(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 122 029 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.05.2006 Patentblatt 2006/20

(21) Anmeldenummer: **01100721.8**

(22) Anmeldetag: **12.01.2001**

(51) Int Cl.:
B24B 45/00 *(2006.01)* ***B24D 5/16*** *(2006.01)*
B24D 5/06 *(2006.01)* ***B24B 9/14*** *(2006.01)*
B24B 19/03 *(2006.01)*

(54) **Verfahren zum Herstellen eines hochpräzisen Mehrscheiben-Schleifmoduls und nach diesem Verfahren hergestelltes Mehrscheiben-Schleifmodul**

High precision multi-discs grinding module and method for manufacturing the same

Module de meulage de haute précision à disques multiples et son procédé de fabrication

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

(30) Priorität: **15.01.2000 DE 10001480**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.08.2001 Patentblatt 2001/32

(73) Patentinhaber: **Schott AG**
55122 Mainz (DE)

(72) Erfinder:
- **Vos, Markus, Dr.**
  55218 Ingelheim (DE)
- **Pallhorn, Sven**
  55131 Mainz (DE)
- **Julius, Patrick W.**
  55118 Mainz (DE)
- **Kessler, Thomas, Dr.**
  55218 Ingelheim (DE)

(74) Vertreter: **Fuchs Mehler Weiss & Fritzsche Patentanwälte**
Postfach 46 60
65036 Wiesbaden (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 865 877 **EP-A- 0 940 237**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 04, 30. April 1997 (1997-04-30) -& JP 08 318524 A (ASAHI GLASS CO LTD), 3. Dezember 1996 (1996-12-03)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 122 029 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines hochpräzisen Mehrscheiben-Schleifmodules mit mehreren, auf einer gemeinsamen Spindel, hochpräzise durch Distanzringe axial beabstandet zueinander, angeordnete Präzisions-Schleifscheiben zum gleichzeitigen Ausschleifen von parallel zueinander verlaufenden Mikrostrukturen in einem Werkstück.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein nach diesem Verfahren hergestelltes, hochpräzises Mehrscheiben-Schleifmodul.

[0003] Derartige Mehrscheiben-Schleifmodule werden typischerweise zum hochpräzisen Trennen von Siliziumwafern und zur hochpräzisen Mikrostrukturierung verwendet. Sie können jedoch auch zum Aufbringen von Mikrostrukturen in Spezialgläsern, Kunststoffen sowie anderen schleiffähigen Materialien verwendet werden.

[0004] Mit Mikrostrukturen hoher Präzision versehenes Flachglas wird für Präzisionsanwendungen, insbesondere für Displays, Beleuchtungssysteme und für die Sensortechnik verwendet. Von besonderer Bedeutung sind dabei Displayscheiben von neueren Flachbildschirmgenerationen (Plasma Display Panel = PDP bzw. Plasma Addressed Liquid Crystal = PALC).

[0005] In diese sogenannten Kanalplatten sind Mikrokanal-Strukturen in Form von mehreren, parallel verlaufenden Kanälen eingebracht.

[0006] Eine derartige Kanalplatte ist ausschnittsweise in Fig. 4 im stark vergrößerten Maßstab prinzipiell dargestellt. Die aus dieser Fig. ersichtliche kanalförmige Mikrostrukturierung muß kostengünstig und in großen Stückzahlen für verschiedene Displaygrößen (Bildschirmdiagonalen bis 55") erfolgen. In Abhängigkeit vom Bildschirmformat liegen die Strukturabmessungen in folgenden Bereichen: Stegabstand (Pitch) X = 150 - 650 μm, Steghöhe Y = 100 - 250 μm und Stegbreite Z = 20 - 50 μm. Für ein 42"-HiVision PDP-Display sind beispielsweise ca. 5760 Kanäle mit einem Teilungsabstand der Stege "X", dem sog. Pitch, von ca. 161 μm bei einer Steghöhe "Y" von 150 μm und einer Stegbreite "Z" von 30 μm mit Toleranzen von wenigen μm über ca. 520 mm Länge zu fertigen.

[0007] Es sind verschiedene Methoden zum Ausbilden der Kanalstruktur bekannt geworden. Bei einer Methode werden die Stege im Siebdruckverfahren in mehreren Schichtungen nacheinander auf das Glassubstrat aufgetragen. Dieses Verfahren ist sehr aufwendig und teuer. Bei einer anderen Methode werden die Strukturen im Glas im Wege der Heißformgebung durch Prägen erzeugt.

[0008] Bei einem anderen Prinzip werden die Kanäle durch Sandstrahlen oder einen Schleifvorgang strukturiert. Beim Schleifen wird dabei ein hochpräzises Mehrscheiben-Schleifmodul verwendet, das mehrere auf einer gemeinsamen Spindel, hochpräzise durch Distanzringe axial beabstandet zueinander angeordnete Präzisionsschleifscheiben aufweist.

[0009] Hiervon geht die Erfindung aus.

[0010] Da die Kanäle, wie oben beschrieben, sehr fein strukturiert sind und sehr geringe Abstände haben, bereitet die Herstellung der Kanalplatten dahingehend Schwierigkeiten, daß die einzelnen Schleifscheiben des Mehrscheiben-Schleifmodules nicht in entsprechend geringen axialen Abständen zueinander angeordnet werden können. Aus diesem Grund beträgt der Abstand der einzelnen Schleifscheiben ein ganzzahliges Vielfaches des Teilungsabstandes "X" der Stege. Da die Länge des Mehrscheiben-Schleifmodules durch das Schwingungsverhalten der Bearbeitungsspindel und durch die Drehzahl begrenzt ist, kann eine Kanalplatte nicht auf einem einzigen Mehrscheiben-Schleifmodul gleichzeitig bearbeitet werden. Die Herstellung der Kanalplatten erfolgt dann durch sogenanntes versetztes Schleifen, bei dem durch mehrfachen Überlauf des Mehrscheiben-Schleifmodules die Kanalplatte strukturiert wird. Zwischen den einzelnen Überläufen wird das Mehrscheiben-Schleifmodul rechtwinklig zu den Kanallängsachsen versetzt und zwar genau um den zu fertigenden Pitch.

[0011] Ein derartiges Verfahren des versetzten Schleifens wird in der japanischen Offenlegungsschrift 318524-1996 beschrieben.

[0012] An das Mehrscheiben-Schleifmodul werden hohe Anforderungen gestellt. Sie leiten sich direkt aus den hohen Anforderungen an die Fertigungstoleranzen der Kanalplatten ab. So ist z.B. der Pitch ist mit einer Maßgenauigkeit von ± 4 μm bis $\pm$ 10 μm zu fertigen. Die Anforderungen werden auch anhand der nachstehenden Überlegungen deutlich. Die Distanzringe, auch Zwischenscheiben genannt, werden zur Erzielung eines definierten axialen Abstandes zwischen den Einzel-Schleifscheiben eingesetzt. Zur Herstellung der oben beschriebenen Mikrostrukturen darf dieser Abstand und damit die Dicke des Distanzringes eine sehr kleine Toleranz nicht überschreiten. Somit sind wiederum höchste Anforderungen an das Verfahren zur Herstellung dieser Mehrscheiben-Schleifmodule gestellt.

[0013] Nach dem Stand der Technik werden die einzelnen Bauteile des modular aufgebauten Mehrscheiben-Schleifmoduls, im wesentlichen die Schleifscheiben und die Distanzringe, in unabhängigen, separaten Herstellungs- bzw. Bearbeitungsprozessen, z.B. Läppen, endbearbeitet gefertigt und anschließend auf der Spindel montiert. Wesentliches Merkmal des bekannten Verfahrens zum Herstellen von Mehrscheiben-Schleifmoduls ist daher, daß die Herstellung bzw. Endbearbeitung der einzelnen Bauteile und die Montage dieser Teile zum Mehrscheiben-Schleifmodul voneinander getrennte Verfahrensschritte sind, die zeitlich nacheinander durchgeführt werden. Zunächst werden die einzelnen Schleifscheiben und Distanzringe gefertigt, wobei noch keine hohen Anforderungen an die Lage- bzw. Oberflächentoleranzen gestellt werden. Anschließend findet eine Feinstbearbeitung durch Läppen der später in axialem Wirkeingriff befindlichen Stirnseiten der Schleifscheiben und der Distanzringe statt, um die geforderte Oberflä-

chenqualität bzw. Lagetoleranz dieser Funktionsflächen zu erreichen. Es können Rauhtiefen bis R_t = 0,03 Am und Planparallelitäten bis zu 0,2 Am erzielt werden. Man erhält so eine Vielzahl von hochgenauen, auf Dickentoleranz geläppte Distanzringe und Schleifscheiben die anschließend als Stapel montiert werden.

