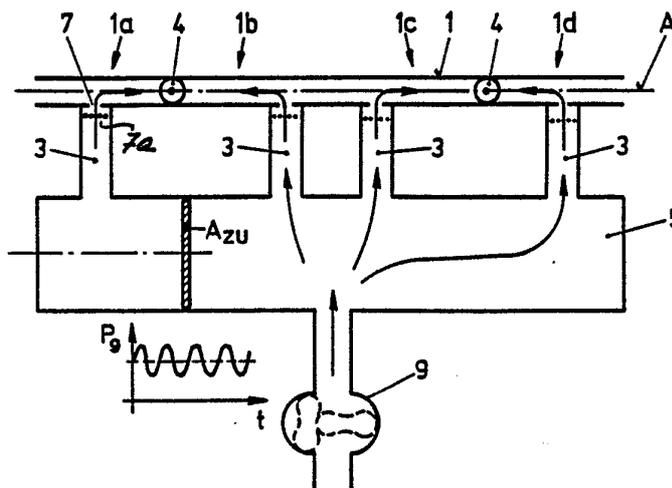


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation⁴ : H01S 3/03	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 87/05750 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 24. September 1987 (24.09.87)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH87/00031 (22) Internationales Anmeldedatum: 11. März 1987 (11.03.87) (31) Prioritätsaktenzeichen: 1014/86-8 (32) Prioritätsdatum: 12. März 1986 (12.03.86) (33) Prioritätsland: CH (71)(72) Anmelder und Erfinder: WEISS, Hardy, P. [CH/CH]; Im Seeblick, CH-8821 Hütten (CH). (74) Anwalt: DR. TROESCH AG; Walchestr. 19, CH-8035 Zürich (CH). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.	Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

(54) Title: AXIAL GAS LASER AND PROCESS FOR STABILIZING ITS OPERATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR STABILISIERUNG DES BETRIEBES EINES AXIALGASLASERS UND AXIALGASLASER



(57) Abstract

In order to stabilize an axial gas laser, the pressure pulses from a gas circulation system (9) are damped, said system being connected to the laser excitation section (1b, 1c). Damping is effected by arranging, between the gas circulation system (9) and the excitation tube (1), the physical connections (E) in such a way that no frequency component of the gas circulation/gas current coincides at resonance points of the overall system.

(57) Zusammenfassung

Um den Betrieb eines Axialgaslasers zu stabilisieren, werden Druckpulsationen einer Gasfördereinrichtung (9) dadurch und mit Bezug auf die Erregungsstrecke (1b, 1c) gedrängt, dass man die die Gasfördereinrichtung (9) und das Erregungsrohr (1) physikalisch verbindenden Baueinheiten (3) derart auslegt, dass keine Frequenzanteile des Gasfördereinrichtungs-Förderstromes auf Resonanzstellen des Gesamtsystems liegen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
AU	Australien	GA	Gabun	MW	Malawi
BB	Barbados	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BE	Belgien	HU	Ungarn	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	IT	Italien	RO	Rumänien
BJ	Benin	JP	Japan	SD	Sudan
BR	Brasilien	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CG	Kongo	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CH	Schweiz	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	TG	Togo
DE	Deutschland, Bundesrepublik	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		
FI	Finnland	ML	Mali		

- 1 -

Verfahren zur Stabilisierung des Betriebes eines Axialgaslasers und Axialgaslaser

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stabilisierung des Betriebes eines Axialgaslasers mit

- mindestens einem Laser-Erregungsrohr

5

- mindestens einer Gasfördereinrichtung

- Verbindungseinrichtungen zwischen Gasfördereinrichtung und Laser-Erregungsrohr sowie einen Axialgaslaser.

10

Beim Betrieb von Axialgaslasern, wie beispielsweise für das Schweißen von Dosenlängsnähten in der Dosenindustrie, können des öftern an der Schweissnaht sich periodisch folgende Verdickungen erkannt werden. Diese sind u.a. auf Pulsationen der Laserleistung zurückzuführen. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, derartige Phänomene zu beheben. Dies wird dadurch erreicht, dass man mindestens Teile der Frequenzen durch Druckpulsationen der Gasfördereinrichtung bewirkter Druckverlauf-Frequenzanteile neben Resonanzfrequenzen der mindestens durch Erregungsrohr und Verbindungseinrichtung gebildeten Last der Fördereinrichtung wählt.

Betrachtet man einen derartigen Axialgaslaser, so ist grundsätzlich die Gasfördereinrichtung als Wechselsignalquelle zu betrachten, die ausgangsseitig und z.B. gemäss der Anzahl vorgesehener Verdichtungskammern sowie der Einrichtungsdrehzahl, einen Druck abgibt, der mit einer durch die

25

genannten Grössen festgelegten Grundfrequenz um einen Druckmittelwert pulsiert. Je nach Ausbildung der Gasfördereinrichtung weist somit der Ausgangsdruck, bei rein sinusförmiger Pulsation, einen einzigen Frequenzanteil auf, bei von der Sinus-Form abweichender Pulsation, zusätzlich Frequenzanteile entsprechend den höheren Harmonischen.

