationsschicht **4** mit einem entsprechenden Fenster **5** versehen wird, über das diejenigen Faserstränge, welche später die Antennenstruktur bilden, aus unterschiedlichen Schichten miteinander verbindbar sind.

[0048] Wie in Fig. 3 gezeigt ist, wird nach der Erzeugung der Isolationsschicht **4** in einem nächsten Schritt eine zweite Lage L2 aus Karbonfasersträngen **6** in gleicher Weise wie die erste Lage auf der Isolationsschicht **4** gebildet. Im Unterschied zur ersten Lage ist die Lage L2 jedoch um 90 Grad gegenüber der Lage L1 verdreht. Die Faserstränge **6** der zweiten Schicht L2 werden hierbei derart gelegt, dass der mittlere Karbonfaserstrang im Wesentlichen mittig über dem Kontaktierungsfenster **5** verläuft. Durch die in Fig. 3 gezeigte Struktur wird somit eine Kontaktierungsmöglichkeit eines unteren Faserstrangs **1** aus der Lage L1, nämlich des zweiten Faserstrangs von links, mit dem darüber liegenden mittleren Faserstrang **6** der Lage L2 geschaffen. Analog zur ersten Lage wird der mittlere Faserstrang **6** ferner ebenfalls getrennt, so dass auch in der Lage L2 eine Trennungsstelle **2** entsteht. In einem nächsten Schritt können nunmehr die beiden, sich im Kontaktierungsfenster **5** kreuzenden Faserstränge am Kontaktierungsfenster aneinander fixiert werden, beispielsweise miteinander vernäht werden. Dies ist jedoch nicht unbedingt erforderlich, da eine Kontaktierung der beiden Faserstränge auch bei der Endverarbeitung zu dem endgültigen kohlestofffaserverstärkten Verbundwerkstoff erreicht werden kann.

[0049] Es wird gemäß Fig. 3 eine Antennenstruktur geschaffen, welche zwei über Kontaktierungsfenster verbundene Faserstränge aufweist, die senkrecht zueinander verlaufen. Durch eine entsprechende flächige Ausdehnung des bis jetzt beschriebenen Verfahrens auf weitere Lagen, kann auf diese Weise beispielsweise eine mäanderförmige bzw. spiralförmige Antennenstruktur hergestellt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass immer wieder zwischen den Lagen entsprechende Isolationsbereiche **4** mit Kontaktierungsfenstern **5** benachbart zu Trennungsstellen **2** ausgebildet werden, so dass sich entsprechende Antennenstrukturen bilden. Es ist hierbei nicht erforderlich, dass die Anzahl der Lagen beliebig erhöht wird, denn die Struktur kann auch derart ausgestaltet sein, dass bei der Kontaktierung mit einer Lage wieder zu einer darunter liegenden Lage zurückgegangen wird. Somit können bereits in der zweilagigen Struktur der Fig. 3 mäanderförmige bzw. spiralförmige Antennen ausgebildet werden.

[0050] Fig. 4 zeigt die Endverarbeitung des Geleges der Fig. 3 zu einem Transponder. Hierzu wird zunächst eine weitere abschließende Isolationsschicht **4** auf der Lage L2 aufgebracht. Es wird hierbei darauf geachtet, dass die Enden der Faserstränge **6** nicht von der Isolationsschicht bedeckt sind und somit als Kontaktabschnitte dienen können. In Fig. 4 werden die unteren Enden **7** der Faserstränge **6** als Kontakt-

abschnitte verwendet. An diesen Kontaktabschnitten wird dann eine Verarbeitungseinheit **8** in der Form eines Transponderchips befestigt, insbesondere durch Kleben oder Bonden. In einem Endverarbeitungsschritt wird schließlich die gesamte Struktur mit einem Harz getränkt, dass auch bei herkömmlichen Verfahren zur Erzeugung eines kohlestofffaserverstärkten Kunststoffs eingesetzt wird. Die Durchtränkung kann entweder durch Harzinjektion oder durch Harzinfusion erfolgen, wobei gegebenenfalls auch ein Harzfilm zum Einsatz kommen kann. Das verwendete Harz kann insbesondere das gleiche Harz sein, das auch für die Isolationsbereiche bzw. Isolationsschichten verwendet wurde. Schließlich folgt das Aushärten des Harzes, wodurch die endgültige Struktur des Verbundwerkstoffs geschaffen wird.