[0014] Dieses Stapeln, das rein manuell durchgeführt wird, verläuft wie folgt:

[0015] Eine Spindel, die an ihrem einen Ende einen mit größerem Durchmesser versehenen Anschlag aufweist, wird zur Bestückung mit den Schleifscheiben bzw. Distanzringen so auf einen Rundtisch gestellt, daß die Stirnseite des Anschlages, die am Spindelende liegt, auf dem Tisch zum Aufliegen kommt. Dann wird die erste Schleifscheibe über das offene Spindelende geschoben und auf dem Spindelanschlag abgelegt. Anschließend wird der erste Distanzring auf das freie Spindelende aufgeschoben, und mit der ersten Schleifscheibe in Anschlag gebracht. Im weiteren Verfahren zur Herstellung des Mehrscheiben-Schleifmodules werden abwechselnd Schleifscheiben und Distanzringe über das freie Spindelende aufgeschoben und in Anschlag gebracht. Dieses abwechselnde Stapeln von Schleifscheiben und Distanzringen erfolgt, bis die zu erzielende Länge des Schleifmoduls erreicht wird, die durch den Abstand der beiden äußersten Schleifscheiben definiert wird. Durch Aufbringen einer Nutmutter am freien Spindelende werden die angeordneten Schleifscheiben und Distanzringe zwischen Spindelanschlag und Nutmutter verspannt.

[0016] Die Schleifscheiben und die Distanzringe sind trotz Feinstbearbeitung durch Läppen mit Fertigungstoleranzen versehen. Ein wahlloses Stapeln würde aus diesem Grunde die Gefahr in sich bergen, daß sich die Fertigungsungenauigkeiten der einzelnen Schleifscheiben und Distanzringe beim Stapeln zu unzulässigen Fehlern aufsummieren.

[0017] Werden z.B. die Distanzringe aller mit einer nur um wenige Mikrometer zu großen Dicke gefertigt, so addieren sich diese Toleranzen auf und es werden somit unzulässige Stapeltoleranzen erreicht. Durch Parallelitätsabweichungen der Stirnflächen der Schleifscheiben oder an den Distanzringen kommt es zu einem Planschlag der Einzelschleifscheiben und somit auch zu einem Rundlaufehler an der Schleifscheibe. Dieser Schlag an den Schleifscheiben kann bei der Mikrostrukturierung zur Zerstörung der Struktur führen.

[0018] Während des Stapelns der endgefertigten Einzelteile des Mehrscheiben-Schleifmoduls findet deshalb immer wieder ein Messen und Kontrollieren der einzuhaltenden Toleranzen statt. Beginnend mit der ersten aufgeschobenen Schleifscheibe wird nach jedem weiteren Aufschieben einer weiteren Schleifscheibe bzw. eines weiteren Distanzringes der Verfahrensschritt des Messens und Überprüfens durchgeführt. Als Referenzpunkt dient dabei die Stirnseite des Spindelanschlags, die die erste Schleifscheibe axial aufnimmt. Dazu wird der jeweils bis zum Meßzeitpunkt erzielte Hub, die axiale Länge des Teil-Moduls, an mehreren, verteilt liegenden Stellen der Funktionsfläche, im einzelnen der Stirnflächen der Schleifscheiben bzw. der Distanzringe gemessen.

[0019] Durch diese Vorgehensweise wird einerseits die Einhaltung der Maßtoleranzen des zu erzielenden Hubes kontrolliert, andererseits kann, dadurch daß der Hub an verschiedenen Stellen auf der Funktionsfläche gemessen wird, gleichzeitig eine Kontrolle der Lagetoleranzen stattfinden. Dies sind die Parallelität der Funktionsflächen der Schleifscheiben bzw. der Distanzringe und die Lage dieser Funktionsflächen zur Spindel- und späteren Drehachse, wobei diese einen Winkel von 90° bilden müssen. Bei Abweichungen von der Rechtwinkligkeit und damit bei einem Sitz der Schleifscheiben bzw. der Distanzringe auf der Achse ähnlich dem einer Taumelscheibe, käme es zu einem Planschlag. Die Folge wäre auch hier, wie erwähnt, die Zerstörung der Mikrostruktur und somit des Werkstückes.

[0020] Durch den sehr aufwendigen und immer zu wiederholenden Verfahrensschritt des Messens und Kontrollierens und Auswählens der geeigneten Kombinationsfolge der Distanzringe wird versucht, die vorgegebenen Fertigungstoleranzen des Mehrscheiben-Schleifmoduls einzuhalten. Weil sämtliche Distanzringe und Schleifscheiben unterschiedliche Fertigungsungenauigkeiten aufweisen, kann durch geschicktes Auswählen und Stapeln der Distanzringe und der Schleifscheiben die Aufsummierung der Fertigungsungenauigkeiten gemindert werden; teilweise kompensieren sich auch Fertigungsungenauigkeiten bei dieser Art der Montage. Das Auffinden einer geeigneten Kombinationsreihenfolge ist jedoch extrem personal-, zeit- und somit kostenintensiv. Zudem sind die Schleifscheiben und die Distanzringe während der Montage ohne Nutmutter bezüglich der Spindelachse drehbar, womit sich ein weiterer Freiheitsgrad beim Stapeln ergibt. Die Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten vervielfacht sich hierdurch. Trotz des hohen Aufwandes ist dabei nicht immer sichergestellt, daß das später vorliegende Mehrscheiben-Schleifmodul die hohen Anforderungen bezüglich Maß- und Lagetoleranzen, erfüllt.

[0021] Dieses Verfahren zur Herstellung eines Mehrscheiben-Schleifmodules stößt nicht nur bezüglich seiner Fertigungstoleranzen, sondern auch bezüglich der Anzahl an stapelbaren Schleifscheiben an seine Grenzen, da mit zunehmender Anzahl an Schleifscheiben der Aufwand und die Fertigungsungenauigkeit ansteigen. Dies ist auch dadurch bedingt, daß ein Verspannen der einzelnen Teile durch eine Nutmutter einmalig und erst am Ende des Fertigungsprozesses durchgeführt wird, wenn berücksichtigt wird, daß zwischen den Teilen während des Stapelvorganges Passungsspiel verbleiben kann. Durch die hohe Anzahl an Setzfugen kommt es weiterhin beim axialen Verspannen der Schleifscheiben zu einer Verlagerung der einzelnen Schleifscheiben, die unzulässig sein kann. Unter dem Gesichtspunkt der Rationalisierung des Produktionsprozesses wird jedoch eine möglichst hohe Anzahl an Schleifscheiben ange-

strebt.

[0022] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen eines Mehrscheiben-Schleifmodules bereitzustellen und ein Mehrscheiben-Schleifmodul zu schaffen, bei dem die Zeit für seine Herstellung, insbesondere die Montagezeit, die Bearbeitungszeit und die Meßzeit, im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren nach dem Stand der Technik reduziert wird, wobei die Fertigungsqualität des so hergestellten Mehrscheiben-Schleifmodules gesteigert wird bzw. seine Maß- und Lagetoleranzen verkleinert werden und die Anzahl an Schleifscheiben auf dem Mehrscheiben-Schleifmodul maximiert wird.

[0023] Die Lösung dieser Aufgabe gelingt verfahrensmässig ausgehend von dem eingangs bezeichneten Verfahren zum Herstellen eines hochpräzisen Mehrscheiben-Schleifmodules mit mehreren, auf einer gemeinsamen Spindel, hochpräzise durch Distanzringe axial beabstandet zueinander, angeordneten Präzisions-Schleifscheiben zum gleichzeitigen Ausschleifen von parallel zueinander verlaufenden Mikrostrukturen in einem Werkstück, gemäß der Erfindung mit den Schritten:

- Einspannen der Spindel in eine Ultrapräzisions-Drehmaschine und Vorgabe eines ersten axialen Abstands-Referenzpunktes durch Eindrehen eines Montage-Absatzes in einen stirnseitigen Spindelabsatz der Spindel unter Ausbildung einer Absatzflanke,
- Aufbringen einer ersten, endbearbeiteten Präzisions-Schleifscheibe über das freie Spindelende auf den Montage-Absatz,
- Aufbringen eines ersten, in üblicher Werkstattfertigungsqualität bearbeiteten Distanzringes über das freie Spindelende und Befestigen dieses Distanzringes mit dem Spindelabsatz unter Fixierung der ersten Schleifscheibe mit Anliegen an der Absatzflanke,
- Eindrehen eines Montage-Absatzes in den ersten Distanzring im vorgegebenen, hochpräzisen Abstand zum ersten axialen Abstands-Referenzpunktes des Montage-Absatz (8) im Spindelabsatz zur Aufnahme einer zweiten, endbearbeiteten Hochpräzisions-Schleifscheibe, und
- Montage der weiteren endbearbeiteten Hochpräzisions-Schleifscheiben und grob vorbearbeiteten Distanzringe bis zu dem vorgegebenen Hub des Schleifmoduls durch aufeinanderfolgendes Wiederholen des Schrittes des Aufbringens einer Präzisions-Schleifscheibe, des Schrittes des Aufbringens eines Distanzringes, des Befestigens dieses Distanzringes (10) unter Fixierung der Schleifscheibe und des Eindrehens eines Montage-Absatzes im Distanzring in einem vorgegebenen hochpräzisen Abstand zu einem axialen Abstands-Referenzpunkt für die Montage der folgenden Schleifscheibe.

