

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑯ Gesuchsnummer: 03204/95

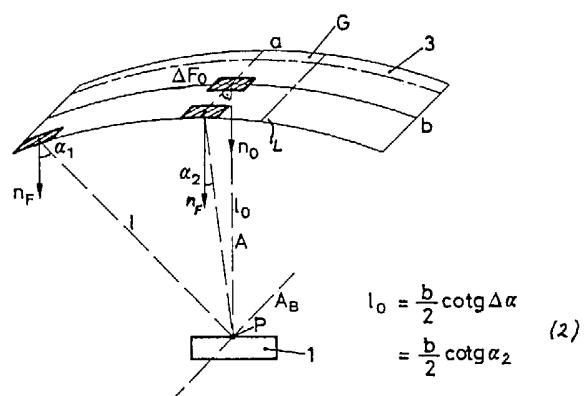
⑬ Inhaber:
Unaxis Balzers Aktiengesellschaft,
9496 Balzers (LI)

⑭ Anmeldungsdatum: 13.11.1995

⑮ Patent erteilt: 31.12.2001

⑯ Erfinder:
Martin Dubs, Im unteren Stieg,
7304 Maienfeld (CH)⑯ Patentschrift
veröffentlicht: 31.12.2001**⑭ Beschichtungskammer, Substratträger hierfür, Verfahren zum Vakuumbedampfen sowie Beschichtungsverfahren.**

⑮ Um eine geforderte minimale Variation des Einfallswinkels (α) von Beschichtungsmaterial an einem planen Substrat (3) einzuhalten, wird vorgeschlagen, das Substrat (3), gebogen eingespannt, der Verdampfungsquelle (1) auszusetzen. Dies wird erreicht durch einen Substratträger, der das Substrat gebogen zu spannen in der Lage ist und geeignet beabstandet der Bedampfungsquelle aussetzt. Durch die Biegung wird die Orientierung der Substratoberfläche zur Bedampfungsquelle optimiert und so unter anderem die Beschichtungshomogenität verbessert. Eine Anwendung liegt im Bereich grossflächiger Substrate, zum Beispiel für Displays.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beschichtungskammer der im Oberbegriff von Anspruch 1 angegebenen Gattung, einen Substraträger hierfür nach Anspruch 9, weiter ein Verfahren zur Vakuumbedämpfung planer Substrate nach dem Oberbegriff von Anspruch 10, Verwendungen davon nach den Ansprüchen 14 bis 16 sowie ein allgemeines Beschichtungsverfahren nach Anspruch 17.

Die Erfindung betrifft damit einerseits die erwähnte Kammer, Substraträger und Verfahren für die Bedämpfungsbeschichtung von Substraten, worunter reaktives oder nichtreaktives Bedampfen mittels eines Elektronenstrahlverdampfers, eines Funkenverdampfers oder mittels thermischen Tiegelverdampfens verstanden sei, ist aber insbesondere gerichtet auf reaktives oder nichtreaktives Bedampfen durch thermisches Tiegelverdampfen, dabei vorzugsweise Elektronenstrahlverdampfen.

Unter einem allgemeineren Aspekt betrifft aber die vorliegende Erfindung auch die Beeinflussung der Schichtdickenverteilung auch bei anderen Beschichtungsverfahren, wie bei Sputterbeschichten.

Anhand von Fig. 1 soll einerseits das bekannte Vorgehen beim Bedämpfungsbeschichten planer Substrate mit dessen Nachteilen erläutert werden und zudem die nachfolgend verwendeten Größen definiert werden.

Eine Verdampfungsquelle 1 in einer Vakuumkammer, sei dies ein Elektronenstrahlverdampfer oder ein thermischer Tiegelverdampfer, kann genähert als Punktquelle betrachtet werden, als Quelle im Punkt P, definiert durch den Fußpunkt der Zentrumsachse A auf die zu verdampfende Materialneufläche.

Es werden an einem bezüglich des Fußpunktes P beabstandeten planen Substrat 3 infinitesimal kleine Teillächen ΔF betrachtet.

Definitionen

Als Einfallswinkel α wird der Winkel zwischen der Flächennormalen n_F auf die Teilläche F und der Verbindungsline ℓ zwischen Fußpunkt der erwähnten Flächennormalen und dem Punkt P an der Quelle verstanden.

Der Einfallswinkel α variiert an einem planen Substrat mit der Position des jeweils betrachteten Flächenelementes ΔF . Als Zentrums-Einfallswinkel α_0 ist der Einfallswinkel eines Flächenelementes ΔF_0 im Zentrum des Substrates bezeichnet.

Maximale Einfallwinkelabweichung

Darunter wird an einer betrachteten Substrat/Quellen-Konfiguration der Unterschied $\Delta\alpha$ von minimalem Einfallswinkel und maximalem Einfallswinkel α verstanden.

Spezifische Beschichtungsrate

Darunter wird die pro Zeiteinheit an einem betrachteten Flächenelement ΔF abgelegte Materialmenge verstanden. Sie ist umgekehrt proportional

abhängig zum Quadrat der Länge der Strecke ℓ und variiert damit stark mit der Lage des betrachteten Flächenelementes gemäß Fig. 1. Sie ist weiter abhängig von der – hier genähert als kugelförmig betrachteten – Charakteristik K der Quelle sowie vom Einfallswinkel α .

Beschichtungswirkungsgrad

Darunter wird das Verhältnis pro Zeiteinheit am Substrat 3 gesamthaft abgelegten Materialmenge zu der pro Zeiteinheit an der Quelle 1 verdampfter Materialmenge verstanden. Dieses variiert quadratisch mit $1/\ell_0^2$, wobei ℓ_0 dem mittleren Abstand vom Substrat 3 zu Punkt P entspricht, nach Fig. 1.

Es besteht heute das Bedürfnis, immer grössere plane Substrate bedämpfungsbeschichten.

Dabei ist oft sicherzustellen, dass die Einfallswinkelvariation $\Delta\alpha$ entlang des Substrates einen vorgegebenen Winkel nicht überschreitet.

