

(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. Mai 2007 (03.05.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2007/048499 A1**

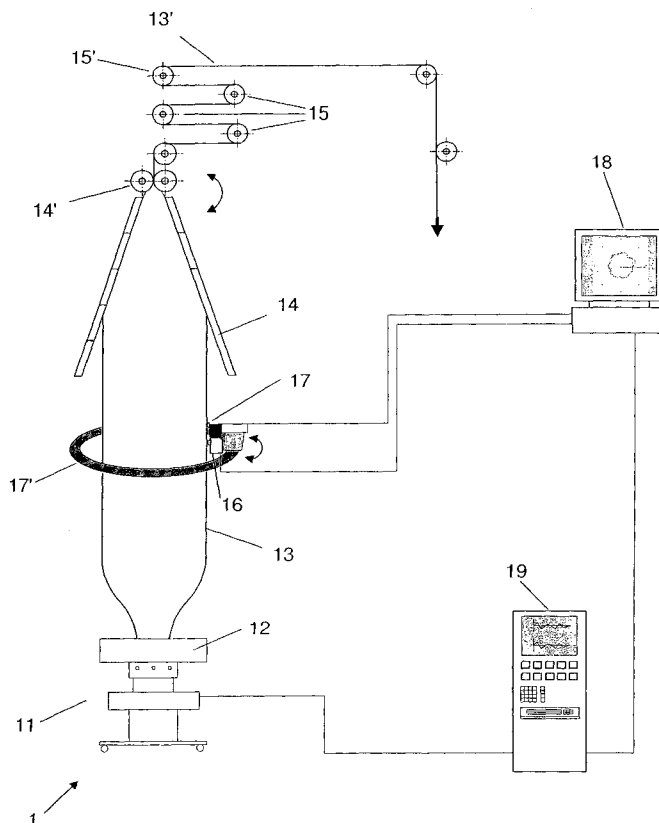
- (51) Internationale Patentklassifikation:  
**G01B 7/06** (2006.01) **B29C 47/92** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/009786
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
2. Oktober 2006 (02.10.2006)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
05405613.0 28. Oktober 2005 (28.10.2005) EP  
05405697.3 14. Dezember 2005 (14.12.2005) EP
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **HCH.KÜNDIG & CIE. AG** [CH/CH]; Joweid Zentrum 11, CH-8630 Rüti (CH).

- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KELLER, Albert** [CH/CH]; c/o Hch.Kündi & Cie. AG, Joweid Zentrum 11, CH-8630 Rüti (CH). **HÄNGGLI, Markus** [CH/CH]; Hch.Kündig & Cie. AG, Joweid Zentrum 11, CH-8630 Rüti (CH). **WEBER, Philipp** [CH/CH]; Hch.Kündig & Cie. AG, Joweid Zentrum 11, CH-8630 Rüti (CH). **STUKER, Peter** [CH/CH]; Hch.Kündig & Cie. AG, Joweid Zentrum 11, CH-8630 Rüti (CH).
- (74) Anwalt: **HAMMER, Bruno**; Sunneraiweg 21, CH-8610 Uster (CH).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MEASURING THE THICKNESS OF MULTI-LAYER FILMS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM MESSEN DER DICKE VON EHRSCICHTFOLIEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the thickness of multi-layer films (13) comprising layers consisting of various non-conductive materials. According to said method, the thickness of the multi-layer film (13) is measured by a first sensor (17) and a second sensor (16) and optionally additional sensors, whereby all the sensors take a measurement at the same location under the same conditions if possible. The first sensor (17) and the second (16) or additional sensors generate different measured values for layers of the multi-layer film (13) of the same thickness consisting of the same material (13). The measured signals of the sensors (16, 17) are fed to a computer (18), which determines the total thickness of the multi-layer film (13) and/or the thickness of the individual layers of the multi-layer film (13) from the different measured values of the first sensor (17) and the second (16) or additional sensors.

(57) Zusammenfassung: Bei dem Verfahren zum Bestimmen der Dicke von Mehrschichtfolien (13) mit Schichten aus verschiedenen nichtleitenden Werkstoffen wird die Dicke der Mehrschichtfolie (13) mit einem ersten Sensor (17) und einem zweiten Sensor (16) und eventuell weiteren Sensoren gemessen, wobei alle möglichst am gleichen Ort unter gleichen Bedingungen messen. Der erste Sensor (17) und der oder die weiteren Sensoren (16) erzeugen für Schichten gleicher Dicke aus gleichem Werkstoff der Mehrschichtfolie (13) unterschiedliche Messwerte. Die Messsignale der

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/048499 A1



JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

5

10

15

---

#### Verfahren zum Messen der Dicke von Mehrschichtfolien

---

20

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Bestimmen der Dicke von Mehrschichtfolien nach dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 1. Mehrschichtfolien aus Kunststoffen sind aus einer Vielzahl von Schichten aus verschiedenen Werkstoffen aufgebaut. Häufig verwendete sog. Thermoplaste sind Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyamid (PA), Ethylen-Vinylalkohol-Copolymere (EVOH), und andere mehr.

