



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

0152 921

Int.Cl.<sup>3</sup>

3(51) B 08 B 3/10

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP B 08 B/ 223 835

(22) 11.09.80

(44) 16.12.81

(71) siehe (72)

(72) WERNER, HEINZ, DR. DIPL. ING., DD;

(73) siehe (72)

(74) VEB ZENTRUM FUER FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE, MIKROELEKTRONIK, 9080 DRESDEN, KARL-MARX-STR.

(54) VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR BESEITIGUNG AUF EINER OBERFLAECHE HAFTENDER PARTIKEL

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anordnung zur Beseitigung auf einer Oberflaeche haftender Partikel in extrem staubarmer Umgebung, beispielsweise zur Beseitigung auf Halbleiter- oder Oxidschichten befindlicher Partikel bei der Herstellung von Halbleiteranordnungen. Ziel der Erfindung ist es, diese Partikel-Verunreinigungen unter Vermeidung von BeschaeDIGungen der Oberflaeche und gegebenenfalls der elektrischen Schaltungsstrukturen zu beseitigen, wozu ein Verfahren zur Verfuegung gestellt werden soll, das es gestattet, die zwischen den Partikel-Verunreinigungen und der zu reinigenden Oberflaeche befindlichen Bindungskraefte zu verringern bzw. aufzuheben und die Partikel-Verunreinigungen von der Oberflaeche zu entfernen. Die Aufgabe wird dadurch geloest, dass die zu reinigende Oberflaeche vor oder waehrend der Bespruehung mit hochreinem Wasser, insbesondere Deionatwasser ultravioletter Strahlung ausgesetzt wird und die Wasserbespruehung mit vorzugsweise niedrigem Druck vorgenommen wird.

-Figur 1-

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Beseitigung auf einer Oberfläche haftender Partikel in extrem staubarmer Umgebung, beispielsweise zur Beseitigung auf Halbleiter- oder Oxidschichten befindlicher Partikel bei der Herstellung von Halbleiteranordnungen.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die bekannten technischen Lösungen sind durch eine Vielzahl von Methoden gekennzeichnet, die alle dem Zweck dienen, die Oberfläche der Halbleiterscheiben, die meist eine durchgehende oder auch strukturierte Oxidschicht tragen, während des Prozeßablaufs bis zu dessen Beendigung frei von Verunreinigungen zu halten. Im wesentlichen handelt es sich hierbei um zwei Arten von Verunreinigungen: chemische Verunreinigungen und Partikel, d. h. feste Teilchen. Feste Teilchen können in Form von Staub im herkömmlichen Sinne vorliegen, aber z. B. auch in Form von teilweise abgestorbenen - Bakterien, die sich mitunter mehr oder minder stark im Deionatwasser finden, das für Reinigungszwecke der Halbleiterscheiben eingesetzt wird. Partikel können auch gleichzeitig als chemische Verunreinigung wirken, insbesondere dann, wenn es sich um leicht in den Halbleiter bei hohen Temperaturen diffundierende Stoffe handelt, die elektrisch wirksam werden. Partikel stören darüberhinaus aber auf Grund ihrer Natur als feste Teilchen bei vielfältigen Prozessen, wie z. B. fotolithografischen,

der Epitaxie, der Oxydation, der Schichtabscheidung von Metallen oder poly-Si-Schichten usw. Die Auswirkungen liegen insbesondere in einer Senkung der Ausbeute, die sich ökonomisch recht negativ bemerkbar macht. Es wurden und werden daher zahlreiche Methoden und Verfahren angewendet, die alle zum Ziele haben, auf der Oberfläche vorhandene Partikel zu entfernen und gleichzeitig zu verhindern, daß neue Partikel auf die Oberfläche der Halbleiterscheiben gelangen und auf ihr haften bleiben.

