



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 28 842 B4** 2007.03.01

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 28 842.2**  
(22) Anmeldetag: **26.06.2003**  
(43) Offenlegungstag: **20.01.2005**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **01.03.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 21/683** (2006.01)  
*H01L 21/20* (2006.01)  
*C23C 16/44* (2006.01)  
*C30B 29/36* (2006.01)  
*C30B 25/18* (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:  
**Siltronic AG, 81737 München, DE**

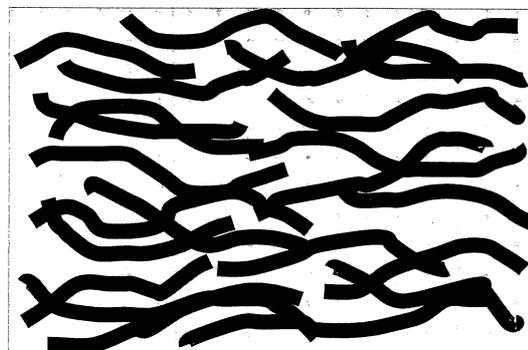
(74) Vertreter:  
**Rimböck, K., Dr., 81737 München**

(72) Erfinder:  
**Schauer, Reinhard, Dipl.-Ing., 83410 Laufen, DE;**  
**Werner, Norbert, Dipl.-Ing., 83373 Taching, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**US2003/00 41 799 A1**  
**US2001/00 37 761 A1**  
**US 61 29 047 A**  
**US 46 61 199 A**

(54) Bezeichnung: **Suszeptor für eine chemische Gasphasenabscheidung, Verfahren zur Bearbeitung einer Halbleiterscheibe durch chemische Gasphasenabscheidung und nach dem Verfahren bearbeitete Halbleiterscheibe**

(57) Hauptanspruch: Suszeptor zum Ablegen einer Halbleiterscheibe beim Abscheiden einer Schicht auf einer Vorderseite der Halbleiterscheibe durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD), gekennzeichnet durch eine gasdurchlässige Struktur mit einer Porosität von mindestens 15 % und einer Dichte von 0,5 bis 1,5 g/cm<sup>3</sup>.



## Beschreibung

**[0001]** Gegenstand der Erfindung ist ein Suszeptor zum Ablegen einer Halbleiterscheibe beim Abscheiden einer Schicht auf einer Vorderseite der Halbleiterscheibe durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD). Gegenstand der Erfindung sind weiterhin ein Verfahren zur Bearbeitung einer Halbleiterscheibe mit einer, auf einer Vorderseite durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD) abgeschiedenen Schicht und einer polierten oder geätzten Rückseite, wobei die Halbleiterscheibe zum Abscheiden der Schicht auf dem Suszeptor abgelegt wird, so dass die Rückseite der Halbleiterscheibe einem Boden des Suszeptors zugewandt ist, und eine Halbleiterscheibe, die gemäß dem Verfahren bearbeitet wurde.

**[0002]** Bei der chemischen Gasphasenabscheidung (chemical vapor deposition, CVD), insbesondere beim Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf einer beidseitig polierten Substratscheibe aus Silicium, ist man unter anderem mit zwei Phänomenen konfrontiert, die unter den Begriffen "autodoping" und "halo" bekannt sind. Beim "autodoping" gelangen Dotierstoffe von der Rückseite der Halbleiterscheibe über die Gasphase in das Abscheidegas, das über die Vorderseite der Halbleiterscheibe geleitet wird. Sie werden dann überwiegend im Randbereich der Vorderseite der Halbleiterscheibe in die epitaktische Schicht eingebaut und rufen dadurch eine mehr oder weniger stark ausgeprägte unerwünschte radiale Schwankung der Leitfähigkeit der epitaktischen Schicht hervor.

**[0003]** Mit "halo" wird ein Streulichteffekt bezeichnet, der durch lichtstreuende Strukturen auf der Rückseite der Halbleiterscheibe hervorgerufen wird und sich beim Anstrahlen der Rückseite der Halbleiterscheibe mit einem gebündelten Lichtstrahl bemerkbar macht. Die Strukturen markieren Übergänge auf der Oberfläche der Rückseite der Halbleiterscheibe, an denen Bereiche mit nativer Oxidschicht an Bereiche grenzen, wo eine solche Oxidschicht nicht vorhanden ist. Die ebenfalls unerwünschten Übergänge treten auf, wenn das Entfernen der nativen Oxidschicht während einer als "prebake" bezeichneten Vorheizphase vor der eigentlichen Abscheidephase unvollständig war.