25

Die Mehrschichtfolien werden aus den verschiedenen Thermoplasten mit Coextrusion bzw. Mehrschichtextrusion hergestellt. Bekannte solche Extrusionsverfahren sind Blasextrusion und Flachextrusion. Bei der Blasextrusion werden sog. Blasfolien erzeugt. Die Schmelze wird bei der

30 Blasextrusion aus einer Ringdüse extrudiert und zu einem Schlauch geformt. In

den Schlauch wird Luft eingeblasen um diesen aufzuweiten. Der Schlauch wird dann flach gelegt, in vielen Fällen in zwei oder mehr Bahnen geschnitten und aufgewickelt. Bei der Flachfolienextrusion wird die Schmelze aus einer Schlitzdüse extrudiert.

5

Bei der Herstellung von Mehrschichtfolien werden gleichzeitig verschiedene Thermoplaste mit verschiedenen Eigenschaften durch Mehrfachdüsen extrudiert und zur Mehrschichtfolie vereinigt. In vielen Fällen ist es erforderlich, zwischen einzelnen Schichten der Mehrschichtfolie sog. Haftvermittler (HV) einzubringen. Die Haftvermittler haben die Bindung zwischen Schichten der Mehrschichtfolie zu verbessern.

10

Mehrschichtfolien werden für die Verpackung von Lebensmitteln in grossen Mengen verwendet. Man spricht dabei von Barrierekunststoffen. Diese Mehrschichtfolien weisen Schichten auf, die z.B. für Sauerstoff, Feuchtigkeit oder sonst für bestimmte Stoffe wenig durchlässig sind, was zu besserer Haltbarkeit der Lebensmittel führt. Für die Verpackung von Lebensmitteln werden Mehrschichtfolien auch als Schrumpffolien, als Kochbeutel, keimfreie Verpackungen für Molkereiprodukte usw. verwendet. Typische

15

20 Sperrschichtfolien haben z.B. einen Aufbau

PE oder PP

HV

SPERRSCHICHT (PA, EVOH)

25

HV

PE oder PP

30

Weitere Einzelheiten über Mehrschichtfolien, die dafür verwendeten Materialien und deren Eigenschaften, sowie deren Herstellung findet man z.B. in gut verständlicher Form im Buch "Kunststoff-Folien, Herstellung, Eigenschaften, Anwendung" von Joachim Nentwig, Carl Hanser Verlag München Wien, 1994.

Bei der Herstellung von Folien ganz allgemein, aber insbesondere auch bei der Herstellung von Mehrschichtfolien wird die Dicke der Folien überwacht, und bei Abweichungen wird z.B. bei der Herstellung von Flachfolien die Breite des Schlitzes von Extrusionsdüsen verändert, um möglichst Folien gleicher Dicke  
5 herzustellen. Bei der Blasfolienextrusion wird lokal die Temperatur der Schmelze oder der Kühlluft oder die Menge der Kühlluft verändert.

Damit z.B. die Qualität der Blasfolie auf dem ganzen Umfang gleich ist, muss  
10 die Dicke auf dem ganzen Umfang möglichst gleichmässig sein. Eine gleichmässige Dicke ist unter anderem auch notwendig, um bei der weiteren Verarbeitung der Folie z.B. ein gleichmässiges Bedrucken zu ermöglichen. Um eine gleichmässige Dicke in der Produktion zu überwachen oder durch  
15 Stellelemente im Blaskopf zu regeln, muss das Dickenprofil der Folie gemessen werden.

Es sind beispielsweise folgende Sensortypen für die Dickenmessung an Folien bekannt:

Kapazitive Sensoren welche durch die Dielektrizitätskonstante und/oder den Dämpfungsfaktor der Folie beeinflusst werden. Kapazitive Sensoren können  
20 reflektiv oder transmissiv messen.

Sensoren die mit Ionisierender Strahlung, mit Rückstreuung oder mit Absorption arbeiten und messen.

Sensoren die mit Infrarot-Absorption transmissiv arbeiten und messen.

Sensoren welche optisch mit Interferenz-Verfahren arbeiten und messen.

25 Sensoren welche mechanisch oder pneumatisch die Dicke nach der Flachlegung messen.

Sensoren die thermisch messen.

Sensoren, welche Ultraschall verwenden und Laufzeiten, Dämpfung, Reflexion und/oder Phasenverschiebungen messen.

30

Das Problem das mit der Erfindung gelöst werden soll, wird erläutert anhand der Kombination von kapazitiven Sensoren mit Sensoren, welche die

Foliendicke anhand der Rückstreuung von ionisierender Strahlung bestimmen. Bei Mehrschichtfolie geht es nicht nur darum, dass die gesamte Dicke einer Folie über die ganze Folie möglichst gleich ist. Es ist auch erforderlich, dass die einzelnen Schichten möglichst gleichbleibend dick sind.

5

Die Messsignale von kapazitiven Sensoren sind von der Dielektrizitätskonstante des zu messenden Materials abhängig. Die Messsignale von kapazitiven Sensoren, die nach dem Reflexionsprinzip arbeiten, sind praktisch direkt proportional zur Dicke einer Folie und zur Dielektrizitätskonstante des Materials der Folie. Die Dielektrizitätskonstanten von gewissen Materialien sind

10 temperaturabhängig.