[0051] Wie sich aus den vorangegangenen Ausführungen ergibt, kann durch einfache Abwandlungen von herkömmlichen Verfahrensschritten bei der Herstellung eines kohlestofffaserverstärkten Kunststoffs eine Antennenstruktur in diesem Kunststoff integriert werden. Insbesondere müssen nicht separate leitfähige Strukturen in dem Kunststoff erzeugt werden, sondern es kann aus den Karbonfasersträngen, die in einem herkömmlichen Kunststoff bereits verarbeitet werden, die Antennenstruktur herausgearbeitet werden. Die wesentliche Erkenntnis der Erfindung besteht somit darin, die Anordnung der Karbonfaserstränge in einem kohlestofffaserverstärkten Verbundwerkstoff derart abzuwandeln, dass ein Teil der Karbonfaserstränge eine Antennenstruktur bildet.

[0052] Fig. 5 zeigt schematisch fünf mögliche Ausgestaltungen von Antennenstrukturen. Insbesondere kann eine mäanderförmige Struktur S1, eine spiralförmige Struktur S2, eine Struktur S3 in der Form einer Stabantenne, eine rahmenförmige Struktur S4 oder eine Patchantennenstruktur S5 geschaffen werden. Bei der Herstellung einer Patchantennenstruktur werden beispielsweise benachbarte Lagen von Fasersträngen in Draufsicht in dem Bereich eines Quadrats oder Rechtecks an allen Schnittstellen der Faserstränge von benachbarten Lagen über Kontaktierungsfenster miteinander kontaktiert. Hierdurch wird eine planare, flächige leitfähige Struktur in dem Verbundwerkstoff geschaffen, welche die Eigenschaften einer Patchantenne hat.

[0053] Fig. 6 zeigt zur Verdeutlichung in schematisierter perspektivischer Ansicht ein Multiaxialgelege, welches gemäß dem zuvor beschriebenen Verfahren herstellbar ist. Das Gelege ist zweilagig und weist die gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Lagen L1 und L2 auf, wobei die von links nach rechts verlaufenden Karbonfaserstränge die Faserstränge **1** der ersten Lage L1 und die von unten nach oben verlaufenden Karbonfaserstränge die Faserstränge **6** der zweiten Schicht L2 sind. Aus Übersichtlichkeitsgründen sind lediglich einige der Fasern mit den Bezugszeichen **1** bzw. **6** versehen. Einige der Faserstränge der Lagen sind über die Kontaktierungsstellen **3** miteinander verbunden, wobei über diese Kontaktierungsstellen eine Verbindung von der Lage L1 zu L2 bzw. von der Lage L2 zu L1 geschaffen wird. Es wird hierdurch eine spiralförmige Struktur geschaffen, welche in Fig. 6 durch dicke Linien angedeutet ist. In dieser Struktur verlaufen die einzelnen Karbonfaserstränge entlang der Spirale abwechselnd in der oberen und unteren Lage. Ein Ende der Spirale ist hierbei mit einem Transponderchip TC verbunden. Die in Fig. 6 gezeigte Struktur ermöglicht das Einbringen von Transpondern bestehend aus Antenne und Transponderchip in kohlestofffaserverstärkten Verbundwerkstoffen und kann beispielsweise in der Luftfahrtindustrie im Rahmen des sogenannten Structural-Health-Monitoring eingesetzt werden. Hierbei wird der in dem Flugzeug verbaute Kohlestofffaserverbundwerkstoff durch einzelne Sensoren sicherheitstechnisch überwacht, insbesondere zur Erfassung von Stoß- und Schlagereignissen. Die sensierten Daten können dann mit den in dem Kohlestofffaserverbundwerkstoff eingebrachten Antennen berührungslos ausgelesen werden.

[0054] Fig. 7 zeigt zur Verdeutlichung nochmals ein Multiaxialgelege aus einer Vielzahl von übereinander liegenden Lagen, wobei im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Ausführungsformen insgesamt fünf Lagen L1 bis L5 wiedergegeben sind. Auch dieses Gelege kann gemäß der Erfindung derart ausgestaltet sein, dass in dem Gelege eine Antennenstruktur geschaffen wird. Hierbei werden die notwendigen Kontaktierungen über die Ebenen des Multiaxialgeleges hinweg wiederum durch entsprechende Kontaktierungsfenster gebildet

[0055] Fig. 8 zeigt zur Verdeutlichung eine schematische Darstellung eines Sensornetzwerks, wie es beispielsweise in dem bereits oben erwähnten Structural-Health-Monitoring im Flugzeugbau eingesetzt werden kann. Hierbei sind eine Vielzahl von Sensoren S in dem im Flugzeug verbauten kohlestofffaserverstärkten Kunststoff mit einem entsprechenden Transponderchip verbunden, der wiederum mit einer erfindungsgemäßen, im kohlestofffaserverstärkten Kunststoff eingebetteten Spiralantenne (in Fig. 8 mit Bezugszeichen A bezeichnet) verbunden ist. Mit dem Transponderchip und der Antenne wird in dem kohlestofffaserverstärkten Kunststoff eine Kommunikationsschnittstelle zum berührungslosen Auslesen von sensierten Daten mit entsprechenden Lesegeräten von Überwachungsdiensten geschaffen. Die Lesereichweiten befinden sich im Zentimeterbereich. Mit der in Fig. 8 vorgeschlagenen Anordnung ist eine technologische Realisation einer Sensorik möglich, mit der Stoß- und Schlagereignisse in einem kohlestofffaserverstärkten Werkstoff detektiert und überwacht werden können.

