



BUNDESPATENTGERICHT

23 W (pat) 16/16

(Aktenzeichen)

Verkündet am
10. Mai 2016

...

BESCHLUSS

In der Beschwerdesache

betreffend die Patentanmeldung 199 46 176.7-54

hat der 23. Senat (Technischer Beschwerdesenat) des Bundespatentgerichts auf die mündliche Verhandlung vom 10. Mai 2016 unter Mitwirkung des Vorsitzenden Richters Dipl.-Phys. Dr. Strößner sowie der Richter Dipl.-Phys. Dr. Friedrich, Dipl.-Phys. Dr. Zebisch und Dr. Himmelmann

beschlossen:

1. Der Beschluss der Prüfungsstelle für Klasse H01S des Deutschen Patent- und Markenamts vom 29. Juni 2012 wird aufgehoben.
2. Es wird ein Patent erteilt mit der Bezeichnung „Diodengepumpter Laser mit interner Frequenzverdopplung“, dem Anmeldetag 21. September 1999 auf der Grundlage folgender Unterlagen:
 - Patentansprüche 1 bis 13,
 - Beschreibungsseiten 1 bis 14, jeweils überreicht in der mündlichen Verhandlung am 10. Mai 2016;
 - 3 Blatt Zeichnungen mit Figuren 1 bis 5, eingegangen im Deutschen Patent- und Markenamt am Anmeldetag.

Gründe

I.

1. Die vorliegende Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 199 46 176.7-54 wurde am 21. September 1999 mit der Bezeichnung „Diodengepumpter Laser mit interner Frequenzverdopplung“ von der J... AG eingereicht und am 19. April 2001 mit der DE 199 46 176 A1 offengelegt. Mit der Anmeldung wurde Prüfungsantrag gestellt.
2. Die Prüfungsstelle für Klasse H01S hat im Prüfungsverfahren auf den Stand der Technik gemäß den folgenden Druckschriften verwiesen:

- D1 A.Agnesi, G.C.Reali und P.G.Gobbi: „430-mW Single-Transverse-Mode Diode-Pumped Nd:YVO₄ Laser at 671 nm“; in: IEEE J. Quant. Electr., Vol. 34, No. 7, 1998, S. 1297 bis 1300;
- D2 S.Erhard et al.: „Novel Pump Design of Yb:YAG Thin Disc Laser for Operation at Room Temperature with Improved Efficiency“; in: OSA TOPS, Vol. 26, Advanced Solid-State Lasers, M.M. Fejer et al. (eds.), 1999 Optical Society of America, S. 38 bis 44;
- D3 WO 99/18 639 A1;
- D4 J.-P.Meyn and G.Huber: „Intracavity frequency doubling of a continuous-wave, diode-laser-pumped neodymium lanthanum scandium borate laser“; in: Optics Letters, Vol. 19, No. 18, 1994, S. 1436 bis 1438;
- D5 WO 96/37 023 A1;
- D6 D. Shen et al.: „Efficient operation of an intracavity-doubled Nd:YVO₄/KTP laser end pumped by a high-brightness laser diode“; in Applied Optics, Vol. 37, No. 33, 1998, S. 7785 bis 7788;
- D7 WO 97/45 901 A1;
- D8 US 5 627 849 A und
- D9 W. Koechner: „Solid-State Laser Engineering“; Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1988, 2. Aufl., Abschn. 10.1.1; ISBN 3-540-18747-2.

Sie hat in drei Bescheiden ausgeführt, dass die jeweils beanspruchten Gegenstände der zum jeweiligen Zeitpunkt geltenden Ansprüche nicht patentfähig seien, da sie gegenüber dem ermittelten Stand der Technik entweder nicht neu seien (§ 3 PatG) oder aber auf keiner erfinderischen Tätigkeit des Fachmanns beruhten (§ 4 PatG). Sie vermöge auch den Unteransprüchen keine Merkmale zu entnehmen, die zur Begründung einer erfinderischen Tätigkeit herangezogen werden könnten. Im letzten Bescheid vom 10. Januar 2008 hat sie zudem ausgeführt, dass der Gegenstand des zu diesem Zeitpunkt geltenden Anspruchs 1 ursprünglich nicht offenbart sei (§ 38 PatG).

Die Anmelderin hat der Prüfungsstelle in drei Eingaben widersprochen, wobei sie mit den ersten beiden Eingaben auch jeweils geänderte Patentansprüche eingereicht hat. In ihrer letzten Eingabe vom 22. Mai 2008 hat sie dabei der Ansicht der Prüfungsstelle, dass mit dem zu diesem Zeitpunkt geltenden Anspruch 1 ein Gegenstand beansprucht werde, der ursprünglich nicht offenbart sei, ausdrücklich widersprochen und keine Änderung der zu diesem Zeitpunkt geltenden Ansprüche vorgenommen.

In der Folge hat die Prüfungsstelle die Anmeldung mit Beschluss vom 29. Juni 2012 zurückgewiesen, da der Gegenstand des selbständigen Anspruchs 1 ursprünglich nicht offenbart sei (§ 38 PatG). Sie hat dabei angegeben, dass der von der Anmelderin gezogene Rückschluss aus einer ursprünglich offenbarten Stelle auf ein in Anspruch 1 eingefügtes Merkmal physikalisch falsch sei, so dass das in den Anspruch 1 aufgenommene Merkmal nicht zwangsweise aus dieser Stelle folge. In diesem Beschluss hat die Prüfungsstelle zudem ausgeführt, dass der Gegenstand des Anspruchs 1 gegenüber der Zusammenschau der Druckschriften D2, D4 und D7 auch auf keiner erfinderischen Tätigkeit des Fachmanns beruhe (§ 4 PatG).

In der elektronischen Akte des Deutschen Patent- und Markenamts findet sich eine PDF-Datei mit der Bezeichnung „Zurückweisungsbeschluss - Signiert“ und eine Signaturdatei „SIG-1“.