Sensoren, die kapazitiv nach dem Reflexionsprinzip arbeiten, werden z.B. mit Vorteil zur Messung der Foliendicke an der Folienblase von

15 Blasfolienextrusionsanlagen verwendet. Um das Dickenprofil einer Folienblase online zu erfassen, wird ein Sensor auf einer ringförmigen Konstruktion um die Folienblase herumgeführt. Ein Umlauf dauert typischerweise 1-2 Minuten. Der Sensor wird mit gleichmässigem Druck gegen die Folienblase gedrückt. Dies ermöglicht eine sehr gute und exakte Online-Erfassung des Dickenprofils von

20 z.B. PE-Folien.

Bei der Messung an Mehrschichtfolien die aus mehreren Schichten von Thermoplasten mit z.T. stark unterschiedliche Dielektrizitätskonstanten bestehen, kann die Messung der Dicke und von Dickenprofilen fehlerhaft sein.

25 Da der Sensor nicht erkennen kann, dass sich z.B. gleichzeitig die Dicke der gesamten Folie und auch die Dicke einer oder mehrerer der Schichten der Mehrschichtfolie gleichzeitig so ändern, dass sich der Fehler, der von der Dicke der Folie herrührt und der Messfehler, der durch die Dicke einer Schicht der Mehrschichtfolie herrührt gegenseitig teilweise oder ganz kompensieren. Der

30 kapazitive Sensor stellt keine oder eine falsche, eine zu hohe oder zu geringe Änderung der Dicke fest.

In US 3,635,620 wird die Kombination einer mechanischen Messung der Gesamtdicke und einer kapazitiven Messung, welche von den verschiedenen Dielektrizitätskonstanten der Folienschichten abhängig ist, benutzt, um die mittlere Dicke der zwei Materialschichten zu messen und zu regeln. Da aber nur an einer einzigen Stelle am Umfang die Dicke gemessen wird, kann kein Dickenprofil erstellt werden.

In US 202/0057096 wird ausgenützt, dass die Dielektrizitätskonstante der Barriere-Materialien PA und EVOH stark temperaturabhängig ist. Zusätzlich zu einer ersten kapazitiven Messung bei hoher Temperatur, wird eine zweite kapazitive Messung bei viel tieferer Temperatur verwendet, um die Dicke von zwei verschiedenen Materialschichten zu messen. Diese tiefere Temperatur wird aber im allgemeinen erst nach der Flachlegung erreicht, sicher aber mehrere Meter nach der ersten Messstelle. Dadurch wird es schwierig oder unmöglich die genau gleichen Folienstellen zu messen und die Messergebnisse werden stark verfälscht durch die Dickenschwankungen in Produktionsrichtung der Folie.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu schaffen, welches es ermöglicht, Profile der Dicke von einzelnen Schichten von Mehrschichtfolien, bzw. Profile der Dicke von Gruppen von Schichten von Mehrschichtfolien, wie z.B. von allen Sperrschichten zusammen möglichst genau zu bestimmen.

Erfindungsgemäss weist das Verfahren die Merkmale des kennzeichnenden Teils des unabhängigen Anspruchs 1 auf. Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

Die Bestimmung der Dicke und von Dickenprofilen von Mehrschichtfolien nach dem neuen Verfahren nutzt z.B. die unterschiedliche Empfindlichkeit für die Dielektrizitätskonstante von kapazitiv reflektiv und zum Beispiel von auf der Basis ionisierender Strahlung messenden Sensoren. Die Messwerte von kapazitiven Dickensensoren die nach dem Reflexionsprinzip arbeiten, sind ein

Produkt aus der Dicke der Folie und der relativen Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r$ . Die Messwerte von Dickesensoren, die zum Beispiel auf der Basis ionisierender Strahlung messen, sind praktisch nur von der Dicke und dem spezifischen Gewicht des Materials abhängig. Ebenso wenig von der

- 5 Dielektrizitätskonstanten abhängig sind die Messwerte von Sensoren, die mit einem optischen Interferenzverfahren arbeiten.

Sensoren die mit ionisierender Rückstrahlung oder mit einem optischen Interferenzverfahren arbeiten, können in Laufrichtung der Folie direkt vor, nach  
10 oder neben dem Sensor, der kapazitiv reflektiv arbeitet angeordnet werden.

Es ist von Vorteil, wenn beide Sensoren möglichst exakt die gleiche Linie auf der Folie messen, damit Schwankungen der Dicke in Produktionsrichtung bei beiden Sensoren gleichzeitig in die Messung eingehen. Sind beide Sensoren in  
15 einem bestimmten Abstand übereinander oder nebeneinander angeordnet, so messen sie auf zwei parallelen Spiralbahnen auf der Folie. Der horizontale Abstand dieser Spiralbahnen sollte mindestens um Faktor 2 kleiner sein, als der entsprechende Abstand der Regelglieder im Blaskopf. Bei übereinander angeordneten Sensoren wird der Abstand dieser Spiralbahnen klein, wenn die  
20 Abzugsgeschwindigkeit gross ist, er nimmt aber proportional zu mit dem vertikalen Abstand der beiden Systeme und grösserer Reversiergeschwindigkeit des Messgerätes. Die genannte Bedingung wird für typische Anwendungen erreicht, wenn der vertikale Abstand der beiden Sensoren kleiner als ca. 0.5 m ist. Sind die Sensoren nebeneinander  
25 angeordnet, so gelten entsprechende Bedingungen.

