

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 800 201 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.10.1997 Patentblatt 1997/41

(51) Int. Cl.⁶: **H01J 61/12, H01J 65/04**

(21) Anmeldenummer: **97105297.2**

(22) Anmeldetag: **27.03.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE GB IT LI NL

(30) Priorität: **04.04.1996 DE 19613502**

(71) Anmelder: **Heraeus Noblelight GmbH
63450 Hanau (DE)**

(72) Erfinder:
• **Hofmann, Angelika, Dr.
63450 Hanau (DE)**

• **Reber, Silke
63571 Gelnhausen (DE)**
• **Schilling, Franz
63579 Freigericht (DE)**

(74) Vertreter: **Staudt, Armin Walter
Heraeus Quarzglas GmbH,
Schutzrechte,
Quarzstrasse
63450 Hanau (DE)**

(54) **Langlebiger Excimerstrahler, Verfahren zu seiner Herstellung und zur Lebensdauerverlängerung sowie Vorrichtung zur Durchführung des letztgenannten Verfahrens**

(57) Die Erfindung betrifft einen Excimerstrahler mit einem Entladungsraum, der ein unter Entladungsbedingungen Excimere bildendes, halogenhaltiges Füllgas enthält, dadurch gekennzeichnet, daß der Halogengehalt des Entladungsraumes (16) pro cm² seiner Innenoberfläche mindestens 1 x 10⁻¹⁰ mol/cm³ beträgt und gleichzeitig in Abhängigkeit von der maximalen Leistungsdichte des Strahlers (11), ausgedrückt in der Einheit "Watt pro cm Strahlerlänge" auf einen Wert im Bereich von 1 x 10⁻⁷ mol/cm³ bis 1 x 10⁻⁵ mol/cm³ pro Einheit der Leistungsdichte eingestellt ist. Zur Herstellung eines solchen langlebigen Excimerstrahlers werden die Innenoberflächen des Entladungsraumes vor dem Einfüllen des Füllgases mit einem halogenhaltigen Passivierungsgas behandelt. Die Lebensdauer von Excimerstrahlern läßt sich weiterhin verlängern, indem der Entladungsraum mit Infrarotstrahlen beaufschlagt wird oder indem Halogen aus einem im Entladungsraum angeordneten Halogen-Reservoir freigesetzt wird. Bei einer erfindungsgemäßen, zur Verlängerung der Lebensdauer von Excimerstrahlern geeigneten Vorrichtung ist mindestens ein Infrarotstrahler vorgesehen ist, der benachbart zum Excimerstrahler angeordnet ist, derart, daß die vom Infrarotstrahler ausgehende Infrarotstrahlung den Entladungsraum erwärmt.

EP 0 800 201 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Excimerstrahler mit einem Entladungsraum, der ein unter Entladungsbedingungen Excimere bildendes, halogenhaltiges Füllgas enthält. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines langlebigen Excimerstrahlers sowie ein Verfahren zum Verlängern der Lebensdauer eines solchen Excimerstrahlers sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des zuletzt genannten Verfahrens

Excimerstrahler werden zur Erzeugung hochenergetischer UV-Strahlung eingesetzt. Die Excimerstrahlung wird auch als stille elektrische Entladung bezeichnet. Diese wird in einem von Dielektrika begrenzten Entladungsraum erzeugt, in dem das die Excimere bildende Füllgas enthalten ist.

Ein Excimerstrahler der angegebenen Gattung ist aus der EP-A1 0 547 366 bekannt. Bei dem dort beschriebenen Excimerstrahler werden als Füllgase je nach gewünschter spektraler Zusammensetzung der Strahlung verschiedene Edelgase, beispielsweise Argon, Krypton oder Xenon bzw. Edelgasgemische vorgeschlagen, die beispielsweise Chlor oder eine chlorhaltige Verbindung enthalten, aus der in der Entladung ein oder mehrere Chlor-Atome abgespalten werden.

Über die einzustellende Chlor-Konzentration werden in der EP-A1 0 547 366 keine Angaben gemacht. Bei den bisher im Handel erhältlichen Excimerstrahlern ist der Chlorgehalt in Anlehnung an den Chlorgehalt in den entsprechenden Excimer-Lasern auf ein Mischungsverhältnis von Chlor zu einem Edelgas bzw. zu einem Edelgasgemisch von 1/1000 eingestellt. Ein derartiger Excimerstrahler ist beispielsweise in der Promotionsarbeit von Herrn Volker Shorpp mit dem Titel "Die dielektrisch behinderte Edelgas-Halogen-Excimer-Entladung: eine neuartige UV-Strahlenquelle", Universität Karlsruhe, 1991, beschrieben.

Aus der EP-A2 0 521 553 ist ein als planarer Flachstrahler ausgebildeter Excimerstrahler bekannt. Der Entladungsraum enthält eine halogenhaltige Edelgasfüllung, wobei der Partialdruck des Halogens zwischen 0.05% und 5% des Partialdruckes des Edelgases beträgt. Der bekannte Excimerstrahler zeichnet sich durch eine hohe Bestrahlungsstärke aus.

Bei den bisher bekannten Excimerstrahlern verringert sich die maximal einstellbare UV-Bestrahlungsstärke bereits innerhalb der ersten 300 Betriebsstunden. Der Abfall der UV-Bestrahlungsstärke ist typischerweise größer als 50 % der anfänglichen Bestrahlungsstärke.

Ein Versuch, die Lebensdauer eines solchen Strahlers zu verlängern, ist in der EP-A1 607 960 erläutert. Darin wird ein Excimerstrahler beschrieben, der einen mit einem geeigneten Füllgas gefüllten, gasdicht verschlossenen Entladungsraum aufweist. Zum Zweck der Lebensdauererweiterung des Strahlers wird vorgeschlagen, gasförmige Verunreinigungen des Füllgases zu entfernen und hierfür ein "Getter" vorzusehen, das innerhalb des Entladungsraumes oder in Verbindung

mit diesem angeordnet sein kann. Es hat sich aber gezeigt, daß das Entfernen von Füllgas-Verunreinigungen für eine deutliche Erhöhung der Lebensdauer nicht ausreicht.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Excimerstrahler mit hoher Lebensdauer anzugeben sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Excimerstrahlers bereitzustellen. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erhöhung der Lebensdauer von Excimerstrahlern und eine dafür geeignete Vorrichtung anzugeben.

Hinsichtlich des Excimerstrahlers wird die Aufgabe ausgehend von dem eingangs genannten Excimerstrahler dadurch gelöst, daß der Halogengehalt des Entladungsraumes (16) pro cm^2 seiner Innenoberfläche mindestens $1 \times 10^{-10} \text{ mol/cm}^3$ beträgt und gleichzeitig in Abhängigkeit von der maximalen Leistungsdichte des Strahlers, ausgedrückt in der Einheit "Watt pro cm Strahlerlänge" auf einen Wert im Bereich von $1 \times 10^{-7} \text{ mol/cm}^3$ bis $1 \times 10^{-5} \text{ mol/cm}^3$ pro Einheit der Leistungsdichte eingestellt ist.