[0024] Bei der erfindungsgemäßen Stapeltechnik werden die grob vorbearbeiteten Distanzringe sukzessive auf einer Ultrapräzisions-Drehmaschine für den zu montierenden Hub von Schleifscheiben in einer Aufspannung montiert und während der Montage auf das notwendige Präzisionsmaß endbearbeitet. Dadurch kann die Montagezeit und die Meßzeit signifikant reduziert werden. Außerdem ist die Fertigungsqualität des endmontierten Mehrscheiben-Schleifmodules sehr hoch, da alternierend montiert und endbearbeitet wird und somit während der Montage - im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren - auf die geometrischen Abmessungen bestimmter Bauteile, nämlich der Distanzringe, Einfluß genommen werden kann.

[0025] Der Abstand der Schleifscheiben wird folglich erst durch Einarbeiten eines Absatzes in einen Distanzring realisiert, wodurch der Stegabstand (Pitch) der zu fertigenden Kanalplatte mit kleineren Toleranzen gefertigt werden kann.

[0026] Da die Komponenten des Mehrscheiben-Schleifmodules schrittweise während der Montage miteinander verbunden werden, ergibt sich auch keine Maßverschiebung beim Fixieren aller Komponenten auf dem freien Spindelende nach der Montage.

[0027] Vorteilhaft ist eine Ausführungsform des Verfahrens, bei der

- das Eindrehen des Montage-Absatzes in den ersten Distanzring im vorgegebenen, hochpräzisen Abstand zum ersten axialen Abstands-Referenzpunktes des Montage-Absatz im Spindelabsatz in der Art erfolgt, daß ein neuer axialer Abstand-Referenzwert in der Absatzflanke des Distanzringes für das Eindrehen eines Montage-Absatzes in dem folgenden Distanzring vorgegeben wird, der den vorherigen axialen Abstands-Referenzwert ersetzt, und daß
- bei der Montage der weiteren endbearbeiteten Hochpräzisions-Schleifscheiben und grob vorbearbeiteten Distanzringe das Eindrehen des Montage-Absatzes im Distanzring im vorgegebenen, hochpräzisen Abstand zum vorherigen axialen Abstands-Referenzpunktes für die Montage der folgenden Schleifscheibe immer in der Art erfolgt, daß ein neuer axialer Abstand-Referenzwertes in der Absatzflanke für das Eindrehen eines Montage-Absatzes in dem folgenden Distanzring vorgegeben wird, der den vorherigen axialen Abstands-Referenzwert ersetzt.

[0028] Im Vordergrund dieser Verfahrensvariante steht die Realisierng eines möglichst exakten Abstandes der einzelnen Schleifscheiben voneinander und damit die Bereitstellung eines Werkzeuges, mit dem die mit diesem Werkzeug zu fertigende Kanalplatte, insbesondere die Stegabstände der Stege dieser Kanalplatte, maßgenauer hergestellt werden kann.

[0029] Die Realisierung erfolgt in der Art, daß für jede zu montierende Einzel-Schleifscheibe der Referenzpunkt für das Abstandsmaß zur benachbarten, vorherigen Schleifscheibe unabhängig von den vorher montier-

ten Schleifscheiben und Distanzringen neu festgelegt wird. Dieser Abstands-Referenzpunkt, welcher bei der Einarbeitung des Distanzring-Absatzes Berücksichtigung findet, befindet sich nämlich jeweils in der Absatzflanke des Distanzring-Absatzes, der dem gerade in Bearbeitung befindlichen Distanzring vorherläuft.

[0030] Zu bevorzugen ist eine Ausführungsform des Verfahrens, die dadurch gekennzeichnet ist, daß

- bei der Montage der weiteren endbearbeiteten Hochpräzisions-Schleifscheiben und grob vorbearbeiteten Distanzringe jeweils das Eindrehen des Montage-Absatzes im Distanzring für die Montage der folgenden Schleifscheibe immer im vorgegebenen, hochpräzisen Abstand zum ersten axialen Abstands-Referenzpunktes des Montage-Absatz im Spindelabsatz erfolgt.

[0031] Die Vorgabe eines einzelnen axialen Abstands-Referenzpunktes im Montage-Absatz des Spindelabsatzes als Referenzpunkt für die Einarbeitung sämtlicher Montage-Absätze in die zu montierenden Distanzringe hat zur Folge, daß es zu keinem Summenfehler von Einzeltoleranzen kommt, weil der Gesamthub, der sich durch Addition der Teilhübe der einzelnen Pakete, bestehend aus Schleifscheibe und zugehörigem Distanzring, ergibt, ständig justiert werden kann und sich die Toleranzen bzw. Abweichungen der einzelnen Pakete nicht zu einer Gesamttoleranz bzw. Gesamtabweichung des Ist-Gesamthubes vom Soll-Gesamthub aufsummieren können.

[0032] Diese Verfahrensvariante gestattet sowohl die Fertigung eines vorgegebenen, präzisen Schleifscheibenabstandes, als auch die Einhaltung enger Toleranzen im Hinblick auf den einzuhaltenden Gesammthub.

[0033] Hinsichtlich des hochpräzisen Mehrscheiben-Schleifmoduls gelingt die Lösung der Aufgabe, ausgehend von einem hochpräzisen Mehrscheiben-Schleifmodul, mit mehreren, auf einer gemeinsamen Spindel, hochpräzise durch Distanzringe axial beabstandet zueinander, montierte Präzisions-Schleifscheiben zum gleichzeitigen Ausschleifen von parallel zueinander verlaufenden Mikrostrukturen in einem Werkstück gemäß der Erfindung dadurch, daß die erste Schleifscheibe auf einem eingedrehten Montage-Absatz eines an einem Ende der Spindel angeformten flanschartigen Spindelabsatzes aufgenommen ist und die weiteren Schleifscheiben jeweils auf Montage-Absätzen aufgenommen sind, die jeweils im vorhergehenden Distanzring so eingedreht sind, daß der Abstand von Flanke zu Flanke aufeinanderfolgender Montage-Absätze hochpräzise jeweils gleich dem axialen Soll-Abstandsmaß der Schleifscheiben ist, daß der erste Distanzring am flanschartigen Spindelabsatz der Spindel und die weiteren Distanzringe untereinander unter Einspannen der Schleifscheiben mechanisch befestigt sind, und daß die Distanzringe normale Werkstatt-Fertigungsqualität besitzen.

[0034] Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet und werden im folgenden beschrieben.

[0035] In den Zeichnungen ist ein Ausführungsbeispiel für das erfindungsgemäße Verfahren und den erfindungsgemäßen Mehrscheiben-Schleifmodul, sowie zum besseren Verständnis, ein mit dem Mehrscheiben-Schleifmodul beispielsweise strukturiertes Flachglas dargestellt.

[0036] Es zeigen:

Figur 1 in einer schematischen Schnittdarstellung den ersten Bearbeitungsschritt an der Spindel des erfindungsgemäßen Mehrscheiben-Schleifmodules im Rahmen seiner Montage

Figur 2 ebenfalls in einer Schnittdarstellung entsprechend Figur 1 den zweiten Montageschritt unter Befestigung der ersten Schleifscheibe auf der Spindel

Figur 3 den fertig montierten Mehrscheiben-Schleifinodul, und

Figur 4 ein mit dem Mehrscheiben-Schleifmodul strukturiertes Flachglas bekannter Konfiguration.

[0037] Gemäß der erfindungsgemäßen Stapeltechnik werden auf einer, in der Zeichnung nicht dargestellten, an sich bekannten Ultrapräzisions-Drehmaschine endbearbeitete Schleifscheiben und nur grob vorbearbeitete Distanzringe für den zu montierenden Hub in einer Aufspannung endbearbeitet und montiert. Dadurch kann, wie bereits erwähnt, die Montagezeit und die Meßzeit reduziert und die Fertigungsqualität des montierten Mehrscheiben-Schleifmodules gesteigert werden.