Dies ist beispielsweise (s. WO 95/11 517) und insbesondere der Fall bei der Herstellung sogenannter Field Emission Displays (FED). Mit zunehmender Beschichtungszeit wachsen daran vorgesehene zylindrische Vertiefungen bei geeigneten Bedämpfungsbedingungen zu, und es bilden sich am Boden dieser Vertiefungen spitze Kegel des Beschichtungsmaterials, an welchen die geforderte Feldemission möglich ist. Wenn nicht eine definierte, maximal zulässige Auftreffwinkelabweichung $\Delta\alpha_{max}$ entlang des ganzen Substrates eingehalten wird, so wird das gleichförmige Wachsen dieser Spitzen entlang des Substrates gestört, was zu einer Beeinträchtigung der Display-Qualität oder gar zu seiner Unbrauchbarkeit führen kann. Dabei wird in diesem Falle, gemäß Fig. 1, α_0 zu Null gewählt.

Mit Blick auf Fig. 1 sei nun ein rechteckförmiges Substrat der Dimension $a \times b$ durch Bedämpfen zu beschichten. Durch Wahl eines minimal einzuhaltenden mittleren Abstandes ℓ_0 kann erreicht werden, dass eine maximal vorgegebene Einfallwinkelabweichung $\Delta\alpha$ eingehalten wird. Wird gemäß Fig. 1 für das Substrat 3 $\alpha_0 = 0$ gewählt und ΔF_0 im Durchstosspunkt der Achse A und weiter eine maximale Einfallwinkelabweichung $\Delta\alpha_{max}$ vorgeschrieben, so ergibt sich für den minimal einzuhaltenden mittleren Abstand ℓ_0

$$(1) \quad \ell_0 = \frac{1}{2} (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \cdot \cot \Delta\alpha_{max} \\ = \frac{1}{2} (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \cdot \cot \alpha_1,$$

wobei im betrachteten Spezialfall zentrierten Substrates $\Delta\alpha_{max}$ dem Einfallswinkel am Flächenelement ΔF , das vom Substratzentrum ΔF_0 am weitesten entfernt ist, gemäß Fig. 1, dem Einfallswinkel α_1 entsprechen muss.

Wenn das Substrat 3 beispielsweise eine Größe von 300 mm \times 400 mm aufspannt und eine maximale Winkelabweichung $\Delta\alpha_{max}$ von 7°, wie beispielsweise für die FED-Herstellung, gefordert ist, so ergibt sich nach (1) ein minimal einzuhaltender Abstand ℓ_0 von 2000 mm.

Damit sind folgende Nachteile des in Fig. 1 sche-

matisch dargestellten bekannten Vorgehens offensichtlich:

a) Es sind ausserordentlich grosse Bedampfungskammern notwendig, welche lange Konditionierungszeiten, dabei insbesondere lange Evakuierungszeiten, erfordern, womit die Prozesszeiten unerwünscht lang werden. Dabei sind, schon konstruktiv bedingt, derartige Kammern aufwändig.

b) Die spezifische Beschichtungsrate variiert beim Einhalten des maximal tolerierbaren $\Delta\alpha_{max}$ aufgrund der quadratischen Beziehung zu Flächen-element/Quellenabstand ℓ .

c) Aufgrund des grossen mittleren Quellen- zu Substratabstandes ℓ_0 ist der Beschichtungswirkungsgrad relativ schlecht.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, an einer Beschichtungskammer sowie einem Verfahren eingangs genannter Art, diese Nachteile zu beheben.

Aus der nachfolgend dargestellten Lösung dieser Aufgabe ergibt sich die generelle Möglichkeit, die Beschichtungsratenverteilung und/oder die Einfallsrichtungsverteilung entlang eines Substrates, und dies nicht nur bei Bedampfungsverfahren, in erfinderischer Weise zu beeinflussen.

Die erwähnte Aufgabe wird durch die Beschichtungskammer eingangs genannter Art, welche sich nach dem Kennzeichen von Anspruch 1 auszeichnet, und/oder durch Vorsehen eines Substraträgers nach Anspruch 7, weiter durch das Verfahren eingangs genannter Art, ausgebildet nach dem Kennzeichen von Anspruch 8, gelöst. Dies nicht nur bei Beschichtungsverfahren, in denen am Substrat 3 ein Zentrums-Auftreffwinkel $\alpha_0 = 0^\circ$ auftritt und/oder die Quellenachse A durch das Substratzentrum ΔF_0 verläuft, sondern auch bei Anordnungen, bei welchen $\alpha_0 \neq 0$ ist und/oder A das Zentrum ΔF_0 nicht durchstösst, wie dies beispielsweise der Fall sein kann, wenn mehrere plane Substrate an der Peripherie einer Substraträgerkalotte gegenüber der Quelle angeordnet werden, die sich um ihre Zentrumsachse dreht.

Dabei ist auch die Erfindung an solchen Anordnungen realisierbar und in gewissen Fällen vorteilhaft, bei denen die Substrate auf Planetenträgern angeordnet sind, welche sich einerseits um die Planetenachse drehen und diese Planeten sich um die Anlagenachse drehen. Damit kann die Schichtdickenverteilung über die Substrate, verglichen mit Planetenträgeranordnungen ohne Realisation der vorliegenden Erfindung, weiter verbessert werden. Die Planetenanordnung der Substrate ist besonders für ein gleichzeitiges Beschichten mehrerer Substrate vorteilhaft, wobei zusätzlich der Beschichtungswirkungsgrad erhöht wird.

Mit Blick auf grosse zu beschichtende Substrate werden Verwendungen nach den Ansprüchen 12 bis 14 bevorzugt.

Die Erfindung wird anschliessend beispielsweise anhand von Figuren erläutert.

