



(11) **EP 1 574 116 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.05.2007 Patentblatt 2007/22

(51) Int Cl.:
H05G 2/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03813077.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/004129

(22) Anmeldetag: **11.12.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/056158 (01.07.2004 Gazette 2004/27)

(54) **VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG EINES TRÖPFCHEN-TARGETS**

METHOD FOR THE CREATION OF DROPLET TARGETS

PROCEDE POUR GENERER UNE CIBLE GOUTTELETTE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **13.12.2002 DE 10260376**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.09.2005 Patentblatt 2005/37

(73) Patentinhaber: **Forschungsverbund Berlin e.V.
12489 Berlin (DE)**

(72) Erfinder:
• **TER-AVETISYAN, Sargis**
12557 Berlin (DE)
• **SCHNÜRER, Matthias**
12681 Berlin (DE)
• **NICKLES, Peter-Viktor**
14476 Gross Glienicke (DE)

(74) Vertreter: **Hengelhaupt, Jürgen**
Anwaltskanzlei
Gulde Hengelhaupt Ziebig & Schneider
Wallstrasse 58/59
10179 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
GB-A- 347 146

- **TER-AVETISYAN S ET AL:** "A high-density sub-micron liquid spray for laser driven radiation sources" J. PHYS. D, APPL. PHYS. (UK), JOURNAL OF PHYSICS D (APPLIED PHYSICS), 7 OCT. 2003, IOP PUBLISHING, UK, Bd. 36, Nr. 19, 7. Oktober 2003 (2003-10-07), Seiten 2421-2426, XP002288502 ISSN: 0022-3727
- **FINK M ET AL:** "A HIGH-TEMPERATURE PULSED SUPERSONIC NOZZLE" REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 64, Nr. 10, 1. Oktober 1993 (1993-10-01), Seiten 3020-3021, XP000400511 ISSN: 0034-6748
- **MINSEK D W ET AL:** "Photoelectron spectrum of the propargyl radical in a supersonic beam" J. PHYS. CHEM. (USA), JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY, 1 NOV. 1990, USA, Bd. 94, Nr. 22, 1. November 1990 (1990-11-01), Seiten 8399-8401, XP002288518 ISSN: 0022-3654
- **MOUNTFORD L C ET AL:** "Characterization of a sub-micron liquid spray for laser-plasma x-ray generation" REV. SCI. INSTRUM. (USA), REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, NOV. 1998, AIP, USA, Bd. 69, Nr. 11, November 1998 (1998-11), Seiten 3780-3788, XP002288519 ISSN: 0034-6748 in der Anmeldung erwähnt

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 1 574 116 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines Tröpfchen-Targets.

[0002] Im Folgenden werden dem Stand der Technik nach bekannte Vorrichtungen beschrieben, mittels derer Flüssigkeitströpfchen erzeugt werden, wobei in der Wechselwirkung mit auf diese Tröpfchen gerichtetem Laserstrahl Röntgenstrahlen oder extrem ultraviolettes Licht gebildet werden. Diese Strahlen werden beispielsweise in der Mikroskopie oder Lithographie eingesetzt.

[0003] In US 6,324,256 ist in einer Anordnung, die eine Laserplasma-Quelle zur Erzeugung von EUV-Licht beschreibt, auch eine Einrichtung zur Erzeugung von Tröpfchen-Targets enthalten. Die erzeugten Tröpfchen weisen einen größeren Durchmesser als Tröpfchen auf, die aus einem Gas erzeugt werden, das durch eine Düse geführt wird, hier kondensiert und eine Wolke von extrem kleinen Teilchen in Form von Clustern bildet. In der beschriebenen Lösung wird zunächst aus einem Gas mittels eines Wärmeaustauschers, der die Temperatur des Gases reduziert, eine Flüssigkeit erzeugt. Diese Flüssigkeit wird einer Düse zugeführt, deren Öffnung in Richtung Austrittsöffnung größer wird. In diesem Abschnitt werden die Tröpfchen geformt, die dann aus der Austrittsöffnung der Düse austreten und mit einem Laserstrahl zur Erzeugung von EUV-Licht in Wechselwirkung treten. Die Tröpfchengröße ist hierbei jedoch nicht definiert einstellbar. Bei dieser Lösung wird also zunächst das gasförmige Ausgangsmaterial in ein flüssiges umgewandelt. Ausserdem wechselwirken die Tröpfchen mit dem Laserstrahl sehr dicht an der Düse, wodurch diese in der Folge durch Erhitzen und Erosion zerstört wird.

