



12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **91106630.6**

51 Int. Cl.⁵: **C30B 23/02, C30B 23/06**

22 Anmeldetag: **24.04.91**

30 Priorität: **16.05.90 DE 4015787**
15.10.90 DE 4032729

71 Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

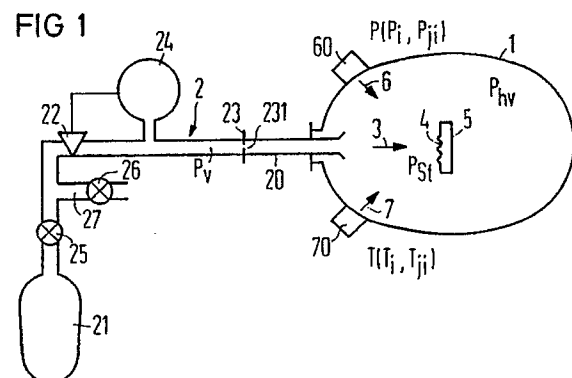
43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.11.91 Patentblatt 91/48

72 Erfinder: **Heinecke, Harald, Dr.**
Egmatinger Strasse 13c
W-8011 Dürnhaar(DE)

64 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

54 **Verfahren zum Eichen oder Nacheichen einer Strahldruck-Messeinrichtung einer Molekularstrahlexpitaxieeinrichtung und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.**

57
 2.1 Es soll aufgezeigt werden, wie auf einfache Weise bei der Molekularstrahlexpitaxie die Genauigkeit im Hinblick auf die zu erzielenden Schichtdicken und/oder Materialzusammensetzung verbessert und die Ausbeute in einer der Produktionsnähe genügenden Weise erhöht werden kann.
 2.2 Dazu wird die den Strahldruck messende Meßeinrichtung (5) geeicht oder nachgeeicht, indem ein vorgebbares Gas genau auf einen vorbestimmten, gegenüber dem in der evakuierten Hochvakuumkammer (1) der Einrichtung herrschenden Hochvakuumdruck (P_{hv}) höheren Druck (P_v) voreingestellt und unter Aufrechterhaltung dieses höheren Druckes durch Gasinjektion in die Hochvakuumkammer eingestrahlt wird, in der das eingestrahlte Gas auf die Meßeinrichtung (5) trifft.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Eichen oder Nacheichen einer Strahl-
druck-Meßeinrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei Festquellen-Molekularstrahlepitaxie von Halbleitermaterialien wird mittels einer Meßeinrichtung, z.B. in Form einer Ionisationsmeßröhre, der Strahl-
druck der kristallkonstituierenden Elemente gemessen. Es werden sog. Eichkurven erstellt, bei denen Strahl-
drucke über den Temperaturen der z.B. als Effusionszellen ausgebildeten Festquellen aufgetragen sind. Dabei tritt das Problem auf, daß sich wichtige Kenn-
größen wie Sensitivität und Charakteristik einer Ionisationsmeßröhre im Laufe der Zeit ändern. Dies gilt insbesondere, wenn die Hochvakuum-
kammer wegen Wartungs- oder Zellennachfüllarbeiten geflutet werden muß. Als Folge ergeben sich dann trotz gleicher gemessener
Strahl-
druckwerte unterschiedliche Materialflüsse zur Wachstums-
oberfläche. Dieser Effekt schränkt die Reproduzierbarkeit bezüglich Schichtdicke sowie Materialzusammensetzung der gewachsenen Halbleiterschichten deutlich ein. Dies muß in Produktionsnähe vermieden werden.

Eine Lösung des Problems besteht darin, häufiger spezielle Teststrukturen zu wachsen und diese bezüglich Schichtdicken und Materialzusammensetzung auszuwerten. Mit Hilfe der
Analysedaten kann durch Zurückrechnen festgestellt werden, ob oder inwieweit sich die Kenngrößen der Ionisationsmeßröhre verändert haben. Diese Methode ist aufwendig und für eine in Produktionsnähe zu erzielende hohe Ausbeute ungünstig. Überdies sind Charakteristikänderungen der Effusionszellen nicht trennbar. Bei Folgeexperimenten können lediglich gemittelte Korrekturwerte angenommen werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, aufzuzeigen, wie auf einfache Weise bei der Molekularstrahlepitaxie die Genauigkeit im Hinblick auf die zu erzielenden Schichtdicken und/oder Materialzusammensetzungen verbessert und die Ausbeute in einer der Produktionsnähe genügenden Weise erhöht werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, welches die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale aufweist.

Die Erfindung beruht darauf, daß der Strahl-
druck des eingestrahnten Gases eine umkehrbar eindeutige Funktion der Druckdifferenz zwischen dem vorbestimmten größeren Druck und dem Hochvakuumdruck in der evakuierten Hochvakuumkammer ist. Bei genauer Einstellung dieser Drucke läßt sich vermöge dieser

bekannten Funktion der Strahl-
druck des eingestrahnten Gases entsprechend genau und reproduzierbar festlegen, wobei der Strahl-
druck um so genauer bestimmt werden kann, je genauer die Druckdifferenz eingestellt wird.

Es ist dabei von Vorteil, wenn der vorbestimmte Druck im Vergleich zum Vakuumdruck nach Maßgabe des Anspruchs 2 eingestellt wird. Dabei gilt: Je größer der vorbestimmte Druck im Vergleich zum Hochvakuumdruck gewählt wird, desto mehr kann der Hochvakuumdruck vernachlässigt werden und hängt der Strahl-
druck praktisch allein von dem vorbestimmten Druck ab. In der Praxis ist der Hochvakuumdruck in der Regel kleiner als 10^{-5} Torr oder 10^{-3} Pa. Nicht zuletzt in diesem Fall hat sich ein größerer Druck von 0,1 bis 1 Torr oder von 10 bis 10^5 Pa (Anspruch 3) als günstig erwiesen.

Vorteilhaft bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist, daß ein relativer Druckstandard eingeführt werden kann, mit dessen Hilfe sich die Kenngrößen des verwendeten Meßgeräts zum Messen des Strahl-
drucks, insbesondere einer Ionisationsmeßröhre in direkter Weise jederzeit neu bestimmen lassen.

Weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens, die sich für eine softwaremäßige automatische und regelmäßige Nacheichung der Meßeinrichtung und/oder ganzen Molekularstrahlepitaxieeinrichtung eignen und mit denen bequem, beispielsweise alterungsbedingte und kenngrößenverfälschende, Veränderungen dieser Einrichtungen berücksichtigt werden können, sind in den Ansprüchen 4 bis 7 angegeben.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geht aus dem Anspruch 8 hervor.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung sind sowohl für Gasquellen- als auch Festquellen-Molekularstrahlepitaxieeinrichtungen geeignet. Bei Gasquellenepitaxie mit beispielsweise mehreren Gasquellen genügt es, wenn nur bezüglich einer Gasquelle die Merkmale des Anspruchs 4 realisiert werden. Die Meßeinrichtung zum Messen des Strahl-
drucks wird bezüglich dieser Gasquelle geeicht, und der von dieser Gasquelle erzeugte Strahl-
druck bildet den relativen Druckstandard für die Strahl-
drucke der von den übrigen Gas- oder auch Festquellen erzeugten Atom- oder Molekularstrahlen.

Besonders bevorzugt und vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren bei Festquellen-Molekularstrahlepitaxie anwendbar. Eine Festquellen-Molekularstrahlepitaxieeinrichtung, bei der die Erfindung angewendet ist, unter-

scheidet sich von einer herkömmlichen Festquellen-Molekularstrahlepitaxieeinrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 4, d.h. eine erfindungsgemäße Festquellen-Einrichtung weist im wesentlichen zusätzlich eine Gasquelle und eine Gasinjektionseinrichtung auf, die im vorbestimmten Druck genau, möglichst hochpräzise einstellbar sind.

Die Erfindung wird in der folgenden Beschreibung anhand der Figur beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 in schematischer Darstellung die wesentlichen Teile einer Molekularstrahlepitaxieeinrichtung, soweit sie zur Erläuterung der Erfindung erforderlich sind, und

Figur 2 ein Diagramm, in dem Meßwerte und Meßwertkurven über dem größeren Druck p_v aufgetragen sind.

In der Figur ist mit 1 eine Hochvakuumkammer einer Molekularstrahlepitaxieeinrichtung bezeichnet, an die eine hochpräzise Gasinjektionslinie 2 angebaut ist, mit der ein Gasstrahl 3 auf einen Punkt 4 im inneren der Hochvakuumkammer 1 eingestrahlt werden kann. In dem Punkt 4 kann wahlweise ein Substrat, auf das Schichten epitaktisch aufgewachsen werden sollen, oder ein Meßgerät 5 zum Messen des Strahlendrucks P_{st} eines oder mehrerer auf den Punkt 4 gerichteter Atom- oder Molekularstrahlen 6, 7 durch einen geeigneten Umstellmechanismus angeordnet werden, ohne daß der Hochvakuumdruck in der Hochvakuumkammer 1 beeinträchtigt wird. Bei Gasquellen-Molekularstrahlepitaxie werden die kristallkonstituierenden Atom- oder Molekularstrahlen 6 von in der Regel mehreren Gasquellen 60 erzeugt, die mit nicht dargestellten Öffnungen in der Hochvakuumkammer 1 verbunden sind. Bei Festquellenepitaxie werden die kristallkonstituierenden Atom- oder Molekularstrahlen 7 von in der Regel mehreren Festquellen 70, beispielsweise Effusionszellen, erzeugt, die an der Hochvakuumkammer 1 angeordnet sind.

Die Gasinjektionslinie 2 weist eine in das Innere der Hochvakuumkammer 1 führende Injektionskapillare 20 als Gasleitung auf, die mit einem Gasbehälter 21 verbunden ist, der ein vorgebbares Gas enthält und die Gasquelle bildet. In der Injektionskapillare 20 sind ein Regelventil 22 und ein beispielsweise aus einer Edelstahlscheibe bestehendes Flußelement 23 mit einer Öffnung 231 konstanten Durchmessers angeordnet. Zwischen dem Regelventil 22 und dem näher an der Vakuumkammer 1 angeordneten Flußelement 23 ist ein kapazitiver Präzisionsdruckaufnehmer 24 an die Injektions-

kapillare 20 angeschlossen, der den Druck in der Kapillare 20 zwischen dem Regelventil 22 und dem Flußelement 23 hochpräzise aufnimmt und den aufgenommenen Druck dem Regelventil 22 als Istwert zuführt. Dadurch kann der Druck P_v in der Kapillare 20 zwischen dem Regelventil 22 und dem Flußelement 23 hochpräzise voreingestellt und gehalten werden. Dadurch ist ein präzise gesteuerter Druckabfall entlang dem Flußelement 23 gegeben, über den der in die Hochvakuumkammer 1 strömende Massenfluß und damit der Strahlendruck P_{st} in der Molekularstrahlepitaxieeinrichtung präzise gesteuert werden. Auf diese Weise können verschiedene Strahlendrucke eingestellt und zu beliebigen Zeitpunkten mit hoher Genauigkeit reproduziert werden.

Darüberhinaus können auch Änderungen bezüglich der Effusionszellencharakteristik mit einem in der hier beschriebenen Art geeichten Meßgerät 5 eindeutiger untersucht werden.

Als für die Eichung geeignete Gase können je nach Anwendung oder Anforderung verschiedene Gase eingesetzt werden, beispielsweise N_2 , H_2 , Ar, CH_4 usw..

Bei einem konkreten Ausführungsbeispiel wurde als kapazitiver Druckaufnehmer 24 ein Aufnehmer des Typs 390 der Firma MKS und als Regelventil 22 mit Elektronik ein Ventil des Typs 244/245 der gleichen Firma MKS verwendet. Die Injektionskapillare 20 führte in die Hochvakuumkammer 1 einer Gasquellen-Molekularstrahleinrichtung, in der ein Hochvakuumdruck von weniger als 10^{-5} Torr oder 10^{-3} Pa aufrechterhalten wurde. Der vorbestimmte Druck P_v wurde auf einen Wert zwischen 0,1 und 1 Torr oder 10 und 150 Pa hochpräzise eingestellt. Der Durchmesser der Öffnung 231 des Flußelements 23 betrug 0,6 mm. Durch diesen Durchmesser ist sichergestellt, daß der Massenfluß in die Hochvakuumkammer 1 nicht so groß ist, daß der Hochvakuumdruck in dieser Kammer 1 beeinträchtigt wird.