Es wurde gefunden, daß nicht in erster Linie Verunreinigungen des Füllgases für die Abnahme der UV-Bestrahlungsstärke bei den bekannten Excimerstrahlern verantwortlich sind, sondern eine Verarmung des Füllgases an Halogenen. Unter "Halogen" werden im folgenden Fluor, Chlor, Brom und Jod sowie Mischungen dieser Gase; unter "Edelgas" Helium, Neon, Argon, Krypton und Xenon sowie Mischungen dieser Gase verstanden. Enthält das Füllgas Verbindungen, die unter Entladungsbedingungen Halogene abgeben, so sind die unter Entladungsbedingungen tatsächlich freigesetzten Halogenkonzentrationen relevant. Es hat sich gezeigt, daß die Freisetzung der Halogene im wesentlichen von der Leistungsdichte abhängt, mit der der Strahler betrieben wird.

Der Halogenverlust kann auf einer Reaktion des Halogens mit den Innenoberflächen des Entladungsraumes beruhen. Die Begrenzungswände des Entladungsraumes können beispielsweise aus Quarzglas bestehen oder aus einer Keramik. Die Oberflächenreaktion des Halogens läßt sich zwar durch eine geeignete Modifikation der den Entladungsraum begrenzenden Innenoberflächen vermeiden. Derartige Maßnahmen sind jedoch aufwendig und teuer und die erzeugten Modifikationen sind überdies häufig nicht ausreichend beständig gegenüber der Entladung. So können beispielsweise aufgebrauchte Schutzschichten ablättern.

Es wurde gefunden, daß bereits eine Lebensdauererweiterung durch eine anfänglich erhöhte Halogenkonzentration im Füllgas erzielt werden kann. Dies kann darauf zurückgeführt werden, daß an der Innenoberfläche des Entladungsraumes kein stetiger Verbrauch an Halogen stattfindet, sondern vielmehr mit steigendem Angebot an Halogen im Füllgas eine Sättigung der Oberflächenreaktion zu beobachten ist. Derjenige Halogengehalt im Füllgas, ab dem diese Sättigung zu beobachten ist und bei dem darüberhinaus eine für

die Excimer-Entladung ausreichende Halogen-Konzentration innerhalb des Entladungsraumes vorhanden ist, wird nachfolgend als Sättigungskonzentration bezeichnet. Die Sättigungskonzentration hängt von der Betriebstemperatur des Excimer-Strahlers, insbesondere aber von seiner Leistung und von der Größe der Innenoberfläche des Entladungsraumes ab. Es wurde gefunden, daß die Sättigungskonzentration bezogen auf die Innenoberfläche des Entladungsraumes bei einem Halogengehalt von mindestens 1×10^{-10} mol/cm³ pro cm² der Innenoberfläche liegt. Dieser Halogengehalt kann im Füllgas gemessen werden, bevor Oberflächenreaktionen mit dem Halogen stattgefunden haben, also beispielsweise vor der Inbetriebnahme des Strahlers. Für den Fall, daß die Innenoberflächen des Entladungsraumes vorab mit dem Halogen beladen worden sind oder nach einer Inbetriebnahme des Strahlers kann der Halogengehalt im Entladungsraum ermittelt werden, wenn zu dem Halogengehalt des Füllgases sämtliches an oder in der Innenoberfläche des Entladungsraumes gebundenes Halogen hinzugerechnet wird. Die Ermittlung des an oder in der Innenoberfläche des Entladungsraumes gebundenen Halogen-Gehaltes kann beispielsweise durch Freisetzung des Halogens in den Entladungsraum durch eine geeignete Temperaturbehandlung erfolgen. Dieser Halogen-Gehalt kann aber auch auf chemischem oder spektroskopischem Weg ermittelt werden. Dabei ist aber zu beachten, daß solches Halogen, das im Innern des Materials der den Entladungsraum begrenzenden Wandungen möglicherweise zusätzlich vorhanden ist, nicht berücksichtigt wird. Beispielsweise enthält synthetisches Quarzglas herstellungsbedingt häufig einen gewissen Chlorgehalt.

Ist die angegebene Sättigungskonzentration an Halogenen im Entladungsraum dauerhaft eingestellt, wird eine Abnahme der Bestrahlungsstärke mit der Zeit ganz oder teilweise vermieden. Eine Halogenkonzentration oberhalb der tatsächlich ausreichenden Sättigungskonzentration wirkt sich auf das Lebensdauerverhalten nicht schädlich aus. Sie beeinflusst aber die Abstrahlcharakteristik des Strahlers und verringert seine maximale Leistungsdichte. Die einzustellende Halogenkonzentration richtet sich aber weiterhin nach der maximalen Leistungsdichte des Strahlers. Es ist daher andererseits die weitere Bemessungsregel zu beachten, daß der Halogengehalt im Entladungsraum in Abhängigkeit von der maximalen Leistungsdichte des Strahlers, ausgedrückt in der Einheit "Watt pro cm Strahlerlänge" auf einen Wert im Bereich von 1×10^{-7} mol/cm³ bis 1×10^{-5} mol/cm³ pro Einheit der Leistungsdichte eingestellt wird.

Der angegebene Zusammenhang zwischen der Leistungsdichte und dem geeigneten Halogengehalt des Entladungsraumes hat sich bis zu einer Leistungsdichte von ca. 200 W/cm Strahlerlänge als annähernd linear erwiesen. Es kann angenommen werden, daß dieser Zusammenhang auch bei noch höheren Leistungsdichten, beispielsweise bei Leistungsdichten um

400 W/cm, gültig ist. Als Strahlerlänge gilt dabei nur die tatsächlich beleuchtete Länge des Strahlers.

Es stellt für den Fachmann kein Problem dar, ausgehend von der Lehre des Patentanspruches, den Halogengehalt auf die konkreten Strahler-Geometrien und -leistungen einzustellen.

Bei den üblichen Excimerstrahlern entspricht die angegebene Sättigungskonzentration etwa einem Mischungsverhältnis von Halogen : Edelgas von 1 : 50 bis 1 : 500. Diese Mischungsverhältnisse werden nur als Anhaltspunkte zur leichteren Orientierung mitgeteilt. Es wird in diesem Zusammenhang ausdrücklich darauf hingewiesen, daß nicht das Mischungsverhältnis, sondern der absolute Halogengehalt, bezogen auf die Größe der Innenoberfläche und das Volumen des Entladungsraumes, und gleichzeitig bezogen auf die maximale Leistungsdichte des Excimerstrahlers, für den erfindungsgemäßen Excimerstrahler entscheidend sind. Dabei werden etwaige Puffergase im Entladungsraum, die ebenfalls Edelgase sein können, außer Betracht gelassen.