### Stand der Technik

**[0004]** Um Probleme mit "autodoping" zu vermeiden, wird in der US-6,129,047 vorgeschlagen, Schlitze im Boden der die Halbleiterscheibe aufnehmenden Vertiefung ("pocket") des Suszeptors vorzusehen, wobei die Schlitze am Außenrand des Bodens angeordnet sind. Von der Rückseite der Halbleiterscheibe ausdiffundierende Dotierstoffe können durch die Schlitze aus dem Reaktor entfernt werden, ohne

vorher zur Vorderseite der Halbleiterscheibe zu gelangen. Gemäß der US-2001/0037761 A1 sind für den gleichen Zweck kleine Bohrungen im gesamten Boden des Suszeptors vorhanden. Außerdem wird der Abtransport des von der Rückseite der Halbleiterscheibe ausdiffundierenden Dotierstoffs durch das Vorbeileiten eines Spülgases unterstützt. Beide Maßnahmen sind auch wirksam gegen eine "halo"-Bildung, weil sie das Entfernen der nativen Oxidschicht erleichtern, denn gasförmige Reaktionsprodukte, die beim Auflösen des nativen Oxids entstehen, werden ebenfalls durch die Löcher im Boden und mit Unterstützung des Stroms aus Spülgas abtransportiert.

**[0005]** Allerdings ist die Verwendung des beschriebenen Suszeptors nicht völlig unproblematisch, da die Löcher das Temperaturfeld auf der Rückseite und der Vorderseite der Halbleiterscheibe beeinflussen. Überschreitet der Durchmesser der Löcher im Boden des Suszeptors eine bestimmte Größe, wirkt sich dies negativ auf die Nanotopographie der Vorderseite der Halbleiterscheibe aus. Mit dem Begriff Nanotopographie werden Höhenschwankungen im Nanometerbereich beschrieben, die über einen lateralen Bereich von 0,5 bis 10 mm gemessen werden. Die von den Löchern hervorgerufenen Temperaturschwankungen führen beim Abscheiden der epitaktischen Schicht auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe zu lokal unterschiedlichen Abscheideraten und schließlich zu den erwähnten Höhenschwankungen. In der US-2001/0037761 A1 wird zur Vermeidung dieses Problems vorgeschlagen, den Durchmesser der Löcher zu beschränken und das Temperaturfeld durch eine Anpassung der Leistung der Lampenheizung zu vergleichmäßigen.

**[0006]** Diese Maßnahmen sind jedoch nur im Hinblick auf die Vorderseite der Halbleiterscheibe wirksam. Wie die Erfinder der vorliegenden Erfindung feststellten, werden die Nanotopographie-Werte der Rückseite der Halbleiterscheibe sogar schlechter, je kleiner der Durchmesser der Löcher im Suszeptor gewählt wird. Das Temperaturfeld auf der Rückseite der Halbleiterscheibe bleibt wegen der Präsenz der Löcher derart ungleichmäßig, dass es zu lokalen Ätzungen, hervorgerufen durch Spülgas, wie beispielsweise Wasserstoff, und zu lokalen Abscheidungen kommt, hervorgerufen durch zur Rückseite der Halbleiterscheibe gelangendes Abscheidegas. Beides beeinträchtigt die Nanotopographie der Rückseite, was nicht toleriert werden kann, denn auch Unebenheiten auf der Rückseite der Halbleiterscheibe können Fokussierungsprobleme des Steppers während der Herstellung elektronischer Bauelemente auf der Vorderseite der Halbleiterscheibe hervorrufen.

### Aufgabenstellung

**[0007]** Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, aufzuzeigen, wie "autodoping", "halo" und

eine nachteilige Nanotopographie der Vorderseite und der Rückseite ausreichend vermieden werden kann.

**[0008]** Gegenstand der Erfindung ist ein Suszeptor zum Ablegen einer Halbleiterscheibe beim Abscheiden einer Schicht auf einer Vorderseite der Halbleiterscheibe durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD), der gekennzeichnet ist durch eine gasdurchlässige Struktur mit einer Porosität (Porenvolumen/Gesamtvolumen) von mindestens 15 %, besonders bevorzugt mindestens 20 % und einer Dichte von 0,5 bis 1,5 g/cm<sup>3</sup>, besonders bevorzugt von 0,8 bis 1,4 g/cm<sup>3</sup>. Der Suszeptor besteht vorzugsweise aus Graphit oder aus Graphitfasern mit den genannten Eigenschaften, besonders bevorzugt aus mit Siliciumcarbid beschichtetem Graphit oder mit Siliciumcarbid beschichteten Graphitfasern mit den genannten Eigenschaften.