3. Gegen diesen der Anmelderin am 9. Juli 2012 zugestellten Zurückweisungsbeschluss hat die Anmelderin am 6. August 2012 beim Deutschen Patent- und Markenamt elektronisch Beschwerde eingelegt, die sie mit Schriftsatz vom 31. August 2012 begründet hat.

4. In der mündlichen Verhandlung am 10. Mai 2016 hat die Anmelderin einen neuen Anspruchssatz mit einem selbständigen Anspruch 1 und zwölf auf diesen

direkt oder indirekt rückbezogenen Unteransprüchen 2 bis 13 und eine überarbeitete Beschreibung eingereicht und beantragt:

1. Den Beschluss der Prüfungsstelle für Klasse H01S des Deutschen Patent- und Markenamtes vom 29. Juni 2012 aufzuheben.

2. Ein Patent zu erteilen mit der Bezeichnung „Diodengepumpter Laser mit interner Frequenzverdopplung“, dem Anmelde- tag 21. September 1999 auf der Grundlage folgender Unterlagen:
 - Patentansprüche 1 bis 13,
 - Beschreibungsseiten 1 bis 14, jeweils überreicht in der mündlichen Verhandlung am 10. Mai 2016;
 - 3 Blatt Zeichnungen mit Figuren 1 bis 5, eingegangen im Deutschen Patent- und Markenamt am Anmelde- tag.

5. Der in der mündlichen Verhandlung überreichte Anspruch 1 lautet (*Gliederung bei unverändertem Wortlaut eingefügt*):

- „1. Diodengepumpter Laser mit interner Frequenzverdopplung und einstellbarer Ausgangsleistung,
 - 1.1 bei dem innerhalb eines Laserresonators als laseraktives Medium ein scheibenförmiger Festkörper und
 - 1.2 diesem im Strahlengang nachgeordnet, ein nichtlinearer optischer Kristall zur Umwandlung von Laserstrahlung einer Laser-Grundwellenlänge in Laserstrahlung einer anderen Wellenlängen vorgesehen sind,
 - 1.3 wobei der scheibenförmige Festkörper mit seiner geringsten Abmessung in Richtung der Resonatorachse ausgedehnt und

- 1.4 mit seiner vom Resonatorinneren weggerichteten großflächigen Seite auf einem Kühlelement befestigt ist, dadurch gekennzeichnet,
- 1.5 dass die Strahlqualität der mit Hilfe des nichtlinearen optischen Kristalls erzeugten Laserstrahlung durch eine Beugungsmaßzahl M^2 zwischen eins und zehn charakterisiert ist und
- 1.6 dass zur Stabilisierung der Leistung die Umwandlung von Laserstrahlung der Laser-Grundwellenlänge in Laserstrahlung der anderen Wellenlänge mit einer geringeren Effektivität (η_{SHG}) erfolgt, als diese zum Erreichen einer maximalen Leistung (P_{MAX}) der umgewandelten Laserstrahlung notwendig ist,
- 1.7 wodurch eine schnelle Schaltbarkeit unterschiedlicher Ausgangsleistungen innerhalb 1 ms resultiert,
- 1.8 zu deren Einstellung eine Änderung der Pumpleistung über den Diodenstrom einer zum Pumpen verwendeten Laserdiode vorgesehen ist,
- 1.9 wobei die Effektivität der Umwandlung (η_{SHG}) in einen Bereich von 50%-90% der Effektivität gelegt ist, bei der die maximale Leistung (P_{MAX}) der umgewandelten Laserstrahlung erreichbar ist,
- 1.10 wobei als nichtlinearer optischer Kristall (11) ein LBO-Kristall mit einer Kristalllänge von größer als 2 mm bis 10 mm verwendet wird, durch den eine Frequenzverdopplung mit kritischer Winkel-Phasen Anpassung erzeugt wird.“

Hinsichtlich der Unteransprüche 2 bis 13 sowie der weiteren Einzelheiten wird auf den Akteninhalt verwiesen.

II.

Die form- und fristgerecht erhobene Beschwerde der Anmelderin ist zulässig und erweist sich nach dem Ergebnis der mündlichen Verhandlung vom 10. Mai 2016 auch als begründet. Sie führt zur Aufhebung des Beschlusses der Prüfungsstelle für Klasse H01S und zur Erteilung des Patents gemäß dem in der mündlichen Verhandlung gestellten Antrag, denn die geltenden Patentansprüche sind zulässig, und ihre gewerblich anwendbare Lehre ist sowohl ausführbar als auch patentfähig.

1. Die in der elektronischen Akte des DPMA als „Zurückweisungsbeschluss - Signiert“ bezeichnete PDF-Datei enthält, ebenso wie die Dokumentanzeige in der Signaturdatei, mehrere Beschlusstexte, so dass eine präzise Bestimmung der Urschrift ebenso wie die Zuordnung der Signatur problematisch ist. Da der Tenor und die Gründe der mehrfach vorhandenen Beschlusstexte jedoch übereinstimmen, ist der Inhalt der Entscheidung, die mit einer qualifizierten Signatur versehen werden sollte, zumindest bestimmbar (*vgl. BPatG BIPMZ 2014, 355, 356 - Anordnung zur Erfassung von Berührungen auf einer Trägerplatte*), weshalb der Senat keine Veranlassung sieht, das Verfahren nach § 79 Abs. 3 S. 1 Nr. 2 PatG an das Deutsche Patent- und Markenamt zurückzuverweisen.

2. Die Erfindung betrifft einen diodengepumpten Laser mit interner Frequenzverdopplung, bei dem innerhalb eines Laserresonators als aktives Medium ein Festkörper mit einem im Wesentlichen parallel zur Resonatorachse gerichteten Temperaturgradienten und diesem im Strahlengang nachgeordnet, ein nichtlinearer optischer Kristall zur Umwandlung von Laserstrahlung einer Laser-Grundwellenlänge in Laserstrahlung einer anderen Wellenlänge vorgesehen sind.

Ein derartiger Laser ist beispielsweise aus Druckschrift D2 bekannt.