[0004] Von L. Rymell und H. M. Hertz wird in Opt. Commun. 103, 105 (1993) über eine Röntgenstrahlquelle berichtet, die Ethanol-Tröpfchen als Target verwendet. Für die Erzeugung dieser Tröpfchen wurde Ethanol bei 30 bis 50 at in eine Vakuumkammer durch eine Kapillare mit ca. 10 μm Durchmesser, die sich in eine Düse verjüngt, gedrückt. Um ein Flüssigkeitsvolumen - hier mit einem Durchmesser von ca. 15 μm - synchronisiert erzeugen zu können, werden Druckstöße piezoelektrisch mit einer Frequenz von ca. 1 MHz erzeugt. Diese relativ großen Flüssigkeitströpfchen wurden für die Untersuchung der Wechselwirkung mit Laserstrahlung in einem Intensitätsbereich von 10^{12} bis 10^{14} W/cm² verwendet, wie von O. Hemberg, B. A. M. Henson, M. Berlund und H. M. Hertz in J. Appl. Phys. 88, 5421 (2000) beschrieben. Da hierbei die Wechselwirkung mit jedem einzelnen Tröpfchen erfolgt und der Laserfokus nur wenig größer ist als der Durchmesser der Ethanol-Tröpfchen, spielt das Drift-Problem der Tröpfchen-Quelle eine wichtige Rolle, weshalb diese Arbeit insbesondere auf eine Lösung für eine akkurate Tröpfchen-Laser-Synchronisation gerichtet ist.

[0005] Hochdichter Tröpfchennebel mit einer Dichte von bis zu 10^{19} Atom/cm³ mit einem Tröpfchendurchmesser von etwa 1 μm wurde mit einer Tröpfchenquelle

hergestellt, die in Rev. Sci. Instrum. 69, 3780 (1998) von L. C. Mountford, R. A. Smith and M. R. H. R. Hutchinson beschrieben wurde und von der die vorliegende Erfindung ausgeht. Hierbei ist ein Magnetventil, welches den Flüssigkeitspuls und damit das Flüssigkeitsvolumen formiert, der Ausgangspunkt der Tröpfchenquelle. Ein Gefäß wurde mit einer Flüssigkeit gefüllt und mittels Ethanol unter hohem Druck gehalten. In Synchronisation mit dem Laser wird das Ventil für 2500 μs geöffnet, so dass die Tröpfchen aus der Düse austreten. Tröpfchen mit einem kleineren Durchmesser von ca. 0,6 μm konnten durch anschließendes elektrostatisches Aufspalten der Tröpfchen, das aber eine technisch aufwendige Anordnung verlangt, erzielt werden. Jedoch weist der Nebel, der aus diesen Tröpfchen besteht, eine geringere Dichte, nämlich ca. 10^{16} Atom/cm³, auf.

[0006] Für die effektive Erzeugung von Röntgenstrahlen oder EUV-Licht ist es aber notwendig, dass Tröpfchen-Targets zur Verfügung stehen, die eine Ausdehnung in der Größe möglicher Laserwellenlängen haben (T.D. Donnelly, M. Rust, I. Weiner, M. Allen, R.A. Smith, C.A. Steinke, S. Wilks, J. Zweiback, T.E. Cowan and T. Ditmire J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 34, L313 (2001)) und somit im Vergleich zum Stand der Technik einen kleineren Durchmesser aufweisen und die einen Nebel bilden, der eine Atomdichte von $> 10^{18}$ Atome/cm³ aufweist.

[0007] WO 01/30152 A1 beschreibt eine Vorrichtung zur Erzeugung eines dichten Nebels von mikrometrischen Tröpfchen, insbesondere für die EUV-Lithographie. Die Vorrichtung umfasst einen Behälter, der zur Aufnahme einer Flüssigkeit bestimmt ist, aus der ein dichter Nebel aus mikrometrischen und submikrometrischen Tröpfchen erzeugt werden soll. Die Flüssigkeit wird mit Druckgas beaufschlagt und wird dann über eine Düse in eine Vakuumkammer ausgetrieben. Ein Durchmesser der erzeugten Tröpfchen liegt in der Größenordnung von 10 μm bis 30 μm .