[0038] Zunächst wird bei der Montage eine Spindel 1, eine Welle, auf der die Schleifscheiben und Distanzringe montiert werden, aufgespannt und endbearbeitet. Diese Spindel besitzt am stirnseitigen Ende einen schmalen Spindel- bzw. Wellenabsatz 2 mit einem größeren Durchmesser als der Durchmesser der Spindel 1, mit dem sie in der Ultrapräsizions-Drehmaschine aufgenommen wird. Die Spindel 1 wird in Drehung um ihre Achse 5 versetzt, wobei mit einem Werkzeug 4 der Drehmaschine ein Absatz 8 zur Aufnahme der ersten Schleifscheibe 7 in den Spindel- bzw. Wellenabsatz 2 eingearbeitet wird. Die Flanke 9 dieses Absatzes 8 dient als Referenzpunkt, d.h. die NC-Steuerung der Ultrapräzisionsmaschine wird bezüglich ihrer Wegmessung in Z-Richtung, d.h. in Spindellängsrichtung zu Null gesetzt.

[0039] Wie Figur 2 zu entnehmen ist, wird die erste, bereits endbearbeitete Schleifscheibe 7 über das freie Spindelende auf die Spindel 1 aufgeschoben und auf den Absatz 8 im Spindel- bzw. Wellenabsatz 2 aufgesteckt. Danach wird ein nur grob vorbearbeiteter Distanzring 10 über das freie Spindelende auf die Spindel 1 aufgeschoben und zum Anschlag mit der ersten Schleifscheibe 7

gebracht. Der Distanzring 10 wird über Schrauben 6 in Gewindebohrungen 3, die im Absatz 2 eingearbeitet sind, befestigt, wodurch die erste Schleifscheibe 7 zwischen Absatz 8 und Distanzring 10 fest eingespannt wird.

[0040] Auf der Stirnseite des Distanzringes 10, die zum freien Spindelende hin zeigt, wird nunmehr mit dem Werkzeug 4 ein Absatz 11 zur Aufnahme einer zweiten Schleifscheibe mit einem vorgegebenen Maß eingearbeitet, derart, daß die Flanke 12 dieses Absatzes 11 den zu erzielenden präzisen Abstand zur benachbarten Flanke 9 im Absatz 8 des Spindelabsatzes 2, der die erste Schleifscheibe 7 aufgenommen hat, aufweist, und somit die beiden benachbarten Schleifscheiben hochpräzise das notwendige, vorgegebene Abstandsmaß aufweisen. Dieses Abstandsmaß ist ein ganzzahliges Vielfaches des Pitches "X" und ist für alle auf der Spindel 1 sitzenden Schleifscheiben 7 gleich groß. Dieses Maß ist letzlich das für das bevorzugt zur Herstellung von Kanalplatten angewendete Herstellungsverfahren wichtige Maß und muß je nach Anforderung mit einer Toleranz von $\pm$ 4μm bis $\pm$ 10 μm gefertigt werden. Es wird in einfacher Weise durch den Werkzeugvorschub bei der Herstellung des jeweiligen Absatzes 11 in den Distanzringen 10 und durch die Steuerung der Ultrapräzisionsmaschine gefertigt. Ein manuelles Messen und Überprüfen dieses Maßes im eigentlichen Sinne, wie es bei Verfahren nach dem Stand der Technik notwendig ist, entfällt.

[0041] Abwechselndes Aufschieben und Befestigen von Schleifscheiben und Distanzringen durch mehrmaliges Wiederholen der Verfahrensschritte, bis der zu erzielende Hub erreicht ist, führen schließlich zu dem im Figur 3 dargestellten Mehrscheiben-Schleifmodul 13. Dabei sind die gestapelten Schleifscheiben 7 und Distanzringe 10 über eine am freien Spindelende sitzenden Nutmutter 15, die auf ein Gewinde 14 aufgeschraubt ist, zusätzlich gesichert.

[0042] Die axiale Tiefe des Absatzes 8 im Spindelanschlag 2 ist kleiner als die Dicke der aufzunehmenden Schleifscheibe, so daß die Schleifscheibe kraftschlüssig axial fixiert ist. Die im weiteren Herstellungsverfahren in die Distanzringe einzuarbeitenden Absätze werden in ihrer axialen Tiefe durch den zwischen den Schleifscheiben einzuhaltenden Abstand bestimmt, sind aber so bemessen, daß es nicht zu einem Kontakt zwischen einzelnen Distanzringen kommen kann. Der Durchmesser des Absatzes wird jeweils so gewählt, daß sich zwischen Absatz und Schleifscheibe eine Spielpassung ergibt.

[0043] Die Schleifscheiben sind bereits vor der Montage durch Läppen ihrer Stirnseiten genau auf Dickentoleranz endbearbeitet.

[0044] Ein essentielles Merkmal bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Mehrscheiben-Schleifmodules ist es daher, daß der Abstand der einzelnen Schleifscheiben 7 durch die Bearbeitung auf der Ultrapräzisions-Drehmaschine festgelegt wird. Dadurch können die Distanzringe, in die jeweils die den Abstand festlegenden Absätze 11 eingedreht werden, in einfacher Werkstattfertigungsqualität ausgeführt werden; eine Präzisionsbearbeitung, z.B. durch Läppen, ist nicht nötig. Es kommt auch zu keinem Summenfehler von Einzeltoleranzen, da der jeweilige Absatz 11 unabhängig von den vorher montierten Distanzscheiben 10 und Schleifscheiben 7 bearbeitet wird. Der in den Spindelabsatz eingearbeitete Absatz 11 bzw. seine Flanke 12 dienen als Referenzpunkt für sämtliche in die Distanzringe einzuarbeitenden Absätze 11.

[0045] Die zur Erzielung eines definierten Abstandes zwischen den Einzelschleifscheiben verwendeten Distanzringe bestehen vorzugsweise aus einem Material mit einem geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Vorrangig sind dies z.B. Zerodur (TM), Keramiken, Glaskeramiken oder Eisenlegierungen. Es können aber auch aufgrund ihrer guten Zerspannbarkeit NE-Legierungen, Kunststoffe oder Graphit verwendet werden.

[0046] Für die Befestigung des Distanzringes und der damit beabsichtigten Einspannung der Schleifscheibe bieten sich verschiedene Befestigungsmittel an. Eine bevorzugte Methode ist die vorbeschriebene, in den Zeichnungen dargestellte Befestigung des Distanzringes mit mehreren Schrauben am Spindelanschlag bzw. am vorherigen Distanzring. Eine weitere Befestigungsmethode stellt die Klebeverbindung dar. Hierbei wird zwischen die durch das Stapeln in Eingriff kommenden Funktionsflächen, im einzelnen die Stirnseiten der Schleifscheibe und die Stirnseite der Distanzringe bzw. die Flanke des Absatzes zur axialen Aufnahme der Schleifscheiben, ein Klebemittel eingebracht. Vorteilhaft ist auch die Befestigung der Distanzringe durch Aufschrumpfen auf die Spindel, wobei sich zwischen Spindel und Distanzring eine kraftschlüssige Preßverbindung ergibt. Die Schleifscheiben selbst werden hierbei wiederum fest zwischen den Distanzringen eingespannt.

[0047] Die gestapelten Schleifscheiben und untereinander befestigten Distanzringe werden zweckmäßig durch ein am freien Spindel angeordnetes Sicherungselement fixiert werden. Eine bevorzugte Sicherung ist, wie vorbeschrieben, die am Spindel aufgebrachte Nutmutter. Weitere Ausführungsbeispiele dieses Sicherungselementes sind ein Spannelement oder ein Spannsatz, wobei das letzte zu stapelnde Element des Mehrscheiben-Schleifmodules ein Distanzring ist, der im Bereich seiner Bohrung so ausgebildet ist, das er einerseits auf der Spindel zentriert werden kann und andererseits das Spannelement aufzunehmen in der Lage ist.

[0048] Ein manuelles Messen und Überprüfen der Maß- und Lagetoleranzen im herkömmlichen Sinne entfällt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren. Die Steuerung der Ultrapräzisionsdrehmaschine, die bei dem Prozeß des Eindrehens des Absatzes im Distanzring bzw. im Spindelabsatz zum Einsatz kommt, wird dazu benutzt, die vorgegebenen Maße präzise einzuhalten. Hierzu wird die Flanke, die die erste Schleifscheibe axial aufnimmt, als Referenzpunkt gewählt, d.h. bei ihr wird die Steuerung der Ultrapräzisionsdrehmaschine bezüglich ihrer Wegmessung in Spindellängsrichtung auf Null gesetzt. Der Abstand der einzelnen Schleifscheiben ist, wie

oben erwähnt, ein Vielfaches des Pitches und wird durch die Steuerung des Bearbeitungswerkzeuges erzielt.

