

# Schlußbericht

## Verbundprojekt

### 3 D-Strukturerzeugung mit UV-Lithographie

im Rahmen des BMFT-Förderprogramms

Mikrosystemtechnik 1994 - 1999

**Förderkennzeichen:** 16 SV 215/3  
**Zuwendungsbescheid:** vom 30.06.1995  
**Laufzeit:** 01.07.1995 bis 30.06.1997 bzw. 31.12.1997 nach Verlängerung

#### I. 1. Aufgabenstellung

Im Teilvorhaben Beschichtung mit dicken Schichten des Verbundprojektes „3D-Strukturerzeugung mit UV-Lithographie“ sollten ursprünglich bahnenförmige Materialien beschichtet werden, die in folgenden Schneidprozessen die verlangten geometrischen Abmessungen erhalten. In Konkretisierung im Verbund war dann die Beschichtung und Trocknung von 3"- bzw. 4"-Wafers als Einzelsubstrat mit Schichtdicken bis 200 µm und darüber mit Vorhangbeschichtungen als Aufgabe gestellt.

#### I. 2. Voraussetzung, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Als Hersteller von Beschichtungsanlagen für bahnenförmiges Material von der Abrollung bis zur Aufrollung sollte für die mikroelektronischen Aufgaben unter Beistellung von anderen Partnern für Substrate und fotoaktiven Lacken abweichend von der Schleuderbeschichtung die Vorhangbeschichtung entwickelt werden. Dazu war die Trocknung zu integrieren, um möglichst eine Kontinuität zu erreichen.

#### I. 3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Von der Fraunhofer-Gesellschaft, ISIT, Berlin wurden Partner zur Teilnahme an dem genannten Verbundprojekt ausgewählt, eine Aufgabenverteilung vorgenommen und über eine Kooperationsvereinbarung zum Projekt ein aus Teilanträgen aufgebauter Gesamtantrag zur „3D-Strukturerzeugung mit UV-Lithographie“ an das Bundesministerium für Forschung und Technologie/VDI/VDE Technologiezentrum Informationstechnik GmbH gestellt.

Entsprechend Arbeitsprogramm gemäß Zuwendungsbescheid und Überarbeitung (Stand Juli 1996) wurde in 8 Arbeitspaketen (Anlage 1) das Beschichtungsverfahren von der Modellvari-

ante bis zum Prototyp entwickelt, hergestellt und getestet. (Siehe dazu bei Ihnen vorliegende Zwischenberichte.)

#### I. 4. Stand, an dem angeknüpft wurde

Wir sind Produzent für Beschichtungs- und Trocknungsmaschinen. Als Basis galt es, Schichtbildungsverfahren wie

- Tauchwalzenbeschichtung
- Freifallbeschichtung
- Extrusionsbeschichtung
- Abstreichbeschichtung
- Anspülwalzenbeschichtung
- Rasterwalzenbeschichtung
- Luftrakelbeschichtung
- Dochtbeschichtung
- Bürstenbeschichtung
- Schleuderbeschichtung usw.

zu untersuchen und zu entscheiden, welches dieser Verfahren für die Waferbeschichtung optimale Ergebnisse bringt.

Bestimmt wurde letztendlich die Freifall- bzw. Vorhangbeschichtung mit Stabilisierung des Vorhanges. Patentrechtlich gab es dafür keine Ausschlüsse, weil geschützte Ausrüstungen, Verfahren bzw. Konstruktionen nicht berührt worden sind.

An Fachliteratur konnte hauptsächlich zurückgegriffen werden auf Fachzeitschriften

- „Kunststoffe“ Carl Hauser Verlag München  
Heraeus Noblelight GmbH Kleinostheim
- Prospektmaterialien unterschiedlicher Firmen
- DIN-Vorschriften.

#### I. 5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Folgende Partner sowohl innerhalb als auch außerhalb des Verbundes wurden für konsultative als auch kommerzielle Zusammenarbeit gebunden:

- Fraunhofer-Institut Berlin „ISIT“  
zu Fragen der Substrate und deren Ausmessung nach erfolgter Beschichtung
- TU- Berlin - Technologien der Mikroperik  
zu Fragen der Einfach- und Doppelbelackung
- micro resist technology, Berlin  
zu Fragen des Fotolackes, Viskositäten, Beständigkeit mit und ohne fotoaktiven Komponenten
- Heraeus Noblelight, Kleinostheim  
zu Fragen der Infrarottrocknung

- SynTec, Wolfen  
zu Fragen der Probung an Laborbegießanlagen und Optimierung von Schichtdicken
- Isel automation, Eiterfeld  
zu Fragen der Linearführung der kontinuierlichen Waferbewegungen
- K u. W, Oberschleißheim  
zu Fragen der Waferbeschichtung und Trocknung grundlegend
- Pagendarm, Hamburg  
zu Fragen der Trocknung mittels Schwebetrockner
- Fraunhofer-Gesellschaft, Zentralverwaltung München  
zu Fragen der Abführung finanzieller Mittel, in Höhe von: **61.682,62 DM**  
(Beteiligung)

## II. Eingehende Darstellungen

### II.1. Erzielte Ergebnisse

Die erzielten Ergebnisse sind in der Abschlußpräsentation  
**„Erzeugung dreidimensionaler Mikrostrukturen mit UV-Lithographie“**  
dargestellt (siehe Anlage 2 - Abschlußpräsentation).

Es konnte gesichert werden, daß

1. keine rückseitige Benetzung beim Durchdringen des Begießvorhanges entstand
2. eine Stabilisierung des Flüssigkeitsvorhanges gegen „Aufreißen“ beim Eintritt der Wafer und nach dem Durchgang vorhanden ist
3. Beschichtungssubstanzverluste minimiert worden sind
4. Schichtbildungen bis 150 µm mit Ebenheitsabweichungen von 3 % erreicht werden.

Aufgrund theoretischer und praktischer Erkenntnisse konnte ein Funktionsmuster als Waferbeschichtungsapparat entwickelt, konstruiert und gebaut werden. Diese „Maschine“ steht in der MABA Spezialmaschinen GmbH und wird jetzt zur Produktionsreife vervollständigt und für zukünftige Forschungen bei der Glasbeschichtung (Forschungsprojekt AiF „Herstellung und Entwicklung einer Beschichtungsanlage für Dickschichtbildung auf Glas“) genutzt.

Die Versuche mit der vorgestellten Waferbeschichtungsapparatur bestätigen in etwa die in der Fachliteratur vorhergesagten Einsatzgebiete für die Vorhangbeschichtung. Dies betrifft insbesondere den Variationsbereich der Viskosität der Beschichtungsfluide und der erreichbaren Naßschichtdicken, da die Grenzen der maximal erreichbaren Beschichtungsgeschwindigkeiten und der simultan antragbaren Anzahl von Schichten für die Entwicklungsaufgabe nur von untergeordneter Bedeutung waren.