Es zeigen:

Fig. 2 ausgehend von Fig. 1, am Spezialfall eines über der Quellenachse A zentrierten Substrates mit $\alpha_0 = 0$, schematisch, das an einer erfindungsge-

mässen Kammer bzw. dem Substraträger bzw. dem erfindungsgemässen Verfahren gewählte Vorgehen;

5 Fig. 3a, 3b ausgehend von einer Darstellung gemäss den Fig. 1 und 2, das erfindungsgemäss Vorgehen in verallgemeinerten Fällen, wo ein oder mehrere Substrate bezüglich der Achse A nicht zentriert sind bzw. $\alpha_0 = 0$ nicht eingehalten ist. Ebenfalls angedeutet ist die Rotation der Substrate mit ω_a und 1 oder ω_p ;

10 Fig. 4a bis 4d schematisch, verschiedene Möglichkeiten der Konstruktion eines erfindungsgemässen Substraträgers;

15 Fig. 5 schematisch im Querschnitt, eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemässen Substraträgers, insbesondere für rechteckige oder quadratische Substrate;

20 Fig. 6 in Darstellung analog zu Fig. 5, eine Querschnittsdarstellung gemäss Linie VI-VI von Fig. 5;

Fig. 7 schematisch eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemässen Substraträgers;

25 Fig. 8 schematisch das Vorgehen bei Lineartransport eines erfindungsgemäss gebogenen Substrates über eine oder mehrere Quellen mit Vorsehen eines Kollimators.

Gemäss Fig. 2 wird erfindungsgemäss das Substrat 3, nun bezüglich der Achse A zentriert und mit $\alpha_0 = 0$ gebogen, und zwar bezüglich mindestens einer Biegeachse A_B , welche bevorzugterweise durch den Fusspunkt P der Quelle 1 verläuft. Sie liegt bevorzugterweise parallel zum kleinsten Substratdurchmesser, also, gemäss Fig. 2, parallel zu den kleineren Rechteckseiten b. Wie unmittelbar ersichtlich, wird durch die erfindungsgemäss Biegung generell die Einfallswinkelvariation $\Delta\alpha$ am Substrat 3 verkleinert; liegt, wie bevorzugt, die Biegeachse A_B tatsächlich im Fusspunkt P, so wird beim betrachteten Spezialfall der Biegeradius gleich ℓ_0 gewählt. Flächenelemente ΔF entlang Grosskreislinien gemäss G des zylindrisch gebogenen Substrates 3 haben alle gleiche Einfallswinkel α . Die grösste Einfallswinkelabweichung $\Delta\alpha$ tritt entlang Mantellinien L der Zylinderfläche auf. Wird weiterhin, wie im Beispiel von Fig. 1, die maximal tolerierte Einfallswinkelvariation $\Delta\alpha_{max}$ zu F_0 vorgeschrieben, so ergibt sich bei $a \times b 300 \times 400$ mm der minimal einzuhaltende Abstand ℓ_0 nun zu

$$50 (2) \quad \ell_0 = (b/2) \cdot \cotg \Delta\alpha_{max} \\ = (b/2) \cdot \cotg \alpha_2,$$

55 Es ergibt sich der nun einzuhaltende Minimalabstand ℓ_0 zu 1222 mm, was einer Reduktion durch das erfindungsgemäss Vorgehen von 40% entspricht. Dabei wird nun

60 A) die notwendige Beschichtungskammer massgeblich kleiner,

B) die spezifische Beschichtungsrate am Substrat wesentlich homogener verteilt,

C) der Beschichtungswirkungsgrad wesentlich verbessert.

65 Es ergibt sich aus Betrachtung von Fig. 2 für den

Fachmann nun ohne weiteres, dass eine weitere Reduktion und Verbesserung im obgenannten Sinne dadurch erzielt wird, dass das Substrat 3 nicht zylindrisch um eine Biegeachse AB, sondern sphärisch, bevorzugterweise um den Punkt P, gebogen wird.

Wie bezüglich Biegeradius sowie zylindrischer oder sphärischer Biegung fallspezifisch vorgegangen wird, bemisst sich unter anderem auch an der Elastizität des Substrates und damit seinem Material und seiner Dimensionierung, berücksichtigend, dass das Substrat keinerlei bleibende Deformationen aufweisen sollte.

Mit Blick auf die oben erläuterten Spezialfälle ist erkennlich, dass immer dann, wenn das Zentrumsfächenelement ΔF_0 eine Flächennormale n_0 aufweist, welche durch P durchläuft und in A liegt, bezüglich Einfallsinkelabweichungen $\Delta\alpha$ am Substrat symmetrische Verhältnisse herrschen.

Wird, wie in Fig. 3a links schematisch dargestellt, das Substrat mit $\alpha_0 = 0$, aber bezüglich A exzentrisch angeordnet, so wird auch hier, bei erfundungsgemässer Biegung (rechts dargestellt), sei es zylindrisch oder sphärisch, die verbleibende Einfallsinkelabweichung $\Delta\alpha$ bis hin zu 0 verringert, was auch hier erlaubt, den mittleren Quellen- zu Substratabstand f_0 zu verringern.

Wird die Anordnung des planen Substrates zudem, gemäss Fig. 3b, bezüglich des Quellenpunktes P so gewählt, dass $\alpha_0 \neq 0$, so wird auch dann durch erfundungsgemäss Biegung, wie rechts in Fig. 3b dargestellt, wiederum die erfundungsgemäss angestrebte Verringerung von $\Delta\alpha$ erzielt.

Weil in jedem Falle bei gegebenem tolerierbarem $\Delta\alpha_{max}$ durch erfundungsgemässes Vorgehen die minimal einzuhaltende Distanz zwischen Substrat 3 und Quellenpunkt P verringert wird, ergibt sich jedenfalls, so auch bei Kalottenträgern, eine massgebliche Volumenreduktion der Beschichtungskammer. Damit geht auch eine Verbesserung des Beschichtungswirkungsgrades einher.

Weil weiter, wie sich aus allen Fig. 2 bis 3 ohne weiteres ergibt, sich die Abstandsverhältnisse ℓ zwischen betrachteten Flächenelementen ΔF und Quellenpunkt P durch erfundungsgemäss Biegung grundsätzlich ändern lassen, ergibt sich durch das erfundungsgemäss Vorgehen weiter die Möglichkeit, die Beschichtungsratenverteilung am Substrat grundsätzlich einzustellen, nämlich durch gezielt eingesetzte Biegung des Substrates, gegebenenfalls auch während eines Prozesses variabel. Dies gilt auch für Beschichtungsverfahren, bei denen die Quelle weit weniger als punktförmig betrachtet werden kann, wie beispielsweise bei Sputterbeschichtungsverfahren.