[0049] Nach erfolgter Endmontage des nach dem oben beschriebenen Verfahren hergestellten Mehrscheiben-Schleifmodules erfolgt seine "Konditionierung", vorzugsweise auf der Bearbeitungsmaschine, auf der das Mehrscheiben-Schleifmodul zur Mikrostrukturierung der optischen Flachgläser zum Einsatz kommt. Dies geschieht wieder unter dem Aspekt der zu erzeugenden Fertigungsqualität. Indem eine mögliche Fehlerquelle, nämlich zusätzliche Ungenauigkeiten durch das Umspannen des Mehrscheiben-Schleifmodules, eliminiert wird, kann vermieden werden, daß sich die dadurch bedingten Ungenauigkeiten mit den bereits bestehenden, unvermeidbaren Fertigungstoleranzen des Mehrscheiben-Schleifmodules ungünstig additiv überlagern.

[0050] Das Konditionieren beinhaltet das Profilieren, das Schärfen bzw. Abrichten der Schleifscheibe. Ziel des Profilierens ist es, der Schleifscheibe das gewünschte Profil und den nötigen Rundlauf zu geben. Hierbei wird die Schleifscheibe nicht an ihren Stirnseiten bearbeitet bzw. in ihrem Dickenmaß verändert, sondern, mit Rücksicht auf die Tiefentoleranz der später zu fertigenden Struktur, mit einem einheitlichen Radius versehen. Die Schleifscheiben werden nämlich von den mit der Ultrapräzisionsmaschine gefertigten Montage-Absätzen radial aufgenommen, wobei die Teile so dimensioniert sind, daß in den Kontaktflächen eine Spielpassung vorliegt, wodurch ein Profilieren notwendig wird.

[0051] Vorrangig werden für die Kanalplatten Schleifscheiben eingesetzt, die eine Rechteckkontur aufweisen. Je nach Anforderungen am mikrostrukturierten Bauteil können jedoch auch abgerundete Konturen erforderlich sein.

[0052] Das Schärfen, auch Abrichten genannt, sorgt für die notwendige Schleifscheibentopographie mit schneidfähigen Körnern und einer Entfernung von Ablagerungen, die in den Spanräumen der Scheibe sitzen.

[0053] Das Konditionieren kann zwischen den Bearbeitungszeiten auf der Bearbeitungsmaschine stattfinden oder vorzugsweise während des Bearbeitungsprozesses, wobei es sich dann um ein kontinuierliches Konditionieren handelt.

Bezugszeichen

[0054]

1 Spindel
2 Wellen- bzw. Spindelabsatz
3 Bohrung
4 Werkzeug
5 Spindelachse
6 Schraube
7 Schleifscheibe
8 Montageabsatz im Spindelabsatz
9 Flanke des Montageabsatzes im Spindelabsatz
10 Distanzring
11 Montageabsatz im Distanzring
12 Flanke des Montageabsatzes im Distanzring
13 Mehrscheiben-Schleifmodul
14 Gewinde der Nutmutter
15 Nutmutter

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Mehrscheiben-Schleifmodules (13) mit mehreren, auf einer gemeinsamen Spindel (1), hochpräzise durch Distanzringe (10) axial beabstandet zueinander, angeordnete Präzisions-Schleifscheiben (7) zum gleichzeitigen Ausschleifen von parallel zueinander verlaufenden Mikrostrukturen in einem Werkstück,
mit den Schritten:

- Einspannen der Spindel (1) in eine Ultrapräzisions-Drehmaschine und Vorgabe eines ersten axialen Abstands-Referenzpunktes durch Eindrehen eines Montage-Absatzes (8) in einen stirnseitigen Spindelabsatz (2) der Spindel (1) unter Ausbildung einer Absatzflanke (9),
- Aufbringen einer ersten, endbearbeiteten Präzisions-Schleifscheibe (7) über das freie Spindelende auf den Montage-Absatz (8),
- Aufbringen eines ersten, in üblicher Werkstattfertigungsqualität bearbeiteten Distanzringes (10) über das freie Spindelende und Befestigen dieses Distanzringes (10) mit dem Spindelabsatz (2) unter Fixierung der ersten Schleifscheibe (7) mit Anliegen an der Absatzflanke (9),
- Eindrehen eines Montage-Absatzes (11) in den ersten Distanzring (10) im vorgegebenen, hochpräzisen Abstand zum ersten axialen Abstands-Referenzpunkt des Montage-Absatzes (8) im Spindelabsatz (2) zur Aufnahme einer zweiten, endbearbeiteten Hochpräzisions-Schleifscheibe (7), und
- Montage der weiteren endbearbeiteten Hochpräzisions-Schleifscheiben (7) und grob vorbearbeiteten Distanzringe (10) bis zu dem vorgegebenen Hub des Schleifmoduls (13) durch aufeinanderfolgendes Wiederholen des Schrittes des Aufbringens einer Präzisions-Schleifscheibe (7), des Schrittes des Aufbringens eines Distanzringes (10), des Befestigens dieses Distanzringes (10) unter Fixierung der Schleifscheibe (7) und des Eindrehens eines Montage-Absatzes (11) im Distanzring (10) in einem vorgegebenen hochpräzisen Abstand zu einem axialen Abstands-Referenzpunkt für die Montage der folgenden Schleifscheibe (7).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß**

- das Eindrehen des Montage-Absatzes (11) in den ersten Distanzring (10) im vorgegebenen, hochpräzisen Abstand zum ersten axialen Abstands-Referenzpunkt des Montage-Absatzes (8) im Spindelabsatz (2) in der Art erfolgt, daß ein neuer axialerAbstands-Referenzwert in der Absatzflanke (12) des Distanzringes (10) für das Eindrehen eines Montage-Absatzes (11) in dem folgenden Distanzring (10) vorgegeben wird, der den vorherigen axialen Abstands-Referenzwert ersetzt, und daß
- bei der Montage der weiteren endbearbeiteten Hochpräzisions-Schleifscheiben (7) und grob vorbearbeiteten Distanzringe (10) das Eindrehen des Montage-Absatzes (11) im Distanzring (10) im vorgegebenen, hochpräzisen Abstand zum vorherigen axialen Abstands-Referenzpunkt für die Montage der folgenden Schleifscheibe (7) immer in der Art erfolgt, daß ein neuer axialer Abstand-Referenzwert in der Absatzflanke (12) für das Eindrehen eines Montage-Absatzes (11) in dem folgenden Distanzring (10) vorgegeben wird, der den vorherigen axialen Abstands-Referenzwert ersetzt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß**

- bei der Montage der weiteren endbearbeiteten Hochpräzisions-Schleifscheiben (7) und grob vorbearbeiteten Distanzringe (10) jeweils das Eindrehen des Montage-Absatzes (11) im Distanzring (10) für die Montage der folgenden Schleifscheibe (7) immer im vorgegebenen, hochpräzisen Abstand zum ersten axialen Abstands-Referenzpunkt des Montage-Absatzes (8) im Spindelabsatz (2) erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die gestapelten, untereinander befestigten Schleifscheiben (7) und Distanzringe (10) zusätzlich durch ein am freien Spindelende angeordnetes Sicherungselement (15) fixiert werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Sicherungselement (15) ein Spannelement verwendet wird, wobei als letztes zu stapelndes Element des Mehrscheiben-Schleifmoduls (13) ein Distanzring (10) verwendet wird, der im Bereich seiner Bohrung so bearbeitet wurde, daß er einerseits auf der Spindel (1) zentriert werden kann und andererseits das Spannelement (15) aufzunehmen in der Lage ist.

6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Sicherungselement (15) eine Nutmutter (15) verwendet wird, die auf ein am freien Spindelende eingearbeitetes Gewinde aufgeschraubt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Sicherungselement ein Spannsatz verwendet wird, wobei als letztes zu stapelndes Element des Mehrscheiben-Schleifmoduls (13) ein Distanzring (10) verwendet wird, der im Bereich seiner Bohrung so bearbeitet wurde, daß er einerseits auf der Spindel (1) zentriert werden kann und andererseits das Spannelement aufzunehmen in der Lage ist.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Distanzringe (10) mit Hilfe von Schrauben an dem jeweils vorher aufgeschobenen Distanzring (10) befestigt werden, und der erste Distanzring (10) am stirnseitigen Endanschlag der Spindel (1) befestigt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Distanzringe (10) auf die Spindel (1) aufgeschrumpft werden, wodurch sich zwischen Distanzring (10) und Spindel (1) eine Pressverbindung ergibt, die eine kraftschlüssige Befestigung der Distanzringe (10) und ein festes Einspannen der zwischen den Distanzringen (10) liegenden Schleifscheiben (7) vorsieht.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Distanzringe (10) und die Schleifscheiben (7) durch Klebeverbindungen befestigt werden, wobei zwischen die durch das Stapeln in Eingriff kommenden Funktionsflächen, der Stirnseiten der Schleifscheiben (7) und der Stirnseiten der Distanzringe (10), sowie jeweils die Flanke des Montage-Absatzes (11) der Distanzringe (10) zur axialen Aufnahme der Schleifscheiben (7), ein Klebemittel eingebracht wird.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der fertig montierte Mehrscheiben-Schleifmodul (13) konditioniert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Konditionieren auf der Bearbeitungsmaschine, auf der der Mehrscheiben-Schleifmodul (13) als Schleifwerkzeug zum Einsatz kommt, durchgeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Konditionieren kontinuierlich während des Bearbeitungsprozesses des Werkstückes durch den Schleifmodul (13) erfolgt.