**[0009]** Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren zur Bearbeitung einer Halbleiterscheibe mit einer, auf einer Vorderseite durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD) abgeschiedenen Schicht und einer polierten oder geätzten Rückseite, wobei die Halbleiterscheibe zum Abscheiden der Schicht auf einem Suszeptor nach einem der Ansprüche 1 bis 5 abgelegt wird, so dass die Rückseite der Halbleiterscheibe einem Boden des Suszeptors zugewandt ist, das dadurch gekennzeichnet ist, dass gasförmige Stoffe aus einem Bereich über der Rückseite der Halbleiterscheibe im Wesentlichen nur durch Poren im Suszeptor in einen Bereich über einer Rückseite des Suszeptors geleitet werden.

**[0010]** Gegenstand der Erfindung ist ferner eine Halbleiterscheibe mit einer durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD) beschichteten Vorderseite und einer polierten oder geätzten Rückseite bearbeitet nach dem Verfahren gemäß Anspruch 6, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Nanotopographie der Rückseite, ausgedrückt als Höhenschwankung PV (= peak to valley), kleiner als 5 nm ist.

**[0011]** Bei der Halbleiterscheibe handelt es sich vorzugsweise um eine Substratscheibe aus Silicium mit einer epitaktisch abgeschiedenen Schicht auf der Vorderseite. Die Rückseite der beschichteten Halbleiterscheibe ist poliert oder geätzt. Die Substratscheibe ist vorzugsweise p- oder n-dotiert, besonders bevorzugt p-dotiert mit Bor als Dotierstoff, wobei der Dotierungsgrad p-, p, p+ und p++ sein kann. Besonders bevorzugt ist ein Dotierungsgrad p+, was einer Leitfähigkeit von etwa 0,005 bis etwa 0,03 Ohm·cm entspricht. Die epitaktische Schicht ist vorzugsweise ebenfalls p-dotiert, besonders bevorzugt mit Bor als Dotierstoff und besitzt vorzugsweise einen Dotierungsgrad p, was einer Leitfähigkeit von etwa 1 bis etwa 20 Ohm·cm entspricht. Die Dicke der epitaktischen Schicht beträgt vorzugsweise 0,1 µm bis 100

µm und ist in erster Linie abhängig vom vorgesehenen Verwendungszweck. Die Nanotopographie der Vorderseite der beschichteten Halbleiterscheibe beträgt, bezogen auf quadratische Messflächen ("sites") mit einer üblichen Fläche von 0,5 mm·0,5 mm, 2 mm·2 mm oder 10 mm·10 mm, vorzugsweise weniger als 10 nm, besonders bevorzugt weniger als 5 nm. Die Nanotopographie der Rückseite der Halbleiterscheibe ist kleiner als 5 nm, vorzugsweise bezogen auf ein Messfenster mit einer Fläche von 10 mm·10 mm.

**[0012]** Das Verfahren unterscheidet sich daher von bekannten Verfahren insbesondere durch die Verwendung eines Suszeptors mit poröser Struktur, der eine für den gewünschten Gastransport ausreichende Gasdurchlässigkeit besitzt. Die Wirkung des Suszeptors macht sich bereits während der Vorheizphase bemerkbar, wenn die Substratscheibe vorehitzt wird und einem Spülgas, bestehend aus einem Inertgas (Edelgas oder Stickstoff) und/oder einem reduzierenden Gas (Wasserstoff) ausgesetzt wird, um die native Oxidschicht zu entfernen. Die sich beim Auflösen der Oxidschicht bildenden gasförmigen Reaktionsprodukte entweichen, ebenso wie aus der Substratscheibe diffundierender Dotierstoff, durch die Poren des Suszeptors zur Rückseite des Suszeptors, wo sie vom Strom des Spülgases aufgenommen und aus dem Reaktor entfernt werden. Nach dem Entfernen der Oxidschicht kann dem Spülgas Chlorwasserstoff hinzugefügt werden, vorzugsweise um vor dem Abscheiden der epitaktischen Schicht die Oberfläche der Vorderseite der Halbleiterscheibe zu glätten. Zum Abscheiden der epitaktischen Schicht wird die Substratscheibe auf Abscheidetemperatur gebracht und die Vorderseite der Substratscheibe mit einem Abscheidegas in Kontakt gebracht, während die Rückseite der Substratscheibe vorzugsweise weiterhin dem Einfluss des Spülgases ausgesetzt bleibt. Das Abscheidegas enthält Verbindungen, die nach ihrer chemischen Spaltung die schichtbildenden Stoffe bereitstellen. Zu diesen Stoffen gehören vorzugsweise Silicium, Germanium und Dotierstoffe wie Bor. Besonders bevorzugt ist ein Abscheidegas enthaltend Trichlorsilan, Wasserstoff und Diboran. Nach dem Abscheiden der epitaktischen Schicht wird die beschichtete Halbleiterscheibe abgekühlt, beispielsweise in einem Strom aus Wasserstoff, der durch den Reaktor geleitet wird.