Besonders bewährt hat sich ein Excimerstrahler, bei dem der Halogengehalt des Entladungsraumes pro cm² seiner Innenoberfläche im Bereich von 1×10^{-10} mol/cm³ bis 1×10^{-8} mol/cm³ liegt. Die angegebene Obergrenze ergibt sich aus dem bei zunehmendem Halogengehalt abnehmenden Wirkungsgrad des Strahlers. Das Halogen hat eine hohe Elektronegativität und üblicherweise gegenüber dem Edelgas eine geringere Anregungswahrscheinlichkeit. Es fängt deshalb relativ viele Elektronen ab; der Strahler ist bei hohem Chlorgehalt schwer zu zünden. Andererseits nimmt mit zunehmender Leistungsdichte des Excimerstrahlers die Filamentdichte und in Folge davon der Halogengehalt in seiner atomaren Form zu. Atomares Halogen lagert sich jedoch an den Begrenzungswandungen des Entladungsraumes besonders leicht an. Die angegebene Obergrenze der Halogen-Konzentration ist daher insbesondere für Excimerstrahler mit hoher Leistungsdichte um 100 W pro cm Strahlerlänge relevant, während bei Excimerstrahlern mit niedrigerer Leistungsdichte - unbeschadet der oben angegebenen Bemessungsregel in Bezug auf die Leistungsdichte - diese Obergrenze eher unterschritten werden kann.

Eine besonders hohe Lebensdauer weist ein Excimerstrahler auf, bei dem das Füllgas Chlor oder eine unter Entladungsbedingungen Chlor abgebende Verbindung enthält. Ein geeignetes chlorhaltiges Füllgas enthält beispielsweise HCl mit 2 % Cl₂ und ein Edelgas, wie beispielsweise Krypton, Xenon oder Argon.

Als besonders vorteilhaft hat sich ein Excimerstrahler erwiesen, bei dem im Entladungsraum ein das Halogen enthaltendes Reservoir angeordnet ist, wobei die Konzentration des Halogens im Reservoir höher ist als diejenige im Füllgas. Das Halogen im Halogenreservoir ist vom Füllgas des Entladungsraumes getrennt. Fällt der Halogengehalt unter eine vorgegebene Untergrenze, kann das Reservoir automatisch oder manuell geöffnet werden, wobei das darin enthaltene Halogen in

den Entladungsraum freigesetzt wird. Der Halogengehalt des Reservoirs ist dabei so bemessen, daß durch die Freisetzung die Konzentration des Halogens im Entladungsraum erhöht wird, beispielsweise kann durch die Freisetzung die Soll-Konzentration des Halogens im Entladungsraum erreicht werden. Ein geeigneter Halogengehalt des Reservoirs ergibt sich somit einfach aufgrund der Differenz zwischen der Konzentration bei der Untergrenze und der Soll-Konzentration sowie dem Volumen des Entladungsraumes. Das Reservoir hat ein relativ kleines Volumen, verglichen mit dem Volumen des Entladungsraumes. Die Halogenkonzentration im Reservoir ist daher relativ hoch. Das Reservoir kann beispielsweise in Form einer Kammer aus Quarzglas oder einer Keramik ausgebildet sein, die bei Erreichen der genannten Konzentrations-Untergrenze zerbrochen wird. Die Konzentrations-Untergrenze kann anhand von Intensitätsmessungen der Excimerstrahlung ermittelt werden.

Hinsichtlich des Verfahrens zur Herstellung eines langlebigen Excimerstrahlers wird die oben angegebene Aufgabe ausgehend von dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Innenoberflächen des Entladungsraumes vor dem Einfüllen des Füllgases mit einem halogenhaltigen Passivierungsgas beaufschlagt werden.

Es wurde festgestellt, daß ein höherer Halogenanteil im Füllgas des Entladungsraumes dann nicht erforderlich ist, wenn die Innenoberflächen des Entladungsraumes vor dem Einfüllen des Füllgases mit einem Halogen behandelt worden sind. Diese Vorbehandlung mit Halogen "passiviert" sozusagen die Innenoberflächen des Entladungsraumes. Durch die Passivierung werden die Innenoberflächen mit Halogen gesättigt und dadurch beim späteren Betrieb des Excimerstrahlers der weitere Verbrauch von Halogen aus dem Füllgas aufgrund Adsorption in, Adsorption an oder chemischer Reaktion mit den Begrenzungswänden des Entladungsraumes gesenkt oder sogar verhindert.

Bei dieser Passivierung handelt es sich um eine verhältnismäßig einfach durchzuführende Modifizierung der Innenoberfläche des Entladungsraumes. Sie kann beispielsweise auf einfache Weise durch Spülen des Entladungsraumes mit dem Halogen erfolgen.

Als besonders wirkungsvoll hinsichtlich der Lebensdauererlängerung hat sich das erfindungsgemäße Verfahren bei Excimerstrahlern erwiesen, bei denen Chlor oder eine unter Entladungsbedingungen Chlor abgebende Verbindung eingesetzt wird, wenn zur Passivierung Chlor verwendet wird.

Der Halogengehalt des Passivierungsgases pro cm^2 der Innenoberfläche des Entladungsraumes beträgt vorteilhafterweise mindestens $1 \times 10^{-10} \text{ mol/cm}^3$, mit der Maßgabe, daß er mindestens so groß gewählt wie der Halogengehalt im Füllgas. Unter dem Ausdruck "Halogengehalt" wird dabei die Konzentration des Halogens bezogen auf das Volumen des Entladungsraumes verstanden. Das Passivieren kann bei

Wandungen des Entladungsraumes aus Quarzglas bei einer erhöhten Temperatur bis 1000°C erfolgen; bei Wandungen aus Keramik auch noch bei höheren Temperaturen.

Hinsichtlich des Verfahrens zur Verlängerung der Lebensdauer eines Excimerstrahlers wird die oben angegebene Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Entladungsraum mit Infrarotstrahlung beaufschlagt wird oder, daß Halogen aus einem im Entladungsraum angeordneten Halogenreservoir freigesetzt wird.

Bei der ersten Alternative des Verfahrens werden durch die Infrarotstrahlung die den Entladungsraum begrenzenden Wandungen erwärmt. Hierbei handelt es sich üblicherweise um Wandungen aus Quarzglas. Es zeigte sich, daß durch die Erwärmung eine vorher eingetretene Verarmung des Füllgases an Halogenen wieder rückgängig gemacht werden kann.

Ursprünglich war angenommen worden, daß das Halogen am Quarzglas fest absorbiert ist oder mit dem Silizium des Quarzglases eine stabile chemische Verbindung bildet.

Durch eine Beaufschlagung des Excimerstrahlers mit Infrarotstrahlung entweder während des Betriebes oder auch in einer Ruhephase bei abgeschaltetem Excimerstrahler kann das Füllgas hinsichtlich seines Halogengehaltes regeneriert werden. Der eingetretene Halogenverlust hat sich insoweit als reversibel erwiesen. Überraschenderweise geht die Reversibilität des Halogenverlustes mit einer Verlängerung der Lebensdauer des Excimerstrahlers einher. Durch den vorübergehenden Halogenverlust innerhalb des Entladungsraumes und einen Betrieb bei geringem Halogengehalt entstehen demnach keine irreversiblen Schädigungen des Excimerstrahlers.