In Fig. 4a ist, schematisch, eine erste Ausführungsvariante eines erfundungsgemässen Substraträgers 10 dargestellt. Er weist Eingriffspartien 5 für den Rand des planen Substrates 3 auf, die sich mit einem Abstand gegenüberliegen, der geringer ist als der daran einzuspannende Durchmesser \varnothing_5 des Substrates 3. Durch Vorsehen eines Mittendorfes 7 wird bei Einlegen des Substrates 3, falls erwünscht, eine konvexe Nach-aussen-Biegung des Substrates 3, wie bei 3a dargestellt, erreicht. Bei Vorsehen

randständiger Anschläge 7a und Weglassen des Mittendorfes 7 wird, wie bevorzugt, ein konkaves Nach-innen-Biegen des Substrates 3 gemäss 3b erreicht.

5 In Fig. 4b, c und d sind, schematisch, beispielsweise Ausführungsformen eines erfundungsgemässen Substraträgers 10a dargestellt, woran relativ zueinander bewegliche Spannorgane zum Biegen des Substrates vorgesehen sind.

10 Gemäss Fig. 4b sind die sich gegenüberliegenden Eingriffspartien 5 am Substraträger 10a relativ zueinander beweglich. Entweder sind sie mit mindestens einer Bewegungskomponente p, beispielsweise entlang Bewegungsbahnen 8, die einen stumpfen Winkel β einschliessen, gegeneinander verschieblich, um das in Fig. 4b noch plan dargestellte Substrat konkav zu biegen, oder sie sind, wie mit Ø dargestellt, verschwenkbar, um diese Biegung zu erreichen, gegebenenfalls beides.

15 20 Gemäss Fig. 4c wird das Substrat an mindestens zwei sich gegenüberliegenden Peripheriebereichen mittels Abstützorganen 9 abgestützt, und es greift ein Zugorgan 11 auf den Mittenbereich des Substrates ein, um es bevorzugterweise konkav, wie gestrichelt dargestellt ist, zu biegen.

25 Letztere Ausführungsform eignet sich insbesondere für die Biegung kreisscheibenförmiger Substrate mit Zentrumsoffnung gemäss Fig. 4d, wo das Zugorgan 11a durch die Zentrumsoffnung 12 des kreisscheibenförmigen Substrates 3 eingreift, Letzteres an seiner Peripherie, beispielsweise an einer Kreisringfläche der Abstützung 9 anliegt, und welches Substrat durch Hochziehen des Organs 11a kalottenförmig gebogen wird.

30 35 In Fig. 3b rechts ist im Weiteren schematisch die Realisation der vorliegenden Erfindung an Planeten-substraträgern dargestellt. Dabei werden die Substrate 3 um jeweilige Planetenachsen P, wie mit ω_P dargestellt, gedreht und die Planeten mit den Substraten 3 gleichzeitig, wie mit ω_A angedeutet, um die Anlagen- bzw. Kalottenachse A.

40 45 50 In den Fig. 5 und 6 ist eine heute bevorzugte Ausführungsform eines erfundungsgemässen Substraträgers, insbesondere für rechteckförmige bzw. quadratische Substrate, dargestellt. Der Substraträger umfasst einen äusseren, rechteckförmigen Rahmen 20, welcher entlang der einen sich gegenüberliegenden Innenflächen, vorzugsweise der kürzeren, entsprechend Seite b von Fig. 2, geneigte Auflageflächen 22 aufweist.

55 60 65 Gemäss Fig. 6 sind vorzugsweise an den längeren Rahmenseiten nicht geneigte Auflageflächen 24 vorgesehen, welche, bevorzugterweise gemäss Ansicht von Fig. 5 gebogen, entsprechend der maximal zu erststellenden Substratbiegung in die Rahmenhaken eingearbeitet sind. Das rechteckförmige Substrat 3 wird auf die Flächen 22 bzw. 24 gebogen und dort mittels einer Spannvorrichtung 26, wiederum rahmenartig, wie dargestellt ausgebildet, gebogen eingespannt.

Dabei werden die Substrate für das Handling, bereits mindestens in den Außenrahmen 20 eingelegt, gegebenenfalls bereits mit den Spannrahmen 26 gespannt, um Beschädigungen zu vermeiden und um in der Behandlungskammer jegliche Konta-

mination durch Abriebpartikel bei Einlegen des Substrates 3 in den Träger zu vermeiden.

Selbstverständlich kann, falls erwünscht, die analoge Trägeranordnung für konvexe Nach-aussen-Krümmung des Substrates ausgebildet werden.

Anhand der vorbeschriebenen erfindungsgemässen Substraträger wurde erläutert, wie das Substrat 3 mechanisch gebogen aufgenommen werden kann.

In Fig. 7 ist schematisch ein weiterer erfindungsgemässer Substraträger dargestellt, mittels welchem das Substrat elektromagnetisch gebogen gehalten und mittels Vakuum in die geforderte Biegeposition gezogen wird. Auch hier wird das Substrat vorzugsweise ausserhalb der Vakumbeschichtungskammer am Träger angeordnet.

Der Träger 28 umfasst wiederum einen Rahmen mit einer gebogenen inneren Haltefläche 35 für das Substrat 3. An der Haltefläche 35 münden, du-schenartig, Saugleitungen 30 aus, welche gemeinsam mit einem Sauganschluss 32 für eine Vakuum-pumpe kommunizieren. Eine Isolationsschicht 34 deckt die Auflagefläche für das gebogene Substrat 3 ab. Nach Einlegen eines noch planen Substrates 3 auf die Umfangsdichtung 36 wird dieses durch Saugwirkung der Saugleitungen 30 dicht an die Auflagefläche 35 des Trägers 28 hingezogen. Zwi-schen dem elektrisch leitenden Substrat 3, oder mindestens dessen elektrisch leitender Oberflächen-schicht und dem Träger 28, wird, beispielsweise mittels eines Kontakttringes 40, vom übrigen Träger 28, wie bei 41 dargestellt, elektrisch isoliert, mittels einer aufschaltbaren und vorzugsweise einstellbaren Spannungsquelle 38 eine elektrische Gleichspan-nung angelegt, womit, über die Isolationsschicht 34, als Dielektrikum wirkend, die leitende Oberfläche des Substrates 3 dicht an der gewölbten Auflageflä-che 35 des Trägers 28 gehalten wird. Das Vakuum in den Leitungen 30 wird aufgehoben, womit der Träger mit dem gebogenen Substrat dem Vakuum für die Beschichtung ausgesetzt werden kann.