In der vorliegenden Bauform gestattet die Apparatur die Beschichtung von 3 Wafern (bis zu 4" Durchmesser) und ihre anschließende Trocknung in einem Zyklus, wobei die gegenwärtige Zykluszeit ca. 60 min beträgt.

Die obere Viskositätsgrenze von fotografischen Lacken für den Einsatz in der vorgestellten Beschichtungseinrichtung liegt bei  $\eta \approx 400$  mPas (bei  $\gamma = 150$  1/s und  $T = 23^\circ\text{C}$ ), wobei die Limitierung durch den Überlastungsschutz der eingesetzten Kolbendosierpumpe und nicht durch den eigentlichen Gießprozeß gesetzt wird. Sollte der Einsatz von Lacksystemen mit höheren Viskositäten notwendig sein, kann dies durch den Einsatz einer leistungsfähigeren Pumpe und/oder einer geringfügigen und auf einfache Art zu realisierenden Änderung der Gießergeometrie realisiert werden.

Die Herstellung der angestrebten Naßschichtdicken von  $S_N = 100 \mu\text{m} - 200 \mu\text{m}$  wurde mit dem beschriebenen Verfahren in einem Verfahrensschritt, d. h. ohne Mehrfachbeschichtung, realisiert.

Bei diesen Beschichtungsuntersuchungen wurde auch deutlich, daß Abweichungen der Waferhalterungen von der waagerechten Lage, nach der Beschichtung und vor allem während des Trocknungsprozesses, zur Ausbildung von Schichtdickenhomogenitäten führen. Aus diesem Grund ist die exakte Ausrichtung der gesamten Beschichtungsapparatur in eine waagerechte Position Grundvoraussetzung für die Realisierung von homogenen Lackbeschichtungen.

Das Schichtdickenprofil des getrockneten Resists wurde mittels mechanischer Abtastung der Oberfläche, anschließender Entlackung und erneuter Vermessung der unbeschichteten Waferoberfläche ermittelt. Die nach dieser Methode bestimmten maximalen Abweichungen betragen ca. -3 % am Rande des Wafers. Zur exakteren Bestimmung der Schichthomogenität werden am ISIT Berlin mit der beschriebenen Apparatur beschichtete Wafer belichtet, so daß evtl. nötige Feinjustierungen noch vorgenommen werden können.

## II. 2. Voraussichtlicher Nutzen

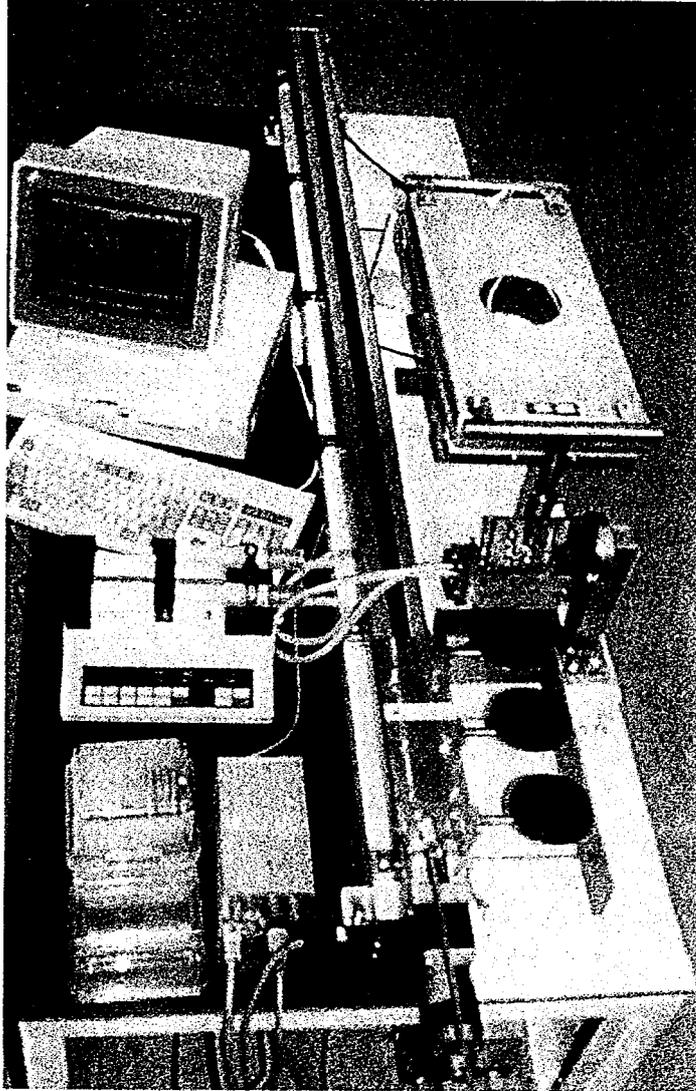
Mit der Beteiligung am Verbundprojekt konnte für die MABA Spezialmaschinen GmbH ein neues Produkt und ein neues Verfahren präsentiert werden. Auf der Hannover-Messe wird die Beschichtungsapparatur ausgestellt. Zur Zeit werden Untersuchungen zur Patentanmeldung u.a. zum Verfahren vorgenommen. Die ersten Kontakte dazu wurden bereits mit der

ESA - Erfinderzentrum Sachsen-Anhalt GmbH

Herrn Dr. Fischer

in Magdeburg aufgenommen.

# Beschichtungsanlage für plattenförmige Materialien



## Technische Angaben

Verwendungszweck:	beschichten plattenförmiger Materialien
Oberfläche:	beliebig
Geometrie:	beliebig
Beschichtungssubstanzen:	wässrige oder lösungsmittelhaltige Substanzen
Gießwerkzeug:	Freifallgießer, temperierbar max. 90 grd.C
Schichtdicke(naß):	> 50µm
Begießbreite:	max. 110 mm
Infrarottrockner:	Trockenzeit und Trocknungsleistung einstellbar
Prozeßzyklen:	frei programmierbar und gut reproduzierbar



Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie

524-4013-16SV 215/3  
Geschäftszeichen

Tel. (0228)  
57-  
oder 57-0

Fax (0228)  
57-  
oder 57-3601

Datum  
05.08.1997

BMBF \_\_\_\_\_ 53170 Bonn

MABA Spezialmaschinen GmbH  
Helmholtzstraße 117

06766 Wolfen

Betr.: Zuwendung aus dem Bundeshaushalt, Einzelplan 30, Kapitel 3006, Titel 68312, Haushaltsjahr 1997, für das Vorhaben: Verbundprojekt: 3D - Dtrukurzerzeugung mit UV-Lithographie - 3D-Litho -; Teilvorhaben: Entwicklung einer Beschichtungs- und Trocknungsanlage für dicke Schichten.  
hier: **Änderungsbescheid**

Förderkennzeichen: 16 SV 215/3

Bezug: Mein Zuwendungsbescheid vom 30.06.1995  
Ihr Schreiben vom 23.06.1997

Anlg.: 1 Gesamtvorkalkulation (neuer Stand)

Sehr geehrte Damen und Herren,

aufgrund Ihres o.a. Schreibens verlängere ich den Bewilligungszeitraum für die Zuweisung über den 30.06.1997 hinaus bis zum 31.12.1997.