Für die Beaufschlagung mit Infrarot-Strahlung kann der Excimerstrahler beispielsweise in einen Ofen eingebracht werden, oder er wird der von einem Infrarotstrahler ausgehenden Strahlung ausgesetzt.

Bei der zweiten Alternative des erfindungsgemäßen Verfahrens wird Halogen aus einem im Entladungsraum angeordneten Halogenreservoir freigesetzt. Die Konzentration des Halogens im Reservoir ist höher eingestellt als diejenige im Füllgas. Durch das zusätzliche Halogen aus dem Reservoir kann ein Halogenverlust im Entladungsraum ausgeglichen werden. Fällt der Halogengehalt unter eine vorgegebene Untergrenze, kann das Reservoir automatisch oder manuell geöffnet werden, wobei das darin enthaltene Halogen in den Entladungsraum freigesetzt wird. Hinsichtlich der Ausbildung des Halogen-Reservoirs, seinem Halogengehalt und der Ermittlung der Konzentrations-Untergrenze der wird auf die obigen Erläuterungen verwiesen.

Als besonders vorteilhaft hat sich ein Verfahren erwiesen, bei dem der Entladungsraum mittels Infrarotstrahlen auf eine Temperatur im Bereich von 400°C bis 1000°C erwärmt wird. Dieser Temperaturbereich gilt für einen Entladungsraum mit Begrenzungswandungen aus Quarzglas. Bestehen die Begrenzungswandungen

aus einer Keramik, wie beispielsweise Al_2O_3 , sind Temperaturen oberhalb 1000 °C günstiger. Eine derartige Verfahrensweise hat sich insbesondere bei chlorhaltigem Füllgas als besonders wirkungsvoll erwiesen.

Hinsichtlich der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Lebensdauererlängerung eines Excimerstrahlers wird die oben angegebene Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mindestens ein Infrarotstrahler vorgesehen ist, der benachbart zum Excimerstrahler angeordnet ist, derart, daß die vom Infrarotstrahler ausgehende Infrarotstrahlung den Entladungsraum erwärmt.

Durch die Anordnung von Excimerstrahler und Infrarotstrahler nebeneinander kann das oben erläuterte Verfahren zum Verlängern des Excimerstrahlers jederzeit auf einfache Weise durchgeführt werden. Hierzu muß lediglich der Infrarotstrahler eingeschaltet werden. Die Infrarotstrahlung ist dabei auf den Entladungsraum gerichtet und erwärmt dessen Begrenzungswandungen. Dadurch wird das daran absorbierte oder adsorbierte Halogen freigesetzt.

Als Infrarotstrahler ist grundsätzlich auch jeder Ofen geeignet. Vorteilhafterweise ist der Infrarotstrahler mit einem Reflektor versehen, der die Infrarotstrahlung auf den Entladungsraum richtet und dadurch ein unerwünschtes Abstrahlen der Infrarotstrahlung in andere Richtungen verhindert.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung entspricht die Länge des Infrarotstrahlers oder die Gesamtlänge aller Infrarotstrahler etwa der Länge des Entladungsraumes. Dadurch wird das Halogen über die gesamte Länge des Entladungsraumes wirksam freigesetzt. Vorteilhafterweise verläuft der Infrarotstrahler bzw. verlaufen die Infrarotstrahler dabei parallel zum Entladungsraum des Excimerstrahlers.

Besonders bewährt hat sich eine Vorrichtung, bei der der mindestens eine Infrarotstrahler und der Excimerstrahler elektrisch miteinander derart verbunden sind, daß nach einem bestimmtem Zeitintervall vor oder nach Einschalten des Excimerstrahlers der Infrarotstrahler eingeschaltet wird. Diese Ausführungsform der Vorrichtung hat den Vorteil, daß die Freisetzung des Halogens von den den Entladungsraum begrenzenden Innenoberflächen reproduzierbar erfolgt. Dabei können Excimerstrahler und Infrarotstrahler gleichzeitig eingeschaltet werden, das oben genannte Zeitintervall kann also auch 0 sein.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und anhand der Patentzeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen im einzelnen

Figur 1: ein Zeitstanddiagramm bei verschiedenen XeCl-Excimerstrahlern,

Figur 2: ein Zeitstanddiagramm bei KrCl-Excimerstrahlern mit hoher Leistung,

Figur 3: ein Zeitstanddiagramm bei KrCl-Excimerstrahlern mit niedriger Leistung und

Figur 4: einen Ausschnitt aus einem Excimerstrahler mit einem Halogenreservoir im Entladungsraum in einer Längsansicht in schematischer Darstellung

Bei den Diagrammen gemäß den Figuren 1 bis 3 sind auf der X-Achse die Betriebsstunden und auf der Y-Achse eine relative Bestrahlungsstärke aufgetragen.

Figur 1 zeigt das Lebensdauerverhalten von XeCl-Modulstrahlern. Diese erzeugen eine Leistungsdichte von 25 W/cm Strahlerlänge. Der Fülldruck des Füllgases im Entladungsraum beträgt jeweils 750 mbar. Zu diesem Innendruck trägt Argon als Puffergas etwa 300 mbar bei. Der Entladungsraum bei diesen Strahlern wird durch den Zwischenraum zweier koaxial zueinander verlaufender Quarzglasrohre gebildet. Der Außendurchmesser des Entladungsraumes beträgt 27 mm, der Innendurchmesser 16 mm und die Länge 343 mm.

Die mit der Bezugsziffer 1 bezeichnete Kurve gibt das Lebensdauerverhalten eines bisher im Handel erhältlichen XeCl-Modulstrahlers wieder. Bei diesem beträgt das Mischungsverhältnis von Xenon zu Chlor etwa 1000 : 1. Der absolute Chlorgehalt im Entladungsraum liegt unterhalb 1×10^{-10} mol/cm³ pro cm² der Innenoberfläche des Entladungsraumes; genauer bei etwa 3×10^{-11} mol/cm³. Die Innenoberfläche des Entladungsraumes beträgt ca 470 cm². Die Konzentrationsangabe bezieht sich dabei auf das Volumen des Entladungsraumes.

Aus dem Verlauf der Kurve 1 ist ersichtlich, daß unmittelbar mit dem Einsatz der Strahler eine rasche Abnahme der relativen Bestrahlungsstärke des XeCl-Modulstrahlers einsetzt, die nach ca. 300 Betriebsstunden auf einen Endwert, der im Bereich von 20 % der ursprünglichen Bestrahlungsstärke liegt, ausläuft. Von diesem relativ niedrigen Niveau der Bestrahlungsstärke aus ist bei den bekannten Excimerstrahlern dann eine weitere Verschlechterung der Bestrahlungsstärke nicht mehr zu beobachten. Die Abnahme der Bestrahlungsstärke kann unter anderem auf eine Verarmung des Füllgases an Chlor zurückgeführt werden.