Insbesondere für sphärisches Biegen von Subst-raten können weiter auch die unterschiedliche ther-mische Ausdehnung oder die Schichtspannungen von verschiedenen Substratmaterialien ausgenützt werden. Hierzu wird das Substrat aus zwei übereinander liegenden, verbundenen Schichten mit ver-schiedenen Ausdehnungskoeffizienten gebildet. Die im Allgemeinen unerwünschte Verbiegung von be-schichteten Substraten wird hier vorteilhaft im Sinne der Erfindung ausgenützt. Für die gewünschte kon-kave Verformung wird beispielsweise auf die Substratrückseite eine Schicht mit höherem thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufgebracht, so-dass sich das Substrat für die nachfolgende Be-schichtung der Vorderseite bei höherer Temperatur sphärisch verbiegt und nach dem Abkühlen wieder die ursprüngliche plane Form annimmt. Dabei kann die Schicht auf der Substratrückseite permanent oder nur zum Zweck der Verformung während der Beschichtung der Vorderseite angebracht werden. Zur Erzielung der geeigneten Krümmung (konkav oder konvex) können die Schichtdicken, die verwen-detem Materialien und die Beschichtungstemperatur geeignet gewählt werden.

In Fig. 8 ist ein rechteckförmiges Substrat sche-matisch dargestellt, das linear, wie mit s dargestellt, über die Quelle 1 bewegt wird. Mittels Blenden 45, vorzugsweise symmetrisch beidseitig der Quelle 1, wird als Kollimator der Bereich B am linear beweg-ten Substrat 3 abgegrenzt, welcher erfindungsge-mäss beschichtet wird. Selbstverständlich können auch mehrere Quellen 1 im Beschichtungsbereich vorgesehen sein, dies grundsätzlich, d.h. auch ohne Linearbewegung und Kollimator. Durch Vorsehen und entsprechende Auslegung der Blenden 45 wird nicht nur der zur Wirkung gebrachte Einfallswinkel-bereich α festgelegt, sondern kann auch die ausge-nützte spezifische Beschichtungsrate festgelegt wer-den und damit die Schichtdickenverteilung, insbe-sondere auch durch Steuerung der Vorschubbewe-gungsgeschwindigkeit des Substrates bezüglich des durch die Blenden 45 abgegrenzten Bereiches B.

Dem Fachmann eröffnen sich aufgrund des Ge-sagten viele Möglichkeiten, das Substrat zylindrisch oder kalottenförmig oder auch nur in gewissen Flä-chenbereichen gezielt zu biegen, einerseits, um die Einfallwinkelabweichung zu reduzieren, die Be-schichtungsratenverteilung zu homogenisieren und den Beschichtungswirkungsgrad zu erhöhen, oder auch, um gegebenenfalls eine gezielte Beschich-tungsratenverteilung, die nicht homogen angestrebt zu werden braucht, zu erreichen.

30 Patentansprüche

1. Beschichtungskammer für mindestens ein im Wesentlichen planes Substrat (3) mit mindestens ei-ner Bedampfungsquelle (1) und einem davon beab-standeten Substraträger (10), dadurch gekenn-zeichnet, dass der Substraträger (10) das Substrat (3) gebogen spannt.

2. Beschichtungskammer nach Anspruch 1, da-durch gekennzeichnet, dass der Substraträger (10) das Substrat (3) konkav gegen die Quelle (1) gebo-gen spannt.

3. Beschichtungskammer nach einem der An-sprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Substraträger (10, 10a) so dimensioniert ist, dass das Substrat (3) nur gebogen aufgenommen werden kann oder dass am Substraträger (10a) rel-ativ zueinander bewegliche Spannorgane (5a) zum Spannen eines im Substraträger (10a) eingelegten planen Substrates (3) angeordnet sind.

4. Beschichtungskammer nach einem der An-sprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Substraträger (10, 10a) Fixierungsorgane für min-destens zwei sich gegenüberliegende Peripheriebe-reiche des Substrates (3) aufweist, welche zu- und voneinander beweglich gelagert sind.

5. Beschichtungskammer nach einem der An-sprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Substraträger (10a) ein bezüglich einer Aufnahme für ein Substrat (3) im Wesentlichen zentral gelagertes Spannorgan (11, 11a) aufweist, welches im Wesentlichen senkrecht zur Aufnahmeebene für das plane Substrat (3) verschieblich ist.

6. Beschichtungskammer nach Anspruch 5 für Substrate mit einer Zentrumsöffnung, dadurch ge-kennzeichnet, dass das zentrale Spannorgan (11a)

zum Eingriff in die Zentrumsöffnung (12) des Substrates (3) ausgebildet ist.

7. Beschichtungskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Substratträger (10) entlang einer Trägerkalotte über der Quelle (1) angeordnet sind, dass die Trägerkalotte um eine Achse drehgetrieben ist und vorzugsweise die Substratträger (10) als Planeten um je ihnen zugeordnete Achsen (P).

5

8. Beschichtungskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Quelle (1) zwischen Kollimationsblenden (45) angeordnet ist und vorzugsweise der Substratträger (10) getrieben über der Quelle (1) und den Blenden linear verschieblich ist.

10

9. Substratträger für eine Beschichtungskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass relativ zueinander mechanisch, pneumatisch, thermisch und/oder elektrisch wirkverbundene Spannorgane (5a, 11) zum Biegen eines am Substratträger aufgenommenen Substrates vorgesehen sind.