[0008] Deshalb ist es Aufgabe der Erfindung, eine Lösung anzugeben, die die Erzeugung von derartigen Tröpfchen-Targets ermöglicht. Die hohe Dichte soll auch in größerem Abstand von der Düse realisiert sein, d.h. das Tröpfchen-Target weist eine im Vergleich zum Stand der Technik bessere Kollimation auf, um die Lebensdauer der Düse zu erhöhen.

[0009] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf eine Vorrichtung zurückgegriffen, bei der die Düse als Überschalldüse ausgebildet ist, das Ventil mit der Überschalldüse über einen Expansionskanal verbunden ist, um den Expansionskanal Mittel zur Heizung derart ausgebildet sind, dass die Temperatur auf eine Größe einstellbar ist, bei der ein übersättigter Dampf im Expansionskanal ausgebildet ist, und zwischen elektromagnetischem Ventil und dem Mittel zur Heizung ein Isolator angeordnet ist.

[0010] Die Vorrichtung ermöglicht die Erzeugung von hochdichten sub- μ Flüssigkeitstargets, die für die Untersuchung der

[0011] Wechselwirkungsprozesse von Laserstrahlung, mit Plasmen erforderlich sind. Im Gegensatz zum zitierten Stand der Technik, bei dem die Tröpfchen in der gesättigten Gasphase geformt werden, entstehen die Tröpfchen in der erfindungsgemäßen Lösung aus übersättigtem Dampf, der in einer Nebelwolke kondensiert. Das mit der Vorrichtung hergestellte Target besteht aus Tröpfchen mit einem mittleren Durchmesser von ca. 150 nm und weist eine durchschnittliche Atomdichte von $> 10^{18}$ Atome/cm³ auf. Ein derartiges Target ermöglicht die Untersuchung von bisher unerforschten Zuständen, die zwischen Clustern (von einigen Atomen bis zu 10^6 Atome/Cluster mit einer lokalen Dichte, die annähernd der eines Festkörpers gleicht) und Festkörpern existieren. Ausserdem - bezogen auf die Vorteile eines Clustertargets - hat die räumliche Ausdehnung der Tröpfchen Einfluss auf eine verstärkte Raumladungsbegrenzung von heißen Elektronen, was wiederum zu einer verbesserten Kopplung der Laserenergie in die Ionen der Tröpfchen führt. Damit ist es möglich, ein wesentlich heißeres Plasma zu erzeugen und einen höheren Wirkungsgrad bei der Umwandlung in Röntgenstrahlen zu erzielen. Das mit der Vorrichtung hergestellte Tröpfchen-Target kann kontinuierlich erzeugt werden und hat eine zeitlich unbegrenzte Arbeitsweise.

[0012] Ausführungsformen der Vorrichtung beziehen sich auf die Ausgestaltung ihrer einzelnen Bestandteile. So ist vorgesehen, dass das gepulste elektromagnetische Ventil mit einer Pulsdauer von 2 ms arbeitet; der Expansionskanal eine Länge von einigen mm bis einige 10 mm und einen Durchmesser von einigen 100 μ m bis in den mm-Bereich aufweist, die Überschalldüse einen konischen Öffnungswinkel 2θ von einigen grd bis einige 10 grd, eine Eintrittsöffnung von einigen 100 μ m im Durchmesser und einem einige mm langen konisch geformten Abschnitt aufweist. Nachdem die Target-Flüssigkeit beim Öffnen des Ventils in den Expansionskanal gedrückt wird, hier durch die Erwärmung ein übersättigter Wasserdampf vorliegt, dehnt sich dieser bei Durchgang durch die Überschalldüse aus, kühlt ab und bildet Flüssigkeitströpfchen in der gewünschten Größe und Dichte, wobei diese Parameter durch die Abmessungen des Expansionskanals, seiner Temperatur und den in ihm herrschenden Druck bestimmt sind.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die folgenden Verfahrensschritte: Einfüllen einer Target-Flüssigkeit in ein Gefäß, in dem mittels nichtreaktiven Gases ein hoher Druck realisiert ist, kurzzeitiges Öffnen dieses Gefäßes mittels eines gepulsten elektromagnetischen Ventils, stoßweise Einleitung der Target-Flüssigkeit in einen Expansionskanal, Erhitzen des Expansionskanals derart, dass sich übersättigter Flüssigkeitsdampf bildet, Abkühlen dieses Dampfes beim Durchgang durch eine mit dem Expansionskanal verbundene Überschalldüse und Austreten der Tröpfchen aus der Austrittsöffnung der Düse in das Vakuum.