Für den Strahlendruck P_{st} gilt

$$P_{st} = f(P_v P_{hv})$$

wobei f eine bekannte Funktion und P_{hv} den Hochvakuumdruck in der Kammer 1 bedeuten.

Die Bezugszeichen 25 und 26 in der Figur bezeichnen Absperrventile, von denen eines in einem Evakuierungsanschluß 27 angeordnet ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel ist der Hochvakuumdruck P_{hv} kleiner als 10^{-5} Torr oder 10^{-3} Pa und damit vernachlässigbar klein gegenüber P_v , so daß der Strahlendruck P_{st} als Funktion der Druckes P_v allein betrachtet wer-

den kann.

Mit Hilfe des bei dem Ausführungsbeispiel durchgeführten erfindungsgemäßen Referenz-Eichverfahrens konnte auf Antrieb aus einer neuereingebauten Quelle eine GaInAs-Schicht mit einer Fehlanpassung bezüglich InP von weniger als 4×10^{-4} hergestellt werden. Dies bedeutet eine Eichgenauigkeit von deutlich besser als 0,5 % vom Auslesewert.

Um kenngrößenverfälschende Veränderungen der Meßeinrichtung und/oder der ganzen Molekularstrahlepitaxieeinrichtung bequem automatisch und softwaremäßig berücksichtigen zu können, wird in dem Fall, daß für die Atom- oder Molekularstrahlen 6 oder 7 n ($n = 1, 2, 3, \dots$) diskrete Strahldruckwerte p_{sti} mit $i = 1, 2, \dots, n$ ausgewählt oder vorgegeben sind, erfindungsgemäß unter Bezugnahme auf Figur 2 wie folgt vorgegangen:

Die Meßeinrichtung 5 wird auf diese diskreten Strahldruckwerte p_{sti} eingemessen, indem für jeden dieser Druckwerte p_{sti} das vorgebbare Gas in der Gasinjektionslinie 2 auf den zu diesem Strahldruckwert p_{sti} durch $p_{sti} = f(p_{vi} - p_{hv})$ korrespondierenden Druckwert p_{vi} des höheren Druckes p_v voreingestellt, die Meßeinrichtung 5 mit dem auf diesen Druckwert p_{vi} eingestellten Gas beaufschlagt und der von der Meßeinrichtung 5 bei diesem Druckwert p_{vi} gelieferten Meßwert $m(p_{vi})$ als ursprünglicher Meßwert aufgenommen wird. Es wird auf diese Weise für jeden der n Druckwerte p_{vi} ein zugeordneter ursprünglicher Meßwert $m(p_{vi})$ erhalten, der beispielsweise in einem Speicher abgespeichert werden kann, wobei der zugehörige diskrete Druckwert p_{vi} als Adresse verwendet werden kann. In der Figur 2 ist beispielhaft ohne Beschränkung der Allgemeinheit $n = 6$ angenommen.

Soll ein Atom- oder Molekularstrahl 6 oder 7 einer beliebigen Gasquelle oder Festquelle 70 auf einen der n diskreten Strahldruckwerte, beispielsweise den Strahldruckwert p_{sti} , eingestellt werden, wird die Meßeinrichtung 5 mit diesem Strahl 6 oder 7 beaufschlagt und ein den Strahldruck dieses Strahls 6 oder 7 beeinflussender Betriebsparameter dieser Quelle 60 oder 70 - bei einer Gasquelle 60 in der Regel ein Gasquellendruck P und bei einer Festquelle 70 in der Regel eine Festquellentemperatur T - auf einen Parameterwert P_i oder T_i eingestellt, bei dem die Meßeinrichtung 5 den ursprünglichen Meßwert $m(p_{vi})$ anzeigt, der bei dem zu diesem Strahldruckwert p_{sti} korrespondierenden Druckwert P_{vi} des höheren Druckes p_v abgespeichert ist. Zeigt die Meßeinrichtung 5 diesen Meßwert $m(p_{vi})$ an, ist der betreffende Strahl 6 oder 7 auf diesen Strahldruckwert p_{sti}

eingestellt und dieser Strahl 6 oder 7 kann mit diesem Strahldruckwert p_{sti} ein betreffendes Substrat beaufschlagen.

Um kenngrößenverfälschende Änderungen zu berücksichtigen, wird die Meßeinrichtung 5 von Zeit zu Zeit, d.h. wenigstens einmal, in der Regel immer wieder, für die n diskreten Strahldruckwerte p_{sti} nacheingemessen, indem bei jeder Nacheinmessung j ($j = 1, 2, \dots$) erneut für jeden dieser Strahldruckwerte p_{sti} die Meßeinrichtung 5 mit dem genau auf den zu diesem Strahldruckwert p_{sti} korrespondierenden Druckwert p_{vi} des höheren Druckes p_v eingestellten vorgebbaren Gas beaufschlagt und der von der Meßeinrichtung bei diesem Druck p_{vi} gelieferte diskrete Meßwert $m_j(p_{vi})$ neu aufgenommen wird. Auch dieser neu aufgenommene Meßwert $m_j(p_{vi})$ kann bei diesem Druckwert p_{vi} in einem Speicher abgespeichert werden.