Erregungsrohr, Verbindungseinrichtungen und allenfalls alle daran gekoppelten weiteren Einrichtungen, wie elektrische Einrichtungen für die elektrische DC- oder AC-Erregung des Erregungsrohres bilden gemeinsam eine allgemeine, die Gasfördereinrichtung als Quelle belastende, frequenz-abhängige Lastimpedanz. Bekanntlich können allgemein auch mechanische Systeme in völliger Analogie zu elektrischen Impedanzen betrachtet werden. Ebenso können mechanisch/ akustische/elektrische etc. Mischsysteme in einem System behandelt werden, wie durch Beachtung elektromechanischer Analogien. Weist nun diese von der Quelle als Last gesehene allgemeine Impedanz, als Uebertrager, mit einer frequenz-abhängigen Uebertragungsfunktion, wie durch ein Bode-Diagramm gegeben, Resonanzfrequenzen auf, die mit der Grund- oder höheren Harmonischen des Quellendruckverlaufes übereinstimmen, so liegt ein auf Resonanzfrequenz angeregter Resonanzkreis vor, womit Schwingungen der Laser-Ausgangsleistung einsetzen können, die u.a. zu den genannten Dickenschwankungen an der Schweissnaht führen können. Beim Einsatz eines Roots-Gebälges als Gasfördereinrichtung findet man in den Dickenschwankungen an der Schweissnaht dieselbe Frequenz, wie die durch das verwendete Gebälge ausgangsseitig erzeugten Pulsschwankungen.

Wird als Gasfördereinrichtung mindestens ein Kolbenverdichter eingesetzt, worunter auch Rotationsverdichter-Roots-Verdichter, Schraubenverdichter verstanden werden, so wird vorgeschlagen, dass man die durch die vorgesehene
5 Verdichtungskammerzahl und Drehzahl des Verdichters gegebene Grundharmonische des Druckverlaufes durch Erhöhung der Kammernzahl und/oder Drehzahl wesentlich höher als mindestens Teile der Resonanzfrequenzen der Last wählt, insbesondere deren wenig gedämpfte.

10

Werden grundsätzlich die einzelnen Anteile der Last, elektrisches System/Gaserregungsrohr/Verbindungseinrichtung, voneinander entkoppelt, so können die Resonanzfrequenzen der Teilsysteme einzeln betrachtet werden, was
15 wesentlich einfacher ist als die geschlossene Betrachtung des Gesamtsystems. Dies führt dazu, dass nun vorzugsweise das Laserrohr und die Verbindungseinrichtung, wie durch Gaseindüsung von der Verbindungseinrichtung ins Laserrohr, frequenzmässig entkoppelt werden.

20

Dadurch, dass man an der Verbindungseinrichtung weiter ein Puffervolumen für das Gas vorsieht, dessen Volumen wesentlich grösser ist als die Volumenamplituden von durch die Gasdruckeinrichtung bewirkten periodischen
25 Fördervolumen-Pulsationen, werden Druckschwankungen mit Bezug auf ihre Wirkung auf das Laserrohr stark gedämpft: Das grosse Volumen wirkt als Tiefpassglied. Wird ein derartiges Puffervolumen vorgesehen, so muss sichergestellt werden, dass bei zwei und mehr Gaszuleitungen an das
30 Laserrohr bzw. an die Laserrohranordnung die Gaszufuhr an allen Zuführleitungen gleich ist. Hierzu wird das Puffervolumen in einer achsparallel zum Laserrohr angeord-

neten Kammer vorgesehen, von der n Leitungen mit $n \geq 2$ radial zum Laser-Erregungsrohr führen und dabei, wie in Anspruch 6 spezifiziert, dimensioniert. Vorzugsweise erhöht man dabei den Widerstandsbeiwert in den Leitungen, wie durch Vorsehen von Gittern, Wabenmustern etc.

Einer der erfindungsgemässen Axialgaslaser zur Lösung der obgenannten Aufgabe zeichnet sich dadurch aus, dass als Gasfördereinrichtung ein Turboverdichter vorgesehen ist, der ausgangseitig praktisch keine Druckpulsationen erzeugt. Weitere erfindungsgemässe Axialgaslaser sind in Anspruch 9 bzw. 10 spezifiziert.

Die Erfindung wird anschliessend anhand von Figuren erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Axialgaslaseranordnung, erfindungsgemäss ausgelegt,

Fig. 2 ein qualitatives Ersatzbild der Anordnung gemäss Fig. 1 zur Erläuterung ihres Frequenzverhaltens,

Fig. 3 qualitativ den Frequenz-Amplitudengang einer Kammer gemäss Fig. 1.

Der Axialgaslaser umfasst eine Erregungsrohranordnung mit (nicht dargestellt) Elektroden zu ihrer elektrischen AC- oder DC-Anregung. Strichpunktiert ist die Laserachse A eingetragen. Zur Erregungsrohranordnung 1 führt, pro Erregungsrohrstrecke $l_a - l_d$ eine Gaszuleitung 3 und

für zwei Erregungsrohrstrecken sind je eine Gaswegführung 4 vorgesehen. Die Zuleitungen 3 führen aus einer, vorzugsweise wenigstens nahezu achsparallel zur Laserachse A angelegten längsausgedehnten Pufferkammer 5.