Wenn die Sensoren immer in gleicher Richtung um die Blasen rotieren, dies im Gegensatz zum reversierenden Betrieb, können die Sensoren, welche übereinander angebracht sind, seitlich genau soviel verschoben werden, wie  
30 notwendig ist, um den Versatz, verursacht durch die Kombination von Abzugsgeschwindigkeit und Rotationsgeschwindigkeit, zu kompensieren. Zudem könnte die Rotationsgeschwindigkeit der Abzugsgeschwindigkeit

angepasst werden.

Durch die erwähnten oder ähnliche Massnahmen kann erreicht werden, dass beide Messsysteme möglichst genau am gleichen Ort messen. Dadurch  
5 messen sie auch unter gleichen thermischen Bedingungen.

Dielektrische Eigenschaften von Kunststoffen, wie Thermoplasten, die für Mehrschichtfolie verwendet werden, sind z.B. in Buch "Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften", Hans Domininghaus, Verlag Springer, 1998 zu finden. Auf  
10 Seite 128 sind z.B. die Dielektrizitätszahlen  $\epsilon$  und der dielektrische Verlustfaktor  $\tan \delta$  für Kunststoffe, die für Mehrschichtfolien verwendet werden in Abhängigkeit von der Temperatur graphisch dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass es in vielen Fällen zur weiteren Erhöhung der Messgenauigkeit der Sensoren beiträgt, wenn auch die Temperatur der Folie gemessen und in die  
15 Ermittlung der Korrekturwerte und Werte der Dicke mit einbezogen werden. Da für die häufig verwendeten Sperrschichtmaterialien PA und EVOH die Dielektrizitätskonstanten bei höherer Temperatur wesentlich grösser sind, ist es auch von Vorteil, das erfindungsgemässe Verfahren an einer Messstelle durchzuführen, bei welcher die Folie noch sehr heiss ist.

20

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Die einzige Fig.1 zeigt das Prinzipschema einer Mehrschichtfolien-Blasextrusionsanlage, an welcher die Dicke nach dem Verfahren der vorliegenden Erfindung gemessen und überwacht wird.

25

Die Herstellung von Folien erfolgt in der Blasfolienextrusionsanlage 1 wie folgt: Vom Extruder mit Mehrfach-Ringdüse (nicht gezeigt) wird die austretende Schmelze der verschiedenen Thermoplaste zu einem Schlauch geformt. Dieser Folienschlauch wird mit einer Geschwindigkeit abgezogen, die grösser ist, als  
30 die Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze. Durch einen Anschluss für Druckluft im Blaskopf 11 mit dem Formwerkzeug 12 wird der Schlauch zur Folienblase 13 aufgeblasen. Am Ende der Flachlegung 14 wird die Folienblase mit zwei

Abquetschwalzen 14' abgequetscht. Der flachgelegte Folienschlauch 13' wird dann zur Wickelvorrichtung (nicht gezeigt) geleitet (Pfeil) und zu einer Rolle gewickelt.

- 5 Die Dicke der Folie wird an der Folienblase 13 mit einem ersten, z.B. kapazitiven Sensor 17, gemessen, der nach dem Reflexionsprinzip arbeitet. Ein zweiter Sensor, z.B. ein Sensor mit ionisierender Strahlung 16, misst möglichst an der gleichen Stelle beziehungsweise auf derselben Linie in Produktionsrichtung. Beide Sensoren laufen gemeinsam auf einer Bahn 17' reversierend um die Folienblase 13 herum und zurück. Die Sensoren können auch kontinuierlich um die Folienblase 13 laufen. Der Reversiervorgang bzw. die Umlaufzeit dauert etwa eine halbe bis mehrere Minuten.

- 15 Nach den Abquetschwalzen 14' wird der Folienschlauch über die Wendestangen 15 zur fixen Rolle 15' geführt und von dort zu einem Wickler (nicht gezeigt).

- 20 Die Messwerte der beiden Sensoren 16 und 17 werden dem Rechner zugeführt. Der Rechner 18 ermittelt daraus die Profile der Gesamtdicke und der Dicke von Einzelschichten gemäss der Gleichungen in den Tabellen 2 und 3. Auf dem Bildschirm des Rechners 18, können die ermittelten Werte für die Dicke der einzelnen Schichten oder Gruppen von Schichten sowie die gesamte Dicke beispielsweise graphisch und/oder numerisch dargestellt werden.

- 25 Für Mehrschichtfolie macht man nach dem neuen Verfahren die für die Praxis durchaus zulässige Annahme, dass die Mehrschichtfolie aus zwei Typen von Thermoplasten bestehen. Erstens aus dem Grundmaterial, das meist ein Polyethylen (PE) ist und Sperrschichtmaterial wie zum Beispiel Polyamid (PA) oder Ethylenvinylalkohol (EVOH), die eine wesentlich höhere
- 30 Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  von 4 bis 15 haben. Obschon Mehrschichtfolien aus 5 und mehr verschiedenen Schichten aufgebaut sind, ist diese vereinfachende Annahme zulässig, da die PE-Schichten unter sich und die PA-Schichten unter

sich gut vergleichbare praktisch gleiche Werte für die Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r$  aufweisen. Dabei und im Folgenden werden deshalb die Sperrschichten vereinfachend mit PA bezeichnet. Rechnerisch kann also aus den Messwerten der beiden Sensoren 16 und 17 für die Dicke der ganzen Mehrschichtfolie im Wesentlichen auf die Dicke der PE-Schichten, die Dicke der PA-Schichten und natürlich auch auf die Gesamtdicke der Mehrschichtfolie geschlossen werden.