Die Umwandlung von Laserstrahlung einer Laser-Grundwellenlänge in eine Laserstrahlung mit einer anderen Wellenlänge, wie z. B. die Erzeugung der zweiten Harmonischen mit Hilfe eines nichtlinearen optischen Kristalls ist aus verschiedenen prinzipiellen Gründen mit Problemen einer nichtlinearen Dynamik behaftet, woraus ein instabiles Verhalten der Ausgangleistung resultiert. Die Ursachen für solche Instabilitäten sind von verschiedener Natur.

So führt die nichtlineare Kopplung der Lasermoden durch nichtlineare optische Prozesse im Frequenzverdopplerkristall zu Leistungsfluktuationen des Lasers, dem sogenannten "green problem", (vgl. *T. Baer, J. Opt. Soc. Am. B3, 1175 (1986)*).

Der Aufbau von thermischen Linsen im Laserkristall und im Frequenzverdopplerkristall (KTP-Kristall) führt beim Einschalten zu einer komplexen Antwort der Ausgangsleistung als Funktion des Diodenstroms, da die thermische Linse die Lasermode im Resonator beeinflusst und damit die Effektivität der Frequenzverdopplung, die von der Intensität des Laserfeldes im Frequenzverdopplerkristall abhängt, ändert. Dies behindert eine Stellbarkeit der Leistung über den Diodenstrom.

Die vom Stand der Technik angebotenen technischen Lösungen lösen nur Teilprobleme, ohne den Erfordernissen in ihrer Gesamtheit gerecht zu werden. Zur Erzeugung stabiler Laserausgangsleistungen ist es bekannt, Laserresonatoren entweder im Vielmoden- (> 100) oder im Einmodenbetrieb arbeiten zu lassen.

Die US 5 446 749 A sieht eine Laseranordnung mit besonders langem Resonator vor. Durch die Anregung vieler longitudinaler Moden wird ein amplitudenstabiler Betrieb erzielt. Die Ausgangsleistung des Lasers ist aufgrund der sich ausbildenden starken thermischen Linse in dem verwendeten Laserkristallstab nicht über den Diodenstrom stellbar, da zu Beginn der Leistungseinstellung eine Leistungsschwankung bei der erzeugten zweiten Harmonischen auftritt. Der besonders

lange Resonator führt zu großen Abmessungen des derart hergestellten Lasers und ist mit einem hohen Kostenaufwand verbunden.

Für den Einmodenbetrieb ist es bekannt, die zweite Harmonische durch interne Frequenzverdopplung in einem Resonator eines sogenannten Yb:YAG-Scheibenlasers zu erzeugen, bei dem das verwendete laseraktive Festkörpermedium die Form einer dünnen Scheibe aufweist, deren Ausdehnung in Ausbreitungsrichtung der Laserstrahlung (Laserachse) im Verhältnis zu den anderen Abmaßen stark reduziert ist. Gemäß der DE 43 44 227 A1 wird ein solcher Laserkristall mit einer senkrecht zur Laserausbreitungsrichtung gerichteten Fläche an einem massiven Kühlelement befestigt. Dadurch entsteht im Kristall ein zur Laserachse vorwiegend paralleler Temperaturgradient, wodurch die Ausbildung einer störenden thermischen Linse stark reduziert wird. Der beschriebene Laser verwendet einen langen Resonator (ca. 1 m) mit einem unkritisch temperatur-phasenangepassten LBO-Kristall als nichtlinearen optischen Kristall. Der Einmodenbetrieb wird in bekannter Weise dadurch erzwungen, dass zur Reduzierung der Anzahl der longitudinalen Moden Etalons und Doppelbrechungsfilter in den Resonator gestellt sind. Diese sind teuer, sehr empfindlich zu justieren und verursachen resonatorinterne Verluste, wodurch sich die Effektivität des Lasers auf die angegebenen 15,5% verringert.

Zwar erzeugt diese technische Lösung eine stabile Laserleistung, doch kann auch diese nicht ohne Anfangsstörungen variiert werden. Ein steuerbarer Impulsbetrieb mit Impulslängen im Millisekundenbereich bis hin zu Dauerstrich, wie er für den medizinischen Einsatz, z. B. für Koagulationsbehandlungen am menschlichen Auge, zur Verfügung stehen muss, ist mit einer solchen Lösung nicht realisierbar. Auch die langen Resonatorabmessungen wirken sich störend für eine derartige Verwendung aus.

Eine weitere Lösung wird in Form eines sogenannten Mikrochiplasers mit geringer Resonatorlänge und resonatorinternem nichtlinearem Kristall in der

US 5 511 085 A vorgestellt. Während ein Endpumpen die Zahl der transversalen Moden bereits begrenzt, reduzieren resonatorinterne Etalonneffekte das longitudinale Modenspektrum durch zusätzliche Beschichtungen auf dem Laserkristall oder dem nichtlinearen Kristall weiter. Starke thermische Effekte beanspruchen in erhöhtem Maße die optischen Elemente, begrenzen die Laserausgangsleistung und beschränken dadurch die Anwendungsbreite des Lasers. Auch die Justage der Anordnung ist dadurch erschwert (*vgl. S. 1, Z. 3 bis S. 4, Z. 14 der geltenden Beschreibung*).

Hiervon ausgehend liegt der Anmeldung als technisches Problem die Aufgabe zugrunde, störende Leistungsschwankungen bei der mit Hilfe des nichtlinearen optischen Kristalls erzeugten Laserstrahlung zu Beginn der Leistungseinstellung mit einem einfachen und damit preisgünstigen Aufbau zu vermeiden, ohne dass sich leistungsmindernde Elemente im Resonator und thermische Effekte negativ auf das Laserverhalten auswirken (*vgl. S. 4, Z. 16 bis 22 der geltenden Beschreibung*).

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst.