Bekannt ist die Anwendung deionisierten Wassers zu Reinigungszwecken an vielerlei Stellen im Produktionsprozeß. An die Reinheit, insbesondere auch an die Partikelverunreinigungen dieses deionisierten Wassers werden hohe Anforderungen gestellt. Um die Beseitigung löslicher Verunreinigungen zu erhöhen, wurde auch der Einsatz heißen Wassers versucht. Es zeigte sich aber, daß damit die störenden Einflüsse von Partikeln auf der Oberfläche der Scheiben nicht wirkungsvoll herabgesetzt werden können. Die Partikel werden im allgemeinen mit hohen Kräften auf der Oberfläche festgehalten. Um diese Kräfte, die aus verschiedenen physikalischen und/oder chemischen Wirkungsmechanismen resultieren, zu überwinden, wird eine Reinigung im Ultraschallbad vorgenommen. Eine ausreichende Partikelfreiheit kann jedoch nicht erreicht werden.

Bekannt ist auch der Versuch, die fest haftenden Partikel mit sog. Wafer-scrubbern zu beseitigen, auch unter gleichzeitiger Einwirkung von Deionatwasser. Durch den mechanischen Reibvorgang der mit Kunststoffasern besetzten Bürsten sollen die Teilchen losgerissen werden. Nachteilig dabei ist jedoch, daß Beschädigungen der zu reinigenden Oberfläche auftreten, die Bürsten den Staub sammeln und ihn immer wieder, schließlich Kratzspuren hinterlassend, über die zu reinigende Oberfläche führen. Außerdem werden -- insbesondere, wenn die gleichzeitige Anwendung von Deionat-

wasser unterbleibt - durch die Reibung der Kunststoffbürsten auf der Oberfläche elektrostatische Ladungen immer wieder neu erzeugt oder sogar noch verstärkt, so daß der erwünschte Reinigungseffekt ausbleibt.

Bekannt ist desweiteren, das Deionatwasser mit sehr hohem Druck aus Düsen austreten und als Bündel sehr vieler feinsten Wasserstrahlen auf die zu reinigende Oberfläche aufzutreffen zu lassen. Nachteilig ist dabei die Gefahr, daß die dünnen und spröden Halbleiter zerbrechen.

Wird der Prozeß so geführt, daß eine teilweise oder völlige Zerstäubung des Wassers auftritt, so verbleiben zwei schwerwiegende Nachteile:

Das Deionatwasser weist trotz sorgfältiger Reinigungsverfahren doch immer noch eine gewisse Partikeldichte auf, so daß bei den sehr großen Wassermengen, die zum Einsatz gelangen, eine erhebliche Anzahl von Partikeln pro Zeiteinheit immer wieder neu auf die Oberflächen geschossen werden und haften bleiben, so daß diese zusätzlich zu den ohnehin auf der Oberfläche befindlichen Partikeln beseitigt werden müssen. Andernfalls tritt eher eine Akkumulation von Partikeln ein statt deren Verminderung oder gar Beseitigung.

Ein weiterer Nachteil dieses Deionatwasser-Hochdruck-Zerstäubungssystems besteht darin, daß besondere Einrichtungen zur Erzeugung und Aufrechterhaltung des hohen Druckes erforderlich sind und außerdem die Herstellung der Bohrungen bzw. Sprühdüsen einen nicht unbeträchtlichen Aufwand darstellt.

Auch die bekanntgewordene Kombination der mit Bürsten versehenen wafer-scrubber mit dem Prinzip der Hochdruckzerstäubung von Deionatwasser hat die geschilderten Mängel nicht beheben können.

Es sind weiterhin Versuche bekannt geworden, die unter hohem Druck zerstäubten Wasserteilchen der auf die Scheibenoberfläche gerichteten Wasserstrahlen elektrisch aufzu-

laden, damit diese die elektrostatischen Ladungen auf der Scheibenoberfläche herabsetzen und möglichst vollständig neutralisieren, so daß die Staubpartikel nach Wegfall der elektrostatischen Bindungskräfte leicht durch die unter hohem Druck zersprühten Wasserstrahlen beseitigt werden können. Beachtenswerte Erfolge sind mit dieser Methode bisher nicht erreicht worden.