Das Profil der Gesamtdicke und/oder der Dicke von Teilschichten, welche der Rechner 18 berechnet, werden der Konsole 19 zugeführt, mit welcher die Anlage 1, d.h. der Extrusionsprozess gesteuert und geregelt wird und wo die Daten ebenfalls auf einem Bildschirm dargestellt werden könnten. Schliesslich kann auch vorgesehen sein, dass die Konsole 19 die Dicke einzelner Schichten und der gesamten Mehrschichtfolie aufgrund der nach dem Verfahren im Rechner 18 ermittelten Werte für die Dicke regelt und steuert wie dies schon früher erläutert wurde.

Bei der Erfindung geht es um die Messung und Regelung der Dicke der gesamten Mehrschichtfolie aber auch um die Messung der Dicke von Schichten aus verschiedenen Werkstoffen, meist Thermoplasten.

Nachstehend wird an einem Beispiel gezeigt, wie die Dicke der PA-Schichten, und jene der PE-Schichten nach dem Verfahren bestimmt werden können. Es wird dabei auch auf die Fig. 1 Bezug genommen.

#### 25 TABELLE 1 / DIE VERWENDETEN BEZEICHNUNGEN / IHRE BEDEUTUNG

Zeichen	Bedeutung
D1	Dickenmesswert des Sensors 16, welcher wenig oder nicht von der Dielektrizitätskonstanten $\epsilon_r$ abhängig ist
D2	Dickenmesswert des Sensors 17, welcher proportional von der Dielektrizitätskonstanten $\epsilon_r$ abhängig ist
DE	Dicke der PE-Schicht (alle Schichten zusammen, welche ein $\epsilon_r$ ähnlich wie PE haben)
DA	Dicke der PA-Schicht (alle Schichten zusammen, welche ein $\epsilon_r$ ähnlich wie PA haben)

D	Gesamtdicke der Folie, $D = DE + DA$
k	Konstante, kann auch eine komplizierte Formel sein
$\epsilon_A$	Dielektrizitätskonstante von PA (bzw. Sperrschicht)
$\epsilon_E$	Dielektrizitätskonstante von PE

Es wird dabei von folgenden Voraussetzungen und Annahmen ausgegangen.

- Alle Sperrschichten (PA, EVOH etc.) mit hohem  $\epsilon_r$  werden als eine einzige Schicht betrachtet und zusammengefasst.
- 5 • Alle Schichten mit PE-ähnlichem  $\epsilon_r$  werden zusammengefasst und als eine einzige Schicht betrachtet.
- Der Sensor 17, welcher kapazitiv reflektiv misst, sei auf den Mittelwert der Gesamtdicke bei PE kalibriert.
- Der Sensor 16, der zum Beispiel auf der Basis von ionisierender Strahlung
- 10 misst, sei auf den Mittelwert der Gesamtdicke der Mehrschichtfolie kalibriert.
- Die Messempfindlichkeit der beiden Messsysteme, d.h. der beiden Sensoren 16 und 17 betreffend  $\epsilon_r$  sei bekannt.

TABELLE 2 / GRUNDGLEICHUNGEN

Gerät	Gl. Nr.		Bemerkung
Sensor 16	(I)	$D1 = DE + DA (1+k)$	$k = >0 \dots \text{ca. } 0.8$ für Systeme mit geringer Abhängigkeit von $\epsilon_r$ $k = 0$ , für Systeme die unabhängig sind von $\epsilon_r$
Sensor 17	(II)	$D2 = DE + DA * (\epsilon_A / \epsilon_E)$	z.B. $\epsilon_A / \epsilon_E = 5$ ( ca. 1.5...9 )

TABELLE 3 / BESTIMMUNG DER DICKENANTEILE VON PA, VON PE UND DER SUMME DER BEIDEN DICKEN

Methode	Gl. Nr.		Bemerkung
(II) - (I)	(III)	$D2 - D1 = DA (\epsilon_A / \epsilon_E - 1 - k)$	
Vereinfachung	(IV)	$K = (\epsilon_A / \epsilon_E - 1 - k)$	Näherung, z.B.: $K = (5 - 1 - 0.6) = 3.4$
(IV) in (III)	(V)	$DA = (D2 - D1) / K$	Mittelwerte bzw. Profilwerte
aus (I)	(VI)	$DE = D1 - DA \cdot (1+k)$	
	(VII)	$D = DE + DA$	gemäss Definition von D