Im übrigen gilt mein Bescheid vom 30.06.1995.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag

Unger

Diese Ausfertigung des Bescheides wurde durch EDV erstellt und trägt daher keine Unterschrift.

Stand Juli 1996

Arbeitsprogramm der MABA Spezialmaschinen GmbH

<u>Arbeitsthema</u>	<u>geänderte MM</u>
Arbeitspaket 1. Entwicklung eines innovativen Beschichtungsverfahrens für rechteckige bzw. runde Substrate als Vorhang-Beschichtungssystem. Entwicklung einer Modellvariante.	3
Arbeitspaket 2. Entwicklung eines Gießkopfes, eines Trockenkanals und Nachbehandlungsverfahren zur Erarbeitung einer Technologie zur Beschichtung von Substraten mit einem Vorhang-Beschichtungsverfahren.	10
Arbeitspaket 3. Herstellung eines Versuchsmusters auf Basis einer konstruktiven Entwicklung einschließlich Festlegung der Prozeßparameter des Lackes im Viskositätsbereich um 400 cSt	6
Arbeitspaket 4. Testung und weitere verfahrens- und fertigungstechnische Veränderungen der Belackungsmaschine einschließlich gesteuerter Trocknung	4
Arbeitspaket 5. Weiterer Versuchsmusterbau der Einschnittbeschichtung für die Fotolackdispersion zur Fertigung eines kontinuierlichen und ev. automatischen Vorhang-Beschichtungsaggregates einschließlich definierter Lackzuführung als gesteuerter Prozeß	4
Arbeitspaket 6. Herstellung und Testung eines Prototyps einer Vorhang-Begießmaschine	5
Arbeitspaket 7. Erstellung der Dokumentation mit Abschlußbericht für die innovative Lösung der Beschichtung mit Fotolacken für die 3 D-Strukturerzeugung mit UV-Lithographie	1
Arbeitspaket 8. Vorbereitung der Lizenzvergabe	1

Stand : 7. 8.97

## G E S A M T V O R K A L K U L A T I O N

für die Zeit vom 01.07.1995 bis 31.12.1997

Thema des Vorhabens 16SV215 3:

Verbundprojekt: 3D-Strukturerzeugung mit UV-Lithographie - 3D-Litho;  
 Teilvorhaben: Entwicklung einer Beschichtungs- und Trocknungsanlage  
 für dicke Schichten

0813 Material	24.890,00
0823 FE - Fremdleistungen	25.000,00
0837 Personalkosten	457.930,00
0838 Reisekosten	10.800,00
0847 Abschreibungen auf vorhabenspezifische Anlagen	0,00
0848 Abschreib. auf sonstige Anlagen des FE-Bereichs	0,00
0850 Sonstige unmittelbare Vorhabenkosten	0,00
0856 Kosten innerbetrieblicher Leistungen	0,00
0860 Verwaltungskosten	0,00
0881 Selbstkosten des Vorhabens	518.620,00
0882 Eigenmittel	228.192,00
0883 Mittel Dritter / Einnahmen	0,00
0884 Zuwendung	290.428,00

## Kassenmäßige Bereitstellung

Jahr	Betrag
bis 1996	179.992,12
1997	100.000,00
1998	10.435,88

Alle Betragsangaben in DM

-3231-

**Entwicklung und Bau einer Anlage zur  
Vorhangsbeschichtung und Trocknung von beliebig  
geformten ebenen Wafern**

**Frank Apsel, Werner Laube**

**MABA Spezialmaschinen GmbH, Wolfen**

# **Entwicklung, Konstruktion und Bau einer Anlage zur Vorhangbeschichtung von Wafern für die Erzeugung von 3 D - Strukturen**

**Frank Apsel, Werner Laube**

**MABA Spezialmaschinen GmbH, 06766 Wolfen**

## **Inhalt**

1. Einleitung
2. Rheologische Untersuchungen
3. Beschichtungsuntersuchungen
  - 3.1. Experimentelle Beschichtungsuntersuchungen
4. Kurzbeschreibung der Beschichtungsapparatur
  - 4.1. Aufgabe
  - 4.2. Bestandteile des Funktionsmusters
  - 4.3. Beschreibung der Unterbaugruppen
5. Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse

## 1. Einleitung

Die Herstellung von 3-D-Mikrostrukturen auf Wafern ist ein komplexer Prozeß von nacheinander ablaufenden technologischen Einzelschritten.

Einer dieser Teilprozesse ist die Erzeugung einer fotografisch aktiven Lackschicht auf den Wafern durch eine Beschichtung mit anschließender Trocknung.

Die Auswahl eines hierfür geeigneten Beschichtungs- und Trocknungsverfahrens, deren Optimierung, einschließlich konstruktiver Lösungen zum Bau einer Pilotanlage, war die im Rahmen des Förderprojektes zu lösende Aufgabe.

## 2.. Rheologische Untersuchungen

Zur Charakterisierung der Fließeigenschaften der vorgesehenen Beschichtungssubstanzen wurde ein Positiv - Photoresist ma-P 1290 der Fa. „ micro resist technology „ untersucht, welcher gleichzeitig als Modellösung für die Beschichtungsuntersuchungen ausgewählt wurde.

Die gemessene Fließkurve  $\eta = f(\gamma)$  ist in der Abbildung 1 dargestellt.

Aus dem Verlauf dieser Kurve  $\eta(\gamma)$  kann man erkennen, daß sich die viskosen Eigenschaften in guter Näherung mit dem Newton`schen Fließgesetz

$$\tau = \eta * \gamma$$

mit  $\tau$  : Schubspannung,  
 $\eta$  : Viskosität und  
 $\gamma$  : Deformationsgeschwindigkeit

beschreiben lassen.

Für die Ermittlung der elastischen Eigenschaften des Photoresists wurde die sogenannte 1. Normalspannungsdifferenz  $N_1 - N_2$  („WEISSENBERG-Effekt“) gemessen, woraus die vorhandenen Normalkräfte  $F_N$ , das sind Kraftwirkungen in Normalrichtung zu den eingebrachten Spannungen, berechnet werden. Die Größe dieser Kraftwirkung ist ein Maß für die elastischen Eigenschaften der untersuchten Substanzen, welche u.a. für die Auswahl eines geeigneten Beschichtungs-verfahrens von großer Bedeutung sind.

Die für das Photoresist gemessenen Normalspannungsdifferenzen  $N_1 - N_2 = f(\gamma)$  und die daraus resultierenden Normalkräfte  $F_N = f(\gamma)$  sind in der Abbildung 2 dargestellt.