**[0013]** [Fig. 1](#) zeigt schematisch in Schnittdarstellung einen erfindungsgemäßen Suszeptor mit Faserstruktur. [Fig. 2](#) zeigt in gleicher Darstellung einen erfindungsgemäßen Suszeptor mit Partikelstruktur.

#### Ausführungsbeispiel

**[0014]** Die Graphitfasern können in einer geordneten Struktur (isotrop) oder in einer ungeordneten Struktur (anisotrop) vorliegen. Bei einer Beschich-

tung der Fasern mit Siliciumcarbid ist es bevorzugt, dass die Dicke der Siliciumcarbid-Schicht an der Oberfläche des Suszeptors größer ist, als im Inneren des Suszeptors. Die notwendige Porosität und Dichte des Suszeptormaterials lassen sich durch geeignetes Verdichten von Fasern oder Partikeln während der Herstellung des Suszeptors einstellen. Der Suszeptor hat vorzugsweise eine tellerähnliche Form mit einer Vertiefung zur Aufnahme der Halbleiterscheibe, so dass die Rückseite der Halbleiterscheibe nach dem Ablegen der Halbleiterscheibe auf den Suszeptor dem Boden des Suszeptors zugewandt ist. Der Boden ist vorzugsweise geschlossen und nur aufgrund der Porosität des Suszeptormaterials gasdurchlässig. Allerdings können am äußeren Rand der Vertiefung schlitzartige Durchgänge vorhanden sein, ebenso wie Durchgänge im Boden des Suszeptors für Stifte zum Anheben und Absenken der Halbleiterscheibe. Die Durchgänge für die Stifte sind jedoch während des Einsatzes des Suszeptors durch die Präsenz der Stifte praktisch verschlossen. Der Suszeptor wird vorzugsweise in einem Einzelscheibenreaktor eingesetzt und ist vorzugsweise zur Aufnahme von Halbleiterscheiben mit einem Durchmesser von 150 mm, 200 mm, 300 mm ausgelegt. Besonders bevorzugt ist die Verwendung des Suszeptors in Verbindung mit Einzelscheibenreaktoren von ASM und Applied Materials.

**[0015]** Die Erfindung wird nachfolgend an einem Beispiel mit dem Stand der Technik verglichen. Für den Vergleich wurde ein üblicher Suszeptor aus mit Siliciumcarbid beschichtetem Graphit mit Löchern verschiedener Durchmesser versehen (Vergleichsbeispiel). Die Dichte des Materials betrug etwa 1,85 g/cm<sup>3</sup>. Ein gleichartig geformter Suszeptor wurde aus mit Siliciumcarbid beschichtetem Graphitfilz gefertigt (Beispiel). Das Material dieses Suszeptors hatte eine Porosität von etwa 25 % und eine Dichte von etwa 1,35 g/cm<sup>3</sup>.

**[0016]** Mehrere Substratscheiben aus Silicium mit p-Dotierung und Bor als Dotierstoff wurden in einem Einzelscheibenreaktor mit einer p+-dotierten (ebenfalls mit Bor als Dotierstoff) Epitaxieschicht aus Silicium versehen, wobei jeweils einer der oben genannten Suszeptorentypen zum Einsatz kam. Das Abscheiden der Epitaxieschicht erfolgte gemäß dem Stand der Technik und umfasste einen herkömmlichen "prebake"-Schritt. Die produzierten Halbleiterscheiben wurden auf "autodoping", "halo" und Nanotopographie der Vorderseite und der Rückseite untersucht. Signifikante Unterschiede ergaben sich nur bei der Betrachtung der Nanotopographie der Rückseite. Hier zeigten Halbleiterscheiben, die unter Verwendung eines Suszeptors gemäß des Vergleichsbeispiels beschichtet worden waren, deutlich schlechtere Nanotopographie-Werte, als erfindungsgemäß hergestellte Halbleiterscheiben. Keine der Halbleiterscheiben des Vergleichsbeispiels erreichte Nano-