15

10. Verfahren zum Vakuumbedampfen planer Substrate in einer Beschichtungskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat gebogen wird.

20

11. Verfahren nach Anspruch 10 zur Homogenisierung des Einfallswinkels entlang der zu beschichtenden Substratfläche, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (3) gegen die Bedampfungsquelle (1) hin konkav gebogen wird.

25

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, vorzugsweise für ein Substrat (3) mit einem kürzeren und einem längeren Durchmesser, dadurch gekennzeichnet, dass es bezüglich einer einzigen Achse parallel, vorzugsweise zum kürzeren Durchmesser gebogen wird.

30

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, vorzugsweise für ein Substrat (3) mit mindestens im Wesentlichen gleichen Durchmessern, dadurch gekennzeichnet, dass es sphärisch gebogen wird.

35

14. Verwendung der Beschichtungskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8 oder des Substratträgers nach Anspruch 9 oder des Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 13 für das Beschichten planer Substrate (3) durch Elektronenstrahl- oder Tiegelbedampfen.

40

15. Verwendung der Beschichtungskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8 oder des Substratträgers nach Anspruch 9 oder des Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 13 für Einzelsubstrat-Beschichtungsprozesse.

45

16. Verwendung der Beschichtungskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8 oder des Substratträgers nach Anspruch 9 oder des Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 13 für die Herstellung von Field Emission Displays.

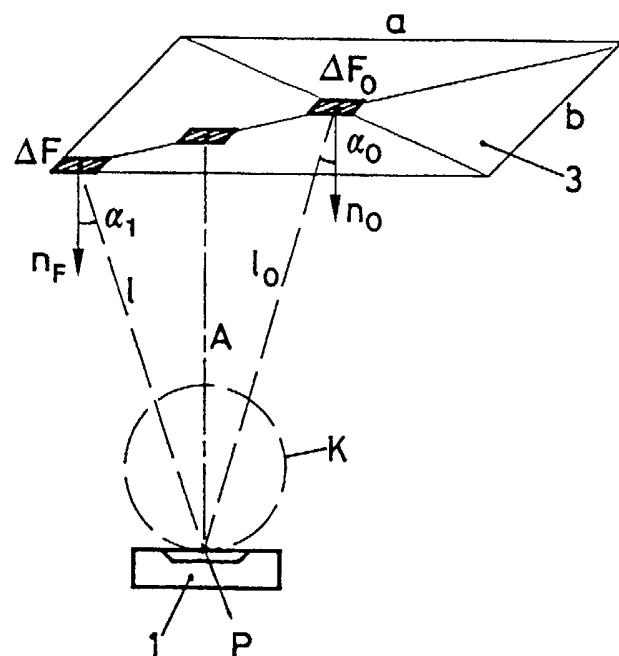
50

17. Verfahren zur Vorgabe der Beschichtungsdickenverteilung entlang der Oberfläche eines im Wesentlichen planen Substrates in einer Beschichtungskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass man das Substrat während der Beschichtung biegt.