Es ist erkennbar, daß die Flüssigkeit eindeutig elastische Fließeigenschaften zeigt, die absoluten Werte der Normalkräfte aber relativ klein ( $F_N = 0,006 - 0,01$  N) sind. Dies bedeutet, daß sich die elastischen Eigenschaften nur in den gemessenen Viskositätsbereichen nutzen lassen, d.h. bei einer Erhöhung des Lösungsmittelanteils und damit Absenkung der Viskosität verringern sich die elastischen Komponenten der rheologischen Eigenschaften.

### 3. Beschichtungsuntersuchungen

Basierend auf den Untersuchungen des komplexen rheologischen Eigenschaftsbildes und den technologischen Anforderungen an die Beschichtung :

1. Beschichtung von einzelnen Substratträgern mit unterschiedlichen geometrischen Abmessungen (Länge, Breite bzw. Durchmesser u. Dicke),
2. Minimierung von Beschichtungsflüssigkeitsverlusten und
3. Realisierung von Naßschichtdicken  $S_N \approx 200 \mu\text{m}$  mit geringen Dickentoleranzen

wurden die gebräuchlichsten Schichtbildungsverfahren ( Abbildung 3 ), auf ihre Eignung zur Waferbeschichtung hin analysiert.

Als Ergebnis der Recherche sind Walzenbeschichtungssysteme auf Grund der geforderten Schichtdicken und der Wafergeometrie für diese Aufgabe ungeeignet. Der Einsatz von Schleuder- und Sprühbeschichtungen zur Realisierung von großen Schichtdicken (  $S_T > 100 \mu\text{m}$  ) ist mit der zur Zeit verfügbaren Gerätetechnik sicher nur eingeschränkt möglich, während die Abstreich-, Extrusions- oder Freifallbeschichtung ( Abbildung 4 ) bzw. eine Kombination dieser Verfahren zur Realisierung der Waferbeschichtung prinzipiell einsetzbar sind.

#### 3.1. Experimentelle Beschichtungsuntersuchungen

Die Voruntersuchungen zur Auswahl des anzuwendenden Schichtbildungsverfahrens erfolgten an einer Laborbeschichtungseinrichtung mit einer maximalen Beschichtungsbreite von  $b_{\text{max}} = 50,0 \text{ mm}$ .

##### a) Abstreichbeschichtung

Die Abstreichbeschichtung ist ein für den Antrag mit mittleren bis großen Naßschichtdicken gut geeignetes Verfahren. Angewendet wird es vor allem bei Substanzen mittlerer bis hoher Viskosität. Die Beschichtung von Materialbahnen mit dem Photoresist war in den geforderten Dimensionen damit möglich. Gegen eine Anwendung des Verfahrens zur Waferbeschichtung sprechen vor allem zwei Nachteile:

1. Zur Vermeidung von Beschichtungssubstanzverlusten muß für jede Wafergröße ein spezieller Gießer gebaut und bei Wechsel der Wafergröße jeweils neu eingesetzt und  
justiert werden.
2. Da die Präzision der Beschichtung primär vom Gießerabstand beeinflusst wird, stellt jede Abweichung der Wafer vom Sollmaß (Dicke und Parallelität) eine potentielle Fehlerursache dar.

Aus diesen Gründen wird das Abstreichverfahren von uns nicht zur Waferbeschichtung eingesetzt.

## b) Extrusionsbeschichtung

Für den Antrag von Substanzen in einem weiten Viskositäts- und Geschwindigkeitsbereich ist die Extrusionsbeschichtung ein gut geeignetes Verfahren. Durch die Zwangsdosierung ist dieses Verfahren zur Realisierung von sowohl sehr kleinen als auch großen Naßschichtdicken geeignet. Die Beschichtung von Materialbahnen mit dem Photoresist in den notwendigen Schichtstärken war damit möglich. Bei den Versuchen zur Beschichtung von Einzelsubstraten haben sich als Nachteile herausgestellt:

1. Zur Vermeidung von Beschichtungssubstanzverlusten muß auch hier für jede Wafergröße ein spezieller Gießer gebaut und bei Wechsel der Wafergröße jeweils neu eingesetzt und justiert werden.
2. Das Transportieren von, vor allem größeren, Einzelsubstraten durch eine Beschichtungsanlage und hier vor allem bei Umlenkeinrichtungen an der Antragstelle, stellt eine permanente Fehlerquelle dar.

## c) Freifallbeschichtung ( Vorhangbeguß )

Im Ergebnis der experimentellen Voruntersuchungen wurde das Freifallbeschichtungsverfahren für die Beschichtung der Wafer mit fotografischen Lacksystemen ausgewählt. Der große Vorteil dieses Verfahrens ist, daß Toleranzen der Schichtträgergeometrie, auf Grund der geometrischen Entkoppelung, keinen Einfluß auf die Homogenität der Lackschicht haben.

Ein weiterer Vorteil dieses Begießverfahrens besteht darin, daß auch andere als kreisförmige Substrate beschichtet werden können.

Eingeschränkt ist die Einsetzbarkeit dieses Beschichtungsverfahrens dadurch, daß eine wesentliche Voraussetzung für dessen Realisierbarkeit das Vorhandensein von ausreichenden elastischen Eigenschaften der Beschichtungslösung („Verspinnbarkeit“), ist. Diese Eigenschaft ist Grundvoraussetzung, um einen stabilen Flüssigkeitsvorhang erzeugen zu können. Für die Anwendung des Freifallbeschichtungsverfahrens zur Lackierung von Wafern bis zu einer Größe von ca. 4'' ( $\approx 10$  cm) mußten die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

1. Vermeidung von rückseitiger Benetzung beim Durchdringen des Vorhanges,
2. Stabilisierung des Flüssigkeitsvorhanges gegen „Aufreißen“ beim Eintritt der Wafer und nach dem Durchgang sowie
3. Minimierung von Beschichtungssubstanzverlusten.

Auf der Basis der vorstehend beschriebenen experimentellen Untersuchungen wurde das Funktionsmuster einer Waferbeschichtungsanlage konstruiert und gebaut.

## 4. Kurzbeschreibung des Funktionsmusters der Waferbeschichtungseinrichtung

### 4.1. Aufgabe

Mit dem Funktionsmuster sollte die Beschichtung von 4“-Wafern mit einem Photolack in einer Schichtdicke von ca. 100 bis 200  $\mu\text{m}$  trocken, d.h. ca. 200 bis 400  $\mu\text{m}$  Naßschicht realisiert werden.

## 4.2 Bestandteile des Funktionsmusters ( Abbildung 5 und 6 )

Die Waferbeschichtungsapparatur besteht aus folgenden Unterbaugruppen :

- Grundgestell (1)
- Gießer (2)
- Gießerhalterung (3)
- Fördersystem und Auffangwanne für Rückgewinnung (4)
- Transportsystem (5)
- Waferaufnahme (6)
- Trockner (7)

## 4.3. Beschreibung der Unterbaugruppen

### ( 1 ) Grundgestell

Das stabile Grundgestell besteht aus U-Stahl mit entsprechenden Auflageplatten und Einstellschrauben zum horizontalen Ausrichten. Es dient zur Aufnahme der nachfolgenden Unterbaugruppen.