Hat sich das Meßgerät 5 verändert, stimmen der ursprüngliche Meßwert $m(p_{vi})$ und der neu aufgenommene Meßwert $m_j(p_{vi})$, die bei diesem Druckwert p_{vi} des höheren Druckes p_v abgespeichert sind, nicht überein. Soll in diesem Fall ein Atom- oder Molekularstrahl 6 oder 7 einer beliebigen Quelle 60 oder 70 auf einen der n diskreten Strahldruckwerte, beispielsweise den Strahldruck p_{sti} , eingestellt werden, wird die Meßeinrichtung 5 mit diesem Strahl 6 oder 7 beaufschlagt. Zeigt die Meßeinrichtung 5 nicht schon den neuen Meßwert $m_j(p_{vi})$ an, der bei dem zu diesem Strahldruckwert p_{sti} korrespondierenden Druckwert p_{vi} des höheren Druckes p_v abgespeichert ist, wird der Betriebsparameter P oder T der betreffenden Quelle 60 oder 70 auf einen Parameterwert P_{ji} oder T_{ji} eingestellt, bei dem die Meßeinrichtung 5 diesen neuen Meßwert $m_j(p_{vi})$ anzeigt. Zeigt die Meßeinrichtung 5 diesen neuen Meßwert $m_j(p_{vi})$ an, ist der betreffende Strahl 6 oder 7 auf diesen Strahldruckwert p_{sti} eingestellt und dieser Strahl 6 oder 7 kann mit diesem Strahldruckwert p_{sti} ein betreffendes Substrat beaufschlagen.

Für die softwaremäßige Automatisierung kann es vorteilhaft sein, aus den diskreten ursprünglichen Meßwerten $m(p_{vi})$ und den bei einer Nacheinmessung neu aufgenommenen diskreten Meßwerten $m_j(p_{vi})$ Korrekturfaktoren $k_j(p_{vi})$ zu bilden, indem für jeden diskreten Druckwert p_{vi} des höheren Druckes p_v der Quotient $m(p_{vi})/m_j(p_{vi})$ aus dem ursprünglichen Meßwert $m(p_{vi})$ und dem neu aufgenommenen Meßwert $m_j(p_{vi})$, die zu diesem Druckwert (p_{vi}) korrespondieren, gebildet und als der zu diesem Druckwert p_{vi} korrespondierende Korrekturfaktor $k_j(p_{vi}) = m(p_{vi})/m_j(p_{vi})$ verwendet wird, der bei diesem Druckwert p_{vi} in einem

Speicher abgespeichert werden kann.

Hat sich das Meßgerät 5 verändert, ist bei wenigstens einem der n diskreten Druckwerte des höheren Druckes p_v , beispielsweise bei dem diskreten Druckwert p_{vi} , der dazu korrespondierende Korrekturfaktor $k_j(p_{vi})$ ungleich 1. Soll in diesem Fall der Strahldruck p_{st} eines Atom- oder Molekularstrahls 6 oder 7 einer beliebigen Quelle 60 oder 70 auf den zu diesem diskreten Druckwert p_{vi} korrespondierenden Strahldruckwert p_{sti} eingestellt werden, wird die Meßeinrichtung 5 mit diesem Strahl 6 oder 7 beaufschlagt und der Betriebsparameter P oder T der betreffenden Quelle 60 oder 70 auf einen Parameterwert P_{ji} oder T_{ji} eingestellt, bei dem die Meßeinrichtung 5 einen Wert anzeigt, der gleich dem Quotienten $m(p_{vi})/k_j(p_{vi})$ aus dem ursprünglichen Meßwert $m(p_{vi})$ und dem Korrekturfaktor $k_j(p_{vi})$ ist. Dieser Wert ist gleich dem neuen Meßwert $m_j(p_{vi})$ und zeigt die Meßeinrichtung 5 diesen Wert an, ist der betreffende Strahl 6 oder 7 auf den zu diesem Druckwert p_{vi} korrespondierenden Strahldruck p_{sti} eingestellt und dieser Strahl 6 oder 7 kann mit diesem Strahldruck p_{sti} ein betreffendes Substrat beaufschlagen.

Das vorstehend geschilderte und für eine softwaremäßige Automatisierung geeignete Verfahren kann für beliebige Druckwerte p_{vx} aus einem Druckwertbereich Δp_v des höheren Druckes p_v und den zu solchen Druckwerten p_v korrespondierenden Strahldruckwerten $p_{stx} = f(p_{vx} - p_{hv})$ wie folgt erweitert werden.

Es werden bei vorgebbaren diskreten Druckwerten p_{vi} des höheren Druckes p_v ursprüngliche diskrete Meßwerte $m(p_{vi})$ wie oben beschrieben aufgenommen. Durch ein vorgegbares Interpolations- und/oder Extrapolationsverfahren wird eine in einem vorbestimmten kontinuierlichen Druckwertbereich Δp_v des höheren Druckes p_v kontinuierlich von diesem Druck p_v abhängige ursprüngliche Meßwertfunktion $M(p_v)$ erstellt. Jedem beliebigen Druckwert p_{vx} aus dem Druckwertbereich Δp_v ist aufgrund dieser ursprünglichen Meßwertfunktion $M(p_v)$ ein Funktionswert $m(p_{vx})$ zugeordnet, zu dem der Strahldruckwert $p_{stx} = f(p_{vx} - p_{hv})$ korrespondiert.

Soll ein Atom- oder Molekularstrahl 6 oder 7 einer beliebigen Gasquelle 60 oder 70 auf einem solchen Strahldruckwert p_{stx} eingestellt werden, wird die Meßeinrichtung 5 mit diesem Strahl 6 oder 7 beaufschlagt und der den Strahldruck dieses Strahls 6 oder 7 beeinflussende Betriebsparameter P oder T dieser Quelle 60 oder 70 auf einen Parameterwert P_x oder T_x eingestellt, bei dem die Meßeinrichtung 5 den Funktionswert $m(p_{vx})$ der ursprünglichen

Meßwertfunktion $M(p_v)$ bei dem Druckwert p_{vx} auf dem Druckwertbereich Δp_v anzeigt, der zu diesem Strahldruckwert p_{stx} korrespondiert. Zeigt die Meßeinrichtung 5 diesen Funktionswert $m(p_{vx})$ an, ist der betreffende Strahl 6 oder 7 auf diesen Strahldruckwert p_{stx} eingestellt und dieser Strahl 6 oder 7 kann mit diesem Strahldruckwert p_{stx} ein betreffendes Substrat beaufschlagen.