- 5 Der Uebertritt des Gases von den Leitungen 3 in die Erregungsstrecke 1 erfolgt über schematisch eingetragene Oeffnungen 7 reduzierten Querschnittes, Blenden bzw. Düsen und/oder weitere Strömungswiderstände wie Gitter 7a. Die Pufferkammer 5 wird durch eine Gasfördereinrichtung 9
10 druckbeaufschlagt, beispielsweise durch einen Root-Verdichter.

Weist die verwendete Fördereinrichtung eine Anzahl m von Verdichtungskammern auf und wird mit der Drehzahl r be-
15 trieben, so ergibt sich, wie schematisch in der Figur in einem Druck/Zeitdiagramm $p_9 = F(t)$ ausgangsseitig der Gasfördereinrichtung 9 eingetragen, eine Pulsation des Ausgangsdruckes p_9 mit einer Grundfrequenz gemäss

20
$$f_{90} = \frac{1}{2\pi \cdot m \cdot r}$$

In Fig. 2 ist ein Ersatzbild der Anordnung gemäss Fig. 1 dargestellt. Die Gasfördereinrichtung 9 gemäss Fig. 1 gibt ausgangsseitig im allgemeinen einen pulsierenden
25 Druck $p_9(t)$ ab, wobei der resultierende Druckverlauf, wie in Fig. 2 schematisch dargestellt, eine Grundharmonische entsprechend f_{90} und höhere Harmonische f_{9x} aufweist. Das die Gasfördereinrichtung 9 belastende System - die Verbindungseinrichtungen mit der Kammer 5, den Leitungen 3
30 und die Erregungsstrecke 1, mit allen daran vorgesehenen mechanischen, elektrischen, optischen etc. Vorkehrungen, aus Druckübertragungseinheiten zusammengesetzt und schema-

tisch in Fig. 2 mit $E_{5,3}$, E_1 , etc. bezeichnet - überträgt die eingangsseitigen Druckänderungen mit einer frequenzabhängigen Uebertragungsfunktion entsprechend $F(s)$, in Fig. 2 als Amplitudengänge des Bode-Diagramms
 5 dargestellt, an den Ausgang. Bekanntlich sind derartige Uebertragungsfunktionen $F(s)$ mit s als Laplace-Operator, definiert als Verhältnis von laplacierter Ausgangs- zu laplacierter Eingangsgrösse, also z.B.

$$10 \quad \left| \frac{\tilde{p}_a}{\tilde{p}_e} \right|_{5,3} = F_{5,3}(s)$$

In Fig. 2 sind rein qualitativ mögliche Amplitudengänge
 15 der Uebertragungsfunktionen, üblicherweise in dB angegeben, aufgezeichnet. Die Frequenzgänge der einzelnen Strecken E weisen dabei streckenspezifische Resonanzfrequenzen f_r auf. Werden zwei oder mehrere derartige Einheiten E , wie dies für den Aufbau einer Anlage gemäss Fig. 1 notwendig
 20 ist, zusammengebaut, so entsteht ein kombinierter Uebertragungsblock E_K . Bei nicht gewährleisteter Rückwirkungsfreiheit der Blöcke hat der kombinierte Block E_K zusätzliche und nicht mit den Resonanzfrequenzen der Einzelblöcke übereinstimmende Resonanzfrequenzen f_{rK} . Liegt nun
 25 eine der Resonanzfrequenzen f_{rK} der kombinierten Einheit E_K , die auch Resonanzfrequenzen mindestens nahe der f_r der Einzelblöcke umfassen, auf einer der harmonischen Frequenzen f_{9x} der Gasfördereinrichtung 9 der Quelle, so wirkt die Einheit E_K als auf Resonanz angeregter Schwingkreis: Die
 30 resultierenden ausgangsseitigen Druckschwankungen dieser Frequenz werden, je nach Kreisgüte, gross. Diese Druckschwankungen ausgangsseitig, in der Entladungsstrecke 1,

führen zu Pulsationen der Laserausgangsleistung, z.B. mit den oben erwähnten Auswirkungen.

Die Lösung dieses Problems liegt in folgenden Massnahmen,
5 einzeln getroffen oder in Kombination:

- Wahl von Anregungsfrequenzen, abweichend von Last-Resonanzfrequenzen oder umgekehrt.
- 10 - Isolation einzelner Einheiten gegeneinander: Erstellen von Rückwirkungsfreiheit.
- Auslegung der Uebertragungsblöcke mit erwünschten Frequenzgängen, z.B. als Tiefpassglieder, zur geziel-
15 ten Beeinflussung des kombinierten Frequenzganges durch Dämpfung bei gefährlichen Resonanzstellen f_r , f_{rK} .