pographie-Werte von unter 5 nm bezogen auf ein Messfenster mit einer Fläche von 10·10 mm. Wie die [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) zeigen, war die feststellbare Höhenabweichung umso größer, je kleiner der Durchmesser der Löcher im Suszeptor gewesen war. Hingegen wiesen sämtliche Halbleiterscheiben des Beispiels auf der Rückseite Nanotopographie-Werte von unter 5 nm auf.

### Patentansprüche

1. Suszeptor zum Ablegen einer Halbleiterscheibe beim Abscheiden einer Schicht auf einer Vorderseite der Halbleiterscheibe durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD), gekennzeichnet durch eine gasdurchlässige Struktur mit einer Porosität von mindestens 15 % und einer Dichte von 0,5 bis 1,5 g/cm<sup>3</sup>.

2. Suszeptor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur im Wesentlichen Fasern aus Graphit enthält.

3. Suszeptor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur im Wesentlichen Graphitpartikel enthält.

4. Suszeptor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine Beschichtung aus Siliciumcarbid.

5. Suszeptor nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch eine Dicke der Beschichtung aus Siliciumcarbid, die von einer Oberfläche des Suszeptors zu einem Inneren des Suszeptors hin abnimmt.

6. Verfahren zur Bearbeitung einer Halbleiterscheibe mit einer, auf einer Vorderseite durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD) abgeschiedenen Schicht und einer polierten oder geätzten Rückseite, wobei die Halbleiterscheibe zum Abscheiden der Schicht auf einem Suszeptor nach einem der Ansprüche 1 bis 5 abgelegt wird, so dass die Rückseite der Halbleiterscheibe einem Boden des Suszeptors zugewandt ist, dadurch gekennzeichnet, dass gasförmige Stoffe aus einem Bereich über der Rückseite der Halbleiterscheibe im Wesentlichen nur durch Poren im Suszeptor in einen Bereich über einer Rückseite des Suszeptors geleitet werden.

7. Halbleiterscheibe mit einer durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD) beschichteten Vorderseite und einer polierten oder geätzten Rückseite bearbeitet nach dem Verfahren gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Nanotopographie der Rückseite, ausgedrückt als Höhenschwankung PV (= peak to valley), kleiner als 5 nm ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