Um kenngößenverfälschende Veränderungen zu berücksichtigen, wird die Meßeinrichtung von Zeit zu Zeit für die vorgebbaren diskreten Druckwerte p_{vi} im obigen Sinne nacheingemessen, wobei bei jeder solchen Nacheingemessung $j = 1, 2, 3 \dots$ neu aufgenommene diskrete Meßwerte $m_j(p_{vi})$ erhalten werden. Auf diesen neu aufgenommenen diskreten Meßwerten $m_j(p_{vi})$ wird beispielsweise durch das genannte Interpolations- und/oder Extrapolationsverfahren eine in dem vorbestimmten Druckwertbereich Δp_v des höheren Druckes p_v kontinuierlich von diesem Druck p_v abhängige neue Meßwertfunktion $M_j(p_v)$ erstellt,

Hat sich die Meßeinrichtung 5 verändert, stimmt die neu aufgenommene Meßwertfunktion $M_j(p_v)$ nicht mit der ursprünglichen Meßwertfunktion $M(p_v)$ überein, so daß für bestimmte Druckwerte p_{vx} der zugeordnete Funktionswert $m_j(p_{vx})$ der neu aufgenommenen Meßwertfunktion $M_j(p_v)$ verschieden vom zugeordneten Funktionswert $m(p_{vx})$ der ursprünglichen Meßwertfunktion $M(p_v)$ ist.

Soll der Strahldruck p_{st} eines Atom- oder Molekularstrahls 6 oder 7 einer beliebigen Quelle 60 oder 70 auf einen Strahldruckwert p_{stx} eingestellt werden, der zu einem solchen Druckwert p_{vx} korrespondiert, wird die Meßeinrichtung 5 mit diesem Strahl 6 oder 7 beaufschlagt und der den Strahldruck dieses Strahls 6 oder 7 beeinflussende Betriebsparameter P oder T dieser Quelle 60 oder 70 auf einen Parameterwert P_{jx} oder T_{jx} eingestellt, bei dem die Meßeinrichtung 5 den zu diesem Druckwert p_{vx} gehörenden Funktionswert $m_j(p_{vx})$ der neuen Meßwertfunktion $M_j(p_v)$ anzeigt.

Es kann bei diesem erweiterten Verfahren auch so vorgegangen werden, daß bei einer Nacheingemessung der Meßeinrichtung 5 mit der bei dieser Nacheingemessung erstellten neuen Meßwertfunktion $M_j(p_v)$ und der ursprünglich erstellten Meßwertfunktion $M(p_v)$ und der ursprünglichen Meßwertfunktion $M(p_v)$ eine Korrekturfaktorfunktion $K(p_v)$ erstellt wird, bei der jedem Druckwert p_{vx} aus dem Druckwertbereich Δp_v ein Korrekturfunktionswert $k_j(p_{vx})$ zugeordnet ist, der dem Quotienten $m(p_{vx})/m_j(p_{vx})$ aus dem zu diesem Druckwert p_{vx} gehörenden Funktionswert $m(p_{vx})$ der ursprünglichen Meß-

wertfunktion $M(p_v)$ und dem zu diesem Druckwert (p_{vx}) gehörenden Funktionswert $m_j(p_{vx})$ der neuen Meßwertfunktion $M_j(p_v)$ entspricht.

Das die Interpolation oder Extrapolation verwendende Verfahren ist für höchste Genauigkeitsansprüche geeignet. Für die Interpolation oder Extrapolation können Polynome verwendet werden, deren Grad sich nach der geforderten Genauigkeit bestimmt. Es können auch Stufenfunktionen verwendet werden, bei denen die Genauigkeit durch den Abstand der diskreten Druckwerte p_{vi} des höheren Druckes p_v beeinflusst werden kann. Bei der Erstellung einer neuen Meßwertfunktion $M_j(p_v)$ kann auch so vorgegangen werden, daß zuerst für die diskreten Druckwerte p_{vi} Korrekturfaktoren $k_j(p_{vi}) = m(p_{vi})/m_j(p_{vi})$ errechnet werden und daraus durch das Interpolations- oder Extrapolationsverfahren eine Korrekturfaktorfunktion $K_j(p_v)$ erstellt wird. Die neue Meßwertfunktion ist dann implizite durch $M_j(p_v) = M(p_v) \cdot K^{-1}(p_v)$

Besonders einfach wird das Verfahren, wenn sich für alle diskreten Druckwerte p_{vi} der gleiche Korrekturfaktor $k_j(p_{vi}) = k_j$ ergibt. In diesem Fall kann für jeden beliebigen Druckwert p_{vx} aus dem Druckwertbereich Δp_v der neue Meßwert $m_j(p_{vx})$ für diesen Druckwert p_{vx} durch Division des ursprünglichen Wertes $m(p_{vx})$ bei diesem Druckwert p_{vx} durch den Faktor k_j erhalten werden.

Anstelle der obigen Korrekturfaktoren $k_j(p_{vi})$ oder $k_j(p_{vx})$, die durch Division des betreffenden ursprünglichen Meßwertes $m(p_{vi})$ oder $m(p_{vx})$ durch den betreffenden neuen Meßwert $m_j(p_{vi})$ oder $m_j(p_{vx})$ erhalten werden, können auch Korrekturfaktoren $k'_j(p_{vi})$ oder $k'_j(p_{vx})$ verwendet werden, die durch Division des betreffenden neuen Meßwertes $m_j(p_{vi})$ oder $m_j(p_{vx})$ durch den betreffenden ursprünglichen Meßwert $m(p_{vi})$ oder $m(p_{vx})$ gebildet werden. In diesem Fall ergibt sich für jeden beliebigen Druckwert p_{vi} oder p_{vx} der neue Meßwert $m_j(p_{vi})$ oder $m_j(p_{vx})$ nicht durch Division, sondern durch Multiplikation des betreffenden ursprünglichen Meßwertes $m(p_{vi})$ oder $m(p_{vx})$ mit dem betreffenden Korrekturfaktor $k'_j(p_{vi})$ oder $k'_j(p_{vx})$.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Eichen oder Nacheichen einer in einer Hochvakuumkammer (1) einer Molekularstrahlepitaxieeinrichtung, insbesondere einer Festquellen-Molekularstrahlepitaxieeinrichtung angeordneten Meßeinrichtung (5) zum Messen des Strahldrucks (P_{st}) eines in die evakuierte Hochvakuumkammer (1) eingestrahlten kristallkonstituierenden Atom- oder Molekularstrahls