Eine erste Massnahme zur Behebung des genannten Problems ist, die Frequenzanteile f_{9x} , die durch die Gasfördereinrichtung 9 erzeugt werden, derart zu verschieben, dass sie
20 möglichst weit von Resonanzfrequenzen f_{rK} , f_r der kombinierten Einheit E_K liegen. Nach dem oben angegebenen Ausdruck für die Grundharmonische f_{90} der resultierenden Ausgangsdruckpulsationen der Gasfördereinrichtung 9, wird
25 dies durch Erhöhung der Anzahl vorgesehener Verdichtungskammern m und/oder durch Erhöhung der Drehzahl r eines vorgesehenen Verdichters erreicht. Insbesondere bei Einsatz eines Turboverdichters (siehe W. Opitz, Turboverdichter, in "Taschenbuch für den Maschinenbau", 14. Auflage,
30 Springer Verlag Berlin) werden praktisch keine Druckpulsationen am Ausgang des Verdichters erzeugt, womit sich der Einsatz derartiger Turboverdichter ausgezeichnet für den

vorliegenden Zweck eignet. Bei derartigen Verdichtern können sowohl m wie auch r sehr hoch gewählt werden. Insbesondere lassen sich derartige Verdichter auch leicht steuern, so dass experimentell bei aufgeschalteter Last die optimale Drehzahl r gesucht werden kann, ohne dabei Leistungseinbussen in Kauf nehmen zu müssen.

Wird nun, gemäss Fig. 1, als zweite Massnahme, als alleinige oder zu der bisher beschriebenen und allenfalls den noch zu beschreibenden hinzukommende, der Gasfördereinrichtung 9 eine Pufferkammer 5 nachgeschaltet, deren Volumen V_5 wesentlich grösser ist als die Fördervolumen-Amplituden-Werte ΔV bei der Grundharmonischen der Druckpulsationen, so wirkt diese Kammer 5 wegen ihres grossen Volumens, wie in Fig. 3 dargestellt, als Tiefpassglied mit einer Grenzfrequenz mit Resonanzüberhöhung, die wesentlich tiefer ist als übliche Anregungsfrequenzen. Damit ergibt sich eine starke Dämpfung bei den Frequenzen f_r , f_{rK} der Last, so dass die Last des Gebläses E_5 , $E_{5,3}$, E_1 bei den Anregungsfrequenzen, insbesondere der grundharmonischen Pulsationsfrequenz f_{g0} des Gebläses stark gedämpft ist. Diese Massnahme, d.h. das Vorsehen einer Pufferkammer 5 ergibt für sich allein oder zusätzlich zur vorbeschriebenen Massnahme an der Gasförderungseinrichtung bzw. noch zu beschreibenden Massnahmen eine wesentliche Reduzierung der Laser-Leistungsschwingung.

Wird eine Pufferkammer 5, wie in Fig. 1 dargestellt, vorgesehen, welche mehrere Leitungen 3 zur Erregungsrohranordnung 1 speist, so muss im weiteren dafür gesorgt werden, dass alle vorgesehenen Leitungen 3, deren Anzahl mit n bezeichnet sei, $n \geq 2$ gleichmässig gasdurchflossen

- 9 -

werden. Dies wird dann erreicht, wenn mindestens genähert gilt:

$$A_{zu} \geq \sum_{l=1}^n A_{Ln} \frac{4}{\sqrt{1 + \zeta_{Ln}}} \quad (1)$$

wobei bezeichnen:

A_{zu} : die Querschnittsfläche der Kammer 5, senkrecht zu ihrer Ausdehnungsachse B,

$n \geq 2$: die Nummer und Anzahl der betrachteten Leitungen 3

ζ_{Ln} : den Widerstandsbeiwert der betrachteten Leitungen 3.

Vorzugsweise wird der Widerstandsbeiwert ζ_{Ln} der Leitungen 3, wie in Fig. 1 bei 7a angedeutet, durch mindestens ein Strömungswiderstandselement, wie ein Gitter, ein Wabenmuster etc. erhöht.

Wird diese Bedingung eingehalten, so ist eine gleichmäßige Gaseinströmung in die Erregungsrohranordnung 1 über alle n vorgesehenen Leitungen 3 gewährleistet.

Auch dadurch wird im Erregungsrohr 1, z.B. via Turbulenzverhinderung, die Laser-Leistung im obigen Sinn stabilisiert.

Eine weitere eigenständige oder mit andern kombinierbare Massnahme, die das Entstehen von Schwingungen der Laser-Leistung behebt, ist das Einführen eines Isoliergliedes zwischen Verbindungseinrichtungen 3, 5 und Erregungs-

- 10 -

strecke 1. Gemäss Fig. 1 wird dies durch die Düsen 7 erreicht. Insbesondere, wenn überkritisch betrieben, d.h. mit einem Verhältnis des Druckes kammerseitig zum Druck erregungsstreckenseitig von $>1,8$, wirkt die Düse 7 als Tiefpassglied mit einer extrem tiefen Grenzfrequenz. Sehr langsame Druckänderungen eingangsseitig wirken sich wohl ausgangsseitig aus, während schnellere Druckänderungen ausgangsseitig nicht erscheinen. Dies gilt in beiden Uebertragungsrichtungen betrachtet, wie übrigens auch bei Kammer 5, womit eine Frequenz-Entkopplung bzw. Isolation realisiert ist.