Der mit der Bezugsziffer 2 bezeichnete Kurvenverlauf gibt das Lebensdauerverhalten bei einem XeCl-Modulstrahler wieder, bei dem der Chlorgehalt des Entladungsraumes gegenüber dem vorher beschriebenen, bekannten Excimerstrahler verfünffacht ist. Das Mischungsverhältnis von Xenon zu Chlor beträgt demnach etwa 200 : 1. Aus den obigen Angaben ergibt sich ein Chlorgehalt von $1,5 \times 10^{-10}$ mol/cm³ und cm² der Innenoberfläche des Entladungsraumes. Die Leistungsdichte beträgt etwa 30 Watt pro cm beleuchteter Strahlerlänge. Ansonsten sind die betrachteten XeCl-Modulstrahler identisch. Während des Betriebes des erfindungsgemäßen XeCl-Modulstrahlers lagert sich Chlor an den Innenwandungen des Entladungsraumes an; im Füllgas nimmt der Chlorgehalt daher allmählich ab und kann dabei unter den Wert von beispielsweise 5×10^{-11} mol/cm³ und cm² der Innenoberfläche sinken.

Das Lebensdauerverhalten des erfindungsgemä-

ßen XeCl-Modulstrahlers zeichnet sich durch eine nur geringe und insbesondere sehr langsame Abnahme der UVB-Bestrahlungsstärke mit der Zeit aus. Nach ca. 1000 Betriebsstunden hat die relative UVB-Bestrahlungsstärke erst um ca. 20 % abgenommen. Allerdings ist bei der Kurve 2 noch nicht erkennbar, ob die Bestrahlungsstärke auf einen Endwert hinausläuft.

Ein ähnliches Ergebnis des Lebensdauerverhaltens ergibt sich aus den in **Figur 2** dargestellten Zeitstanddiagrammen von KrCl-Modulstrahlern. Diese erzeugen eine Leistungsdichte von 25 W/cm Strahlerlänge. Der Fülldruck des Füllgases im Entladungsraum beträgt jeweils 350 mbar. Auch der Entladungsraum bei diesen Strahlern wird durch den Zwischenraum zweier koaxial zueinander verlaufender Quarzglasrohre gebildet. Der Außendurchmesser des Entladungsraumes beträgt 27 mm, der Innendurchmesser 16 mm und die Länge 343 mm.

Hier ist die Bezugsziffer 3 einer Zeitstandkurve zugeordnet, wie sie üblicherweise bei einem KrCl-Modulstrahler nach dem Stand der Technik gemessen wird. Das Mischungsverhältnis von Krypton zu Chlor beträgt etwa 1000 : 1. Der absolute Chlorgehalt bei diesem Strahler ist der gleiche, wie bei dem oben beschriebenen, bekannten XeCl-Modulstrahler. Auch hier ist unmittelbar nach dem Einsatz des Strahlers ein relativ starker Abfall der UVC-Bestrahlungsstärke zu beobachten, die nach ca. 300 bis 400 Betriebsstunden in einen niedrigen Endwert, der bei unter 10 % der ursprünglichen Bestrahlungsstärke liegt, einmündet.

Die Kurven 4 und 5 sind KrCl-Modulstrahlern zugeordnet, die sich lediglich in dem Mischungsverhältnis des Füllgases voneinander unterscheiden. Diese erzeugen eine Leistungsdichte von 25 W/cm Strahlerlänge. Ein Puffergas ist hierbei nicht enthalten. Bei dem Excimerstrahler gemäß Kurve 4 beträgt das anfängliche Krypton : Chlor-Mischungsverhältnis 100 : 1, bei der Zeitstandkurve 5 50 : 1. Das zuletzt genannte Mischungsverhältnis entspricht einem Chlorgehalt von ca. 6×10^{-10} mol/cm³ pro cm² der Innenoberfläche des Entladungsraumes. Die Innenoberfläche des Entladungsraumes beträgt ca. 470 cm².

Der Verlauf aller Zeitstandkurven 4 und 5 ist geprägt durch einen anfänglichen leichten Anstieg der UVC-Bestrahlungsstärke, die dann nach einigen Betriebsstunden in einen hohen und konstanten Endwert, der von der Chlor-Konzentration abhängig ist, ausläuft. Eine Abnahme der Bestrahlungsstärke ist bei dem erfindungsgemäßen KrCl-Modulstrahler auch nach 1000 Betriebsstunden nicht zu beobachten.

In den Zeitstandkurven gemäß **Figur 3** ist das Lebensdauerverhalten von KrCl-Excimerstrahlern mit relativ niedriger Leistung von 30 W dargestellt. Die beleuchtete Strahlerlänge beträgt 10 cm. Es hat sich gezeigt, daß mit zunehmender Leistungsdichte der Chlorverlust zunimmt. Dies beruht auf dem bereits erwähnten Effekt, wonach mit zunehmender Filamentdichte der Gehalt an atomarem Chlor steigt, das dann wiederum an den Innenwandungen des Entladungsraumes

reagiert und so dem Füllgas entzogen wird.

Die mit der Bezugsziffer 6 bezeichnete Zeitstandkurve gibt wiederum den typischen Lebensdauerverlauf bei im Handel erhältlichen Excimerstrahlern wieder, wobei nach einer anfänglich starken Abnahme der UVC-Bestrahlungsstärke nach ca. 350 Betriebsstunden ein Endwert der Bestrahlungsstärke auf niedrigem Niveau erreicht wird.

Bei dem erfindungsgemäßen KrCl-Excimer-Strahler gemäß **Figur 3** beträgt das anfängliche Mischungsverhältnis von Chlor : Krypton im Füllgas 1 : 1000. Das aus der **Figur 3** ersichtliche besonders gute Lebensdauerverhalten des Strahlers ist die Folge einer Passivierung der Innenoberfläche des Entladungsraumes vor dem Einfüllen des Füllgases.

Zur Passivierung der Innenoberfläche des Entladungsraumes wurde dieser evakuiert, daraufhin bei Raumtemperatur mit Chlor gefüllt, das nach ca. 3 Sekunden wieder abgepumpt wurde. Anschließend wurde der Entladungsraum mit dem Füllgas gefüllt und gasdicht verschlossen.

Aufgrund der Passivierung der Innenoberflächen des Entladungsraumes zeigt der erfindungsgemäße KrCl-Excimerstrahler nur eine geringe Abnahme der UVC-Bestrahlungsstärke während der Versuchszeit von ca. 2000 Stunden.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel wurde der KrCl-Excimerstrahler, dessen Lebensdauerverhalten durch die Zeitstandkurve 3 wiedergegeben ist und bei dem das Mischungsverhältnis von Krypton : Chlor = 1000 : 1 beträgt, einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 750°C über einen Zeitraum von einer Stunde ausgesetzt. Als Ergebnis hiervon wurde eine Erhöhung der relativen UVC-Bestrahlungsstärke des Excimerstrahlers von unter 10% des Anfangswertes auf 80% dieses Wertes beobachtet.