- 5 Mit den Formeln gemäss Tabelle 3 kann die Gesamtdicke der Mehrschichtfolie korrekt berechnet werden, obwohl die Messungen jedes Sensors allein für sich einen Messfehler aufweisen, welche von der Dicke der PA-Schicht im Verhältnis zur gesamten Dicke der Folien abhängt.
- 10 In erster Näherung genügt es, die in der Tabelle erwähnten Werte für  $k$  und  $\epsilon_A/\epsilon_E$  einzusetzen. Es ist natürlich möglich, die Messung weiter zu optimieren und noch präzisere Dickenwerte zu bestimmen. Zum Beispiel kann mit einem System mit  $k=0$  aus der Gleichung III das korrekte Verhältnis  $\epsilon_A / \epsilon_E$  und somit auch das für die aktuelle Temperatur geltende  $\epsilon_A$  bestimmt werden, wenn für
- 15  $DA$  der Sollwert und für  $D1$  und  $D2$  die Mittelwerte über ein ganzes Profil eingesetzt werden. Wird zusätzlich das Temperaturprofil der Folie an der Messstelle 16 und/oder 17 gemessen, so kann das Verhältnis  $\epsilon_A / \epsilon_E$  für jeden einzelnen Messwert noch exakter bestimmt werden. Es geht in diesem Beispiel jedoch lediglich und vor allem darum, das Prinzip der Bestimmung der
- 20 Dickenwerte aus den Messwerten, die von den beiden Sensoren 16 und 17 ermittelt werden, zu zeigen.

Entsprechen die angenommenen Werte für  $k$  und  $\epsilon_A/\epsilon_E$  nicht genau der Realität und/oder werden der Sensor 16 und der Sensor 17 nicht genau

aufeinander abgeglichen, so enthält das berechnete K auch noch einen Kalibrierfehleranteil. Die damit berechneten Anteile von PE und PA sind dann nicht genau. Es kann aber gezeigt werden, dass zum Beispiel bei 5% Kalibrierfehler des Sensors 17 der daraus resultierende Profilverfälschung für das PA Profil bei 30% PA-Anteil weniger als 0.5% beträgt.

Bei dem Verfahren zum Bestimmen der Dicke von Mehrschichtfolien 13 mit Schichten aus verschiedenen nichtleitenden Werkstoffen wird die Dicke der Mehrschichtfolie 13 mit einem ersten Sensor 17 und einem zweiten Sensor 16 und eventuell weiteren Sensoren gemessen. Der erste Sensor 17 und der oder die weiteren Sensoren 16 erzeugen für Schichten gleicher Dicke aus gleichem Werkstoff der Mehrschichtfolie 13 unterschiedliche Messwerte. Die Messsignale der Sensoren 16, 17 werden einem Rechner 18 zugeführt, der aus den unterschiedlichen Messwerten des ersten Sensors 17 und des oder der weiteren Sensoren 16 die gesamte Dicke der Mehrschichtfolie 13 und/oder die Dicke einzelner Schichten der Mehrschichtfolie 13 bestimmt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Dicke von Mehrschichtfolien (13) mit Schichten aus verschiedenen nichtleitenden Werkstoffen mit einem ersten Sensor (17) , gekennzeichnet durch einen weiteren Sensor (16) oder mehrere weitere Sensoren, wobei alle Sensoren die Folie möglichst an der gleichen Stelle unter gleichen Bedingungen messen, der erste Sensor und der oder die weiteren Sensoren für Schichten gleicher Dicke aus gleichem Werkstoff der Mehrschichtfolie (13) unterschiedliche Messwerte erzeugen, und die Messsignale der Sensoren (16, 17) einem Rechner (18) zugeführt werden, der aus den unterschiedlichen Messwerten des ersten Sensors (17) und des oder der weiteren Sensoren (16) die gesamte Dicke der Mehrschichtfolie (13) und/oder die Dicke einzelner Schichten der Mehrschichtfolie (13) bestimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, zum Bestimmen der Dicke von Mehrschichtfolien (13) aus Schichten von Werkstoffen mit unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_r$  und/oder unterschiedlichen dielektrischen Verlustfaktoren  $\tan \delta$ .
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, zum Bestimmen der Dicke von Mehrschichtfolien (13) bei welchem der erste Sensor (17) kapazitiv nach dem Reflexionsverfahren (reflektiv) die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  , und der zweite Sensor (16) kapazitiv nach dem Reflexionsverfahren (reflektiv) den Verlustfaktor  $\tan \delta$  der Mehrschichtfolie misst.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem ein einziger Sensor sowohl die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  als auch den dielektrischen Verlustfaktor  $\tan \delta$  misst und damit als erster und als zweiter Sensor dient.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 bei welchem der erste Sensor mit einem Messprinzip arbeitet, dessen Dickenmesswerte von der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  des Materials der Folie stark und vorzugsweise direkt proportional abhängig sind, insbesondere mit einem Sensor der mit dem kapazitiv reflektiv arbeitenden Messprinzip arbeitet und misst und der zweite Sensor mit einem Messprinzip arbeitet, dessen Dickenmesswerte von der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  des Materials der Folie und der Schichten der Folie nicht oder nur schwach abhängig sind, vorzugsweise, mit einem Sensor der die Dicke der Folie mit der Rückstreuung ionisierender Strahlung oder einem Sensor, der die Dicke der Folie mit einem optischen Interferenzverfahren misst.

5

10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei welchem die Sensoren die Dicke der Folie an derselben Stelle der Folie oder an benachbarten Stellen der Folie, vorzugsweise an der Folienblase oder der flachgelegten Folie messen.