Durch Berücksichtigung einzelner oder mehrerer der obgenannten Massnahmen gelingt es, Schwingungserscheinungen der Laser-Ausgangsleistung zu beheben. Die Frequenzgänge der einzelnen Teilsysteme und kombinierten Systeme können mindestens genähert berechnet werden. Einfach ist es, die Frequenzgänge der Last auszumessen, indem z.B. eingangsseitig sinusförmige Druckschwankungen konstanter Amplitude und variabler Frequenz angelegt werden und die übertragenen ausgangsseitigen Druckschwankungen ermittelt werden. Die Identifikation des Uebertragungsverhaltens von Uebertragungsblöcken mittels ausgewählter Eingangsgrössen-Verläufen, wie Schritt, Impuls, Sinus etc. ist auch bekannt.

Es wird nun anschliessend noch je ein Beispiel zur a) Verwendung von Bedingung (1) und b) zur Berechnung der Last-Resonanzfrequenzen f_r gegeben.

a) - Es sei gegeben ein Erregungsrohr 1, gemäss Fig. 1, mit $n = 8$ Zuleitungen 3 und einer Länge von 2000 mm.

- In jeder Zuleitung entsprechend 7a von Fig. 1 sei ein Lochblech mit einem Widerstandsbeiwert $\zeta_{Ln} \approx 7$ einge-

- 11 -

setzt, wie dies einem Lochblech mit 40% Oeffnung entspricht.

5 - Die Kammer 5, gemäss Fig. 1, weise einen rechteckigen Querschnitt entsprechend der Fläche A_{zu} auf, mit Kantenlängen 60 mm, 140 mm.

- Der Durchmesser der Leitungen 3 sei 30 mm.

10 Für die Fläche A_{zu} ergibt sich

$$A_{zu} = 60 \cdot 140 = 8400 \text{ mm}^2. \quad (2)$$

15 Für die Leitungsquerschnittsfläche A_{Ln} ergibt sich

$$A_{Ln} = \frac{\pi \cdot 900}{4} = 706,9 \text{ mm}^2. \quad (3)$$

Aus (1) ergibt sich mithin

20
$$8400 \geq 8 \cdot \frac{706,9 \cdot 4}{8} = 7997 \text{ mm}^2. \quad (4)$$

Somit ist die Bedingung (1) erfüllt, und es ergibt sich eine gleichmässige Gaszuführung durch die 8 vorgesehenen Leitungen 3 in das Erregungsrohr 1.

25

b) Es sei gegeben ein Erregungsrohr der Länge 2000 mm.

Das Erregungsrohr sei aufgrund vorgesehener, bekannter Spiegel beidseits des Rohres als zweiseitig geschlossenes Rohr zu betrachten. Die Resonanzfrequenzen dieses
30 Rohres lassen sich bekanntlich nach

- 12 -

$$f_r = (k + 1) \frac{c_L}{2l} \quad (5)$$

berechnen. Es ergibt sich für die Grundharmonische
($k = 0$), mit der Schallgeschwindigkeit c_L im einge-
5 setzten Gas von 600 m/s eingesetzt.

$$f_{ro} = \frac{600 \cdot 10^3}{4 \cdot 2 \cdot 10^3} = 150 \text{ sec}^{-1} = 150 \text{ Hz.} \quad (6)$$

10 Wird somit ein Gebläse eingesetzt, das ausgangsseitig
Druckpulsationen mit der Grundharmonischen von 150 Hz
abgibt, so wird das einen Resonator mit Resonanzfrequenz
auf 150 Hz bildende Erregungsrohr auf seiner Resonanz-
frequenz angeregt, und es werden die entsprechenden
15 Laser-Leistungspulsationen beobachtet: Das verwendete
Gebläse muss durch Wahl der Drehzahl und/oder der
Kammernzahl so gewählt werden, dass allenfalls auftre-
tende Druckpulsation eine Grundharmonische aufweist,
die vorzugsweise wesentlich höher als die genannten
150 Hz liegt.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Stabilisierung des Betriebes eines Axial-Gaslasers mit

- 5 - mindestens einem Laser-Erregungsrohr
- mindestens einer Gasfördereinrichtung
- Verbindungseinrichtungen zwischen Gasfördereinrichtung und Laser-Erregungsrohr,

10

dadurch gekennzeichnet, dass man mindestens Teile der Frequenzen durch Druckpulsationen (P_g) der Gasfördereinrichtung (9) bewirkter Druckverlauf-Frequenzanteile (f_{9x}) neben Resonanz-Frequenzen (f_r) der mindestens durch Erregungsrohr (1) und Verbindungseinrichtung (3,5) gebildeten

15 Last der Fördereinrichtung wählt.

2. Verfahren, vorzugsweise nach mindestens einem der Ansprüche, wie nach Anspruch 1, wobei die Gasfördereinrichtung (9) mindestens einen Kolbenverdichter, darunter