Es ist weiterhin durch John R. V i g u.a. in US-Patent 4 028 135 sowie durch E. H a f n e r und John. R. V i g in US-Patent 3 914 836 bekannt, UV-Licht zur Beseitigung von menschlichen Hautölen auf den Oberflächen von Präzisions-Quarz-Kristall-Resonatoren einzusetzen. Der Abstand der zu reinigenden Oberfläche von der UV-Quelle muß möglichst klein sein, um die gewünschte Wirkung zu erzielen, und beträgt nur wenige Millimeter. Die gleichzeitige Beseitigung von elektrostatischen Aufladungen und Bindungskräften wird weder angestrebt noch erreicht. Im Gegenteil, es treten mit dieser Methode eher so hohe elektrostatische Aufladungen auf, daß diese - würde sie auf Oberflächen von integrierten Schaltkreisen angewendet - zu schwerwiegenden Beschädigungen der elektrischen Schaltungsstrukturen führen.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Beseitigung von Partikel-Verunreinigungen, die sich auf einer Oberfläche, insbesondere einer Halbleiteroberfläche befinden, unter Vermeidung von Beschädigungen der Oberfläche und gegebenenfalls der elektrischen Schaltungsstrukturen.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das es gestattet, die zwischen den Partikel-Verunreinigungen und der Oberfläche befind-

lichen Bindungskräfte zu verringern bzw. aufzuheben und die Partikel-Verunreinigungen von der Oberfläche durch ein geeignetes Mittel zu entfernen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die zu reinigende Oberfläche ultravioletter Strahlung ausgesetzt und mit Strahlen hochreinen Wassers, insbesondere Deionatwasser-Feinststrahlen geringen Wasserdrucks besprüht wird. Die UV-Bestrahlung erfolgt vor und/oder während der Besprühung mit hochreinem Wasser. Die UV-Strahlung bewirkt eine Ionisierung der extrem staubarmen Luft bzw. Gase oder Gasgemische unmittelbar über der Oberfläche und führt damit zur Beseitigung eines Teils der elektrostatischen Ladungen auf der Oberfläche.

Die Deionatwasser-Feinststrahlen spülen die nun mit verminderten Bindungskräften haftenden Partikel von der Oberfläche. Der diesem Prozeß entgegenwirkenden Aufladung der Wasserpartikel wird dadurch begegnet, daß die UV-Bestrahlung der Oberfläche während der Wasserbesprühung beibehalten wird. Die UV-Bestrahlung erfolgt direkt oder indirekt. Das erfindungsgemäße Verfahren wird mit einer Anordnung durchgeführt, die aus einer das Objekt mit der zu reinigenden Oberfläche aufnehmenden Objekthalterung, mindestens einer in einem angemessenen Abstand von dieser Objekthalterung angebrachten und einen Wasserstrahl erzeugenden und diesen in einem Winkel von  $\geq 10$  Grad, vorzugsweise  $\geq 30$  Grad zur Normalen der Scheibenoberfläche auf die zu reinigende Oberfläche richtenden Sprühdüse und mindestens einer UV-Strahlen auf die zu reinigende Oberfläche sendenden UV-Strahlungsquelle besteht. Die Anordnung mehrerer UV-Strahlungsquellen erweist sich als vorteilhaft. Ebenso ist von Vorteil, jede UV-Strahlungsquelle mit einem Spritzwasserschutz zu versehen. Eine indirekte UV-Bestrahlung der zu reinigenden Oberfläche wird gewährleistet, indem zusätzlich zur UV-Strahlungsquelle bzw. den UV-Strahlungsquellen Reflektoren angeordnet werden, die die ausgesendeten UV-Strahlen auf die zu reinigende Oberfläche richten.