15
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei welchem der Rechner (18), welchem die Messwerte der zwei Messgeräte, welche verschieden empfindliche auf die Dielektrizitätskonstanten der Folienmaterialien reagieren, zugeführt werden, aus diesen Messwerten die Dielektrizitätskonstanten oder das Verhältnis der Dielektrizitätskonstanten der verschiedenen Folienmaterialien bestimmt.

20
8. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, in einer Mehrschichtfolien-Blasextrusions-Anlage oder in einer Flachfolien-Extrusions-Anlage, zum Messen, Überwachen und/oder Regeln der gesamten Dicke, und/oder der Dicke einzelner Schichten und/oder der Dicke von Gruppen von Schichten, insbesondere der Sperrschichten in Mehrschichtfolien (13).

25

30

1 / 1

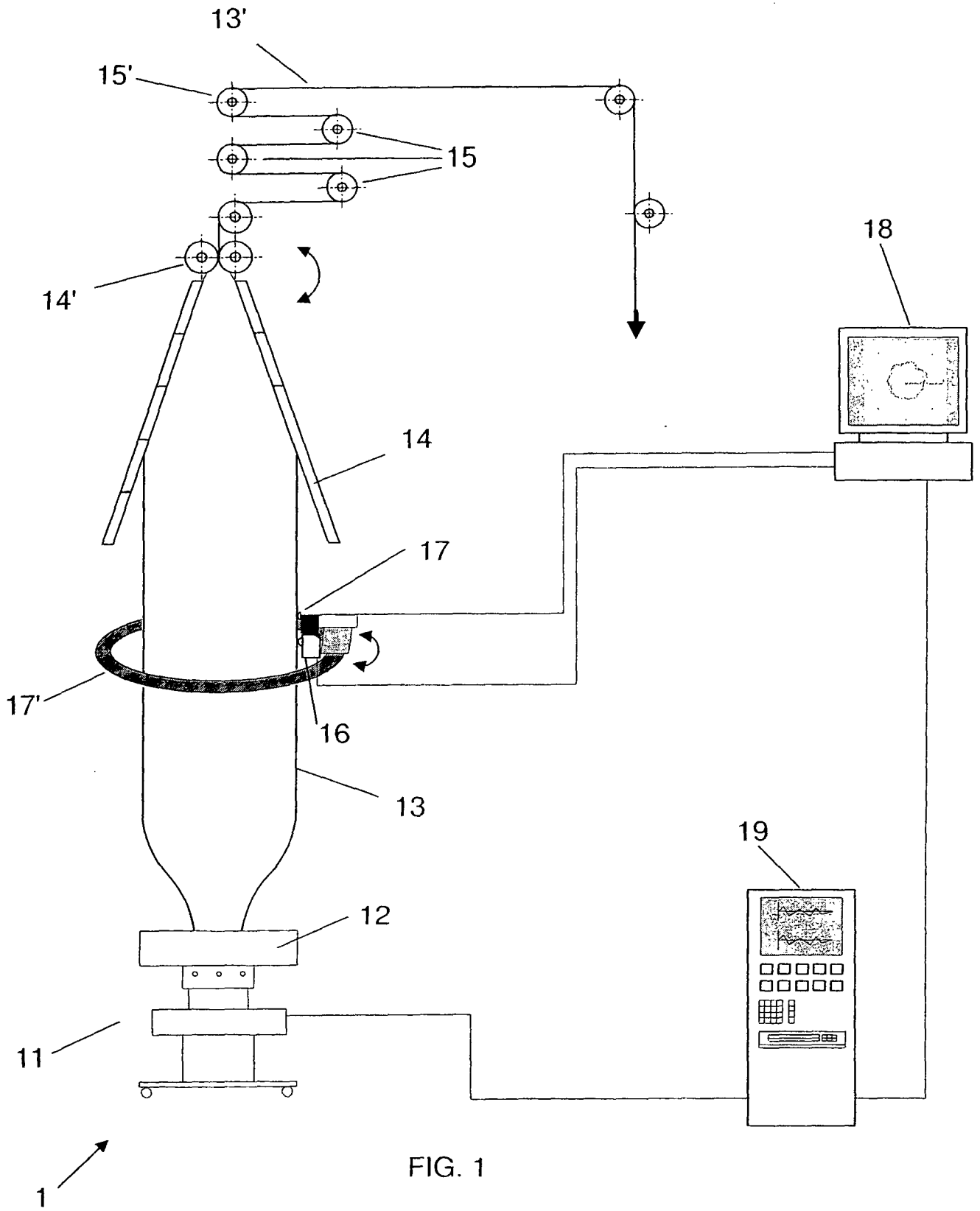


FIG. 1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2006/009786A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01B7/06 B29C47/92

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G01B B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/057096 A1 (MULLER FRANK ET AL) 16 May 2002 (2002-05-16) cited in the application	1-6, 8
A	paragraphs [0016] - [0038]; figures 1-4 -----	7
X	EP 1 271 096 A (ELECTRONIC SYSTEMS S.P.A) 2 January 2003 (2003-01-02)	1, 2, 5, 6
A	paragraphs [0001] - [0031]; claim 10; figures 1, 2 -----	3, 4, 7, 8
X	US 4 514 812 A (MILLER PETER S [US] ET AL) 30 April 1985 (1985-04-30)	1-6, 8
A	column 2, line 65 - column 9, line 52; figures 1-6 -----	7
	-/--	