14. Hochpräziser Mehrscheiben-Schleifmodul, mit mehreren, auf einer gemeinsamen Spindel (1), hochpräzise durch Distanzringe (10) axial beabstandet zu-

einander, montierte Präzisions-Schleifscheiben (7) zum gleichzeitigen Ausschleifen von parallel zueinander verlaufenden Mikrostrukturen in einem Werkstück, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Schleifscheibe (7) auf einem eingedrehten Montage-Absatz (8) eines an einem Ende der Spindel (1) angeformten flanschartigen Spindelabsatzes (2) aufgenommen ist und die weiteren Schleifscheiben (7) jeweils auf Montage-Absätzen (11) aufgenommen sind, die jeweils im vorhergehenden Distanzring (10) so eingedreht sind, daß der Abstand von Flanke (12) zu Flanke (12) aufeinanderfolgender Montage-Absätze (11) hochpräzise jeweils gleich dem notwendigen, durch die Mikrostrukturen vorgegebenen axialen Abstandsmaß der Schleifscheiben (7) ist, daß der erste Distanzring (10) am flanschartigen Spindelabsatz (2) der Spindel (1) und die weiteren Distanzringe (10) untereinander unter Einspannen der Schleifscheiben (7) mechanisch befestigt sind, und daß die Distanzringe (10) hinsichtlich der Fertigungstoleranzen einfache Werkstatt-Fertigungsqualität ohne Präzisionsbearbeitung besitzen.

15. Schleifmodul nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Distanzringe (10) radial so dimensioniert sind, daß es zu keinem direkten Kontakt zwischen ihnen kommt.

16. Schleifmodul nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die gestapelten Schleifscheiben (7) und Distanzringe (10) zusätzlich durch ein am freien Spindelende angeordnetes Sicherungselement (14, 15) fixiert sind.

17. Schleifmodul nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Sicherungselement ein Spannelement ist.

18. Schleifmodul nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Sicherungselement eine Nutmutter (15) ist, die auf einem am freien Spindelende befindlichen Gewinde sitzt.

19. Schleifmodul nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Sicherungselement ein Spannsatz ist.

20. Schleifmodul nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Distanzringe (10) jeweils an dem bei der Montage vorher aufgeschobenen Distanzring (10) mit Hilfe von Schrauben (6) befestigt sind, wobei der erste Distanzring (10) am Endanschlag (2) der Spindel (1) aufgeschraubt ist.

21. Schleifmodul nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen den Distanzringen (10) und der Spindel (1) eine Pressverbindung besteht.

22. Schleifmodul nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen den Distanzringen (10) und den Schleifscheiben (7) eine Klebeverbindung besteht, wobei sich das Klebemittel zwischen den sich im Eingriff befindlichen Kontaktflächen, den Stirnseiten der Schleifscheiben (4) und den Stirnseiten der Distanzringe (10) sowie den Flanken (12) der Absätze (11) der Distanzringe (10) zur axialen Aufnahme der Schleifscheiben, befindet.

23. Schleifmodul nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Distanzringe (10) aus Keramik gefertigt sind.

24. Schleifmodul nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Distanzringe (10) aus Glaskeramik gefertigt sind.

25. Schleifmodul nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Distanzringe aus einer Eisenlegierung gefertigt sind.

26. Schleifmodul nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Distanzringe (10) aus einem Kunststoff oder aus Graphit gefertigt sind.

27. Schleifmodul nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Distanzringe aus NE-Metall gefertigt sind.

Claims

1. Process for producing a multi-disc grinding module (13) having a plurality of precision grinding discs (7) which are arranged on a common spindle (1) at a high-precision axial distance from one another produced by spacer rings (10), for simultaneously grinding microstructures running parallel to one another in a workpiece,
comprising the steps of:

- clamping the spindle (1) in an ultra-precision lathe and presetting a first axial distance reference point by forming a mounting shoulder (8) by turning in an end-side spindle shoulder (2) of the spindle (1) so as to form a shoulder flank (9),
- fitting a first, finish-machined precision grinding disc (7) over the free end of the spindle onto the mounting shoulder (8),
- fitting a first spacer ring (10), which has been machined to standard workshop manufacturing quality, over the free end of the spindle and securing this spacer ring (10) to the spindle shoulder (2), fixing the first grinding disc (7) such that

it bears against the shoulder flank (9),
- forming a mounting shoulder (11) by turning in the first spacer ring (10) at the predetermined, high-precision distance from the first axial distance reference point of the mounting shoulder (8) in the spindle shoulder (2) to receive a second, finish-machined high-precision grinding disc (7), and
- mounting the further finish-machined high-precision grinding discs (7) and rough-premachined spacer rings (10) at the predetermined repetition interval of the grinding module (13) by successively repeating the step of fitting a precision grinding disc (7), the step of fitting a spacer ring (10), securing this spacer ring (10) so as to fix the grinding disc (7) and forming a mounting shoulder (11) by turning in the spacer ring (10) at a predetermined, high-precision distance from an axial distance reference point for the mounting of the subsequent grinding disc (7).

2. Process according to Claim 1, **characterized in that**

- the step of forming the mounting shoulder (11) by turning in the first spacer ring (10) at the predetermined, high-precision distance from the first axial distance reference point of the mounting shoulder (8) in the spindle shoulder (2) takes place in such a manner that a new axial distance reference value, which replaces the previous axial distance reference value, is predetermined in the shoulder flank (12) of the spacer ring (10) for forming a mounting shoulder (11) by turning in the subsequent spacer ring (10), and **in that**
- during the mounting of the further finish-machined high-precision grinding discs (7) and rough-premachined spacer rings (10), the step of forming the mounting shoulder (11) by turning in the spacer ring (10) at the predetermined, high-precision distance from the previous axial distance reference point for the mounting of the subsequent grinding disc (7) always takes place in such a manner that a new axial distance reference value, which replaces the previous axial distance reference value, is predetermined in the shoulder flank (12) for forming a mounting shoulder (11) by turning in the following spacer ring (10).

3. Process according to Claim 1, **characterized in that**

- during the mounting of the further finish-machined high-precision grinding discs (7) and rough-premachined spacer rings (10), the step of forming the mounting shoulder (11) by turning in the spacer ring (10) for the mounting of the following grinding disc (10) in each case always takes place at the predetermined, high-precision distance from the first axial distance reference point of the mounting shoulder (8) in the spindle shoulder (2).

4. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the stacked grinding discs (7) and spacer rings (10) which have been secured to one another are additionally fixed by a securing element (15) arranged on the free end of the spindle.

5. Process according to Claim 4, **characterized in that** the securing element (15) used is a clamping element, and the last element in the stack in the multi-disc grinding module (13) is a spacer ring (10), which in the region of its centre bore has been machined in such a way that on the one hand it can be centred on the spindle (1) and on the other hand is able to receive the clamping element (15).

6. Process according to Claim 4, **characterized in that** the securing element (15) used is a groove nut (15) which is screwed onto a screw thread machined on the free end of the spindle.

7. Process according to Claim 4, **characterized in that** the securing element used is a clamping set, and the last element in the stack in the multi-disc grinding module (13) is a spacer ring (10), which in the region of its centre bore has been machined in such a way that on the one hand it can be centred on the spindle (1) and on the other hand is able to receive the clamping element.

8. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the spacer rings (10) are secured to the spacer ring (10) which was in each case slid on before them with the aid of bolts, and the first spacer ring (10) is secured to the end-side limit stop of the spindle (1).

9. Process according to one of claims 1 to 7, **characterized in that** the spacer rings (10) are shrink-fitted onto the spindle (1), resulting in a press-fit between spacer ring (10) and spindle (1) which provides non-positive securing of the spacer rings (10) and fixed clamping of the grinding discs (7) located between the spacer rings (10).

10. Process according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the spacer rings (10) and the grinding discs (7) are secured by adhesive bonds, with an adhesive being introduced between the functional surfaces which come into engagement as a result of the stacking, namely the end sides of the grinding discs (7) and the end sides of the spacer rings (10), and also in each case the flank of the mounting shoulder (11) of the spacer rings (10) for axially receiving the grinding discs (7).

11. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the fully assembled multi-disc grinding module (13) is conditioned.

12. Process according to Claim 11, **characterized in that** the conditioning is carried out on the machine on which the multi-disc grinding module (13) is used as a grinding tool.