Vorteilhaft ist, das die zu reinigende Oberfläche nicht beschädigt wird. ebenso nicht die gegebenenfalls vorhandenen Schaltungsstrukturen, Die auf der Oberfläche vorhandenen Partikel werden entfernt und es wird gleichzeitig verhindert, daß während der erfindungsgemäßen Oberflächenbehandlung neue Partikel auf der Oberfläche haften bleiben. Infolgedessen können Partikel nicht mehr in so hohem Maße wie bisher auf Grund ihrer chemischen Wechselwirkung mit dem Halbleiter bei nachfolgenden Hochtemperaturprozessen durch einer Änderung der angestrebten Dotation des Halbleiters in Mikrobereichen eine Veränderung, d. h. eine Verschlechterung der elektrischen Eigenschaften bewirken. Außerdem werden die durch Frempartikel auf der Halbleiteroberfläche bei Fotolithografieprozessen entstehenden sog. Pseudostrukturen unterdrückt, die zu Kurzschlüssen oder Unterbrechungen in der Schaltung führen können. Durch die Herabsetzung bzw. Verminderung der chemischen Wechselwirkungen mit der Halbleiteroberfläche und des Entstehen der Pseudostrukturen wird der Fertigungsaus- schuß herabgesetzt und die Ausbeute an Schaltungen erhöht. Der Fertigungsprozeß wird wirtschaftlicher gestaltet.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Die zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Figur 1: eine erfindungsgemäße Anordnung, bestehend aus einer Objekthalterung, bestückt mit Halbleiterscheiben, vor den Scheibenoberflächen ringförmig angeordneten UV-Lampen und einer Sprühdüse.

Figur 2: eine erfindungsgemäße Anordnung, bestehend aus einer Objekthalterung, bestückt mit Halbleiterscheiben hinter den Scheibenoberflächen ringförmig angeord-

neten UV-Lampen, einem Fokussierspiegel für die UV-Bestrahlung der Scheibenoberflächen und einer Sprühdüse.

#### Ausführungsbeispiel 1:

In Figur 1 ist eine erfindungsgemäße Anordnung mit einer Objekthalterung 1 dargestellt, auf der sich, durch - in Figur 1 nicht gezeichnete - Winkel gehalten, Halbleiterscheiben 2 befinden. Die Oberfläche der in Bearbeitungsposition befindlichen Halbleiterscheiben 2 wird von mehreren UV-Strahlungsquellen 3 bestrahlt. Hierdurch wird das sich vor der Scheibenoberfläche befindliche extrem staubarme Gas, das auch Luft sein kann, ionisiert. Die auf die Scheibenoberfläche auftreffenden Ionen neutralisieren teilweise oder vollständig die auf ihr befindlichen elektrostatischen Ladungen, die die Staubpartikel auf der Oberfläche haften lassen. Gleichzeitig tritt eine teilweise Zerlegung bzw. Aufspaltung der auf der Oberfläche befindlichen organischen dünnen Schichten ein, so daß die durch sie bewirkten Adhäsionskräfte herabgesetzt werden. Der - beispielsweise 10 Sekunden - später zugeschaltete, aus der Sprühdüse 4 austretende, unter Druck von einigen 0,1 MPa (atm.) stehende feine Wasserstrahl 5 führt die nun schon nicht mehr so fest haftenden Staubteilchen nach unten weg. Vor den UV-Strahlungsquellen 3 befindet sich jeweils ein Spritzwasserschutz 6.

Dieses Ausführungsbeispiel kann auch so abgewandelt werden, daß die in Bearbeitungsposition befindliche Scheibe 2 bei feststehender Objekthalterung 1 durch einen in Figur 1 nicht gezeichneten, jedoch herkömmlichen Mechanismus in Drehung versetzt wird.

Eine weitere Variante besteht darin, daß die Objekthalterung 1, die ringförmig mit Scheiben besetzt ist, in Drehung versetzt wird, so daß in kurzen zeitlichen Abständen jede Scheibe 2 in Bearbeitungsposition gebracht wird. Das Ausführungsbeispiel läßt sich auch so abwandeln, daß jeder Scheibe 2 auf der Objekthalterung eine oder mehrere UV-

Strahlungsquellen 3 und mindestens je 1 Sprühkopf 4 für Deionatwasser zugeordnet wird.

Eine weitere Variante mit höherem Automatisierungsgrad besteht darin, daß statt der Objekthalterung 1 ein endloses Band, auf dem die Scheiben 2 gehalten werden, in der Bearbeitungsposition durchgezogen wird, entweder kontinuierlich mit einer Geschwindigkeit, die eine ausreichend lange Verweildauer in der Bearbeitungsposition ergibt, oder diskontinuierlich, d. h. schrittweise, wobei mit jedem Schritt eine Scheibe in Bearbeitungsposition gebracht wird.