Der beanspruchte Festkörperlaser arbeitet somit mit interner Frequenzverdopplung, was bedeutet, dass ein nichtlinearer optischer Kristall, der zur Frequenzverdopplung genutzt wird, sich innerhalb des Laserresonators befindet. Der Laser besitzt als laseraktives Medium einen scheibenförmigen Festkörper, der Licht einer Grundwellenlänge erzeugt. Gepumpt wird dieser Festkörperlaser durch eine oder mehrere Laserdioden. Der scheibenförmige Festkörper ist dabei so angeordnet, dass seine geringste Abmessung, dies ist die Scheibendicke, in Richtung der Resonatorachse ausgedehnt ist. Er ist weiter mit der vom Inneren des Resonators abgewandten großen Fläche auf einem Kühlelement angeordnet.

Dem scheibenförmigen Festkörper im Strahlengang nachgeordnet ist innerhalb des Resonators der nichtlineare optische Kristall angeordnet, der die Laserstrahlung mit der Grundwellenlänge in Laserstrahlung mit einer anderen Wellenlänge umwandelt. Dies ist, da es sich um einen Festkörperlaser mit interner Frequenzverdopplung handelt, Laserstrahlung mit der halben Wellenlänge. Diese Umwandlung findet nicht mit der für die maximal mögliche Ausgangsleistung des Lichts dieser Wellenlänge erforderlichen Effektivität (η_{SHG}) statt, sondern mit einer dazu geringeren Effektivität. Sie beträgt 50% bis 90% der Effektivität, die für die maximale Leistung erforderlich wäre.

Anspruch 1 gibt auch die Wirkung an, welche mit dieser Maßnahme erzielt werden soll, nämlich eine schnelle Schaltbarkeit der Laserausgangsleistung. Diese liegt innerhalb 1 ms. Geschaltet wird der Laser durch eine Änderung der Pumpleistung, welche über den Diodenstrom der Laserdioden eingestellt wird. Dies bedeutet, dass eine Änderung der Diodenstroms der Pumplaserdioden innerhalb 1 ms zur Einstellung der diesem Diodenstrom entsprechenden Laserausgangsleistung führt.

Als nichtlinearer optischer Kristall wird dabei ein Lithiumtriborat (LBO)-Kristall verwendet, der eine Länge von mehr als 2 mm bis zu 10 mm aufweist und bei dem die Frequenzverdopplung mit kritischer Winkel-Phasen Anpassung geschieht.

Anspruch 1 macht zudem noch Angaben zur Qualität der mit dem nichtlinearen optischen Kristall erzeugten Laserstrahlung. Sie hat eine Beugungsmaßzahl M^2 zwischen eins und zehn, also $1 < M^2 < 10$. Die Beugungsmaßzahl M^2 , die ein Maß dafür ist, wie gut sich ein Strahl fokussieren lässt, gibt den Divergenzwinkel eines realen Laserstrahls φ_{real} im Vergleich zum Divergenzwinkel eines idealen Gaußstrahls $\varphi_{\text{Gauß}}$ mit gleichem Durchmesser an der Strahltaile an, so dass gilt: $M^2 = \frac{\varphi_{\text{real}}}{\varphi_{\text{Gauß}}}$. Damit hat ein Gaußstrahl immer eine Beugungsmaßzahl $M^2 = 1$. Für alle anderen Strahlprofile gilt $M^2 > 1$. Der ideale Gaußstrahl ist eine ideale transversale TEM₀₀-Mode. Er ließe sich nur bei vollständig makelloser Ausführung der

Spiegel angepasst an die Wellenfronten und fehlerfreier Justierung realisieren. Da beides in der Realität nicht möglich ist, hat selbst die TEM₀₀-Mode eines realen Monomode-Lasers eine Beugungsmaßzahl $M^2 > 1$. Damit ist die beanspruchte Untergrenze $M^2 > 1$ keine Einschränkung des beanspruchten Gegenstandes. Lediglich die Obergrenze schränkt den beanspruchten Gegenstand in Bezug auf die Anzahl der lateralen Moden ein.

3. Als zuständiger Fachmann ist hier ein im Bereich der Lasertechnik erfahrener Physiker mit Hochschulabschluss zu definieren, der mit der Entwicklung von Festkörperlasern betraut ist.

4. Die geltenden Ansprüche sind zulässig (§ 38 PatG).

So geht der geltende Anspruch 1 aus dem ursprünglichen Anspruch 1 (Teil der Merkmale 1 und 1.1, Merkmal 1.2, Teil des Merkmals 1.6) durch Aufnahme von Merkmalen aus den ursprünglichen Ansprüchen 2 (Merkmal 1.9), 5 (Merkmal 1.5), 6 (Merkmal 1.10) und aus der ursprünglichen Beschreibung hervor. Dabei wurden Merkmale aus den Fig. 1 und 5 in Verbindung mit S. 8, Z. 30 bis S. 9, Z. 6 (Merkmal 1.3, 1.4, Teil des Merkmals 1.1), S. 7, Z. 30 bis S. 8, Z. 3 (Merkmal 1.7), S. 10, Z. 18 bis 23 (Teil des Merkmals 1.6) und Fig. 4 in Verbindung mit S. 12, Z. 7 bis 12 (Teil des Merkmals 1, Merkmal 1.8) in den Anspruch aufgenommen.

Aus dem ursprünglichen Anspruch 1 wurde dabei weggelassen, dass der Festkörper einen vorwiegend parallel zur Resonatorachse gerichteten Temperaturgradienten aufweist. Das Weglassen dieses Merkmals führt jedoch zu keiner unzulässigen Erweiterung des nunmehr beanspruchten Gegenstandes, denn mit den Merkmalen 1.3 und insbesondere 1.4 wurden Merkmale eines Ausführungsbeispiels eingefügt, bei dem der Festkörper einen vorwiegend parallel zur Resonatorachse gerichteten Temperaturgradienten aufweist (*vgl. S. 8, Z. 30 bis S. 9, Z. 6 der ursprünglichen Beschreibung*). Das weggelassene Merkmal ergibt sich

somit zwangsweise bei dem jetzt beanspruchten Laser, so dass lediglich ein redundantes Merkmal weggelassen wurde.