[0014] In Ausführungsformen zu diesem Verfahren wird ein im ms-Bereich arbeitendes gepulstes elektro-

magnetisches Ventil mit einer Pulsdauer insbesondere von 2 ms verwendet. Bei jedem Schaltvorgang des Ventils wird die Target-Flüssigkeit in den Expansionskanal und der entsprechende Dampf in die Überschalldüse gedrückt. Hierbei wird ein Expansionskanal mit einer Länge von einigen mm bis einige 10 mm und einem Durchmesser von einigen 100 μ m bis in den mm-Bereich und eine Überschalldüse mit einem konischen Öffnungswinkel 2θ von einigen grd bis einige 10 grd, einer Eintrittsöffnung von einigen 100 μ m im Durchmesser und einem einige mm langen konisch geformten Abschnitt verwendet. Auf dem Weg zur Austrittsöffnung der Düse wird das übersättigte Gas in der Düse abgekühlt, was zur Bildung von Flüssigkeitströpfchen führt. Weiter ist zu bemerken, dass neben den bereits erwähnten Parametern des Expansionskanals auch der Düsendurchmesser den Durchmesser der Flüssigkeitströpfchen bestimmt, die aus der Düsenöffnung in das Vakuum austreten.

[0015] Im Vergleich zum Stand der Technik, von dem die Erfindung ausgeht, reguliert das Ventil in der erfindungsgemäßen Lösung direkt die Einspeisung in einen zusätzlich angeordneten Expansionskanal, in dem die Target-Flüssigkeit erwärmt wird. Das nunmehr vorliegende supergesättigte Gas wird zur Düsenaustrittsöffnung geführt und dabei abgekühlt, was in der Düse die Tröpfchenbildung bewirkt. Bei der bekannten Lösung hingegen schaltet das Ventil direkt die Düse auf und zu, wodurch eine wesentlich geringere Einflussnahme auf die Bildung und Ausdehnung der Tröpfchen und ihre Kollimation möglich ist.

[0016] Die Erfindung wird in folgendem Ausführungsbeispiel anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0017] Dabei zeigen:

- Fig. 1 den schematischen Aufbau einer Vorrichtung;
- Fig. 2 eine Kurve mit dem Schaltimpuls des Ventils und der zugehörigen Intensität des entstehenden Flüssigkeitsnebels in Abhängigkeit von der Zeit;
- Fig. 3 eine Kurve mit der Ausbreitungsbreite des Flüssigkeitsnebels in Abhängigkeit von der Entfernung von der Austrittsöffnung der Düse in Luft und Vakuum;
- Fig. 4 eine Kurve mit der Dichte des Flüssigkeitsnebels in Abhängigkeit von der Entfernung von der Austrittsöffnung der Düse;
- Fig. 5 eine Kurve mit der mittels CCD gemessenen relativen Intensität des gestreuten Lichts.

[0018] Die Vorrichtung zur Erzeugung eines Tröpfchen-Targets weist ein gepulstes elektromagnetisches Ventil 1 auf. Dieses Ventil 1 verschließt ein Gefäß (nicht dargestellt), in dem die Target-Flüssigkeit mittels gasförmigem Stickstoff bei einem Druck von 35 bar gehalten wird. Die Target-Flüssigkeit kann Wasser sein, aber auch prinzipiell jede andere Flüssigkeit. Das Ventil 1 öffnet und schließt mit einer Pulsdauer von 2 ms und entlässt in der Öffnungsphase Wassertröpfchen in einen Expansions-

kanal **2** mit einem Durchmesser von 1 mm und einer Länge von 15 mm. In diesem Expansionskanal **2** wird mittels eines Heizers **3** eine Temperatur von 150 °C erzeugt, der Expansionskanal **2** ist von dem Ventil **1** mittels eines Isolators **5** getrennt. Der nunmehr am Ende des Expansionskanals **2** vorliegende übersättigte Wasserdampf wird durch eine Überschalldüse **4** geführt, die einen Öffnungswinkel von $2\Theta = 7^\circ$, eine Eintrittsöffnung mit 500 μm im Durchmesser und einen 8 mm langen konischen Abschnitt aufweist, und die sub- μ Flüssigkeitströpfchen in das Vakuum formt. An der Austrittsöffnung der Überschalldüse **4** entsteht ein Tröpfchen-Target, das kontinuierlich erzeugbar ist und eine zeitlich unbegrenzte Arbeitsweise ermöglicht.