13. Process according to Claim 12, **characterized in that** the conditioning is carried out continuously during the process of machining the workpiece by the grinding module (13).

14. High-precision multi-disc grinding module, having a plurality of precision grinding discs (7), which are mounted on a common spindle (1) at a high-precision axial distance from one another produced by spacer rings (10), for simultaneously grinding microstructures running parallel to one another in a workpiece, **characterized in that** the first grinding disc (7) is received on a mounting shoulder (8) which has been formed by turning in a flange-like spindle shoulder (2) formed integrally at one end of the spindle (1), and the further grinding discs (7) are in each case received on mounting shoulders (11) which have in each case been formed in the previous spacer ring (10) by turning, in such a way that the distance from flank (12) to flank (12) of successive mounting shoulders (11) is in each case very precisely equal to the required axial spacing, predetermined by the microstructures, between the grinding discs (7), **in that** the first spacer ring (10) is mechanically secured to the flange-like spindle shoulder (2) of the spindle (1) and the further spacer rings (10) are mechanically secured to one another so as to clamp the grinding discs (7) in place, and **in that** the spacer rings (10), in terms of the manufacturing tolerances, are of simple workshop manufacturing quality without requiring any precision machining.

15. Grinding module according to Claim 14, **characterized in that** the radial dimensions of the spacer rings (10) are such that there is no direct contact between them.

16. Grinding module according to Claim 14 or 15, **characterized in that** the stacked grinding discs (7) and spacer rings (10) are additionally fixed by a securing element (14, 15) arranged at the free end of the spindle.

17. Grinding module according to Claim 16, **characterized in that** the securing element is a clamping element.

18. Grinding module according to Claim 16, **characterized in that** the securing element is a groove nut (15) which is seated on a screw thread located at the free end of the spindle.

19. Grinding module according to Claim 16, **characterized in that** the securing element is a clamping set.

20. Grinding module according to one of Claims 14 to 19, **characterized in that** the spacer rings (10) are each secured to the spacer ring (10) which was slid on before them during mounting, with the aid of bolts (6), with the first spacer ring (10) being bolted to the limit stop (2) of the spindle (1).

21. Grinding module according to one of Claims 14 to 19, **characterized in that** there is a press fit between the spacer rings (10) and the spindle (1).

22. Grinding module according to one of Claims 14 to 19, **characterized in that** there is an adhesive bond between the spacer rings (10) and the grinding discs (7), with the adhesive being located between the engaging contact surfaces, namely the end sides of the grinding discs (4) and the end sides of the spacer rings (10) as well as the flanks (12) of the shoulders (11) of the spacer rings (10) for axially receiving the grinding discs.

23. Grinding module according to one of Claims 14 to 22, **characterized in that** the spacer rings (10) are made from ceramic.

24. Grinding module according to one of Claims 14 to 22, **characterized in that** the spacer rings (10) are made from glass-ceramic.

25. Grinding module according to one of Claims 14 to 22, **characterized in that** the spacer rings are made from an iron alloy.

26. Grinding module according to one of Claims 14 to 22, **characterized in that** the spacer rings (10) are made from a plastic or from graphite.

27. Grinding module according to one of Claims 14 to 22, **characterized in that** the spacer rings are made from nonferrous metal.

Revendications

1. Procédé pour préparer un module de meulage à disques multiples (13) ayant plusieurs disques de meulage de précision (7) disposés sur un arbre commun (1), séparés l'un de l'autre axialement de façon très précise par des bagues d'écartement (10) pour le rodage simultané de microstructures s'étendant parallèlement l'une à l'autre dans une pièce à usiner, avec les étapes suivantes :

- serrage de l'arbre (1) dans un tour de haute précision et prédétermination d'un premier point de référence de distance, axial, en introduisant par rotation un épaulement de montage (8) dans un épaulement d'arbre du côté frontal (2) de l'arbre (1) avec formation d'un flanc d'épaulement (9),
- application d'un premier disque de meulage de précision (7), ayant subi un polissage final, sur l'épaulement de montage (8) par-dessus l'extrémité d'arbre libre,
- application d'une première bague d'écartement (10) usinée selon une qualité habituelle de fabrication à l'atelier, par-dessus l'extrémité d'arbre libre, et fixation de cette bague d'écartement (10) avec l'épaulement d'arbre (2) avec fixation du premier disque de meulage (7) en l'appliquant contre le flanc d'épaulement (9),
- introduction par rotation d'un épaulement de montage (11) dans la première bague d'écartement (10) dans l'intervalle très précis prédéterminé conduisant au premier point de référence d'intervalle axial de l'épaulement de montage (8) dans l'épaulement d'arbre (2) pour recevoir un deuxième disque de meulage (7) de haute précision, ayant subi un polissage final, et
- montage du disque de meulage de haute précision supplémentaire (7), ayant subi un polissage final, et de bagues d'écartement (10), ayant subi un polissage grossier préalable, jusqu'à l'obtention de l'élévation prédéterminée du module de meulage (13) en répétant successivement l'étape d'application d'un disque de meulage de précision (7), l'étape d'application d'une bague d'écartement (10), la fixation de cette bague d'écartement (10) avec fixation du disque de meulage (7) et l'introduction par rotation d'un épaulement de montage (11) dans la bague d'écartement (10) dans l'intervalle très précis prédéterminé conduisant à un point de référence d'intervalle axial pour le montage du disque de meulage suivant (7).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**,

- l'introduction par rotation de l'épaulement de montage (11) dans la première bague d'écartement (10) dans l'intervalle très précis prédéterminé conduisant au premier point de référence d'intervalle axial de l'épaulement de montage (8) se réalise dans l'épaulement d'arbre (2) de manière à prédéterminer une nouvelle valeur de référence d'intervalle axial dans le flanc d'épaulement (12) de la bague d'écartement (10) pour l'introduction par rotation d'un épaulement de montage (11) dans la bague d'écartement (10) suivante, laquelle remplace la valeur de référence d'intervalle axial précédente, et

en ce que

- lors du montage des disques de meulage de haute précision supplémentaires ayant subi un polissage final (7) et des bagues d'écartement (10) ayant subi un polissage grossier préalable, l'introduction par rotation de l'épaulement de montage (11) dans la bague d'écartement (10) se réalise toujours dans l'intervalle très précis prédéterminé conduisant au point de référence d'intervalle axial précédent pour le montage du disque de meulage suivant (7) de manière à prédéterminer une nouvelle valeur de référence d'intervalle axial dans le flanc d'épaulement (12) pour l'introduction par rotation d'un épaulement de montage (11) dans la bague d'écartement suivante (10), laquelle remplace la valeur de référence d'intervalle axial précédente.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**,

- lors du montage des disques de meulage de haute précision (7) supplémentaires ayant subi un polissage final et des bagues d'écartement (10) ayant subi un polissage grossier préalable, l'introduction par rotation de l'épaulement de montage (11) dans la bague d'écartement (10) pour le montage du disque de meulage suivant (7) se réalise toujours à chaque fois dans l'intervalle très précis prédéterminé conduisant au premier point de référence d'intervalle axial de l'épaulement de montage (8) dans l'épaulement d'arbre (2).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les disques de meulage (7) empilés, fixés entre eux et les bagues d'écartement (10) sont fixés en plus par un élément de sécurité (15) disposé sur l'extrémité d'arbre libre.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**un élément de serrage est employé comme élément de sécurité (15), une bague d'écartement (10) étant employée en tant que dernier élément à empiler du module de meulage à disques multiples (13), laquelle a été usinée dans la zone de son alésage pour qu'elle puisse être centrée d'une part sur l'arbre (1) et soit en mesure d'autre part de recevoir l'élément de serrage (15).

6. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**un écrou cylindrique à encoches (15) est employé comme élément de sécurité (15), lequel est vissé sur un filetage pratiqué sur l'extrémité libre d'arbre.

7. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en**

ce qu'un jeu d'éléments de serrage est employé comme élément de sécurité, une bague d'écartement (10) étant employée comme dernier élément à empiler du module de meulage à disques multiples (13), laquelle a été usinée dans la zone de son alésage, pour qu'elle puisse être centrée d'une part sur l'arbre (1) et soit en mesure d'autre part de recevoir l'élément de serrage.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les bagues d'écartement (10) sont fixées à l'aide de vis sur la bague d'écartement (10) à chaque fois décalée au préalable, et la première bague d'écartement (10) est fixée sur la butée d'extrémité du côté frontal de l'arbre (1).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les bagues d'écartement (10) sont emmanchées sur l'arbre (1), un raccordement serré résultant ainsi entre la bague d'écartement (10) et l'arbre (1), lequel raccordement prévoit une fixation mécanique par adhérence des bagues d'écartement (10) et un serrage solide des disques de meulage (7) se trouvant entre les bagues d'écartement (10).