Dem in **Figur 4** schematisch dargestellten Excimerstrahler ist insgesamt die Bezugsziffer 11 zugeordnet. Der Excimerstrahler 11 besteht aus einem äußeren Quarzglasrohr 12, das an seiner Mantelfläche mit einem metallischen Netz 13 belegt ist, das die Außenelektrode des Excimerstrahlers 11 bildet und aus einem inneren Quarzglasrohr 14, das koaxial zum äußeren Quarzglasrohr 12 angeordnet ist und an dessen innerer Wandung eine metallische Spirale 15 anliegt, die die Innenelektrode des Excimerstrahlers 11 bildet. Der Ringspalt zwischen dem äußeren Quarzglasrohr 12 und dem inneren Quarzglasrohr 14 entspricht dem Entladungsraum 16 des Excimerstrahlers 11. Das Volumen des Entladungsraumes 16 beträgt ca. 470 cm³. Die Leistungsdichte des Strahlers liegt bei 30 Watt pro cm der beleuchteten Strahlerlänge.

Das Füllgas im Entladungsraum 16 besteht aus KrCl in einem Mischungsverhältnis von Krypton : Chlor = 1000 : 1.

Im Entladungsraum 16 ist eine mit Chlor gefüllte Quarzglas-Kapsel 17 angeordnet. Die Wandung der Kapsel 17 ist angeritzt und auf diese Weise mit einer Sollbruchstelle 18 versehen. Der Chlorgehalt der Kap-

sel 17 ist so eingestellt, daß nach einem Zerschneiden der Kapsel 17 der Chlorgehalt im Entladungsraum 16 erhöht wird, und zwar um 1×10^{-11} mol/cm³ und pro cm² der Innenoberfläche des Entladungsraumes 16.

In die Wandung der Kapsel 17 ist ein Metallteil 19 eingebettet und vom Entladungsraum 16 abgeschirmt. Das Metallteil 19 mitsamt der Kapsel 17 wird mittels eines Magneten 20 in einer oberen Position gehalten. Wird die Kapsel 17 aus dieser Position fallengelassen, indem der Magnet 20 entfernt bzw. abgeschaltet wird, zerbricht sie und das darin enthaltene Chlor entweicht in den Entladungsraum 16. Auf diese Weise kann der Chlorgehalt im Entladungsraum 16 regeneriert werden. Zum Feststellen des optimalen Zeitpunktes für die Regenerierung wird die Intensität einer charakteristische Emmisions-Wellenlänge des Excimerstrahlers 11 mittels eines UV-Sensors gemessen. Bei Unterschreitung einer Untergrenze der Intensität wird dies optisch angezeigt und daraufhin der Magnet 20 entfernt. In einer alternativen Ausführungsform, bei der der Magnet 20 als Elektromagnet ausgebildet ist, wird bei Unterschreitung einer Untergrenze der Intensität der Magnet 20 automatisch abgeschaltet und dadurch das Chlor aus der Kapsel 17 in den Entladungsraum 16 freigesetzt.

Patentansprüche

1. Excimerstrahler mit einem Entladungsraum, der ein unter Entladungsbedingungen Excimere bildendes, halogenhaltiges Füllgas enthält, dadurch gekennzeichnet, daß der Halogengehalt des Entladungsraumes (16) pro cm² seiner Innenoberfläche mindestens 1×10^{-10} mol/cm³ beträgt und gleichzeitig in Abhängigkeit von der maximalen Leistungsdichte des Strahlers (11), ausgedrückt in der Einheit "Watt pro cm Strahlerlänge" auf einen Wert im Bereich von 1×10^{-7} mol/cm³ bis 1×10^{-5} mol/cm³ pro Einheit der Leistungsdichte eingestellt ist.
2. Excimerstrahler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Halogengehalt des Entladungsraumes (16) pro cm² seiner Innenoberfläche im Bereich von 1×10^{-10} mol/cm³ bis 1×10^{-8} mol/cm³ liegt.
3. Excimerstrahler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Füllgas Chlor oder eine unter Entladungsbedingungen Chlor abgebende Verbindung enthält.
4. Excimerstrahler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Entladungsraum (16) ein das Halogen enthaltendes Reservoir (17) angeordnet ist, wobei die Konzentration des Halogens im Reservoir (17) höher ist als diejenige im Füllgas.
5. Verfahren zur Herstellung eines langlebigen Excimerstrahlers nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenoberflächen des Entladungsraumes (16) vor dem Einfüllen des Füllgases mit einem halogenhaltigen Passivierungsgas beaufschlagt werden.
6. Verfahren zur Herstellung eines langlebigen Excimerstrahlers nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Excimerstrahlern, bei denen Chlor oder eine unter Entladungsbedingungen Chlor abgebende Verbindung eingesetzt wird, zur Passivierung Chlor verwendet wird.
7. Verfahren zum Verlängern der Lebensdauer eines Excimerstrahlers, der einen Entladungsraum aufweist, der ein unter Entladungsbedingungen Excimere bildendes, halogenhaltiges Füllgas enthält, dadurch gekennzeichnet, daß der Entladungsraum (16) mit Infrarotstrahlen beaufschlagt wird oder daß Halogen aus einem im Entladungsraum (16) angeordnetes Halogen-Reservoir (17) freigesetzt wird.
8. Verfahren zum Verlängern der Lebensdauer eines Excimerstrahlers nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Entladungsraum mittels Infrarotstrahlen auf eine Temperatur im Bereich von 400 °C bis 1000 °C erwärmt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Halogen-Reservoir ein Glasbehälter (17) eingesetzt wird, der zum Freisetzen des Halogens zerbrochen wird.
10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Infrarotstrahler vorgesehen ist, der benachbart zum Excimerstrahler angeordnet ist, derart, daß die vom Infrarotstrahler ausgehende Infrarotstrahlung den Entladungsraum erwärmt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Infrarotstrahlers oder die Gesamtlänge aller Infrarotstrahler etwa der Länge des Entladungsraumes entsprechen.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine Infrarotstrahler und der Excimerstrahler elektrisch miteinander derart verbunden sind, daß nach einem bestimmaren Zeitintervall vor oder nach Einschalten des Excimerstrahlers der Infrarotstrahler eingeschaltet wird.