[0019] Fig. 2 zeigt eine Kurve mit dem Schaltimpuls des Ventils und der zugehörigen Intensität des entstehenden Flüssigkeitsnebels in Abhängigkeit von der Zeit, im Abstand von 1 mm von der Austrittsöffnung der Düse. Die Pulsdauer des Ventils betrug bei dieser Messung, bei der die von einem cw He-Ne-Laser erzeugte Strahlung auf das Tröpfchen-Target gerichtet, dort gestreut und die Intensität der gestreuten Strahlung im Abstand von 1 mm von der Düsenöffnung ermittelt wurde, 2 ms. Erkennbar ist, dass der Hauptteil des Spray-Pulses etwa 1 ms nach Öffnung des Ventils auftritt.

[0020] In Fig. 3 ist eine Kurve dargestellt, die die Ausbreitung des Flüssigkeitsnebels (Sprays) in Abhängigkeit von der Entfernung von der Austrittsöffnung der Düse in Luft und Vakuum zeigt. Verglichen mit den bekannten Ergebnissen aus dem Stand der Technik kann festgestellt werden, dass bei der erfindungsgemäßen Lösung eine um ca. 30 % bessere Kollimation erzielbar ist.

[0021] Die Ausbreitungsgeometrie der erzeugten Teilchen-Nebelwolke lässt sich beschreiben mit $R = (0,32 \pm 0,02) \times h + r$, wobei R der Radius der Spray-/Nebelwolke ist, h der Abstand von der Überschalldüse und r der Radius der Überschalldüse an der Austrittsöffnung ist. Der Abstand Null entspricht der Austrittsöffnung der Überschalldüse.

[0022] In Fig. 4 ist eine Kurve abgebildet, die sowohl die Abhängigkeit der Tröpfchendichte im Spray als auch die Abhängigkeit der durchschnittlichen Atomdichte im Spray von der Entfernung von der Austrittsöffnung der Düse zeigt. Die gemessene Tröpfchendichte variiert für Tröpfchen mit einem Durchmesser von 0,15 μm von $(1,6 \pm 0,5) \cdot 10^{11}$ Tröpfchen/ cm^3 (bzw. eine mittlere Moleküldichte von $1,5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) direkt an der Austrittsöffnung der Düse bis $(7,5 \pm 0,7) \cdot 10^9$ Tröpfchen/ cm^3 (bzw. eine mittlere Moleküldichte von $8 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) in 20 mm Abstand von der Austrittsöffnung. Das ist bei dieser Tröpfchengröße eine bis zu drei Größenordnungen höhere Tröpfchendichte als mit gegenwärtig beschriebenen Spray-Tröpfchenquellen, welches wichtig für die Konversion von eingestrahelter Laserenergie ist.

[0023] Fig. 5 zeigt die Messdaten der Streulichtintensität in Abhängigkeit vom Beobachtungswinkel. Die durchgezogene Linie gibt die theoretische Verteilung der Streulichtintensität von Teilchen mit einem Durchmesser

von 0,15 μm an. Die gute Übereinstimmung mit den Messdaten zeigt, dass hier eine engere Verteilung der Tröpfchengrößen vorliegt als im Vergleich zum gegenwärtigen Stand der Technik, so dass kein - wie beim gegenwärtigen Stand - Tröpfchengrößefilter nachgeschaltet werden muss und so die effektive Tröpfchendichte vorteilhaft erhöht wird.

10 Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines Tröpfchen-Targets, umfassend die Verfahrensschritte

- Einfüllen einer Target-Flüssigkeit in ein Gefäß, in dem mittels eines nichtreaktiven Gases ein hoher Druck realisiert ist,
- kurzzeitiges Öffnen dieses Gefäßes mittels eines gepulsten elektromagnetischen Ventils,
- stoßweise Einleitung der Target-Flüssigkeit in einen Expansionskanal,
- Erhitzen des Expansionskanals derart, dass sich übersättigter Flüssigkeitsdampf bildet,
- Abkühlen des Gases beim Durchgang durch eine mit dem Expansionskanal verbundene Überschalldüse und .
- Austreten von Flüssigkeitströpfchen aus der Austrittsöffnung der Düse.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein gepulstes elektromagnetisches Ventil mit einer Pulsdauer im ms-Bereich, insbesondere von 2 ms, verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein Expansionskanal mit einer Länge von einigen mm bis einige 10 mm und einem Durchmesser von einigen 100 μm bis in den mm-Bereich verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine Überschalldüse mit einem konischen Öffnungswinkel 2Θ von einigen grd bis einige 10 grd, einer Eintrittsöffnung von einigen 100 μm im Durchmesser und einem einige mm langen konisch geformten Abschnitt verwendet wird.