Auch der Ausschluss der Bereichsgrenze für die Länge des nichtlinearen Kristalls im Merkmal 1.10 ist zulässig, da mit der Angabe eines Bereichs alle im Bereich enthaltenen Werte offenbart sind, aus denen die Anmelderin einen Teil auswählen kann (vgl. *BGH GRUR 1990, 510 – „Crackkatalysator I“*, *BGH GRUR 2000, 591 – „Inkrustierungsinhibitoren“*). Der Gegenstand des Anspruchs 1 nach Hauptantrag ist demnach ursprünglich offenbart, so dass Anspruch 1 des Hauptantrags zulässig ist.

Die Ansprüche 2 bis 13 gehen aus den ursprünglichen Ansprüchen 3, 4 und 9 bis 18 hervor, so dass auch ihre Gegenstände ursprünglich offenbart sind. Damit sind auch die Unteransprüche und mit ihnen der gesamte Anspruchssatz zulässig.

5. Bezüglich der Ausführbarkeit der Lehren der Ansprüche bestehen keine Zweifel (§ 34 Abs. 4 PatG).

6. Der gewerblich anwendbare (§ 5 PatG) Gegenstand des Anspruchs 1 ist hinsichtlich des ermittelten Standes der Technik neu (§ 3 PatG) und beruht diesem gegenüber auch auf einer erfinderischen Tätigkeit des zuständigen Fachmanns (§ 4 PatG).

Aus der Druckschrift D2 ist in Übereinstimmung mit dem Gegenstand des Anspruchs 1 ein

diodengepumpter Laser mit interner Frequenzverdopplung und einstellbarer Ausgangsleistung (siehe *Fig. 2 und 7 i. V. m. S. 39 letzter Abs.:* „*The novel pump design for sixteen passes in the Yb:YAG crystal is shown schematically in Fig. 2. The pump radiation from a fibre coupled diode laser is first collimated by a lens...*“

Zwischenüberschrift auf S. 43: „*Intracavity Second-Harmonic Generation*“) bekannt,

1.1 bei dem innerhalb eines Laserresonators (siehe Fig. 7 inklusive der Figurenunterschrift: „*Resonator configuration for intracavity second-harmonic generation.*“) als laseraktives Medium ein scheibenförmiger Festkörper (siehe die Festkörperlaserscheibe links oben im Resonator der Fig. 7 und Fig. 2 i. V. m. S. 38, letzter Abs.: „*A realization of sixteen absorption passes with a novel pump design is then discussed in detail and recent experiments revealing highly efficient room temperature operation of a thin disc laser by using the improved pumping scheme are reported.*“) und

1.2 diesem im Strahlgang nachgeordnet, ein nichtlinearer optischer Kristall zur Umwandlung von Laserstrahlung einer Laser-Grundwellenlänge in Laserstrahlung einer anderen Wellenlängen vorgesehen sind (siehe Fig. 7 i. V. m. S. 43, vorletzter Abs.: „*The novel pump design was also used for intracavity second-harmonic generation. The resonator setup is shown in Fig. 7. We used a 12 mm long non-critically phase matched LBO crystal for frequency doubling the fundamental laser wavelength of 1030 nm.*“),

1.3 wobei der scheibenförmige Festkörper mit seiner geringsten Abmessung in Richtung der Resonatorachse ausgedehnt und

1.4 mit seiner vom Resonatorinneren weggerichteten großflächigen Seite auf einem Kühlelement befestigt ist (siehe Fig. 2 mit dem Bezug: „*heat sink with crystal in focal plane*“), wobei

1.5 die Strahlqualität der mit Hilfe des nichtlinearen optischen Kristalls erzeugten Laserstrahlung durch eine Beugungsmaßzahl M^2 zwischen eins und zehn charakterisiert ist (Wie bereits dargelegt, liegt M^2 immer über der Untergrenze. Für den Strahl der fundamentalen Wellenlänge werden Werte für M^2 von 1.01 bis 7,27

angegeben. Diese Werte finden sich auch in den Fig. 3 und 4 und sind neben der Resonatorlänge auch von der Pumpleistung abhängig. Der frequenzverdoppelte Strahl hat bekanntlich eine nur wenig von dem Fundamentalstrahl abweichende Strahlqualität. Damit gibt es zumindest Ausführungsformen mit M^2 im Bereich zwischen 1 und 10.), und wobei

1.10' als nichtlinearer optischer Kristall ein LBO-Kristall verwendet wird (siehe Fig. 7 mit der Angabe „LBO“.).

Druckschrift D2 macht keine Angaben zu dem sog. „green problem“, also einer Instabilität der Laserleistung über die Zeit. Außerdem macht sie keine Angaben zur Möglichkeit des Schaltens der Ausgangsleistung und den dabei auftretenden Zeitkonstanten, so dass die Merkmale 1.6 bis 1.9 dieser Druckschrift nicht zu entnehmen sind. Druckschrift D2 beschäftigt sich in erster Linie mit einem Pumpkonzept für ein scheibenförmiges Festkörperlasermaterial (vgl. den Titel: „*Novel Pump Design of Yb:YAG Thin Disc Laser for Operation at Room Temperature with Improved Efficiency*“). Sie offenbart zwar, wie bereits angegeben, einen nichtlinearen optischen Kristall aus LBO, doch ist dieser 12 mm lang und erzeugt die Frequenzverdopplung mittels unkritischer Phasenanpassung (vgl. die bereits zitierte Stelle S. 43 vorletzter Abs.), so dass auch diese Teile des Merkmals 1.10 in Druckschrift D2 nicht offenbart sind.

Die Erzeugung der frequenzverdoppelten Strahlung mittels kritischer Phasenanpassung kann jedoch eine erfinderische Tätigkeit nicht begründen, denn, wie beispielsweise das Lehrbuch D9 zeigt, handelt es sich bei der kritischen Phasenanpassung um eine dem Fachmann bekannte, zur unkritischen Phasenanpassung alternative Verwendung eines doppelbrechenden Kristalls (vgl. Druckschrift D9, S. 485 und 486, Abschnitte „*Critical Phase Matching*“ und „*Noncritical Phase Matching*“).