55

60

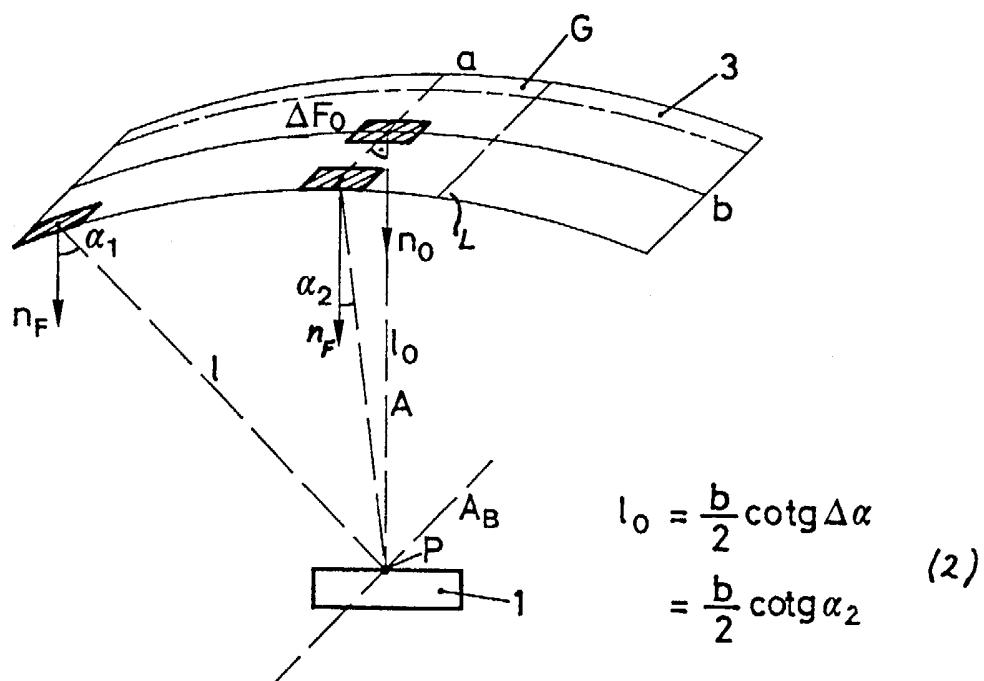
65



$$l_0 = \frac{1}{2} (a^2 + b^2)^{1/2} \cotg \Delta\alpha \quad (1)$$

$$= \frac{1}{2} (a^2 + b^2)^{1/2} \cotg \alpha_1$$

FIG.1



$$l_0 = \frac{b}{2} \cotg \Delta\alpha \quad (2)$$

$$= \frac{b}{2} \cotg \alpha_2$$

FIG. 2

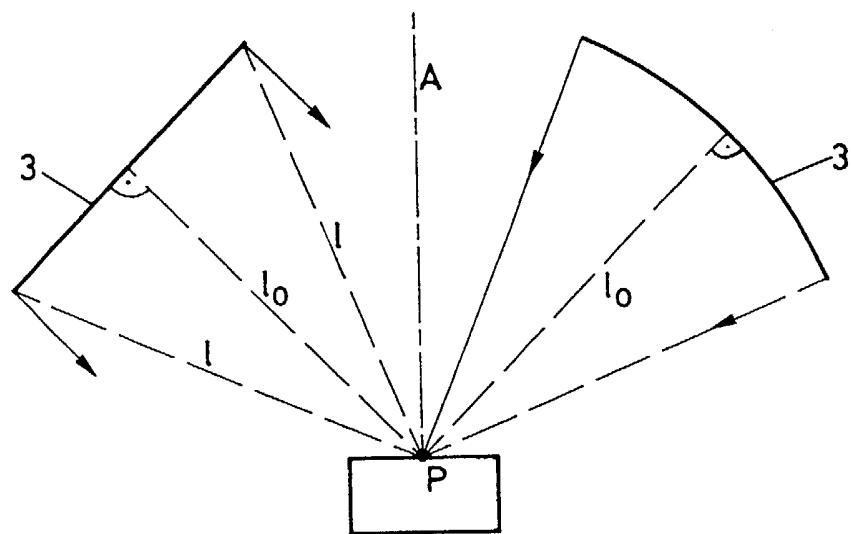