Claims

1. Method of generating a droplet target, comprising the method steps of:

- filling a target liquid into a receptacle in which a high pressure is realized by a non-reactive gas;
- brief opening of the receptacle by a pulsed electromagnetic valve;

- pulsed feeding of the target liquid into an expansion channel;
 - heating the expansion channel such that a supersaturated liquid vapor is generated;
 - cooling the gas during its passage to a supersonic nozzle connected to the expansion channel; and
 - discharging liquid droplets through the discharge opening of the nozzle.
2. The method in accordance with claim 1, in which a pulsed electromagnetic valve with a pulse duration in the ms range, in particular 2 ms, is used.
3. The method in accordance with claim 1, in which an expansion channel of a length of from several mm to several 10 mm and a diameter of from several 100 μ m to the range of mm is used. wherein
4. The method in accordance with claim 1, in which a supersonic with a conical opening angle of 2θ of several degrees to several 10 degrees, an input opening of a diameter of several 100 μ m and a conically shaped section of a length of several mm is used.

de mm.

4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel est utilisée une tuyère supersonique présentant un angle d'ouverture conique 2θ compris entre quelques degrés et quelques 10 degrés, et présentant un orifice d'entrée ayant un diamètre de quelques 100 μ m, et présentant une partie formée de manière conique de quelques mm de longueur.

Revendications

1. Procédé de production d'une cible de gouttelettes, comprenant les étapes de procédé suivantes:
- remplissage d'un récipient d'un liquide cible, une haute pression étant réalisée dans le récipient au moyen d'un gaz non-réactif,
 - ouverture de ce récipient pour une courte durée, au moyen d'une vanne électro-magnétique pulsée,
 - introduction du liquide cible par saccades dans un canal de détente,
 - chauffage du canal de détente de telle sorte que de la vapeur de liquide sursaturée se forme,
 - refroidissement du gaz lors du passage par une tuyère supersonique reliée au canal de détente, et
 - écoulement de gouttelettes de liquide par l'orifice de sortie de la tuyère.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel est utilisée une vanne électromagnétique pulsée présentant une durée d'impulsion comprise dans la plage de ms, particulièrement de 2 ms.
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel est utilisé un canal de détente d'une longueur comprise entre quelques mm et quelques 10mm et d'un diamètre compris entre quelques 100 μ m et la plage