### ( 2 ) Gießer

Der Gießer besteht aus zwei zusammengeschraubten, geschliffenen Platten mit dazwischenliegenden Beilagen, die beliebig, entsprechend der erforderlichen Schlitzweite, ausgetauscht werden können. Seitlich befinden sich die Abdeckplatten (2.1), wobei eine mit einem Einlauf für die Beschichtungsflüssigkeit vorgesehen ist. Eine Entlüftungsmöglichkeit ist über den an der höchsten Stelle befindlichen Entlüftungshahn (2.2) gegeben.

Bei einer notwendigen Reinigung können die Abdeckplatten abgenommen werden, ohne daß sich die Einstellung des Gießschlitzes ändert

### ( 3 ) Gießerhalterung

Die Gießerhalterung dient zur Aufnahme des Gießers. Sie ist auf dem Grundgestell aufgeschraubt. Der Gießer kann vertikal über eine Rändelschraube (3.1) und Langloch in einer Führungsnut entsprechend zu den Wafern eingestellt werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit die vertikale Neigung Gießers aus der Waagerechten heraus zu verändern.

### ( 4 ) Fördersystem und Auffangwanne für Rückgewinnung

Die Beschichtungsflüssigkeit wird durch ein regelbares Kolbendosiersystem über einen flexiblen Schlauch in den Gießer gefördert.

Die überschüssige Beschichtungsflüssigkeit wird in einer Auffangwanne gesammelt und könnte nach evtl. Filtration und Überprüfung des Lösungsmittelgehaltes wiederverwendet werden.

## **( 5 ) Transportsystem**

Als Transportsystem wird eine Lineareinheit verwendet, die durch einen Schrittmotor mit einem Drehmoment von 160 Nm angetrieben wird.

Mit einer frei programmierbaren SPS - Steuerung kann der Schrittmotor entsprechend den technologischen Erfordernissen betrieben werden, d.h. es können nahezu beliebige Weg-Zeit-Zyklen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten realisiert und beliebig oft reproduziert werden.

## **( 6 ) Waferaufnahme**

Auf der Schlittenplatte (6.1) der Lineareinheit ist eine Zwischenplatte (6.2) mit einem Verteilerstück (6.3) für das Vakuum montiert. Das Verteilerstück ist durch Schläuche und Durchflußhahn (6.4) mit der Zwischenplatte verbunden. An der Zwischenplatte sind an einer Längsseite 3 Saugerhalter (6.5) in gleichen Abständen angeschraubt. Die Sauger (6.6), die zur Aufnahme der Wafer dienen, sind in die Saugerhalter eingeschraubt und mit Rundringen eingedichtet. Jeder Sauger kann somit einzeln mit Vakuum beaufschlagt werden. Mittels Zug-Druck-Schrauben ist es zusätzlich möglich, die Sauger unabhängig voneinander exakt horizontal aus-zurichten. Eine einstellbare einseitige Aufleghilfe (6.7) für die Wafer ist ebenfalls vorhanden.

## **( 7 ) Trockner**

Die Trocknung der beschichteten Wafer erfolgt diskontinuierlich. Die Substrate werden unmittelbar nach dem Beguß automatisch in die Trockenzone unter eine Infrarotstrahlungseinheit transportiert und hier nach einem festgelegten Regime getrocknet. Die Trocknungszeit und die Strahlerleistung müssen in Abhängigkeit von der Lacktype und der aufgetragenen Schichtdicke eingestellt werden, um ein optimales Trocknungsergebnis in Bezug auf:

1. Kontinuierliche oder stufenweise Abkühlung des Träger-Lackschicht-Verbundes zur Gewährleistung genau definierter Trocknungstemperaturen und Einhaltung exakter Temperatur-Zeit-Regime zur Vermeidung von Blasenbildung und Spannungsrissen beim Abkühlprozeß und
2. Gewährleistung einer vollständigen Trocknung mit definiertem Restlösungsmittelgehalt des Lackfilmes auf dem Träger

zu erhalten.

## **5. Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse**

Die Versuche mit der vorgestellten Waferbeschichtungsapparatur bestätigten in etwa die in der Fachliteratur vorhergesagten Einsatzgebiete für die Vorhangbeschichtung ( Abbildung 7 ). Dies betrifft insbesondere den Variationsbereich der Viskositäten der Beschichtungsfluide und der erreichbaren Naßschichtdicken, da die Grenzen der maximal erreichbaren Beschichtungsgeschwindigkeiten und der simultan antragbaren Anzahl von Schichten für die Entwicklungsaufgabe nur von untergeordneter Bedeutung waren.

In der vorliegenden Bauform gestattet die Apparatur die Beschichtung von 3 Wafern ( bis zu 4“ Durchmesser ) und ihre anschließende Trocknung in einem Zyklus, wobei die gegenwärtige Zykluszeit ca. 60 min beträgt.