Letztere Ausführungsform ist auch dahingehend abwandelbar, daß auf dem endlosen Band mehrere Scheiben über - bzw. untereinander, ggf. auch nebeneinander angeordnet sind und gleichzeitig bearbeitet werden.

#### Ausführungsbeispiel 2:

In Figur 2 ist eine andere erfindungsgemäße Anordnung mit einer Objekthalterung 1 dargestellt, auf der sich ebenfalls wieder die ringförmig angeordneten Halbleiterscheiben 2 befinden, von denen nur zwei gezeichnet sind. Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel 1 befinden sich die UV-Strahlungsquellen 3 (in Figur 2 sind nur zwei gezeichnet) entweder ohne oder auch mit Spritzwasserschutz 6 wie in Fig. 1. Die UV-Strahlenbündel 7 werden an den - in Figur 2 einzeln dargestellten und angeordneten - Reflektoren 8 reflektiert und auf die Oberfläche der Halbleiterscheiben 2 gebündelt. Eine Variante dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, daß statt einzelner Reflektoren 8 nur eine einzige gekrümmte Spiegelfläche verwendet wird. Auch hier kann die Objekthalterung 1 feststehen oder rotieren; es kann statt der kreisförmigen Objekthalterung 1 auch ein endloses Band in der im Ausführungsbeispiel 1 beschriebenen Weise eingesetzt werden.