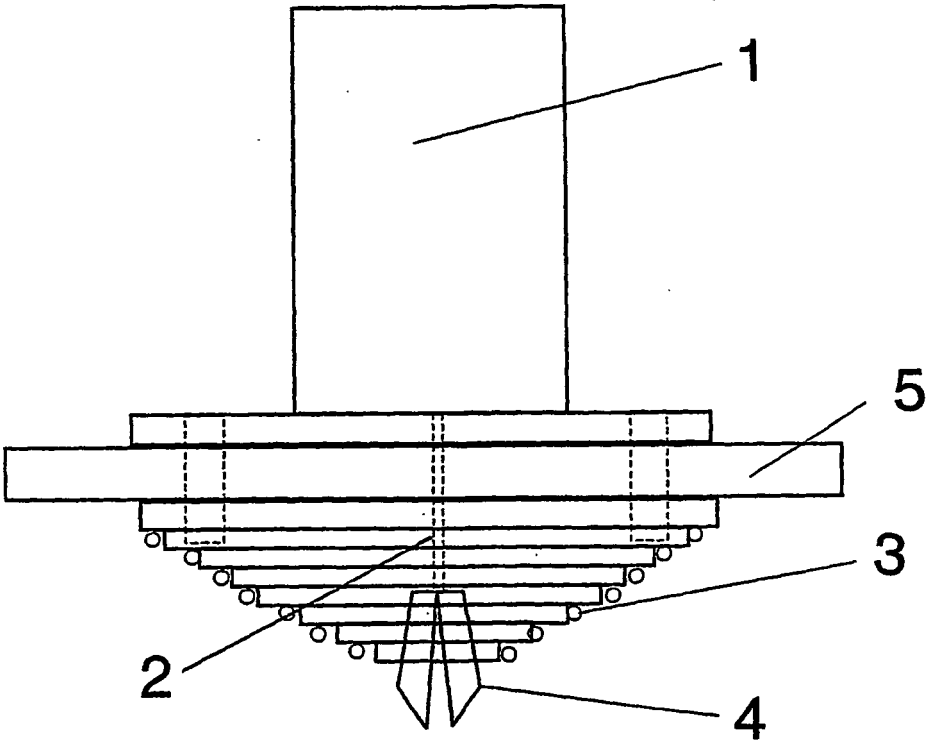


Fig. 1

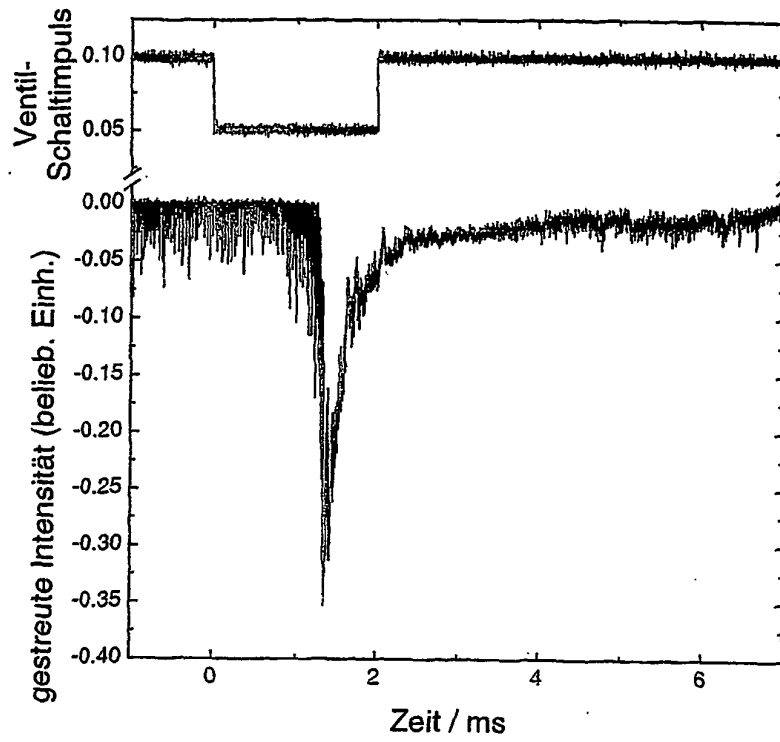


Fig. 2

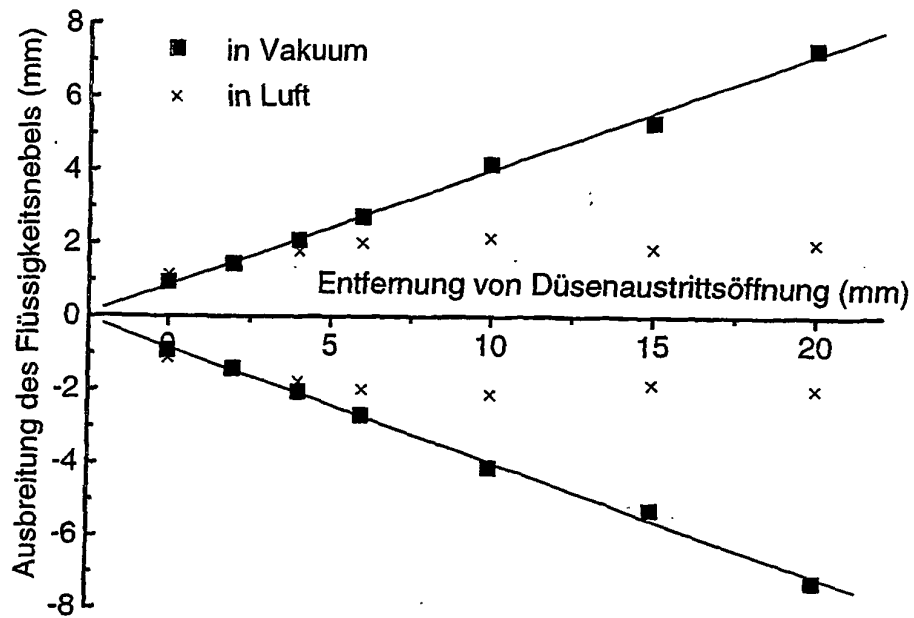