[0056] Die Erfindung hat eine Vielzahl von Anwendungsbereichen. Es ist insbesondere auch denkbar, dass die bei der Herstellung des kohlestofffaserverstärkten Werkstoffs verwendeten Halbzeuge bereits mit Antenne und Transponderchip ausgerüstet werden, so dass die Halbzeuge bei der Fertigung produktionslogistisch erfasst werden können. Die erfassten Daten können durch Datenhaltung bzw. Verfolgung bzw. Dokumentation zur Verbesserung des Qualitätsmanagements der Fertigung von kohlestofffaserverstärkten Kunststoffen eingesetzt werden.

[0057] Ein anderer Anwendungsbereich der Erfindung besteht in der Identifikation von Bauteilen. Hierbei dient das System aus Antenne und Transponderchip dazu, das Bauteil, in welches es integriert ist, eindeutig zu identifizieren und seine Daten sowie Komponenten und Fertigungshistorie zu dokumentieren. Im Falle, dass Daten über die Antenne auf den Transponderchip geschrieben werden können, besteht die Möglichkeit, dass solche Daten, die sich während des Lebenszyklus sammeln, auf dem Transponderchip nachgetragen werden.

Patentansprüche

1. Antenne in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, wobei der faserverstärkte Verbundwerkstoff eine Kunststoffmatrix und darin eingebettete Fasersträngе aus leitfähigen strukturtragenden Verstärkungsfasern, umfasst, wobei die Antenne ferner umfasst:
– eine oder mehrere Lagen (L1, L2) von Fasersträngen (**1**, **6**), wobei in wenigstens einem Teil der Lagen (L1, L2) ein oder mehrere beabstandete Fasersträngе (**1**, **6**) ausgebildet sind, welche von den anderen Fasersträngen (**1**, **6**) der jeweiligen Lage (L1, L2) beabstandet sind;
– wobei wenigstens ein Teil der beabstandeten Fasersträngе (**1**, **6**) in der Kunststoffmatrix des faserverstärkten Verbundwerkstoffs derart angeordnet ist, dass durch den wenigstens einen Teil der beabstandeten Fasersträngе eine von den restlichen Fasersträngen (**1**, **6**) isolierte Antennenstruktur gebildet wird, über welche elektromagnetische Wellen empfangen und/oder gesendet werden können;
– wobei die Antenne **dadurch gekennzeichnet** ist, dass mehrere Lagen (L1, L2) von Fasersträngen (**1**, **6**) gelegt sind und übereinander positioniert sind, wobei zur Ausbildung der Antennenstruktur beabstandete Fasersträngе (**1**, **6**) von unterschiedlichen Lagen (L1, L2) über sich kontaktierende Kontaktierungsstellen (**3**) auf den beabstandeten Fasersträngen (**1**, **6**) miteinander elektrisch verbunden sind.

2. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne in einem kohlenstofffaserverstärkten Verbundwerkstoff ausgebildet ist, in dem die leitfähigen strukturtragenden Verstärkungsfasern aus Kohlenstoff ausgebildet sind.

3. Antenne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausbildung der Antennenstruktur beabstandete Fasersträngе (**1**, **6**) von benachbarten Lagen (L1, L2) über Kontaktierungsstellen auf den beabstandeten Fasersträngen miteinander elektrisch verbunden sind.

4. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander verbundenen Kontaktierungsstellen (**3**) von beabstandeten Fasersträngen (**1**, **6**) aneinander fixiert sind.

5. Antenne nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander verbundenen Kontaktierungsstellen (**3**) von beabstandeten Fasersträngen (**1**, **6**) miteinander vernäht sind.

6. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere der beabstandeten Fasersträngе (**1**, **6**) in Längsrichtung durch einen oder mehrere Trennabschnitte (**2**) voneinander beabstandet sind.

7. Antenne nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere der Kontaktierungsstellen (**3**) benachbart zu Trennabschnitten (**2**) auf beabstandeten Fasersträngen (**1**, **6**) ausgebildet sind.

8. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antennenstruktur eine stabförmige und/oder mäanderförmige und/oder spiralförmige und/oder rahmenförmige Antennenstruktur und/oder eine Patchantennenstruktur ist.

9. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasersträngе (**1**, **6**) in einer jeweiligen Lage (L1, L2) zumindest teilweise im Wesentlichen parallel gelegt sind.

10. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasersträngе (**1**, **6**) von benachbarten Lagen (L1, L2) schräg zueinander verlaufen.

11. Antenne nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasersträngе (**1**, **6**) von benachbarten Lagen (L1, L2) in einem Winkel zueinander verlaufen, der zwischen 45° und 90° liegt.

12. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in wenigstens einer Lage (L1, L2) zwischen Fasersträngen (**1**, **6**) aus leitfähigen Verstärkungsfasern zumindest teilweise Fasersträngе aus isolierendem Material angeordnet sind.

13. Antenne nach Anspruch 12, dadurch gekenn-

zeichnet, dass die Faserstränge aus isolierendem Material Faserstränge aus Glasfaser und/oder Synthesefaser sind.

14. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verarbeitungseinheit (**8**) zum Verarbeiten von über die Antennenstruktur zu sendenden und/oder empfangenen elektromagnetischen Wellen vorgesehen ist, wobei die Antennenstruktur über einen oder mehrere Kontaktabschnitte (**7**) an einem oder mehreren der beabstandeten Faserstränge (**1**, **6**) mit der Verarbeitungseinheit (**8**) verbunden ist.

15. Antenne nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungseinheit (**8**) ein Transponderchip ist.

16. Antenne nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Antennenstruktur mit der Verarbeitungseinheit (**8**) verklebt oder verbondet ist.

17. Antenne nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungseinheit (**8**) in dem faserverstärktem Verbundwerkstoff eingegossen ist.

18. Verfahren zur Ausbildung einer Antenne in einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, wobei der faserverstärkte Verbundwerkstoff eine Kunststoffmatrix und darin eingebettete Faserstränge aus leitfähigen strukturtragenden Verstärkungsfasern umfasst, wobei:
a) eine oder mehrere Lagen (L1, L2) von Fasersträngen (**1**, **6**) derart ausgebildet werden, dass in wenigstens einem Teil der Lagen (L1, L2) ein oder mehrere beabstandete Faserstränge (**1**, **6**) ausgebildet sind, welche von den anderen Fasersträngen (**1**, **6**) der jeweiligen Lage (L1, L2) beabstandet sind;
b) die Kunststoffmatrix zur Bildung des faserverstärkten Verbundwerkstoffs derart in die eine oder mehreren Lagen eingebracht wird, dass wenigstens ein Teil der beabstandeten Faserstränge (**1**, **6**) eine von den restlichen Fasersträngen (**1**, **6**) isolierte Antennenstruktur bildet, über welche elektromagnetische Wellen empfangen und/oder gesendet werden können;
dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Lagen (L1, L2) von Fasersträngen (**1**, **6**) gelegt werden und übereinander positioniert werden, wobei zur Ausbildung der Antennenstruktur beabstandete Faserstränge (**1**, **6**) von unterschiedlichen Lagen (L1, L2) über sich kontaktierende Kontaktierungsstellen (**3**) auf den beabstandeten Fasersträngen (**1**, **6**) miteinander elektrisch verbunden werden.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne in einem kohlestofffaserverstärkten Verbundwerkstoff ausgebildet wird, in dem die leitfähigen strukturtragenden Verstärkungsfasern aus Kunststoff bestehen.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausbildung der Antennenstruktur Faserstränge (**1**, **6**) von benachbarten Lagen (L1, L2) über Kontaktierungsstellen (**3**) auf den beabstandeten Fasersträngen miteinander elektrisch verbunden werden.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt b) des Anspruchs 18 die folgenden Teilschritte umfasst:
i) eine oder mehrere Isolationsschichten (**4**) aus Kunststoff werden auf und/oder in der oder den Lagen des wenigstens einen Teils der Lagen (L1, L2) derart ausgebildet, dass wenigstens ein Teil der beabstandeten Faserstränge (**1**, **6**) die von den restlichen Fasersträngen (**1**, **6**) isolierte Antennenstruktur bildet;
ii) die Lage oder die mehreren Lagen (L1, L2) von Fasersträngen (**1**, **6**) und die Isolationsschicht (**4**) oder Isolationsschichten (**4**) werden zu einem faserverstärkten Verbundwerkstoff endverarbeitet.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass beim Ausbilden der Isolationsschicht (**4**) oder Isolationsschichten (**4**) in Schritt i) des Anspruchs 14 Kontaktierungsfenster (**5**) gebildet werden, welche nicht von der Isolationsschicht (**4**) bedeckt sind, wobei die Kontaktierungsfenster (**5**) derart angeordnet sind, dass beim anschließenden Positionieren der Lagen (L1, L2) übereinander ein elektrischer Kontakt zwischen den Kontaktierungsstellen (**3**) auf beabstandeten Fasersträngen (**1**, **6**) in unterschiedlichen Lagen (L1, L2) über die Kontaktierungsfenster (**5**) hergestellt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktierungsfenster (**5**) dadurch gebildet werden, dass die Kontaktierungsstellen (**3**) in einer jeweiligen Lage (L1, L2) vor dem Aufbringen der Isolationsschicht (**4**) durch Abdeckungen abgedeckt werden, wobei die Abdeckungen nach Aufbringen der Isolationsschicht (**4**) entfernt werden, um die Kontaktierungsstellen (**3**) freizulegen.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Abdeckungen Aufkleber sind.

25. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktierungsfenster (**5**) dadurch gebildet werden, dass in einer jeweiligen Lage (L1, L2) eine Isolationsschicht (**4**) in der Form eines Isolationsfilms aufgebracht wird, wobei der Isolationsfilm Öffnungen aufweist, welche die Kontaktierungsfenster bilden und wobei der Isolationsfilm aus einem Kunststoff besteht, der bei der Durchführung des Schritts ii) des Anspruchs 14 in der Kunststoffmatrix aufgeht.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander

zu verbindenden Kontaktierungsstellen (**3**) von beabstandeten Fasersträngen (**1**, **6**) aneinander fixiert werden, insbesondere durch Vernähen.

27. Verfahren nach einem der Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander zu verbindenden Kontaktierungsstellen (**3**) von beabstandeten Fasersträngen (**1**, **6**) durch Vernähen aneinander fixiert werden.

28. Verfahren nach Anspruch 21 oder einem der Ansprüche 22 bis 27 in Kombination mit Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Isolationsschicht (**4**) in Schritt i) des Anspruchs 21 durch Harzapplizieren der jeweiligen Lage (L1, L2) mit einem ungehärteten Harz ausgebildet wird.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das ungehärtete Harz ein Epoxidharz und/oder Polyesterharz ist.

30. Verfahren nach Anspruch 21 oder einem der Ansprüche 22 bis 29 in Kombination mit Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt ii) des Anspruchs 21 die Lagen (L1, L2) von Fasersträngen (**1**, **6**) und die Isolationsschicht (**4**) oder Isolationsschichten (**4**) mit Harz durchtränkt und anschließend gehärtet werden.

31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass das Harz ein Epoxidharz und/oder Polyesterharz ist.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass beim oder nach dem Legen einer jeweiligen Lage (L1, L2) in Schritt a) des Anspruchs 18 ein oder mehrere der beabstandeten Faserstränge (**1**, **6**) an einer oder mehreren Stellen getrennt werden, wodurch ein oder mehrere Trennabschnitte (**2**) gebildet werden.

33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass der eine oder die mehreren der beabstandeten Faserstränge (**1**, **6**) an der einen oder den mehreren Stellen unter Verwendung eines Schneidwerkzeugs getrennt werden.

34. Verfahren nach Anspruch 32 oder 33, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere der Kontaktierungsstellen (**3**) benachbart zu einem Trennabschnitt (**2**) auf beabstandeten Fasersträngen (**1**, **6**) ausgebildet werden.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass eine stabförmige und/oder mäanderförmige und/oder spiralförmige und/oder rahmenförmige Antennenstruktur und/oder eine Patchantennenstruktur ausgebildet wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Faserstränge (**1**, **6**) in einer jeweiligen Lage (L1, L2) zumindest teilweise im Wesentlichen parallel gelegt werden.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Faserstränge (**1**, **6**) von benachbarten Lagen (L1, L2) schräg zueinander verlaufen.

38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass die Faserstränge (**1**, **6**) von benachbarten Lagen (L1, L2) in einem Winkel zueinander verlaufen, der zwischen 45° und 90° liegt.

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausbildung der beabstandeten Faserstränge (**1**, **6**) in Schritt a) des Anspruchs 18 die Faserstränge (**1**, **6**) in wenigstens einer Lage (L1, L2) während des Legens auf Abstand gelegt werden.