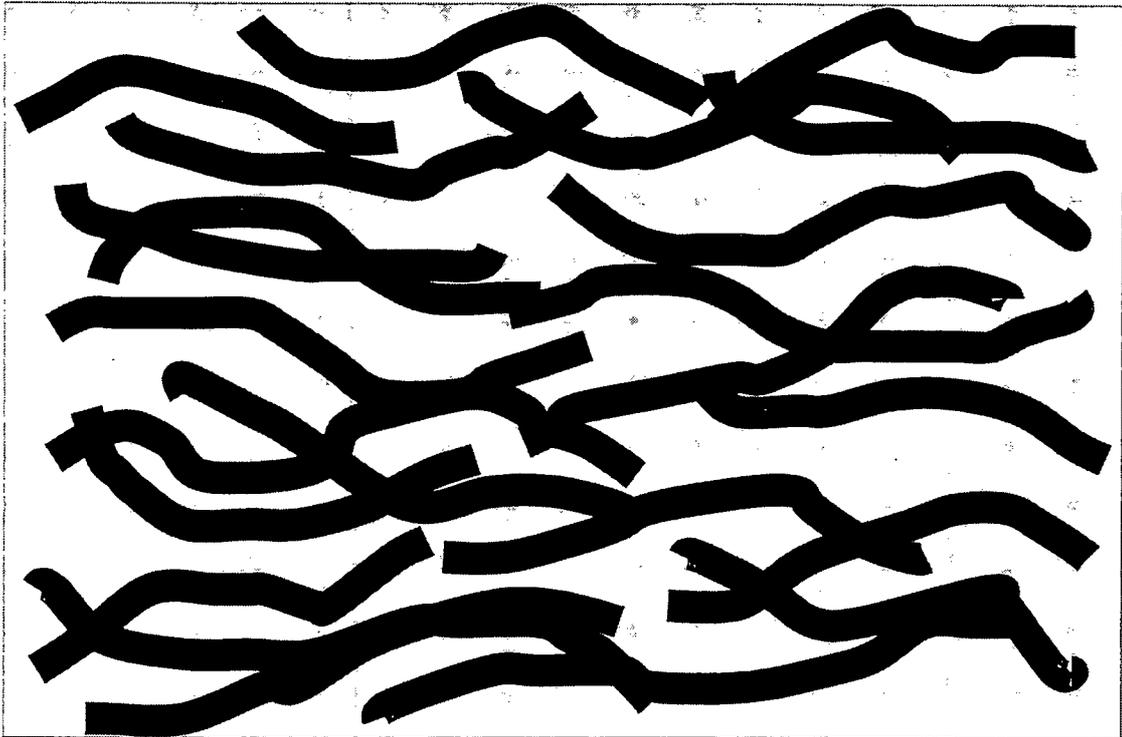


Fig.1

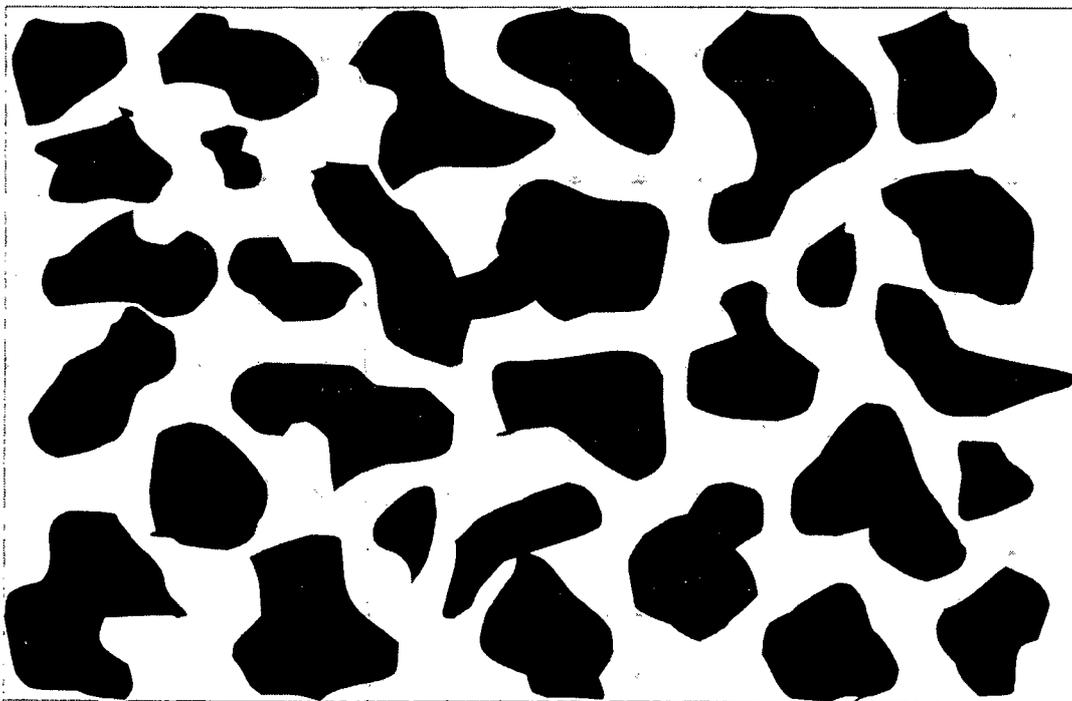