20 fallend auch Rotationsverdichter, Roots-Verdichter, Schraubenverdichter, umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass man die durch die Anzahl vorgesehener Verdichtungskammern (m) am Verdichter (9) und Drehzahl (r) des Verdichters (9) gegebenen Grundharmonische (f_{g_0}) des Druckverlaufs (P_g) durch Erhöhung der Kammerzahl (m) und/oder

25 Drehzahl (r) wesentlich höher als mindestens Teile der Resonanzfrequenzen (f_r) der Last wählt.

30 3. Verfahren, vorzugsweise nach mindestens einem der Ansprüche, wie nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass man zur Minimalisierung der Druckverlauf-Frequenz-
 anteil-Amplituden einen Turboverdichter, wie einen
 Radialventilator, einen Axialventilator, ein ein- oder
 mehrstufiges Radialgebläse, einen ein- oder mehrgehäusi-
 5 gen Radialkompressor, ein Axialgebläse oder einen Axial-
 kompressor, einsetzt.

4. Verfahren, vorzugsweise nach mindestens einem der An-
 sprüche, wie nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch
 10 gekennzeichnet, dass man das Laser-Erregungsrohr (1) und
 die Verbindungseinrichtung (3,5) frequenzmässig, wie durch
 Gaseindüsung von der Verbindungseinrichtung (3,5) in das
 Laser-Erregungsrohr, entkoppelt.

15 5. Verfahren, vorzugsweise nach mindestens einem der An-
 sprüche, wie nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch ge-
 kennzeichnet, dass man an der Verbindungseinrichtung (3,5)
 ein Puffervolumen (V_5) für das Gas vorsieht, das wesent-
 lich grösser ist als durch die Gasfördereinrichtung be-
 20 wirkte Amplituden von Fördervolumen-Pulsationen.

6. Verfahren, vorzugsweise nach mindestens einem der An-
 sprüche, wie nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass
 das Puffervolumen (V_5) in einer achsparallel (B) zum Laser-
 25 rohr (1) angeordneten Kammer (5) vorgesehen ist, von der
 n-Leitungen (3) mit $n \geq 2$, radial zum Laser-Erregungsrohr
 (1) führen, wobei die Querschnittsfläche der Kammer A_{zu}
 und die Leitungs-Querschnittsflächen (A_{Ln}) sowie die
 Widerstandsbeiwerte (ζ_{Ln}) der Leitungen (3) sich nach

$$A_{zu} \geq \sum_{l=1}^n A_{Ln} \frac{4}{\sqrt{1 + \zeta_{Ln}}}$$

verhalten.

7. Verfahren, vorzugsweise nach mindestens einem der Ansprüche, wie nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass man den Widerstandsbeiwert (ζ_{Ln}) mittels mindestens eines Strömungswiderstandes, wie eines Gitters (7a), in den Leitungen (3) erhöht.

8. Axialgaslaser mit

- mindestens einem Laser-Erregungsrohr (1)

- mindestens einer Gasfördereinrichtung (9)

- Verbindungseinrichtungen zwischen Gasfördereinrichtung und Laser-Erregungsrohr (3,5),

dadurch gekennzeichnet, dass die Gasfördereinrichtung (9) mindestens einen Turboverdichter umfasst.

9. Axialgaslaser mit

- mindestens einem Laser-Erregungsrohr (1)

- mindestens einer Gasfördereinrichtung (9)

- Verbindungseinrichtungen (3,5) zwischen Gasfördereinrichtung und Laser-Erregungsrohr,

dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungseinrichtungen mindestens eine Pufferkammer (5) zwischen Fördereinrichtung (9) und Erregungsrohr (1) umfassen, deren Volumen (V) wesentlich grösser ist als die Amplituden durch die Gasfördereinrichtung (9) bewirkter Fördervolumen-Pulsationen.

10. Axialgaslaser nach den Ansprüchen 8 und 9.

11. Axialgaslaser, vorzugsweise nach mindestens einem der Ansprüche, wie nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Pufferkammer (5) wenigstens nahezu achsparallel (B) zum Erregungsrohr (1) ausgelegt ist und n Verbindungsleitungen (3) radial zum Rohr (1) aufweist, mit $n \geq 2$, und sich die Kammerquerschnittsfläche (A_{zu}) und die Leitungsquerschnittsfläche (A_{Ln}) der Leitungen (3) sowie die Widerstandsbeiwerte (ζ_{Ln}) der Leitungen (3) mindestens genähert nach

$$A_{zu} \geq \sum_1^n A_{Ln} \cdot \frac{4}{1 + \zeta_{Ln}}$$

15 verhalten.

12. Axialgaslaser, vorzugsweise nach mindestens einem der Ansprüche, wie nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass in den Verbindungsleitungen ein Strömungswiderstand (7a), wie ein Gitter, vorgesehen ist.

13. Axialgaslaser, vorzugsweise nach mindestens einem der Ansprüche, wie nach einem der Ansprüche 8 - 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung der Verbindungseinrichtungen zum Laser-Erregungsrohr über mindestens eine Düse (7) erfolgt.