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausbildung der beabstandeten Faserstränge (**1**, **6**) in Schritt a) des Anspruchs 18 die Faserstränge (**1**, **6**) in wenigstens einer Lage (L1, L2) zunächst gelegt werden und anschließend diejenigen Faserstränge (**1**, **6**), welche als beabstandete Faserstränge (**1**, **6**) dienen sollen, beabstandet werden.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausbildung der beabstandeten Faserstränge (**1**, **6**) in Schritt a) des Anspruchs 18 in wenigstens einer Lage (L1, L2) zwischen Fasersträngen (**1**, **6**) aus leitfähigen Verstärkungsfasern zumindest teilweise Faserstränge aus isolierendem Material gelegt werden.

42. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Faserstränge aus isolierendem Material Faserstränge aus Glasfaser und/oder Synthesefasern sind.

43. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Faserstränge (**1**, **6**) in Schritt a) des Anspruchs 18 durch textile Fertigungsverfahren, insbesondere durch Weben und/oder Flechten und/oder durch das TFP-Verfahren (TFP = Tailored Fibre Placement) gelegt werden.

44. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Antennenstruktur über einen oder mehrere Kontaktabschnitte (**7**) an einem oder mehreren der beabstandeten Faserstränge (**1**, **6**) mit einer Verarbeitungseinheit (**8**) zum Verarbeiten von über die Antennenstruktur zu sendenden und/oder empfangenen elektromagnetischen Wellen verbunden wird.

45. Verfahren nach Anspruch 44, dadurch ge-

kennzeichnet, dass die Antennenstruktur mit einer Verarbeitungseinheit (**8**) in der Form eines Transponderchips verbunden wird.

46. Verfahren nach Anspruch 44 oder 45, bei dem die Verbindung des oder der Kontaktabschnitte (**7**) mit der Verarbeitungseinheit (**8**) über Kleben und/oder Bonden erfolgt.

47. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Antennenstruktur zusammen mit der Verarbeitungseinheit (**8**) zu dem faserverstärkten Verbundwerkstoff vergossen wird, insbesondere mit Harz durchtränkt und gehärtet wird.

48. Verfahren nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, dass das Vergießen der Antennenstruktur zusammen mit der Verarbeitungseinheit (**8**) zu dem faserverstärkten Verbundwerkstoff dadurch erfolgt, dass die Antennenstruktur zusammen mit der Verarbeitungseinheit (**8**) mit Harz durchtränkt und gehärtet wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