(6; 7),

dadurch gekennzeichnet,

daß zum Eichen oder Nacheichen der Meßeinrichtung (5) ein vorgebbares Gas genau auf einen vorbestimmten, gegenüber dem in der evakuierten Hochvakuumkammer (1) herrschenden Hochvakuumdruck (P_{hv}) höheren Druck (P_v) voreingestellt und unter Aufrechterhaltung dieses größeren Druckes (P_v) durch Gasinjektion in die Hochvakuumkammer (1) eingestrahlt wird, in der das eingestrahlte Gas auf die Meßeinrichtung (5) trifft.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß der größere Druck (P_v) auf einen Wert voreingestellt wird, der mindestens eine Größenordnung größer als der Hochvakuumdruck (P_{hv}) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß der größere Druck (P_v) auf einen Wert zwischen 10 und 10^5 Pa voreingestellt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

- daß die Meßeinrichtung (5) auf einen oder mehrere ($n=1,2 \dots$) ausgewählte diskrete Strahldruckwerte (p_{sti} , $i = 1, 2, \dots, n$), auf die Atom- oder Molekularstrahlen (6; 7) der Molekularstrahlepitaxieeinrichtung einzustellen sind, eingemessen wird, indem für jeden diskreten Strahldruckwert (p_{sti}) das vorgebbare Gas genau auf einen zu diesem Strahldruckwert (p_{sti}) korrespondierenden diskreten Druckwert (p_{vi}) des höheren Druckes (p_v) voreingestellt, die Meßeinrichtung (5) mit dem auf diesen Druckwert (p_{vi}) eingestellten Gas beaufschlagt und der von der Meßeinrichtung (5) bei diesem Druckwert (p_{vi}) gelieferte Meßwert ($m(p_{vi})$) als ursprünglicher Meßwert aufgenommen wird

- daß zum Einstellen des Strahldruckes jedes gewünschten Atom- oder Molekularstrahls (6; 7) auf einen der diskreten Strahldruckwerte (p_{sti}) die Meßeinrichtung (5) mit diesem Strahl (6; 7) beaufschlagt und ein den Strahldruck dieses Strahls (6; 7) beeinflussender Betriebsparameter (P ; T) einer diesen Strahl (6; 7) erzeugenden Quelle (60; 70) der Molekularstrahlepitaxieeinrichtung auf einen Parameterwert (P_i ; T_i) eingestellt wird, bei dem die Meßeinrichtung (5) den bei dem

zu diesem diskreten Strahldruckwert (p_{sti}) korrespondierenden diskreten Druckwert (p_{vi}) des höheren Druckes (p_v) aufgenommenen ursprünglichen Meßwert ($m(p_{vi})$) anzeigt,

- daß die Meßeinrichtung (5) von Zeit zu Zeit für den oder die ausgewählten diskreten Strahldruckwerte (p_{sti}) nacheingemessen wird, indem bei jeder Nacheinmessung erneut für jeden diskreten Strahldruckwert (p_{sti}) die Meßeinrichtung (5) mit dem genau auf den zu diesem Strahldruckwert (p_{sti}) korrespondierenden diskreten Druckwert (p_{vi}) des höheren Druckes (p_v) eingestellten vorgebbaren Gas beaufschlagt und der von der Meßeinrichtung (5) bei diesem Druckwert (p_{vi}) gelieferte diskrete Meßwert ($m_j(p_{vi})$) neu aufgenommen wird,
- daß danach die Meßeinrichtung (5) mit jedem gewünschten, auf einen zu einem der diskreten Druckwerte (p_{vi}) korrespondierenden Strahldruck (p_{sti}) einzustellenden Atom- oder Molekularstrahl (6; 7) beaufschlagt und der den Strahldruck dieses Strahls beeinflussende Betriebsparameter (P;T) der diesen Strahl erzeugenden Quelle (60; 70) der Molekularstrahlepitaxieeinrichtung auf einen Parameterwert (P_{ji} ; T_{ji}) eingestellt wird, bei dem die Meßeinrichtung (5) den zu diesem diskreten Druckwert (p_{vi}) korrespondierenden neuen diskreten Meßwert ($m_j(p_{vi})$) anzeigt.

5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,

- daß bei einer Nacheinmessung des Meßgerätes (5) mit dem bei dieser Nacheinmessung für jeden diskreten Druckwert (p_{vi}) neu aufgenommenen diskreten Meßwert ($m_j(p_{vi})$) und dem dazu über diesen Druckwert (p_{vi}) korrespondierenden ursprünglichen diskreten Meßwert ($m(p_{vi})$) ein dieser Nacheinmessung zugeordneter Korrekturfaktor ($k_j(p_{vi})$, $k'_j(p_{vi})$) durch Bildung eines Quotienten ($m(p_{vi})/m_j(p_{vi})$; $m_j(p_{vi})/m(p_{vi})$) aus diesem ursprünglichen diskreten Meßwert ($m(p_{vi})$) und diesem neu aufgenommenen diskreten Meßwert ($m_j(p_{vi})$) errechnet wird,
- und daß bei jeder auf diese Nacheinmessung folgenden Nacheinstellung des zu einem diskreten Druckwert (p_{vi}) korrespondierenden Strahldruckes (p_{sti}) eines die Meßeinrichtung (5) beaufschlagenden Atom- oder Molekularstrahls (6; 7) der

Betriebsparameter (P; T) der diesen Strahl (6; 7) erzeugenden Quelle (60; 70) auf einen Parameterwert (P_{ji} ; T_{ji}) eingestellt wird, bei dem das Meßgerät (5) einen Wert anzeigt, der gleich dem den zu diesem Druckwert (p_{vi}) korrespondierenden neuen Meßwert $m_j(p_{vi})$ ergebenden Quotienten ($m(p_{vi})/k_j(p_{vi})$) oder Produkt ($m(p_{vi})/k'_j(p_{vi})$) aus dem zu diesem diskreten Druckwert (p_{vi}) korrespondierenden ursprünglichen Meßwert ($m(p_{vi})$) und dem zu diesem Druckwert (p_{vi}) korrespondierenden Korrekturfaktor ($k_j(p_{vi})$; $k'_j(p_{vi})$) ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