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les bagues d'écartement (10) et les disques de meulage (7) sont fixés à l'aide de raccords collés, un agent adhésif étant inséré entre les surfaces fonctionnelles venant en prise grâce à l'empilement, des côtés frontaux des disques de meulage (7) et des côtés frontaux des bagues d'écartement (10), ainsi qu'à chaque fois le flanc de l'épaulement de montage (11) des bagues d'écartement (10) en vue de recevoir axialement les disques de meulage (7).

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le module de meulage à disques multiples (13), monté et prêt à servir, est conditionné.

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le conditionnement est réalisé sur la machine à usiner, sur laquelle le module de meulage à disques multiples (13) est mis en oeuvre en tant qu'outil de meulage.

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le conditionnement se réalise en continu pendant le processus d'usinage de la pièce à usiner à l'aide du module de meulage (13).

14. Module de meulage à disques multiples, de haute précision, ayant plusieurs disques de meulage (7) de précision montés sur un arbre commun (1), séparés axialement l'un de l'autre de façon très précise, à l'aide de bagues d'écartement (10), pour le rodage simultané de microstructures s'étendant parallèlement l'une à l'autre dans une pièce à usiner, **caractérisé en ce que** le premier disque de meulage (7) est reçu sur un épaulement de montage (8) ayant été introduit par rotation d'un épaulement d'arbre (2) de type bride formé sur une extrémité de l'arbre (1), et les autres disques de meulage (7) sont reçus respectivement sur des épaulements de montage (11), qui sont introduits à chaque fois par rotation dans la bague d'écartement (10) précédente de sorte que l'intervalle de flanc (12) à flanc (12) des épaulements de montage (11) successifs est de façon très précise à chaque fois égal à la grandeur de l'intervalle axial, prédéterminée par les microstructures, des disques de meulage (7), que la première bague d'écartement (10) sur l'épaulement d'arbre (2) de type bride de l'arbre (1) et les autres bagues d'écartement (10) sont mécaniquement fixées entre elles par serrage des disques de meulage (7), et que les bagues d'écartement (10) quant aux tolérances de fabrication possèdent une simple qualité de fabrication à l'atelier sans usinage de précision.

15. Module de meulage selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** les bagues d'écartement (10) sont dimensionnées radialement de sorte qu'il ne se produit aucun contact direct entre elles.

16. Module de meulage selon la revendication 14 ou 15, **caractérisé en ce que** les disques de meulage empilés (7) et les bagues d'écartement (10) sont fixés en outre par un élément de sécurité (14, 15) disposé sur l'extrémité libre d'arbre.

17. Module de meulage selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** l'élément de sécurité est un élément de serrage.

18. Module de meulage selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** l'élément de sécurité est un écrou cylindrique à encoches (15), qui est placé sur un filetage se trouvant sur l'extrémité libre d'arbre.

19. Module de meulage selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** l'élément de sécurité est un jeu d'éléments de serrage.

20. Module de meulage selon l'une quelconque des revendications 14 à 19, **caractérisé en ce que** les bagues d'écartement (10) sont fixées à chaque fois à l'aide de vis (6) sur la bague d'écartement (10) décalée au préalable lors du montage, la première bague d'écartement (10) étant vissée sur la butée d'extrémité (2) de l'arbre (1).

21. Module de meulage selon l'une quelconque des re-

vendications 14 à 19, **caractérisé en ce qu'**il existe un raccordement serré entre les bagues d'écartement (10) et l'arbre (1).

22. Module de meulage selon l'une quelconque des revendications 14 à 19, **caractérisé en ce qu'**il existe un raccord collé entre les bagues d'écartement (10) et les disques de meulage (7), l'agent adhésif se trouvant entre les surfaces de contact se trouvant en prise, les côtés frontaux des disques de meulage (4) et les côtés frontaux des bagues d'écartement (10) ainsi que les flancs (12) des épaulements (11) des bagues d'écartement (10) en vue de recevoir axialement les disques de meulage.

23. Module de meulage selon l'une quelconque des revendications 14 à 22, **caractérisé en ce que** les bagues d'écartement (10) sont fabriquées en céramique.

24. Module de meulage selon l'une quelconque des revendications 14 à 22, **caractérisé en ce que** les bagues d'écartement (10) sont fabriquées en vitrocéramique.

25. Module de meulage selon l'une quelconque des revendications 14 à 22, **caractérisé en ce que** les bagues d'écartement sont fabriquées à partir d'un alliage de fer.

26. Module de meulage selon l'une quelconque des revendications 14 à 22, **caractérisé en ce que** les bagues d'écartement (10) sont fabriquées à partir d'une matière synthétique ou de graphite.

27. Module de meulage selon l'une quelconque des revendications 14 à 22, **caractérisé en ce que** les bagues d'écartement sont fabriquées à partir d'un métal non ferreux.

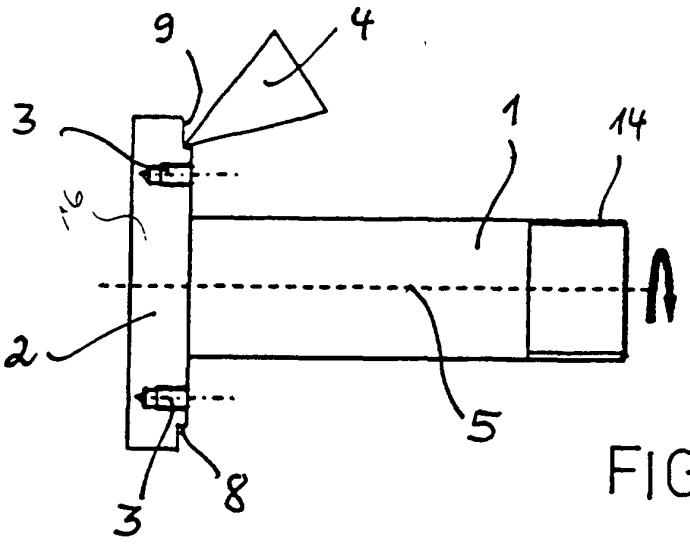


FIG. 1

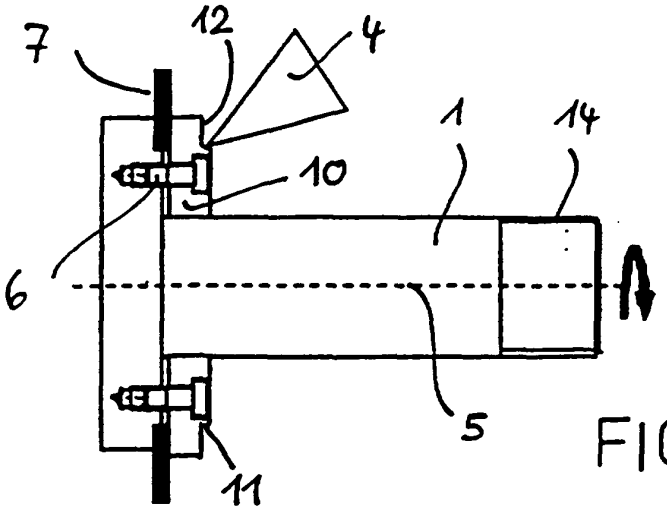


FIG. 2

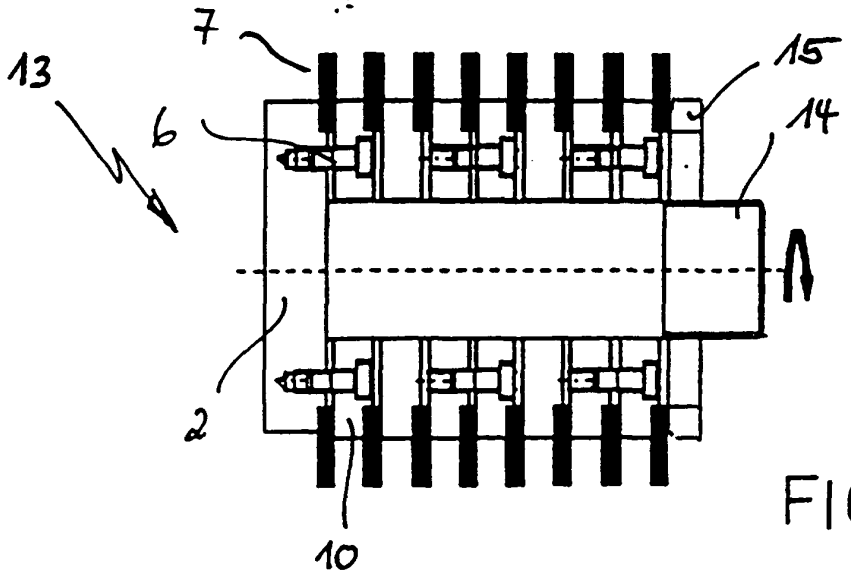


FIG. 3

FIG. 4