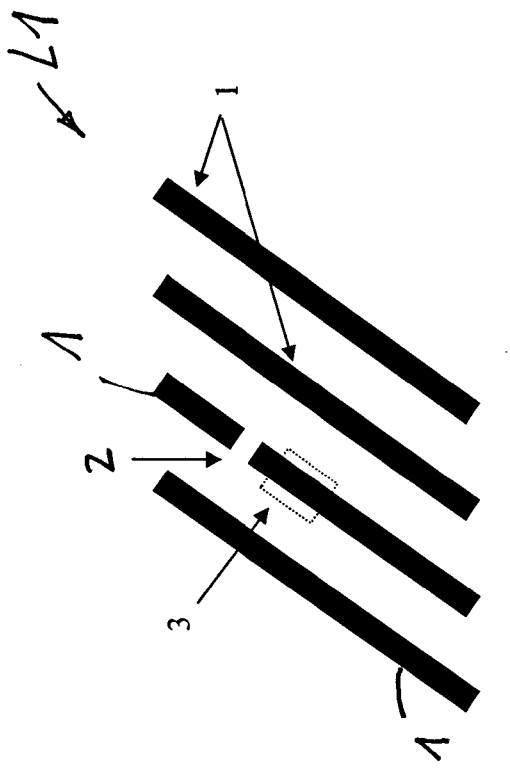


Fig. 1

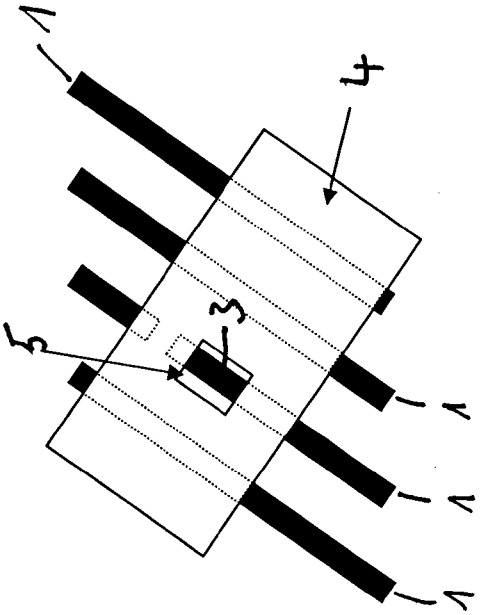


Fig. 2

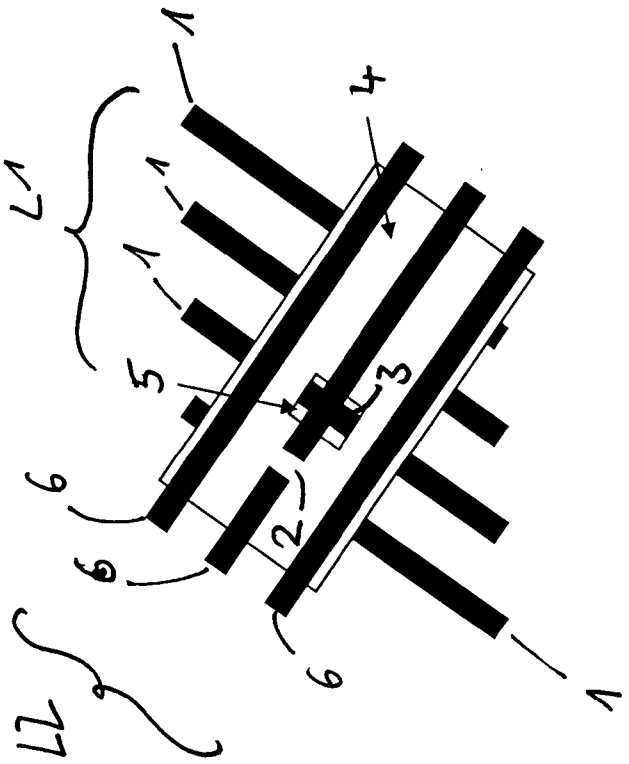


Fig. 3

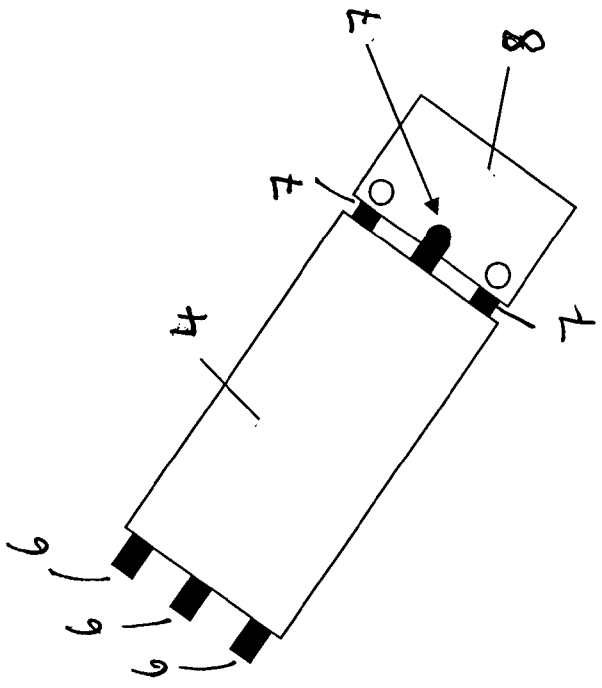


Fig. 4