14. Verfahren, vorzugsweise nach mindestens einem der Ansprüche, wie nach einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass man alle der Fördereinrichtung nachgeschalteten Aggregate mechanischer, optischer, akustischer, elektrischer Art als Last betrachtet.

1/2

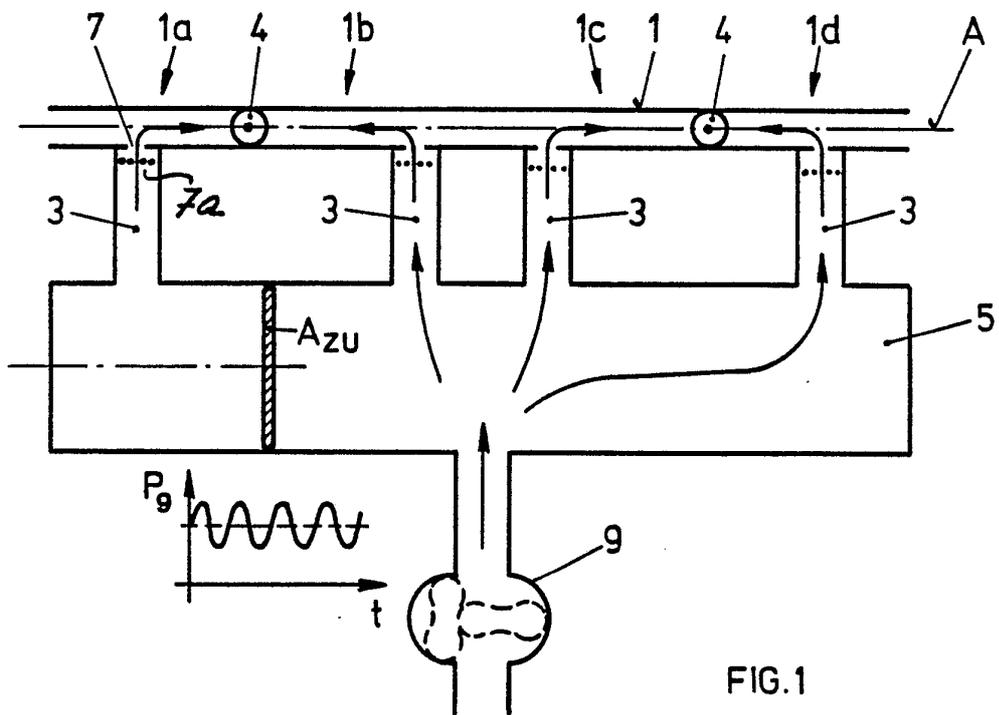


FIG.1

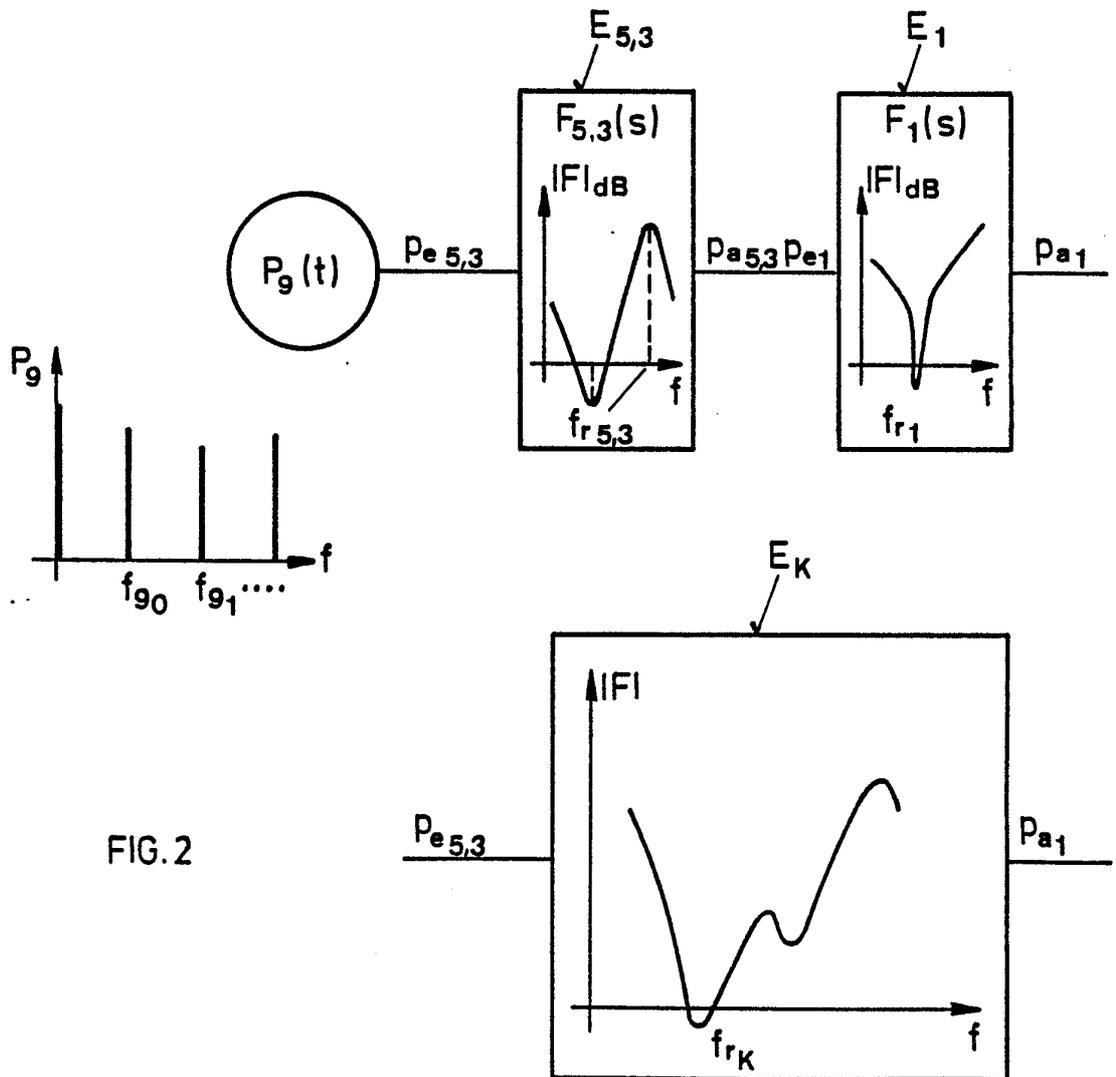


FIG.2

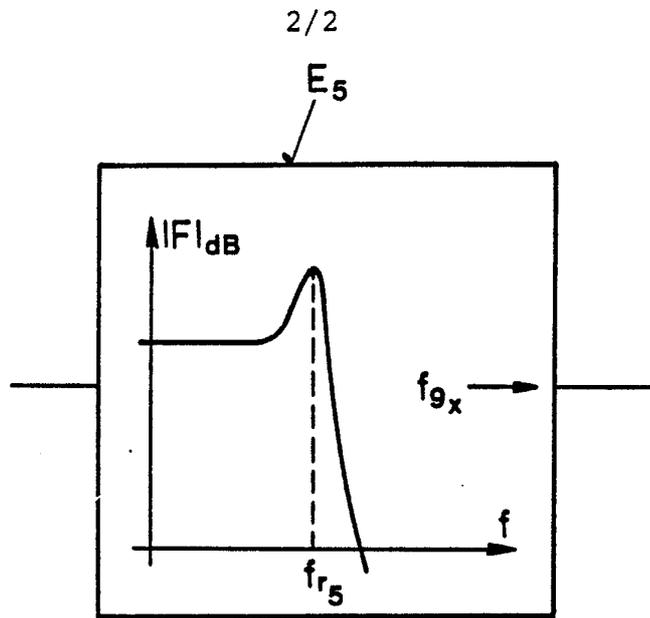


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/CH 87/00031

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁴ H 01 S 3/03		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁴	H 01 S	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	DE, A1, 2926009 (HITACHI LTD.) 17 January 1980, see figure 1 --	1, 8, 9
A	FR, A1, 2558994 (CILAS ALCATEL) 02 August 1985, see figure 3 --	1
A	Soviet Journal of Quantum Electronics, volume 9, No 1, January 1979 (New York, US), V.Yu. Baranov et al.: "Gasdynamic perturbations of the gas stream in pulse-periodic Co ₂ lasers. II. Acoustic waves", pages 101-104, see page 102, column 2, lines 1-8	1
<p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
29 May 1987 (29.05.87)	23 June 1987 (23.06.87)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
European Patent Office		

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/CH 87/00031 (SA 16386)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 15/06/87

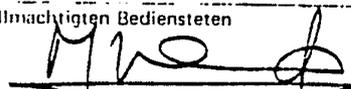
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A- 2926009	17/01/80	None	
FR-A- 2558994	02/08/85	None	

For more details about this annex :
see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen **PCT/CH 87/00031**

I. KLASSEFICATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int. Cl. ⁴ H 01 S 3/03		
II. RECHERCHIÈRTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int. Cl. ⁴	H 01 S	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	DE, A1, 2926009 (HITACHI LTD.) 17. Januar 1980, siehe Figur 1 --	1, 8, 9
A	FR, A1, 2558994 (CILAS ALCATEL) 2. August 1985, siehe Figur 3 --	1
A	Soviet Journal of Quantum Electronics, Band 9, Nr. 1, Januar 1979 (New York, US), V.Yu. Baranov et al.: "Gasdynamic perturbations of the gas stream in pulse-periodic Co ₂ lasers. II. Acoustic waves", Seiten 101-104, siehe Seite 102, Spalte 2, Zeilen 1-8 -----	1
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
29. Mai 1987		23 JUN 1987
Internationale Recherchenbehörde		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten
Europäisches Patentamt		M. VAN NOL 

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE

INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR. PCT/CH 87/00031 (SA 16386)

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben. Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 15/06/87

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A- 2926009	17/01/80	Keine	
FR-A- 2558994	02/08/85	Keine	

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang :
siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr. 12/82