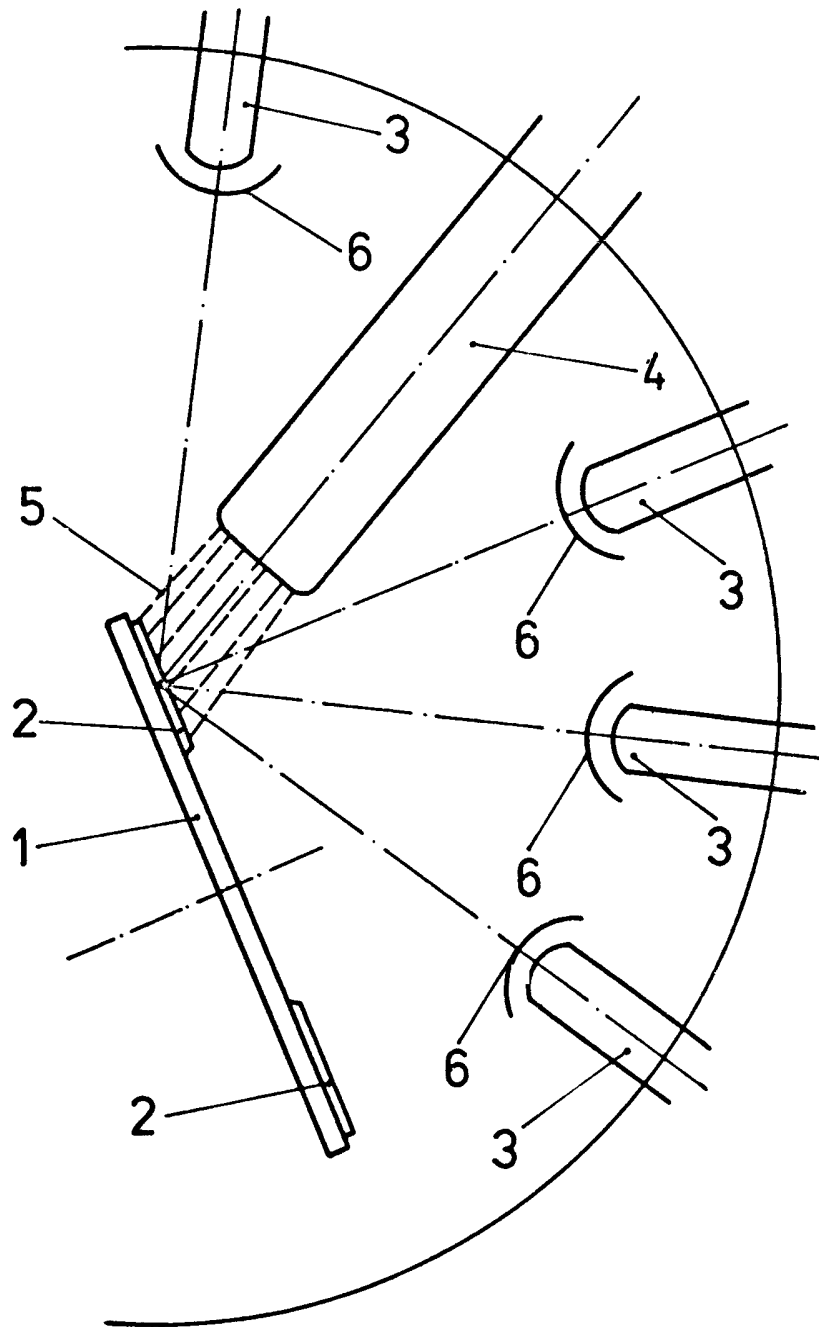
## Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Beseitigung auf einer Oberfläche haftender Partikel, bei dem hochreines Wasser, insbesondere Deionatwasser auf die zu reinigende Oberfläche gestrahlt wird, gekennzeichnet dadurch, daß die zu reinigende Oberfläche vor oder/und während der Besprühung mit hochreinem Wasser, insbesondere Deionatwasser, ultravioletter Strahlung ausgesetzt wird und die Wasserbesprühung mit vorzugsweise niedrigem Druck vorgenommen wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die zu reinigende Oberfläche einer direkten ultravioletten Strahlung ausgesetzt wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die zu reinigende Oberfläche einer indirekten ultravioletten Strahlung ausgesetzt wird.
4. Verfahren nach Punkt 1 und 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, daß mindestens eine UV-Strahlungsquelle der Wellenlänge  $\leq 253,7$  nm (Niederdruck - Quecksilber - Entladung) eingesetzt wird und daß deren Abstand von der Scheibenoberfläche  $\geq 20$  mm, vorzugsweise jedoch  $\geq 100$  mm beträgt.
5. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß sie einer das Objekt mit der zu reinigenden Oberfläche aufnehmenden Objekthalterung (1), mindestens einer in einem angemessenen Abstand von  $\geq 20$  mm, vorzugsweise jedoch  $\geq 60$  mm von dieser Objekthalterung angebrachten und einen Wasserstrahl (5) erzeugenden und diesen in einem Winkel von  $\geq 10$  Grad, vorzugsweise jedoch  $\geq 30$  Grad zur Normalen der Scheibenoberfläche auf die zu reinigende Oberfläche