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 February 2007

Date of mailing of the international search report

03/04/2007

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beyfuß, Martin

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2006/009786

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 937 093 A (CHINO ET AL) 26 June 1990 (1990-06-26) column 2, line 64 - column 5, line 42; figures 1-4 -----	1-8
A	US 6 812 468 B1 (BAUMANN JOACHIM ET AL) 2 November 2004 (2004-11-02) column 2, line 42 - column 4, line 14; figures 1-6 -----	1-8
A	US 5 489 402 A (KNOBLAUCH ET AL) 6 February 1996 (1996-02-06) column 3, line 51 - column 4, line 67; figures 1-4 -----	1-8
A	EP 1 193 041 A (HOSOKAWA ALPINE AKTIENGESELLSCHAFT & CO. OHG) 3 April 2002 (2002-04-03) paragraphs [0018] - [0028]; figure 1 -----	1-8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/009786

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002057096	A1	16-05-2002	EP 1205293 A1	15-05-2002
EP 1271096	A	02-01-2003	NONE	
US 4514812	A	30-04-1985	AU 543893 B2	09-05-1985
			AU 1841883 A	05-04-1984
			CA 1221214 A1	05-05-1987
			DE 3334430 A1	05-04-1984
			JP 1373467 C	07-04-1987
			JP 59079734 A	09-05-1984
			JP 61039176 B	02-09-1986
US 4937093	A	26-06-1990	DE 3921825 A1	11-01-1990
			JP 2013803 A	18-01-1990
			JP 2089765 C	02-09-1996
			JP 7119594 B	20-12-1995
US 6812468	B1	02-11-2004	WO 0011450 A2	02-03-2000
			DE 19837889 C1	21-12-2000
			EP 1110074 A2	27-06-2001
			JP 2002523739 T	30-07-2002
US 5489402	A	06-02-1996	DE 4203755 A1	12-08-1993
			WO 9315897 A1	19-08-1993
			EP 0650409 A1	03-05-1995
			JP 2602474 B2	23-04-1997
			JP 7503675 T	20-04-1995
EP 1193041	A	03-04-2002	DE 10047836 A1	11-04-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. G01B7/06 B29C47/92

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
G01B B29C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/057096 A1 (MULLER FRANK ET AL) 16. Mai 2002 (2002-05-16) in der Anmeldung erwähnt	1-6,8
A	Absätze [0016] - [0038]; Abbildungen 1-4 -----	7
X	EP 1 271 096 A (ELECTRONIC SYSTEMS S.P.A) 2. Januar 2003 (2003-01-02)	1,2,5,6
A	Absätze [0001] - [0031]; Anspruch 10; Abbildungen 1,2 -----	3,4,7,8
X	US 4 514 812 A (MILLER PETER S [US] ET AL) 30. April 1985 (1985-04-30)	1-6,8
A	Spalte 2, Zeile 65 - Spalte 9, Zeile 52; Abbildungen 1-6 -----	7
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. Februar 2007

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

03/04/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Beyfuß, Martin

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 937 093 A (CHINO ET AL) 26. Juni 1990 (1990-06-26) Spalte 2, Zeile 64 - Spalte 5, Zeile 42; Abbildungen 1-4 -----	1-8
A	US 6 812 468 B1 (BAUMANN JOACHIM ET AL) 2. November 2004 (2004-11-02) Spalte 2, Zeile 42 - Spalte 4, Zeile 14; Abbildungen 1-6 -----	1-8
A	US 5 489 402 A (KNOBLAUCH ET AL) 6. Februar 1996 (1996-02-06) Spalte 3, Zeile 51 - Spalte 4, Zeile 67; Abbildungen 1-4 -----	1-8
A	EP 1 193 041 A (HOSOKAWA ALPINE AKTIENGESELLSCHAFT & CO. OHG) 3. April 2002 (2002-04-03) Absätze [0018] - [0028]; Abbildung 1 -----	1-8

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/009786

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002057096	A1	16-05-2002	EP	1205293 A1	15-05-2002
EP 1271096	A	02-01-2003	KEINE		
US 4514812	A	30-04-1985	AU	543893 B2	09-05-1985
			AU	1841883 A	05-04-1984
			CA	1221214 A1	05-05-1987
			DE	3334430 A1	05-04-1984
			JP	1373467 C	07-04-1987
			JP	59079734 A	09-05-1984
			JP	61039176 B	02-09-1986
US 4937093	A	26-06-1990	DE	3921825 A1	11-01-1990
			JP	2013803 A	18-01-1990
			JP	2089765 C	02-09-1996
			JP	7119594 B	20-12-1995
US 6812468	B1	02-11-2004	WO	0011450 A2	02-03-2000
			DE	19837889 C1	21-12-2000
			EP	1110074 A2	27-06-2001
			JP	2002523739 T	30-07-2002
US 5489402	A	06-02-1996	DE	4203755 A1	12-08-1993
			WO	9315897 A1	19-08-1993
			EP	0650409 A1	03-05-1995
			JP	2602474 B2	23-04-1997
			JP	7503675 T	20-04-1995
EP 1193041	A	03-04-2002	DE	10047836 A1	11-04-2002