FIG. 3a

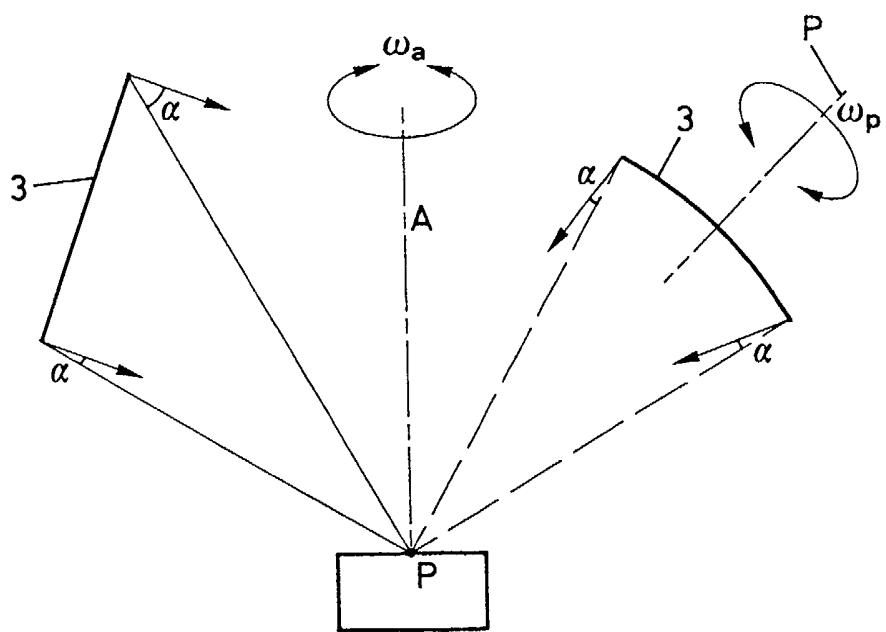


FIG. 3b

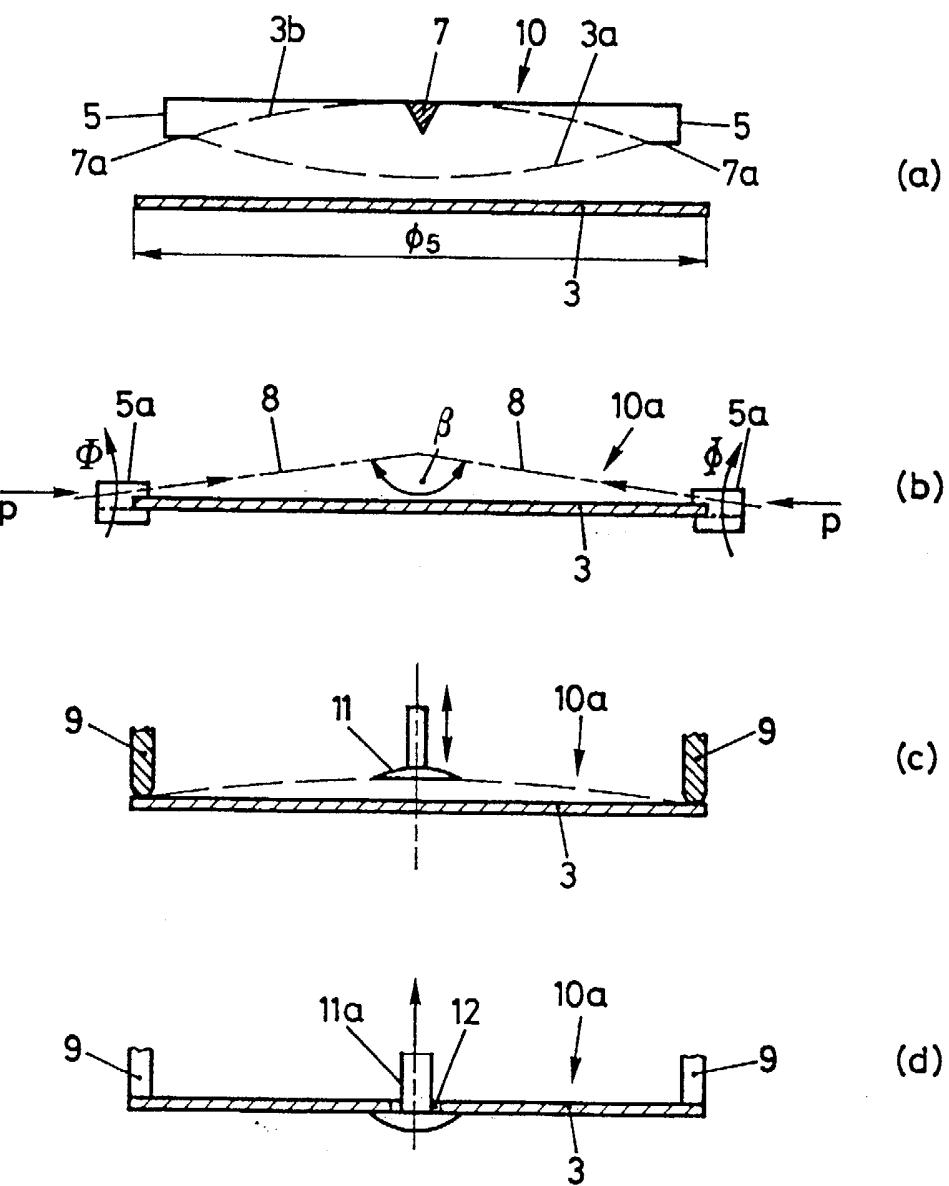


FIG. 4

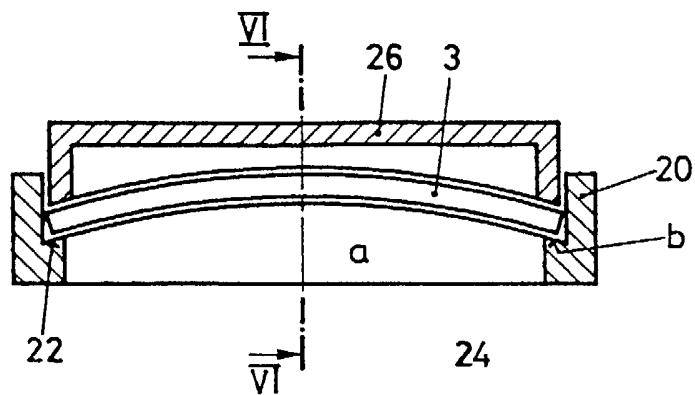


FIG.5

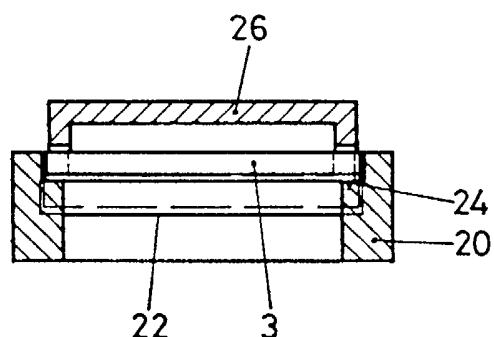


FIG.6

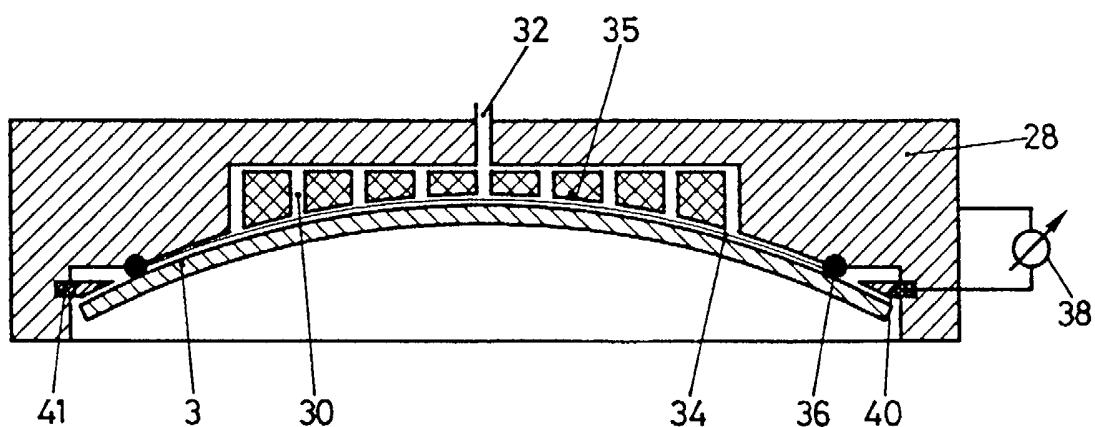


FIG.7

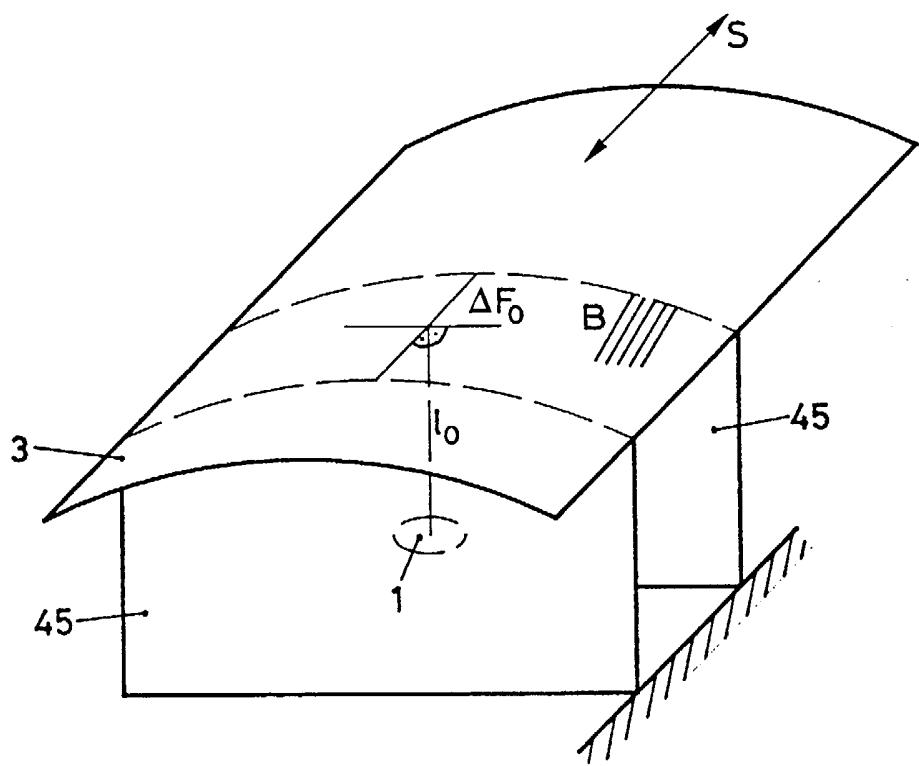


FIG.8