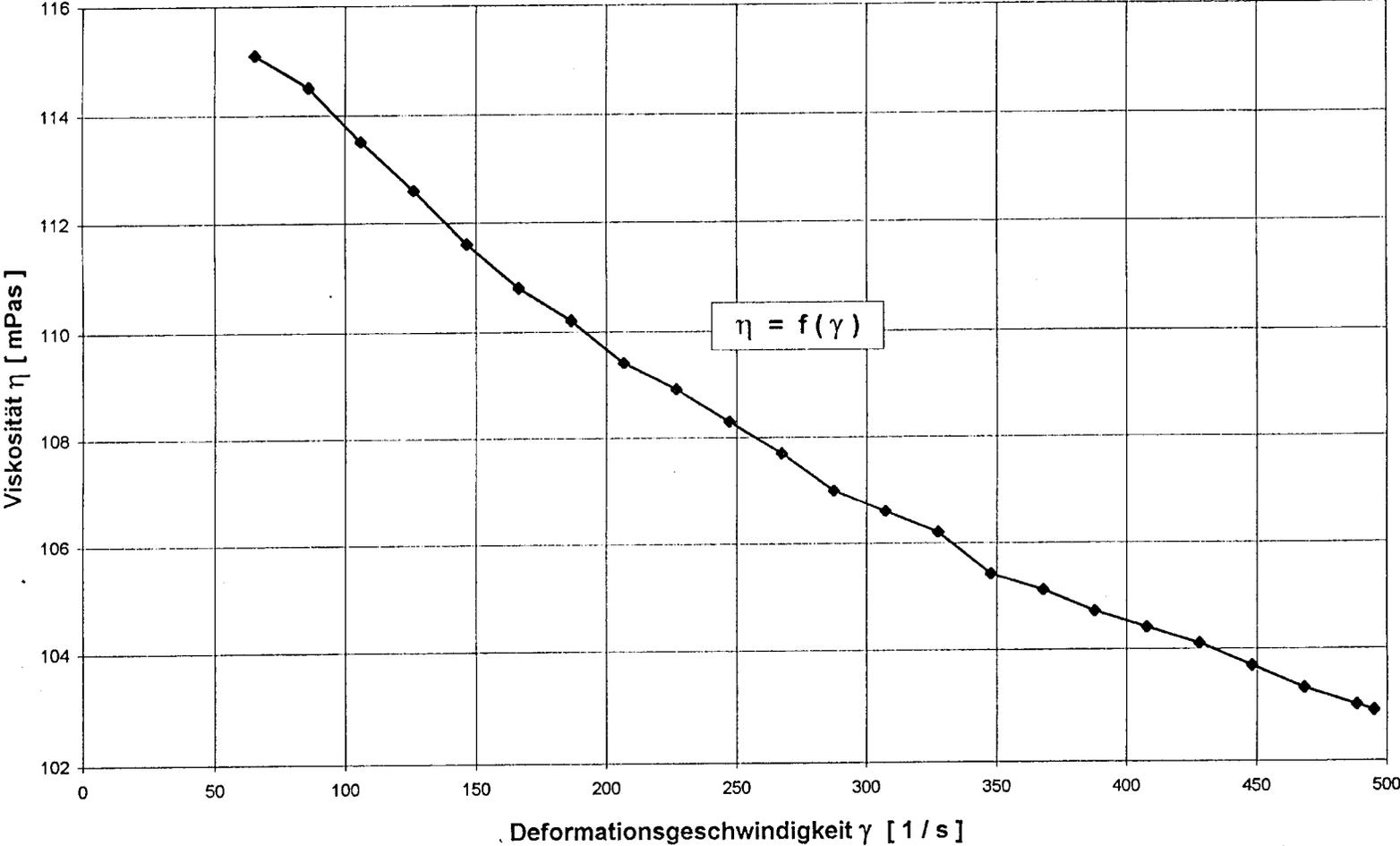
Die obere Viskositätsgrenze von fotografischen Lacken für den Einsatz in der vorgestellten Beschichtungseinrichtung liegt bei  $\eta \approx 400$  mPas ( bei  $\gamma_o = 150$  1/s und  $T = 23$  °C ), wobei die Limitierung durch den Überlastungsschutz der eingesetzten Kolbendosierpumpe und nicht durch den eigentlichen Gießprozeß gesetzt wird. Sollte der Einsatz von Lacksystemen mit höheren Viskositäten notwendig sein, kann dies durch den Einsatz einer leistungsfähigeren Pumpe und/oder einer geringfügigen und auf einfache Weise zu realisierenden Änderung der Gießergeometrie realisiert werden.

Die Herstellung der angestrebten Naßschichtdicken von  $S_N = 100\mu\text{m} - 200\mu\text{m}$  wurde mit dem beschriebenen Verfahren in einem Verfahrensschritt, d.h. ohne Mehrfachbeschichtung, realisiert.

Bei diesen Beschichtungsuntersuchungen wurde auch deutlich, daß Abweichungen der Waferhalterungen von der waagerechten Lage, nach der Beschichtung und vor allem während des Trocknungsprozesses, zur Ausbildung von Schichtdickeninhomogenitäten ( Abbildung 8 ) führen. Aus diesem Grund ist die exakte Ausrichtung der gesamten Beschichtungsapparatur in eine waagerechte Position Grundvoraussetzung für die Realisierung von homogenen Lackbeschichtungen.

Das Schichtdickenprofil des getrockneten Resists wurde mittels mechanischer Abtastung der Oberfläche, anschließender Entlackung und erneuter Vermessung der unbeschichteten Waferoberfläche ermittelt. Die nach dieser Methode bestimmten maximalen Abweichungen betragen ca. -3 % am Rand des Wafers ( vergl. Abbildung 8 ). Zur exakteren Bestimmung der Schicht-homogenität werden am ISiT Berlin mit der beschriebenen Apparatur beschichtete Wafer be-lichtet, so daß evtl. nötige Feinjustierungen noch vorgenommen werden können.

Viskositätsfunktion Positiv-Photoresist ma-P 1290



$$F_n = f(\dot{\gamma})$$

### Beschichtungsverfahren

Schichtbildungsverfahren	Schichtformung	Verteilung
Tauchwalzenbeschichtung	Tauchwalzenverfahren	Beschichtungstrog
Freifall- (Vorhang-) beschichtung	Dehnbeschichtung im Erdschwerefeld	Zwangsdosierung
Extrusionsbeschichtung im - im Rakelbetrieb - im Wulstbetrieb - im Dehnbetrieb	- Abstreichbeschichtung mit fester Rakel (Fließer) - Wulstbeschichtung - Dehnbeschichtung	Zwangsdosierung Schlitz- (Kanal-) strömung Schlitz- (Kanal-) strömung Schlitz- (Kanal-) strömung
Abstreichbeschichtung	Abstreichbeschichtung mit fester Rakel	Beschichtungskasten
Anspülwalzenbeschichtung	Walzenbeschichtung	Dosierung mit glatten Übertragungswalzen
Rasterwalzenbeschichtung	Abstreichbeschichtung mit flexibler Rakel	Dosierung mit Druck- bzw. gerasterten Übertragungswalzen
Bürstenbeschichtung	Abstreichbeschichtung mit flexibler Rakel	Zwangsdosierung durch poröse Materialien
Dochtbeschichtung	Abstreichbeschichtung mit flexibler Rakel	Kapillardosierung