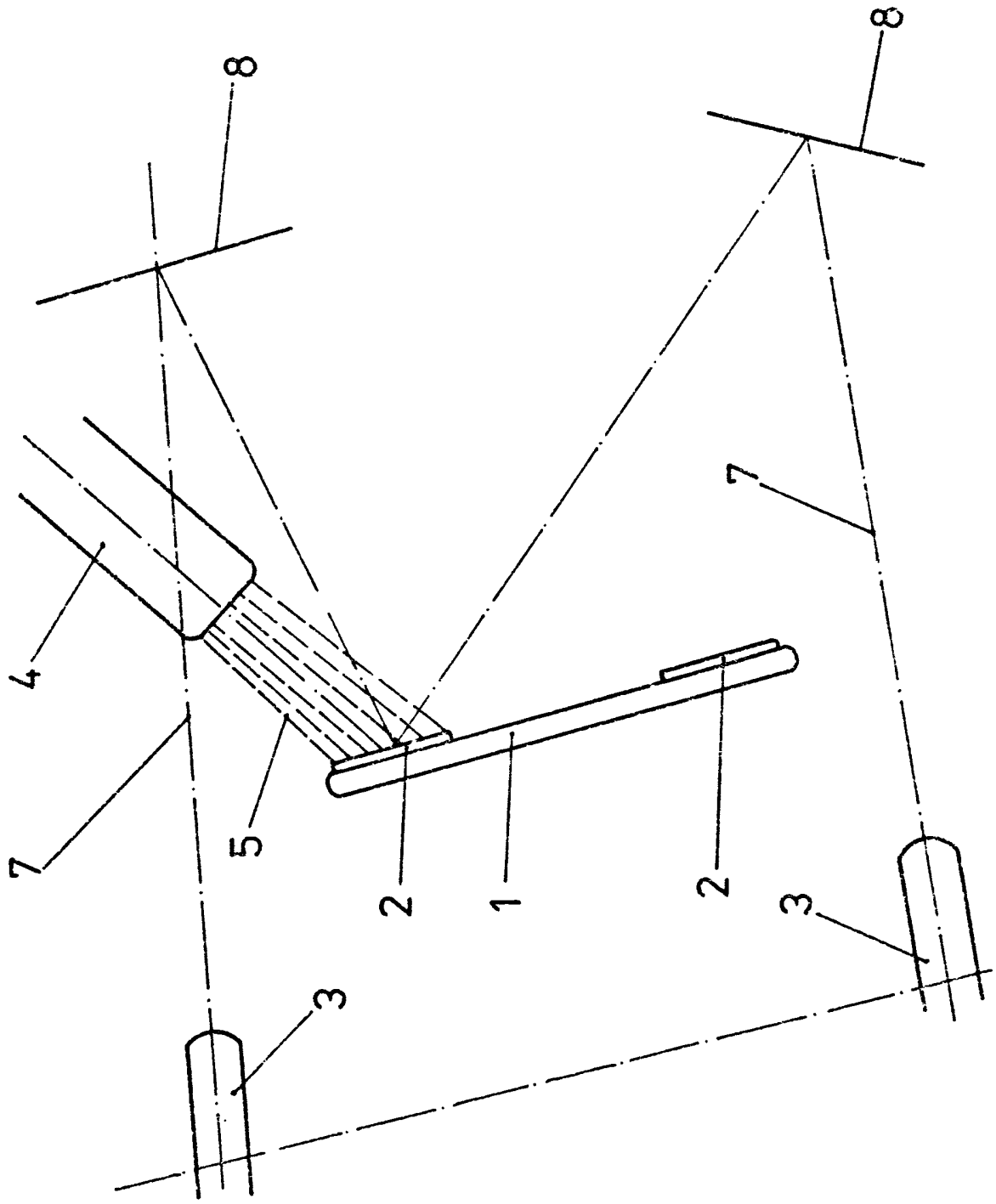
richtenden Sprühdüse (4) und mindestens einer UV-Strahlen auf die zu reinigende Oberfläche sendenden UV-Strahlungsquelle (3) besteht.

6. Anordnung nach Punkt 5, gekennzeichnet dadurch, daß die UV-Strahlungsquelle (3) mit einem Spritzwasserschutz (6) versehen ist.
7. Anordnung nach Punkt 5 und 6, gekennzeichnet dadurch, daß mehrere UV-Strahlungsquellen (3), vorzugsweise im gleichen Abstand vom Mittelpunkt der Scheibenoberfläche angeordnet sind.
8. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1 und 3, gekennzeichnet dadurch, daß sie aus einer das Objekt mit der zu reinigenden Oberfläche aufnehmenden Objekthalterung (1), mindestens einer in einem Abstand von  $\geq 20$  mm, vorzugsweise jedoch  $\geq 60$  mm von dieser Objekthalterung angebrachten und einen Wasserstrahl (5) erzeugenden und diesen in einem Winkel von  $\geq 10$  Grad, vorzugsweise jedoch  $\geq 30$  Grad zur Normalen der Scheibenoberfläche auf die zu reinigende Oberfläche richtenden Sprühdüse(4) und mindestens einer UV-Strahlen sendenden UV-Strahlungsquelle (3), sowie einen die UV-Strahlen auf die zu reinigende Oberfläche richtenden Reflektor (8) besteht.

**Hierzu 2 Seiten Zeichnungen**



Figur 1



Figur 2