Druckschrift D4 geht auf das bei interner Frequenzverdopplung auftretende „green-problem“ ein und offenbart hierfür eine Lösung. Sie zeigt auf, dass Frequenzverdoppelungskristalle, die kürzer als die optimale Länge sind und damit eine geringere Effektivität (η_{SHG}) der Strahlungsumwandlung besitzen als die Kristalle mit optimaler Länge, zu einem stabilen Verhalten der Ausgangsstrahlungsleistung führen, während für längere, aber immer noch unter der optimalen Länge liegende Kristalle Instabilitäten auftreten können (vgl. S. 1436, *spaltenübergreifender Abs.*: „According to the theory of Smith,⁶ there is an optimum coupling of the nonlinear crystal in intracavity-doubled continuous-wave lasers similar to the optimum output coupling for a conventional laser. [...] These values yield an optimum length $l_{\text{opt}} = 0.015 \text{ m}$, which is much longer than that of the nonlinear crystals used in our experiments. However, the conversion efficiency is not very sensitive to the length of the nonlinear crystal, if the laser is operating far above threshold...“). Es zeigt sich im Folgenden, dass relativ kurze nichtlineare optische Kristalle zu einer Stabilisierung führen (siehe Fig. 4 i. V. m. der Bildunterschrift: „Fig. 4. Intensity fluctuations of the frequency-doubled Nd:LSB laser monitored behind a light chopper. The laser emission was stable with a 1- or 0.5-mm-long KTP crystal“). Zusammen mit der Tatsache, dass bei einem 2 mm langen Kristall, der doch deutlich unter der optimalen Länge von 15 mm liegt, noch Schwierigkeiten bestanden, die Ausgangsleistung zu stabilisieren (vgl. S. 1438, *spaltenübergreifender Abs.*: „... We observed stable emission without chaotic intensity fluctuations if the KTP crystal was 1 mm long or shorter. Using a separate 2-mm KTP crystal and an external-cavity mirror, we observed that careful alignment was necessary to suppress chaotic fluctuations.“), zeigt dies, dass ein deutlicher Abstand von der optimalen Länge und damit der Effektivität (η_{SHG}) der Strahlungsumwandlung für maximale Ausgangsleistung notwendig ist, um die Fluktuationen zu vermeiden.

Am Ende von Druckschrift D4 werden noch gleichartige Ergebnisse anderer Autoren angesprochen (vgl. S. 1438, *rechte Sp. 2. Abs.*: „Baer demonstrated¹⁰ that the chaotic fluctuations increase with higher nonlinear coupling. If the beam diameter remains almost constant in the cavity, the nonlinear coupling of a phase-matched

nonlinear crystal with a given d_{eff} is dependent only on its length. Therefore one possible solution of the green problem is the use of a short nonlinear crystal with sufficiently low nonlinear coupling. This was experimentally verified recently with a 2-mm-long KTP crystal and YVO_4 in a 2.5-mm-long cavity.¹² By use of a low-loss laser and nonlinear crystals it is possible to obtain a good conversion efficiency, even with a KTP crystal of 1 mm or less.”).

Der Fachmann wird erkennen, dass er sich einen Teil der zusätzlichen optischen Elemente wie die Etalons im Laserresonator der Druckschrift D2 (siehe Fig. 7) sparen kann, wenn er diese Art der passiven Stabilisierung verwendet. Es ist deshalb naheliegend, die Lehre der Druckschrift D4 auf Druckschrift D2 zu übertragen und auch dort kürzere nichtlineare Kristalle zu verwenden, so dass diese eine geringere Effektivität bei der Umwandlung besitzen als es zum Erreichen einer maximalen Leistung notwendig wäre. Er kommt somit in naheliegender Weise auch zum Merkmal 1.6 des Anspruchs 1.

Offen bleibt dabei allerdings, ob der Fachmann mit diesen Maßnahmen das gesetzte Ziel der schnellen Schaltbarkeit innerhalb 1 ms erreicht (Merkmale 1.7 und 1.8). Dieses Ziel an sich ist dem Fachmann aus Druckschrift D7 bekannt. So geht Druckschrift D7 näher darauf ein, wofür die grünen Festkörperlaser, wie Druckschrift D2 einen zeigt, eingesetzt werden, nämlich beispielsweise in der Medizin zur Photokoagulation (vgl. S. 1, Z. 29 bis 32: *„Many practical applications of CW green lasers require intermittent operation. For example, among medical applications, commonly necessary photocoagulation procedures require that the green source be “pulsed”, typically with a pulse duration of one to five hundred milliseconds.”*). Sie offenbart ausgehend von diesem Einsatzgebiet auch die im Stand der Technik erfüllten Anforderungen an einen solchen Laser, nämlich die Fähigkeit, Pulse im Bereich von 100 bis 500 ms auszusenden. Wünschenswert wäre aber ein Verhalten, bei dem sich die Zeitverzögerungen des grünen Lasers so verhalten, dass dieser wie eine Laserdiode betrieben werden kann (vgl. S. 5, Z. 4 bis 5: *„In short, to be accepted, the next generation of diode-pumped green lasers would*

need to be more like laser diodes themselves.“). Damit werden dann auch neue Anforderungen erfüllbar, so auch Pulsdauern von weniger als 1 ms (vgl. S. 12, Z. 30 bis 32: *„For example, for direct retinal treatment it is desirable to apply laser pulses having a duration of about 100 milliseconds, while for certain dermatological procedures pulse durations under one millisecond may be called for.”*).