- daß bei vorgebbaren diskreten Druckwerten (p_{vi}) des höheren Druckes (p_v) ursprüngliche diskrete Meßwerte ($m(p_{vi})$) aufgenommen werden,
- daß durch ein vorgegbares Interpolations- und/oder Extrapolationsverfahren eine in einem vorbestimmten kontinuierlichen Druckwertbereich (Δp_v) des höheren Druckes (p_v) kontinuierlich von diesem Druck (p_v) abhängige ursprüngliche Meßwertfunktion ($M(p_v)$) erstellt wird,
- daß zum Einstellen des kontinuierlich vom höheren Druck (p_v) des vorgebbaren Gases abhängigen Strahldruckes (p_{st}) jedes gewünschten Atom- oder Molekularstrahls (6; 7) auf einen zu einem vorbestimmten Druckwert (P_{vx}) aus dem Druckwertbereich (Δp_v) des höheren Druckes (p_v) korrespondierenden Strahldruckwert (p_{stx}) die Meßeinrichtung (5) mit diesem Strahl (6; 7) beaufschlagt und der den Strahldruck dieses Strahls (6; 7) beeinflussende Betriebsparameter (P; T) der diesen Strahl (6; 7) erzeugenden Quelle (60; 70) der Molekularstrahlepitaxieeinrichtung auf einen Parameterwert (P_x ; T_x) eingestellt wird, bei dem die Meßeinrichtung (5) den zu diesem Druckwert (p_{vx}) gehörigen Funktionswert ($m(p_{vx})$) der Meßwertfunktion ($M(p_v)$) anzeigt,
- daß aus den bei einer Nacheinmessung der Meßeinrichtung (5) neu aufgenommenen diskreten Meßwerten ($m_j(p_{vi})$) durch ein vorgegbares Interpolations- und/oder Extrapolationsverfahren eine in dem vorbestimmten Druckwertbereich (Δp_v) des höheren Druckes (p_v) kontinuierlich von

- diesem Druck (p_v) abhängige neue Meßwertfunktion ($M_j(p_v)$) explizite oder implizite erstellt wird,
- daß danach die Meßeinrichtung (5) mit jedem gewünschten Atom- oder Molekularstrahl (6; 7), dessen Strahldruck (p_{st}) auf einen zu einem Druckwert (p_{vx}) aus dem vorbestimmten Druckwertbereich (Δp_v) korrespondierenden Strahldruckwert (p_{stx}) einzustellen ist, beaufschlagt und der den Strahldruck dieses Strahls (6; 7) beeinflussende Betriebsparameter (P; T) der diesen Strahl (6; 7) erzeugenden Quelle (60; 70) der Molekularstrahlepitaxieeinrichtung auf einen Parameterwert (P_{jx} ; T_{jx}) eingestellt wird, bei dem die Meßeinrichtung (5) den zu diesem Druckwert (p_{vx}) gehörenden Funktionswert ($m_j(p_{vx})$) der neuen Meßwertfunktion ($M_j(p_v)$) anzeigt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der Nacheinmessung des Meßgerätes (5) eine Korrekturfaktorfunktion ($K(p_v)$) erstellt wird, bei der jedem Druckwert (p_{vx}) aus dem Druckwertbereich (Δp_v) ein Korrekturfunktionswert ($k_j(p_{vx})$; $k'_j(p_{vx})$) zugeordnet ist, der einem Quotienten ($m(p_{vx})/m_j(p_{vx})$; $m_j(p_{vx})/m(p_{vx})$) aus dem zu diesem Druckwert (p_{vx}) gehörenden Funktionswert ($m(p_{vx})$) der ursprünglichen Meßwertfunktion ($M(p_v)$) und dem zu diesem Druckwert (p_{vx}) gehörenden Funktionswert ($m_j(p_{vx})$) der neuen Meßwertfunktion ($M_j(p_v)$) entspricht, und
- daß bei einer auf diese Nacheinmessung folgenden Nacheinstellung des Strahldrucks eines die Meßeinrichtung (5) beaufschlagenden Atom- oder Molekularstrahls (6; 7) auf einen zu einem Druckwert (p_{vx}) aus dem Druckwertbereich (Δp_v) korrespondierenden Strahldruckwert (p_{stx}) der Betriebsparameter (P; T) der diesen Strahl (6; 7) erzeugenden Quelle (60; 70) auf einen Parameterwert (P_{jx} ; T_{jx}) eingestellt wird, bei dem die Meßeinrichtung (5) einen Wert anzeigt, der gleich dem den zu diesem Druckwert (p_{vx}) gehörenden Funktionswert ($m_j(p_{vx})$) der neuen Meßwertfunktion ($M_j(p_v)$) ergebenden Quotienten ($m(p_{vx})/k_j(p_{vx})$) oder Produkt ($m(p_{vx}) \cdot k'_j(p_{vx})$) aus dem zu diesem Druckwert (p_{vx}) gehörenden ursprünglichen Meßwert $m(p_{vx})$ und dem zu diesem Druckwert (p_{vx}) gehörenden Korrekturfunktionswert ($k_j(p_{vx})$; $k'_j(p_{vx})$) der Korrekturfaktorfunktion ($K(p_v)$; $K^{-1}(p_v)$).

8. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere für eine Festquellen-Molekularstrahlepitaxieeinrichtung, **gekennzeichnet durch** eine das Innere der Hochvakuumkammer (1) mit einer Gasquelle (21) verbindende Gasleitung (20), in der ein Regelventil (22) angeordnet und an die ein Präzisionsdruckaufnehmer (24) als Istwertgeber für das Regelventil (22) angeschlossen ist.