Fig.2

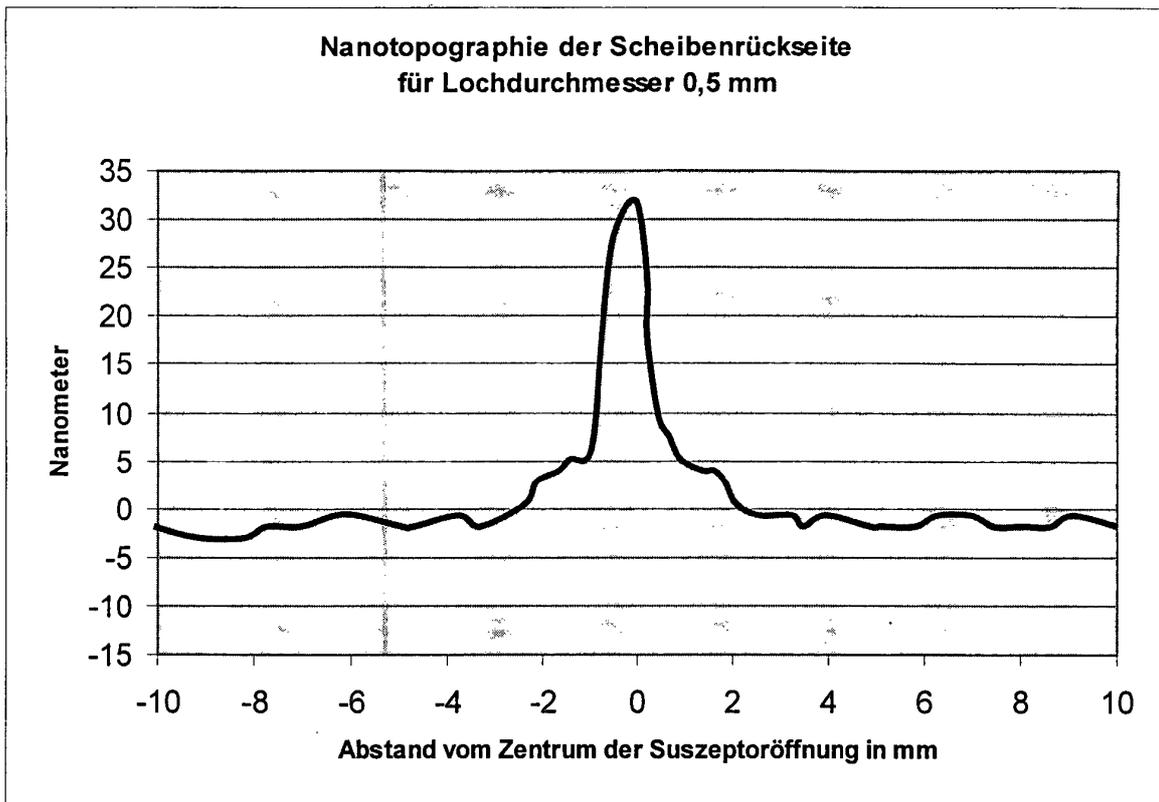


Fig.3