Die Druckschrift D7 zeigt, dass diese Anforderungen für einen Festkörperlaser mit interner Frequenzverdopplung (siehe Fig. 1 i. V. m. S. 7, Z. 12 bis S. 8, Z. 13) erfüllbar sind. Hierzu werden mehrere Maßnahmen ergriffen, die letztendlich auf eine Temperaturkontrolle vor allem der Pumplaserdioden, um deren Chirp zu vermeiden, und des nichtlinearen optischen Kristalls hinauslaufen. Damit wird dann, wie Fig. 5 zeigt, erreicht, dass das grüne, frequenzverdoppelte emittierte Licht in seiner Intensität der Ansteuerung durch die Laserdioden folgt (vgl. S. 14, Z. 9 bis 14: *„As shown in curve a of figure 5, by preheating the diode source, transient behavior of the diode is reduced and the green output is made to rise more abruptly, more accurately tracking the applied pulse signal. By also preheating the doubling crystal, the doubling efficiency of this initial pulse edge is further enhanced, as indicated by curve b in the figure, to yield a green output of a shape identical to the applied drive signal.”*).

Da Laserdioden Schaltzeiten unter 1 ms besitzen (vgl. S. 4, Z. 30 bis 33: *„This drawback stems from the fact that, although diodes can turn on very quickly, in nanoseconds or microseconds, they suffer frequency chirp due to thermal effects over a time span of tens of milliseconds when they are energized.”*) bedeutet dies, dass auch der Festkörperlaser mit entsprechenden Maßnahmen eine Schaltzeit unter 1 ms erreichen kann. Fraglich ist dabei, inwiefern diese Maßnahmen, wenn sie auf den Laser aus Druckschrift D2 übertragen werden, der einen deutlich anderen Aufbau zeigt als der in Druckschrift D7 offenbarte, zu diesem gewünschten Erfolg führen, so dass es zwar naheliegt, dass der Fachmann die in Druckschrift D7 offenbarten Maßnahmen auch für den Laser aus Druckschrift D2 ergreifen wird, aber nicht schlüssig nachgewiesen werden kann, dass eine Schaltzeit von

unter 1 ms auch bei dem in Druckschrift D2 offenbarten Laser erreicht werden kann.

Einen Hinweis darauf, wie weit die Umwandlungseffektivität des nichtlinearen optischen Kristalls abgesenkt werden muss, und wie lang hierzu der doppelbrechende Kristall sein muss, gibt Druckschrift D7 nicht.

Auch die weiteren Druckschriften geben in Verbindung mit Druckschrift D2 keinen Hinweis, der eine erfinderische Tätigkeit in Frage stellen könnte.

Druckschrift D1 offenbart ebenfalls einen diodengepumpten Laser mit interner Frequenzverdopplung (*siehe Fig. 3*). Auch dieser Laser enthält einen LBO-Kristall als nichtlinearen optischen Kristall, der allerdings Typ II unkritisch phasenangepasst ist und eine Länge von 15 mm aufweist (*vgl. S. 1297, rechte Sp. letzter Abs.: „For the ICSHG experiment, we chose a type II noncritically phase-matched 15-mm LBO crystal (AR-coated at 1342 and 671 nm), which was z-cut and aligned with x and y axes at 45° with respect to the resonator (horizontal) plane.“*). Um das „green-problem“ zu lösen, wird der Kristall leicht verdreht, was eine Herabsetzung der Umwandlungseffizienz darstellt (*vgl. S. 1299, linke Sp., letzter Abs.: „Employing a fast photodiode and an oscilloscope, we generally observed a spiky behavior, common in intracavity doubled compact lasers, which was due to nonlinear coupling of longitudinal modes [13]. It was sufficient to tilt the LBO crystal a few degrees off the resonator axis, and readjust the temperature to suppress this noise, with a moderate loss of output power (15%), resulting in a maximum of 370-mW output.“*). Auch wenn die Ausgangsleistung um 15 % herabgesetzt wird, kann dabei nicht auf eine Herabsetzung der Umwandlungseffektivität um 15 % geschlossen werden, denn im Laserresonator erfolgen vielfache Durchläufe der Laserstrahlung, so dass die Umwandlungseffizienz wesentlich deutlicher herabgesetzt sein kann. Damit gibt Druckschrift D1 weder einen Hinweis auf das Merkmal 1.9, noch auf die im Merkmal 1.10 offenbarte Kristalllänge.

Druckschrift D3 gibt keine Länge für den nichtlinearen Kristall an. Sie offenbart eine Stabilisierung des Ausgangsstrahls durch weitere Elemente im Resonator, mit deren Hilfe erreicht werden soll, dass nur eine Lasermode anschwingen kann. Es handelt sich demnach um ein völlig anderes Konzept der Stabilisierung, so dass diese Schrift keine weiteren Anregungen geben kann.

Druckschrift D5 beschreibt einen Laser mit interner Frequenzverdopplung, bei dem eine Vielzahl longitudinaler Moden anschwingt, so dass der Laser auf diese Weise stabilisiert wird. Der nichtlineare optische Kristall ist auch hier leicht verdreht oder die Temperatur des Kristalls wird leicht falsch für eine unkritische Phasen Anpassung eingestellt (vgl. S. 18, Z. 15 bis 18: *„High amplitude stability is maintained for tilting of the LBO crystal to either side of normal, for translation of the Z position of the LBO doubling crystal 36 and/or high reflector 16, and temperature tuning the LBO by +/- 3 C of the optimum temperature.“*). Beides verringert die Umwandlungseffizienz. Angaben, um welchen Betrag sie verringert wird, fehlen genauso wie eine Angabe zur Länge des nichtlinearen Kristalls. Damit kann auch diese Druckschrift keine Anregung zu den fehlenden Merkmalen geben.