Abbildung 3

Dateiname : A:\271195M1.NOR  
Substanz : na-P 1290 Positiv-Photoresist

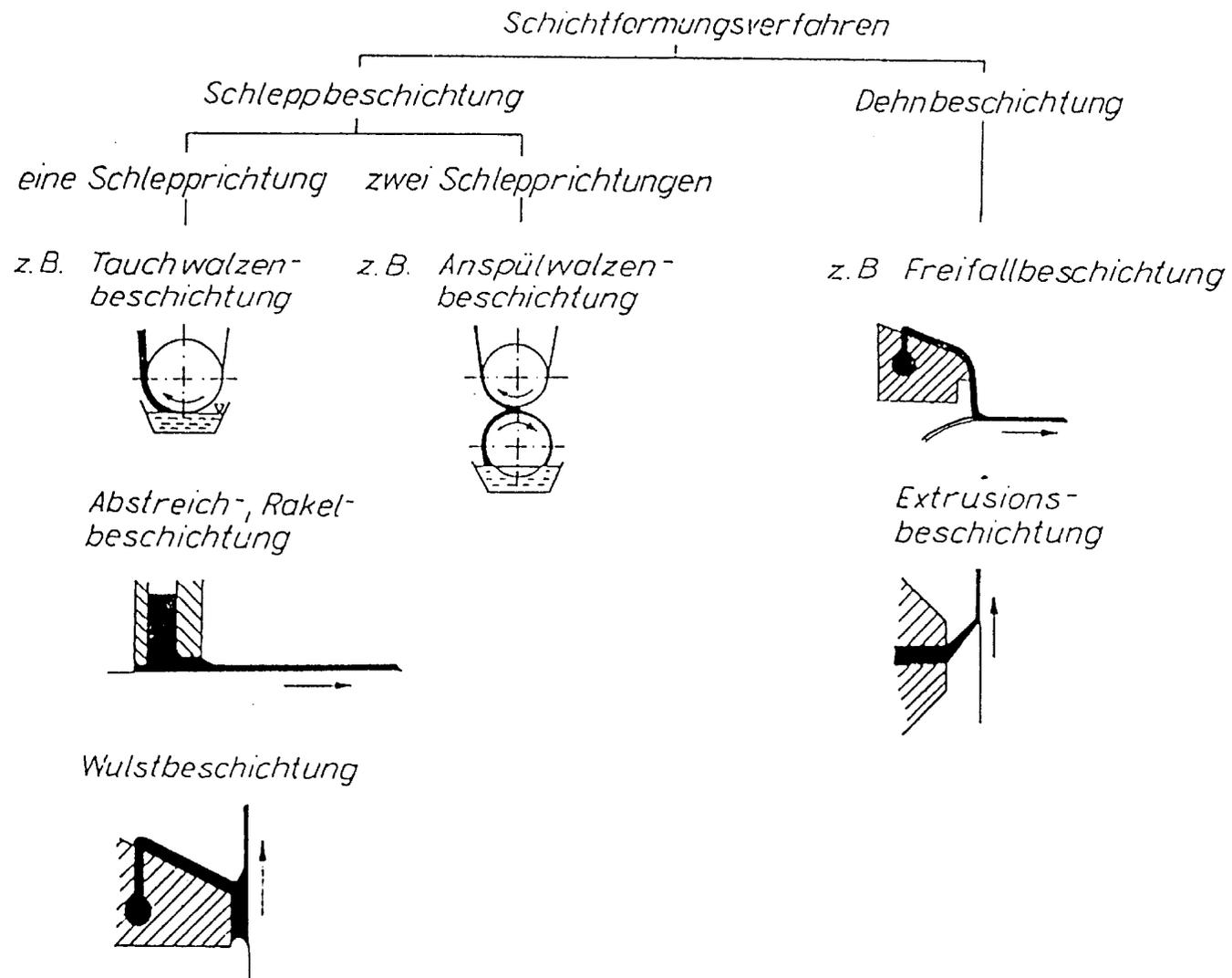
Meß-Datum : 27-11-95  
Meß-Zeit : 9:24

Abbildung 2

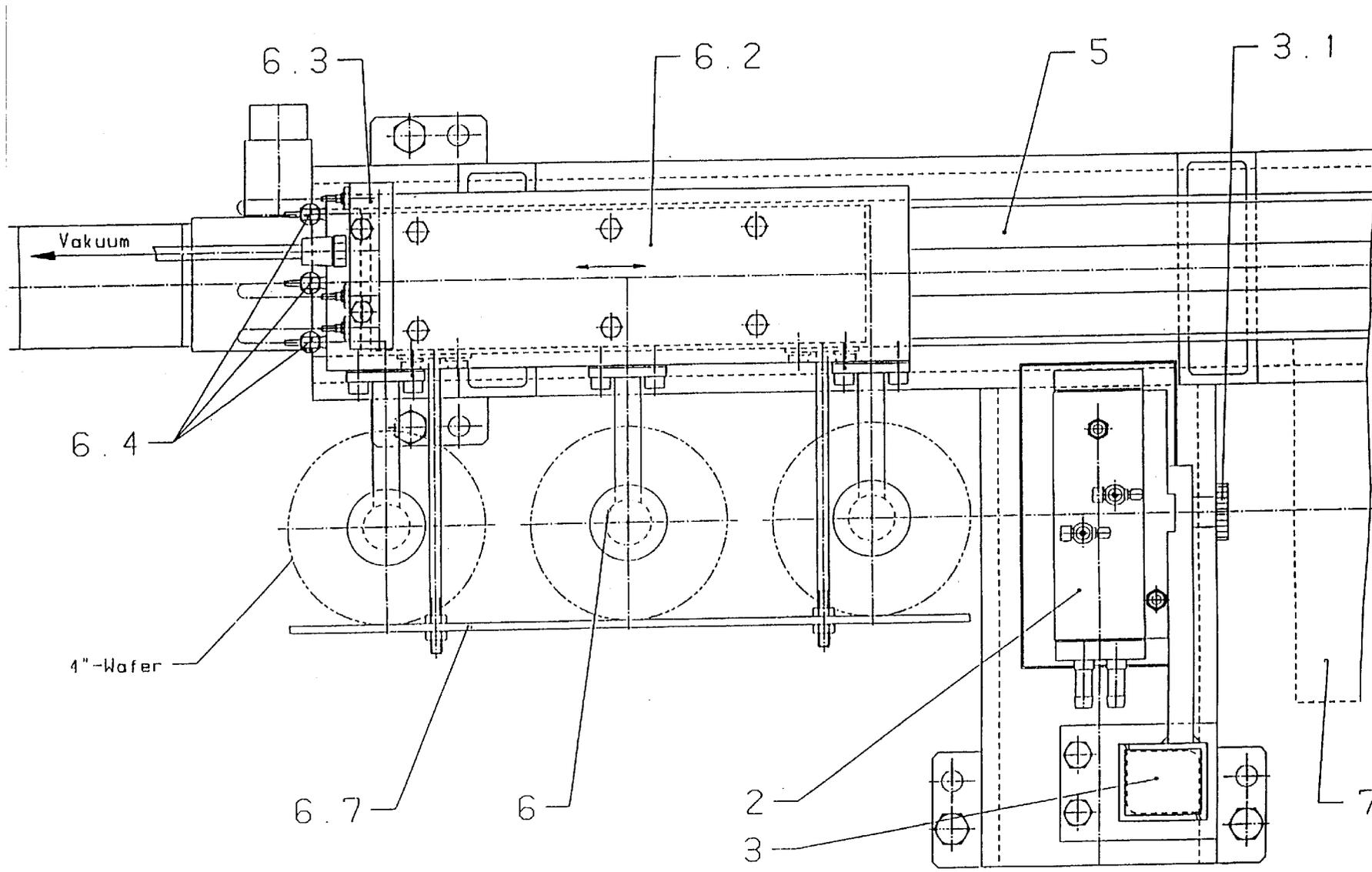
### Beschichtungsverfahren

<b>Schichtbildungsverfahren</b>	<b>Schichtformung</b>	<b>Verteilung</b>
<b>Tauchwalzenbeschichtung</b>	<b>Tauchwalzenverfahren</b>	<b>Beschichtungstrog</b>
<b>Freifall- (Vorhang-) beschichtung</b>	<b>Dehnbeschichtung im Erdschwerefeld</b>	<b>Zwangsdosierung</b>
<b>Extrusionsbeschichtung im</b> - im Rakelbetrieb - im Wulstbetrieb - im Dehnbetrieb	- Abstreichbeschichtung mit fester Rakel (Fließer) - Wulstbeschichtung - Dehnbeschichtung	<b>Zwangsdosierung</b> Schlitz- (Kanal-) strömung Schlitz- (Kanal-) strömung Schlitz- (Kanal-) strömung
<b>Abstreichbeschichtung</b>	<b>Abstreichbeschichtung mit fester Rakel</b>	<b>Beschichtungskasten</b>
<b>Anspülwalzenbeschichtung</b>	<b>Walzenbeschichtung</b>	<b>Dosierung mit glatten Übertragungswalzen</b>
<b>Rasterwalzenbeschichtung</b>	<b>Abstreichbeschichtung mit flexibler Rakel</b>	<b>Dosierung mit Druck- bzw. gerasterten Übertragungswalzen</b>
<b>Bürstenbeschichtung</b>	<b>Abstreichbeschichtung mit flexibler Rakel</b>	<b>Zwangsdosierung durch poröse Materialien</b>