Fig. 3

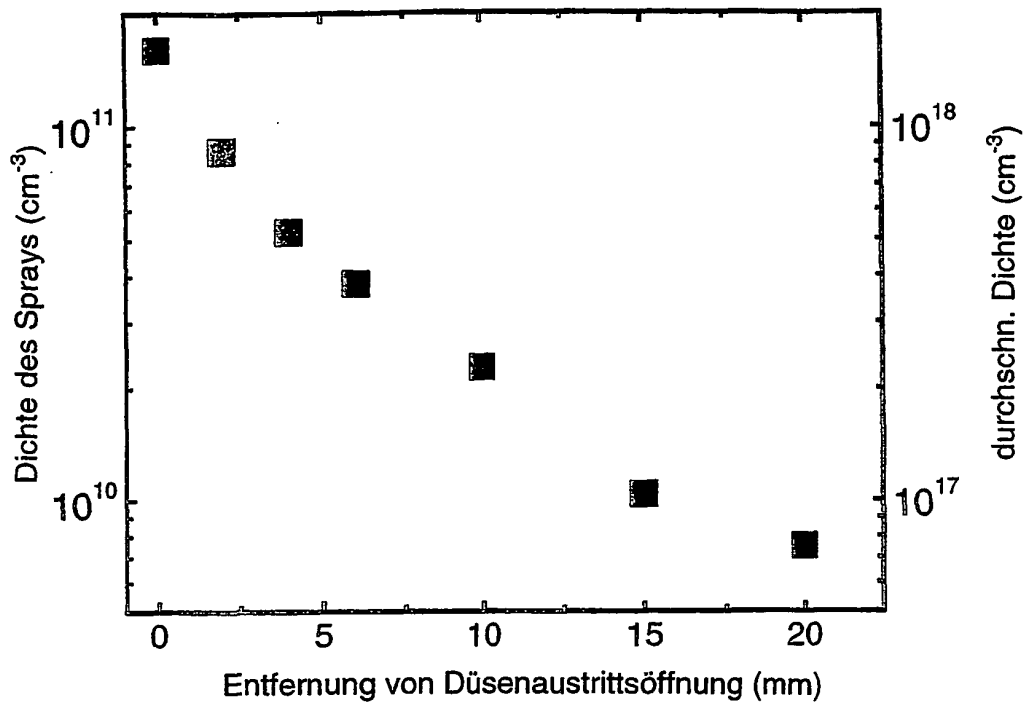


Fig. 4

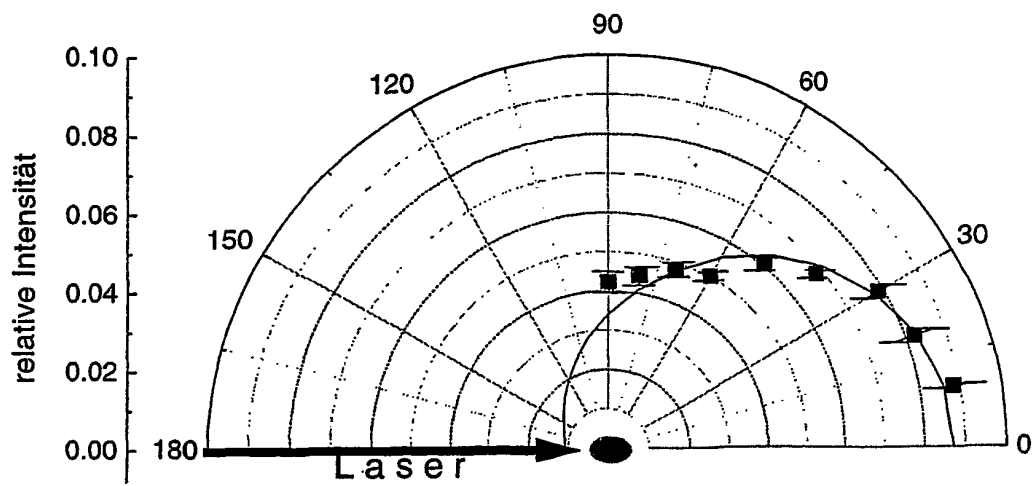


Fig. 5