Druckschrift D6 beschäftigt sich mit der Optimierung des Laserresonators eines Lasers mit interner Frequenzverdopplung. Dabei steht ein möglichst hoher Wirkungsgrad im Vordergrund. Als nichtlinearer Kristall wird ein 5 mm langer KTP-Kristall verwendet (vgl. S. 7786, rechte Sp. letzter Abs.: *„For intracavity frequency doubling, a 5-mm-thick type II phase-matched KTP was located close to Nd:YVO₄, with its fast axis oriented at an angle of ~ 45° to the c axis of Nd:YVO₄.“*). Das „green-problem“ wird zwar angesprochen, aber als praktisch nicht existent angegeben (vgl. S. 7787, rechte Sp., vorletzter Abs.: *„The amplitude fluctuations of the green output, which have been referred to as the green problem,¹¹ were measured to be better than 5% using a photodiode. The power stability was measured to be better than 2% with a powermeter of > 1 h of operation.“*). Ob dabei die Länge des KTP-Kristalls kürzer als die für die maximale Leistung optimale Länge gewählt wurde, bleibt in dieser Druckschrift offen. Damit gibt Druckschrift D6 zwar eine

Länge des nichtlinearen Kristalls im beanspruchten Bereich an, jedoch für einen anderen Laser und ein anderes nichtlineares Material. Auch die beanspruchte Absenkung der Umwandlungseffizienz ist dieser Druckschrift nicht zu entnehmen.

Auch Druckschrift D8 kann keine Hinweise geben, denn sie beschäftigt sich mit der Position des Lasermaterials und des nichtlinearen Kristalls im Laserresonator. Durch die vorgeschlagene Positionierung wird eine Anzahl von weniger als zehn longitudinalen Lasermoden erreicht, was zu einer Verringerung der Instabilitäten führen soll. Die Länge des nichtlinearen Kristalls wird mit 1 bis 5 mm angegeben und liegt damit teilweise innerhalb des im Merkmal 1.10 beanspruchten Bereichs (vgl. Sp. 5, Z. 34 bis 37: „A nonlinear crystal 20 is also disposed in the laser resonator 10. The nonlinear crystal 20 should typically have a length of about 1 mm to about 5 mm. Suitable nonlinear crystal materials include but are not limited to: KTP, LBO, BBO, KNbO₃, LiNBO₃ etc.“). Doch auch hier ist nicht angegeben, ob und wie weit die Umwandlungseffektivität gegenüber der Umwandlungseffektivität für eine maximale Leistung abgesenkt ist und welche Länge für welches der angegebenen Materialien zu wählen ist. Damit kann auch diese Druckschrift keine weiteren Hinweise geben.

Insgesamt sind zwar alle Merkmale des Anspruchs 1, abgesehen von einem konkreten Zahlenwert für die Absenkung der Umwandlungseffizienz, aus einer der im Verfahren befindlichen Druckschriften bekannt, doch ergibt sich keine naheliegende Kombinationsmöglichkeit dieser Druckschriften, um zu einem Gegenstand mit allen Merkmalen des Anspruchs 1 zu gelangen (vgl. BGH GRUR 1999, 145 – „Stoßwellen-Lithotripter“). Dazu ist der beanspruchte Scheibenlaser, der in der beanspruchten Art nur aus Druckschrift D2 bekannt ist, zu den anderen Lasern, abgesehen von dem aus Druckschrift D4, zu unterschiedlich.

7. An den selbständigen Patentanspruch 1 können sich die Unteransprüche 2 bis 13 anschließen, da sie vorteilhafte Weiterbildungen des beanspruchten Gegenstands angeben, welche nicht platt selbstverständlich sind.

8. In der zuletzt in der mündlichen Verhandlung an die geltenden Ansprüche angepassten Beschreibung ist der Stand der Technik, von dem die Erfindung ausgeht, angegeben und die Erfindung anhand der Zeichnung ausreichend erläutert.

9. Bei dieser Sachlage war der angefochtene Beschluss der Prüfungsstelle für Klasse H01S aufzuheben und das Patent wie beantragt zu erteilen.

III.

R e c h t s m i t t e l b e l e h r u n g

Gegen diesen Beschluss steht der Anmelderin - vorbehaltlich des Vorliegens der weiteren Rechtsmittelvoraussetzungen, insbesondere einer Beschwer - das Rechtsmittel der **Rechtsbeschwerde** zu. Sie ist nur statthaft, wenn einer der nachfolgenden Verfahrensmängel gerügt wird, nämlich

1. dass das beschließende Gericht nicht vorschriftsmäßig besetzt war,
2. dass bei dem Beschluss ein Richter mitgewirkt hat, der von der Ausübung des Richteramtes kraft Gesetzes ausgeschlossen oder wegen Besorgnis der Befangenheit mit Erfolg abgelehnt war,
3. dass einem Beteiligten das rechtliche Gehör versagt war,
4. dass ein Beteiligter im Verfahren nicht nach Vorschrift des Gesetzes vertreten war, sofern er nicht der Führung des Verfahrens ausdrücklich oder stillschweigend zugestimmt hat,
5. dass der Beschluss aufgrund einer mündlichen Verhandlung ergangen ist, bei der die Vorschriften über die Öffentlichkeit des Verfahrens verletzt worden sind, oder
6. dass der Beschluss nicht mit Gründen versehen ist.

Die Rechtsbeschwerde ist **innerhalb eines Monats** nach Zustellung des Beschlusses

schriftlich durch einen beim Bundesgerichtshof zugelassenen Rechtsanwalt als Bevollmächtigten beim Bundesgerichtshof, Herrenstr. 45 a, 76133 Karlsruhe, einzureichen oder

durch einen beim Bundesgerichtshof zugelassenen Rechtsanwalt als Bevollmächtigten in elektronischer Form bei der elektronischen Poststelle des BGH, **www.bundesgerichtshof.de/erv.html**. Das elektronische Dokument ist mit einer prüfbaren qualifizierten elektronischen Signatur nach dem Signaturgesetz oder mit einer prüfbaren fortgeschrittenen elektronischen Signatur zu versehen. Die Eignungsvoraussetzungen für eine Prüfung und für die Formate des elektronischen Dokuments werden auf der Internetseite des Bundesgerichtshofs **www.bundesgerichtshof.de/erv.html** bekannt gegeben.

Dr. Strößner

Dr. Friedrich

Dr. Zebisch

Dr. Himmelmann

prä