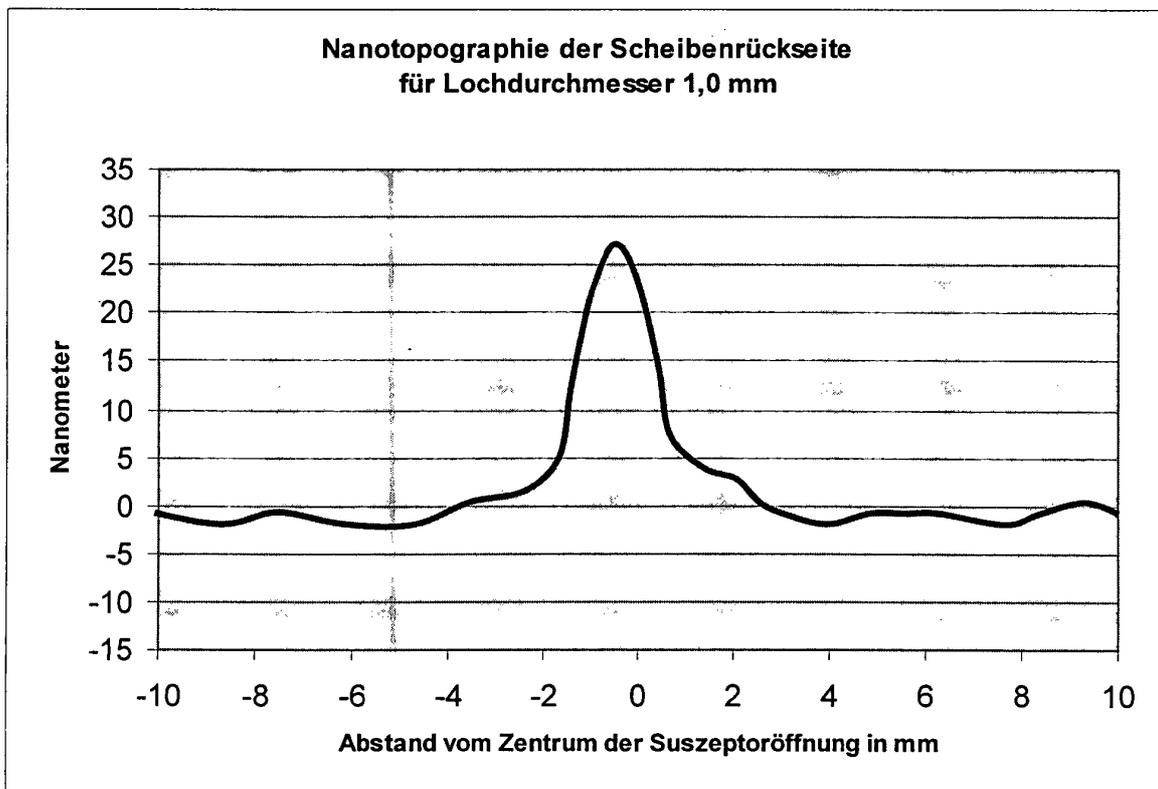


Fig.4

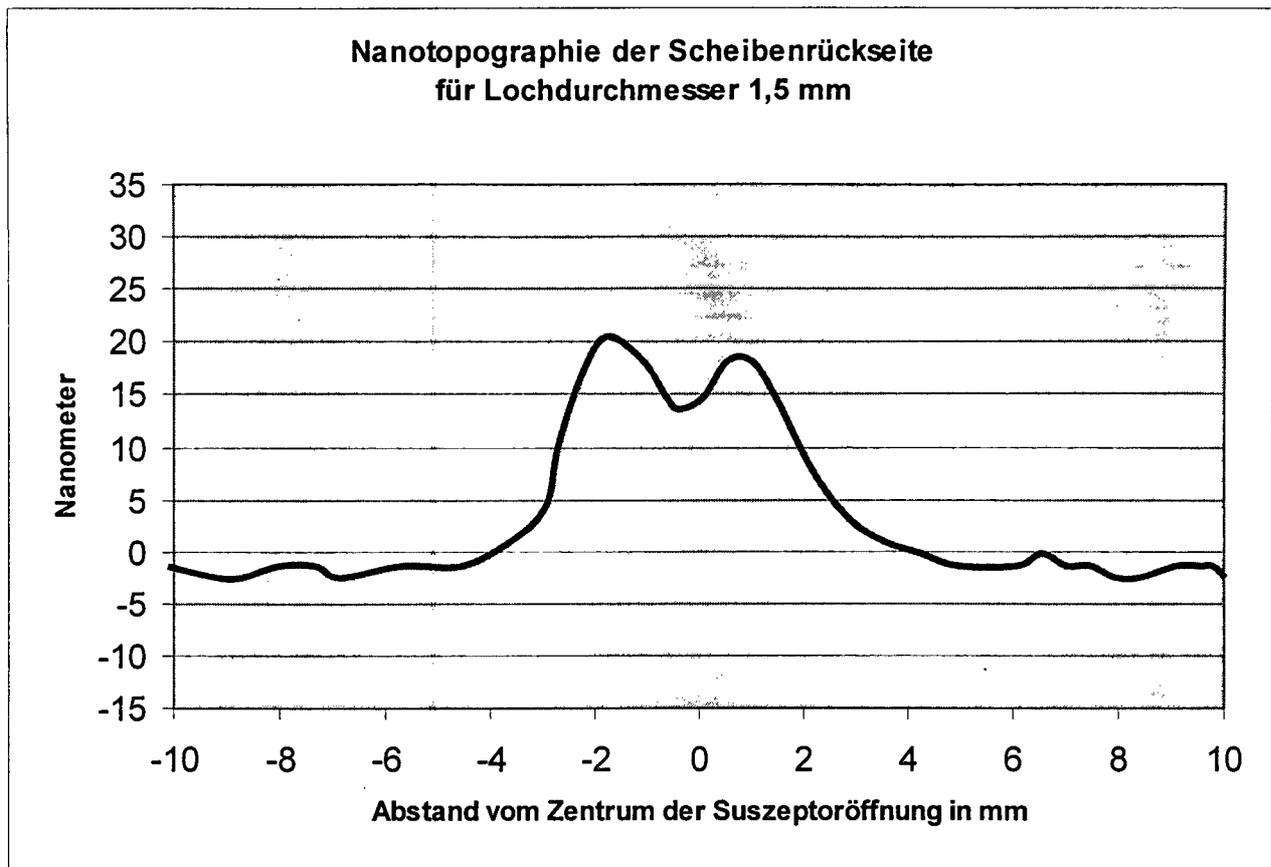


Fig.5