FIG 1

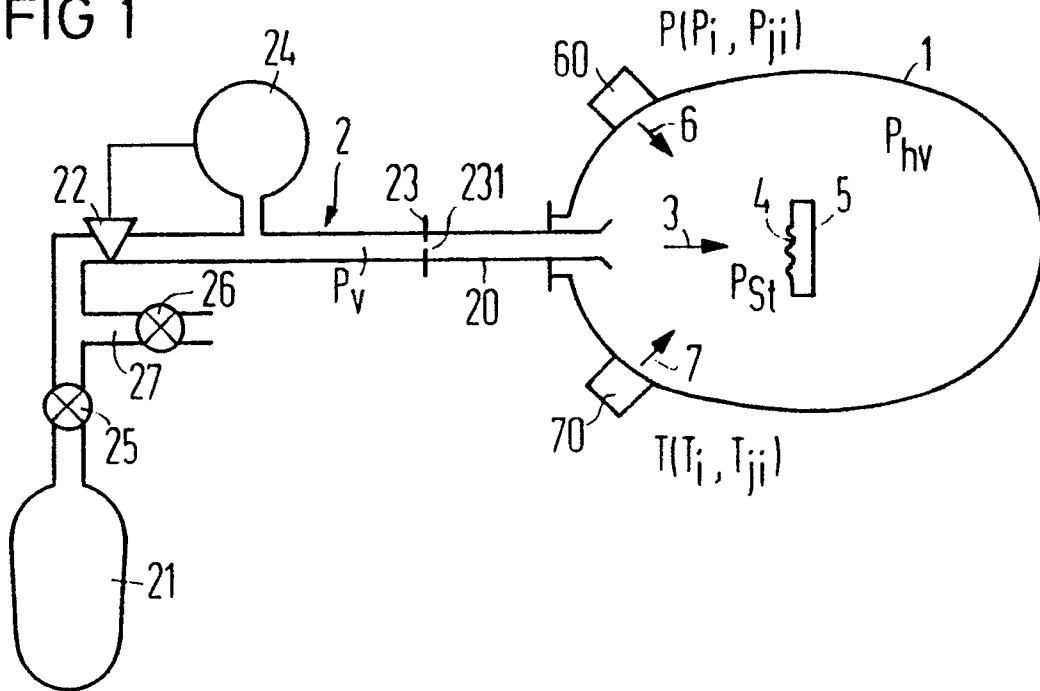
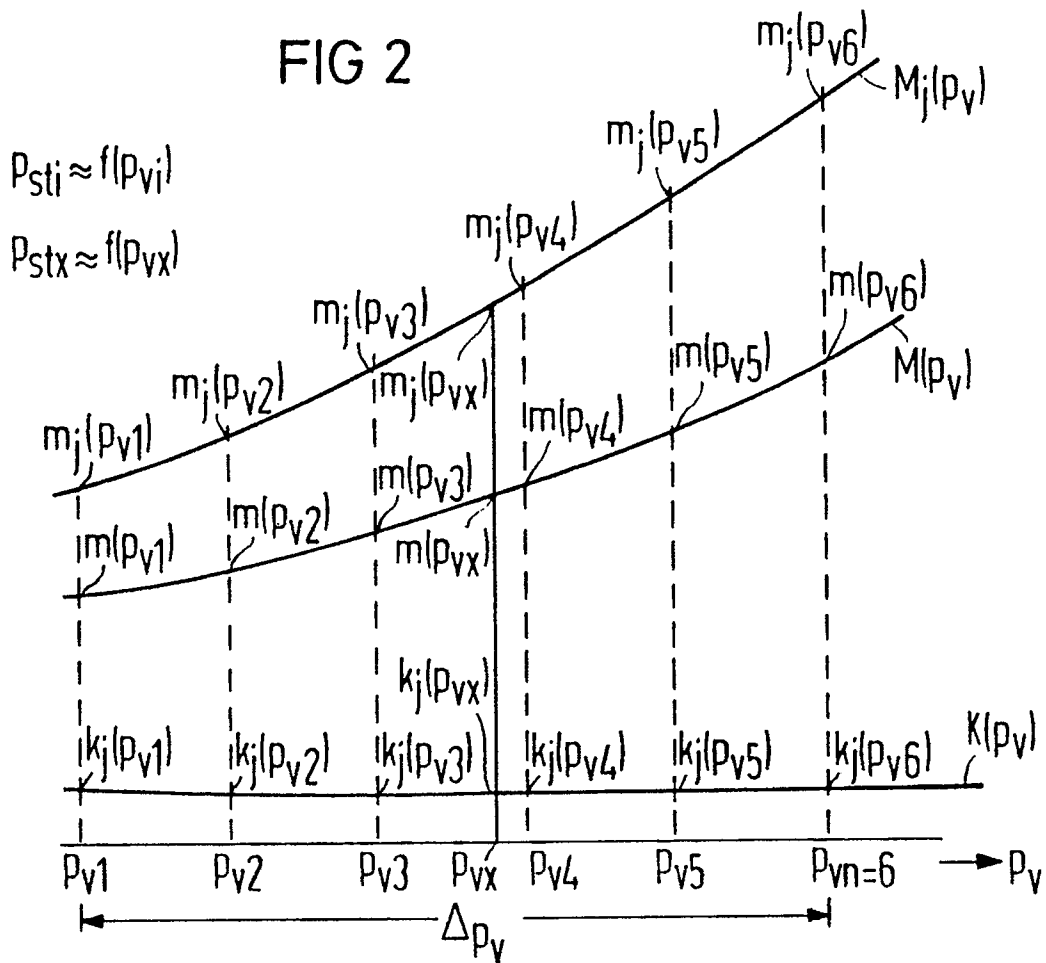


FIG 2





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	JOURNAL OF VACUUM SCIENCE & TECHNOLOGY B, Band 3, Nr. 4, Juli-August 1985, Seiten 964-967, New York, US; R. WUNDER et al.: "Automated growth of AlxGa1-xAs and InxGa1-xAs by molecular beam epitaxy using an ion gauge flux monitor" * Seiten 964,965 * - - -	1,4,8	C 30 B 23/02 C 30 B 23/06
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 9, Nr. 91 (C-277)[1814], 19. April 1985; & JP-A-59 223 293 (NICHIDEN ANELVA K.K.) 15-12-1984 - - -		
A	DE-A-3 715 717 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG eV) - - -		
A	FR-A-2 583 071 (K.K. TOSHIBA) - - - - -		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5) C 30 B
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 06 September 91	Prüfer COOK S.D.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	