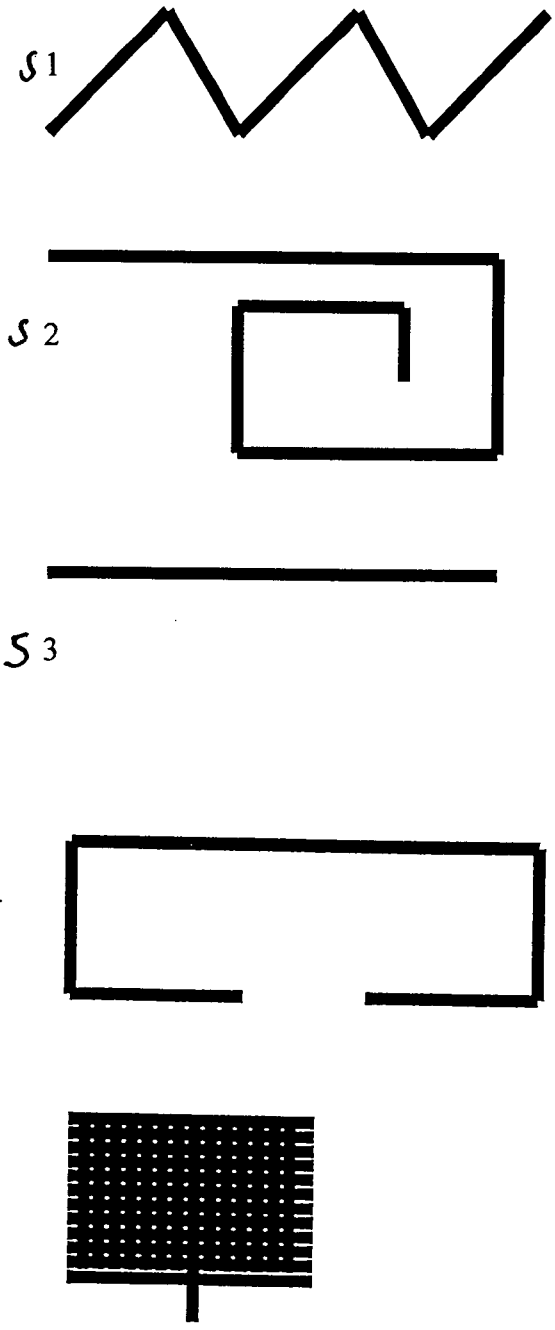


Fig. 5

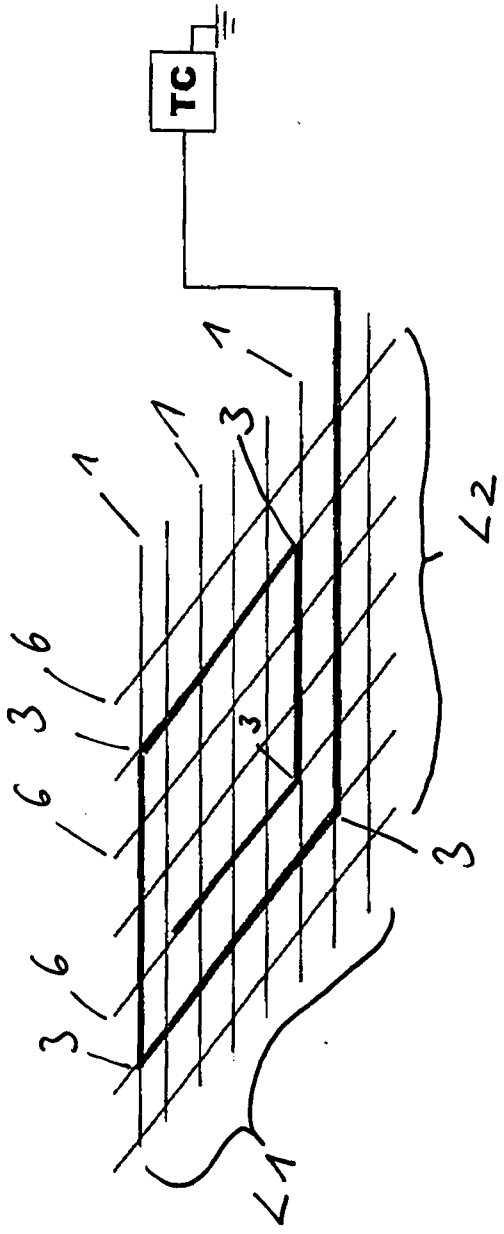


Fig. 6

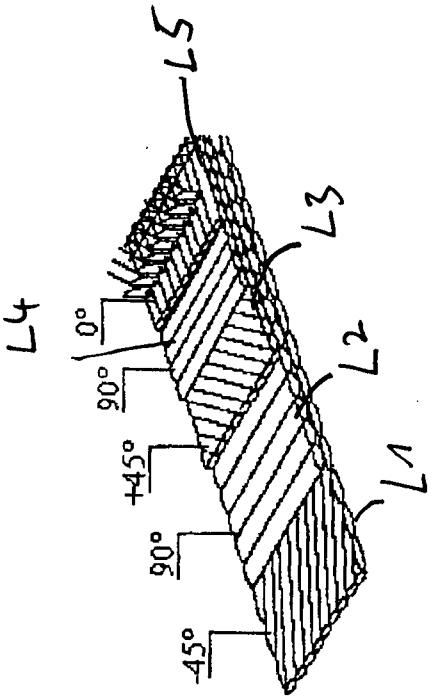


Fig. 7

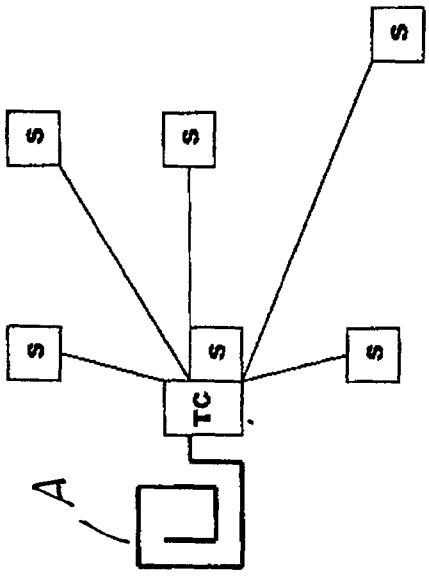


Fig. 8