Fig. 1

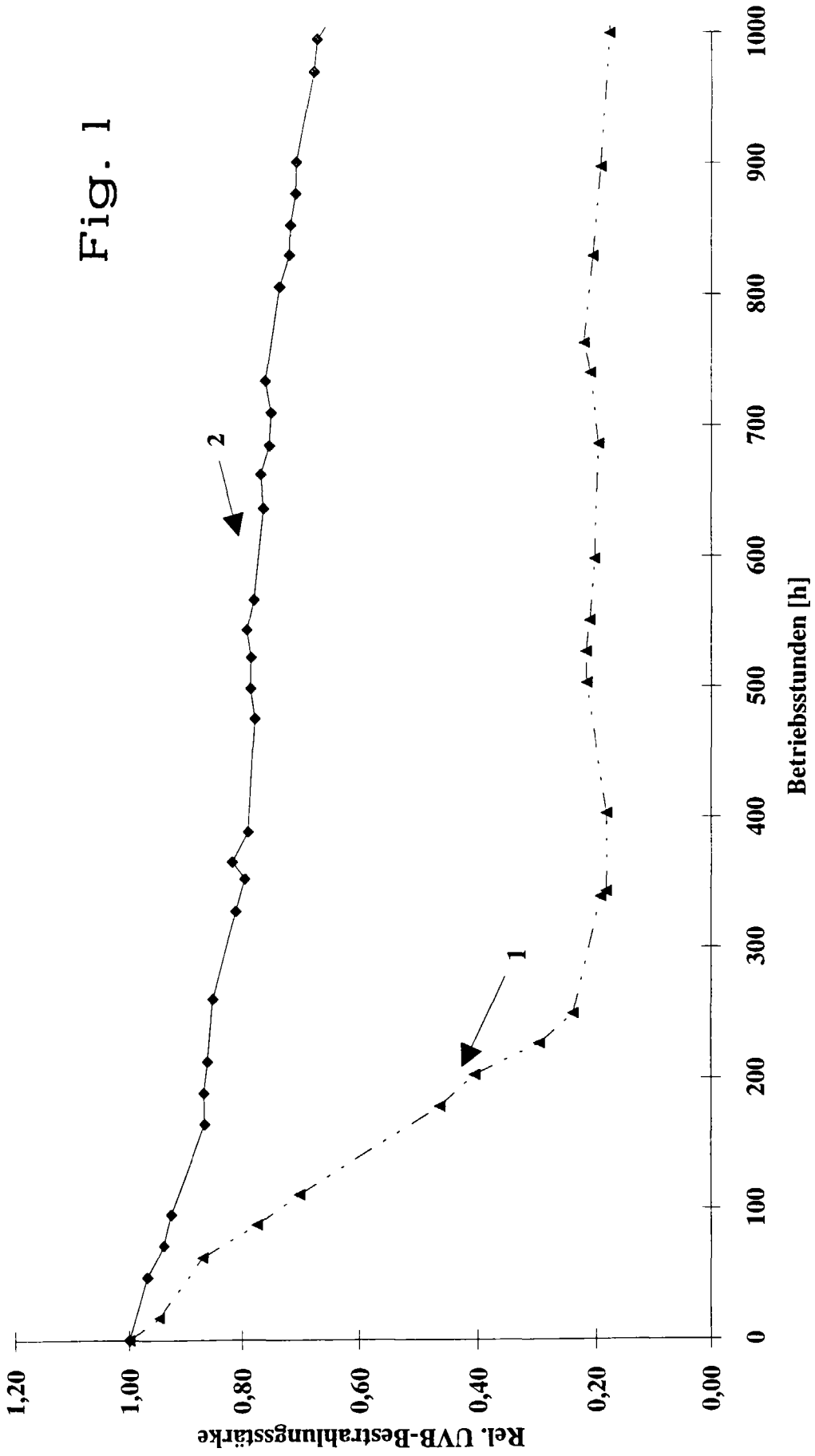


Fig. 2

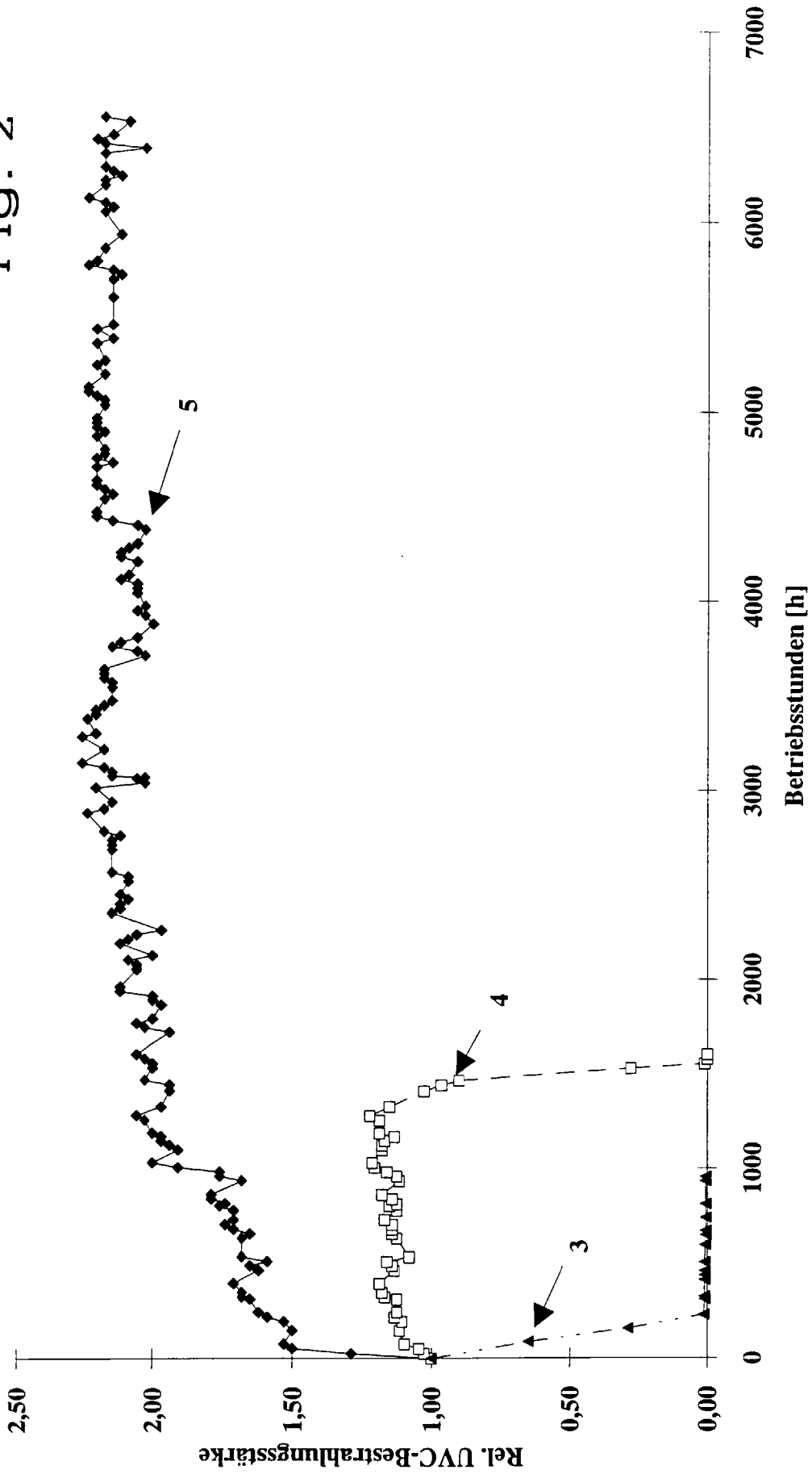