<b>Dochtbeschichtung</b>	<b>Abstreichbeschichtung mit flexibler Rakel</b>	<b>Kapillardosierung</b>

**Abbildung 3**

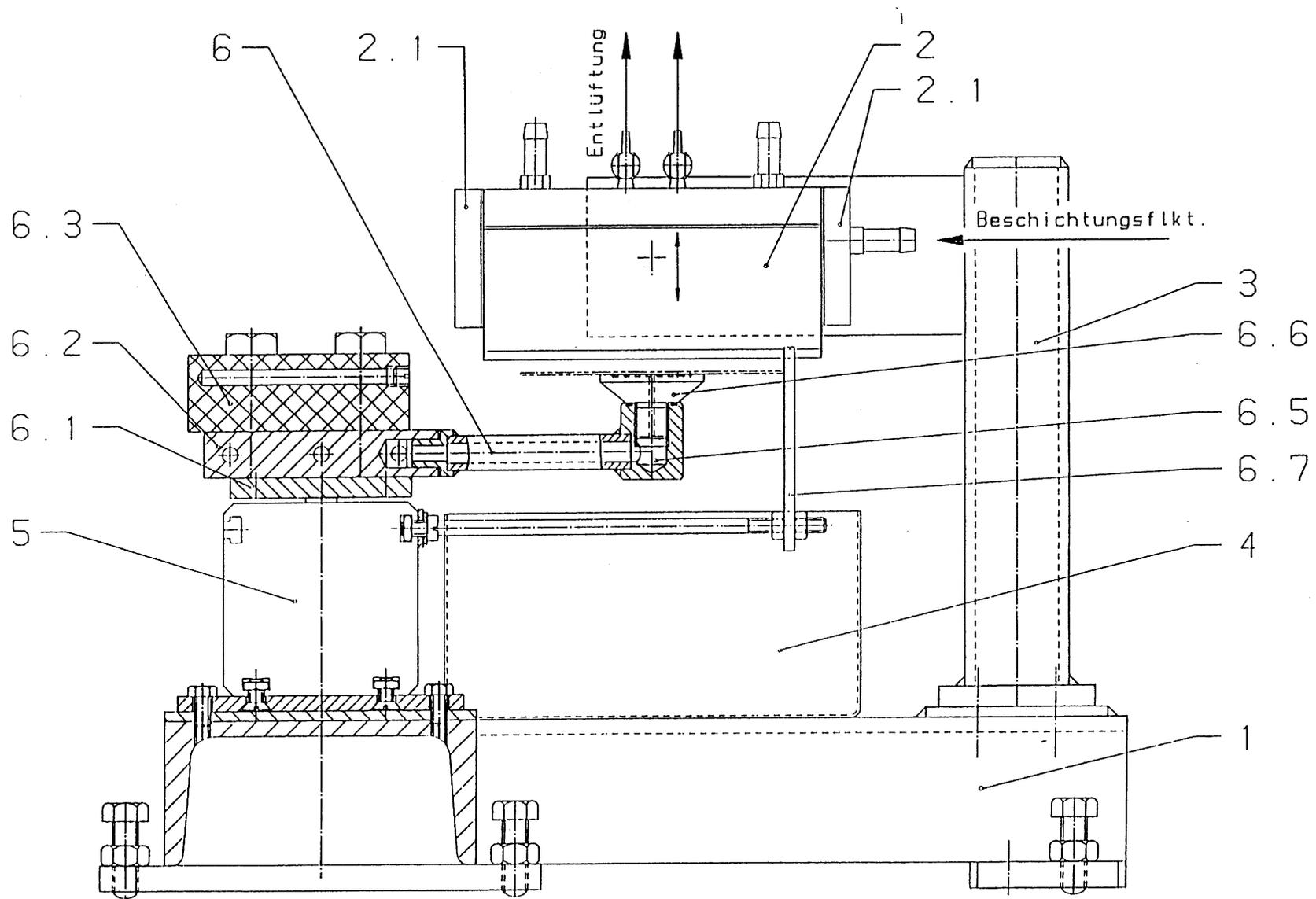


**Abbildung 4**



Beschichtungseinrichtung - Ansicht von oben

Abbildung 5



Beschichtungseinrichtung - seitr. Ansicht

Abbildung 6

## Vergleich von Beschichtungsverfahren

Eigenschaft	Viskosität	Geschwindigkeit	Nassfilmdicke	Anzahl Schichten	Volumenstrom/Brette
Verfahren	{Pas}	{m/min}	{ $\mu\text{m}$ }	{#}	{ $\text{cm}^2/\text{s}$ }
Flessler	0.001 - 20	< 600	10 - 250	$\leq 2$	-
Extrusion	50 - 5000	< 700	10 - 800	$\leq 2$	-
Slide	0.001 - 0.5	< 300	40 - 250	> 10	-
Vorhang	0.01 - 100	< 1500	10 - 250	> 10	> 1.0
Reverse Roll	0.001 - 500	< 600	5 - 1000	1	-
Forward Roll	0.001 - 0.05	< 150	20 - 200	1	-
Gravur Roll	0.001 - 5	< 900	1 - 50	1	-
Flexibles Rakel	0.05 - 40	< 2000	1 - 150	1	-
Starres Rakel	0.1 - 50	< 150	20 - 800	1	-
Luftmesser	0.001 - 0.5	200	2 - 200	1	-
Tauch	niedrig	< 1	> 10	1	-
Spin	niedrig	1000 - 10000 UpM	$\mu\text{m} - \text{nm}$	1	-



**Industrielle  
Filmbeschichtung**

Abbildung 7

Schichthomogenität von ma-P 240 auf Wafern bei inkorrekt / korrekter waagerechter Lage