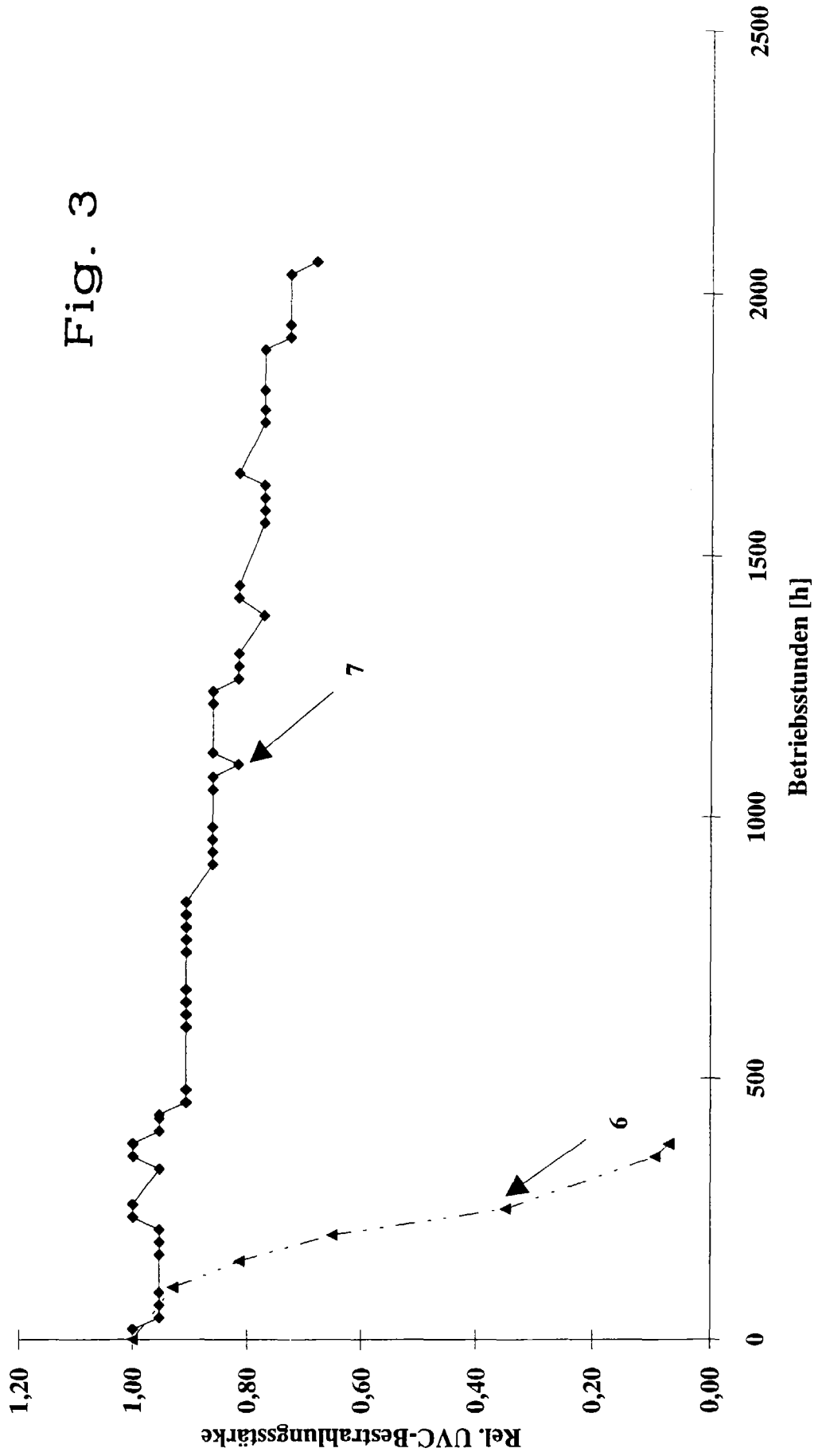


Fig. 3



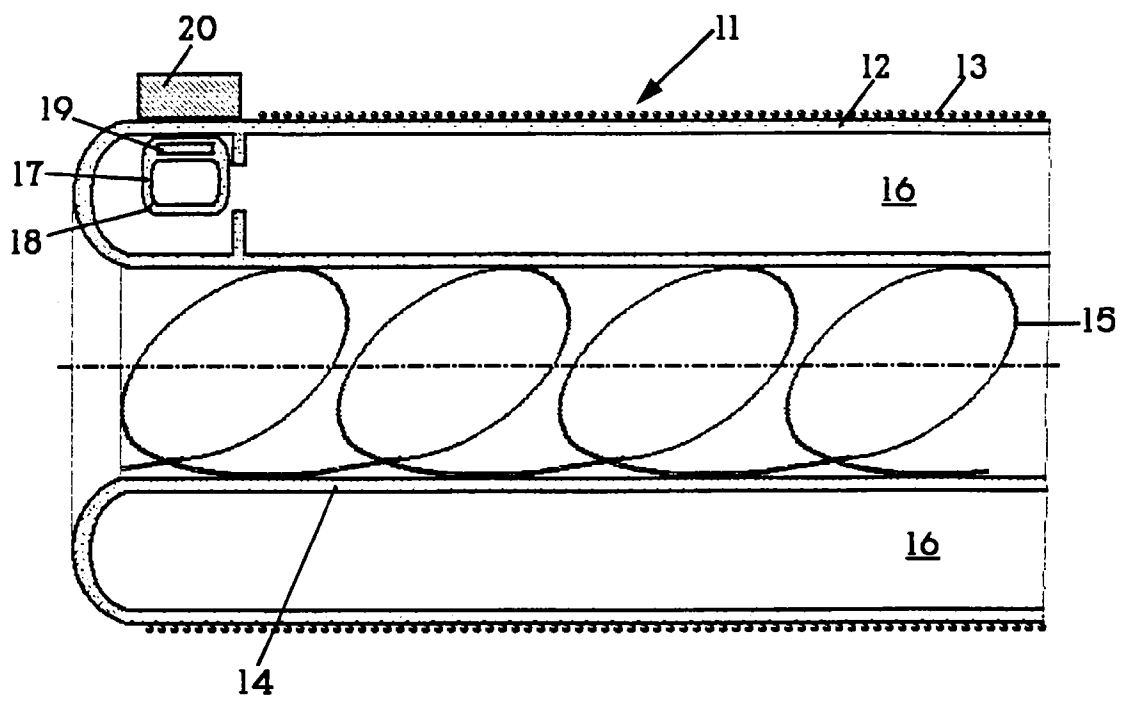


Fig. 4