

19



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

**LU100753**

12

## BREVET D'INVENTION

**B1**

21

N° de dépôt: LU100753

51

Int. Cl.:

G02B 27/09, G02B 6/32, G02B 15/173, G02B 27/30, G02B 9/22, G02B 19/00, B23K 26/046, B23K 26/06

22

Date de dépôt: 28/03/2018

30

Priorité:

72

Inventeur(s):

CHAN Danny – 14532 Kleinmachnow (Allemagne)

43

Date de mise à disposition du public: 01/10/2019

74

Mandataire(s):

24IP LAW GROUP SONNENBERG FORTMANN – 10117  
BERLIN (Allemagne)

47

Date de délivrance: 01/10/2019

73

Titulaire(s):

HIGHYAG LASERTECHNOLOGIE GMBH – 14532  
KLEINMACHNOW (Allemagne)

54

**ZOOMOPTIK.**

57

Die Erfindung betrifft eine Optik für Laserstrahlung und stellt ein optisches System zur Abbildung von Laserstrahlung mit einstellbarem Abbildungsmaßstab zur Verfügung, umfassend vier Linsen, welche in drei Linsengruppen angeordnet sind, wobei die in Strahlrichtung der Laserstrahlung angeordnete erste Linsengruppe eine erste Linse mit positiver Brennweite umfasst, die zweite Linsengruppe eine zweite und eine dritte Linse mit negativer Brennweite und die dritte Linsengruppe eine vierte Linse mit positiver Brennweite umfasst und zweite Linse eine plankonkave Form bis hin zu einem Meniskus aufweist und die dritte Linse bikonkav ist.



## ZOOMOPTIK

### Beschreibung

5

#### GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft eine Optik für Laserstrahlung.

10

#### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Lasern mit hoher Leistung werden zur Materialbearbeitung eingesetzt. Der aus einem Lichtleitkabel austretende Laserstrahl wird in einem an dessen Ende angebrachten Laserkopf mittels Laseroptiken mit entsprechenden Linsen kollimiert und anschließend fokussiert.

15

[0003] Bei Zoomkollimatoren kommt es durch Reflektion unter hohen Einfallswinkeln an optischen Flächen zu Energieeinträgen auf optomechanisch bewegten Teilen. Diese Teile müssen aufgrund von Dynamik und Kontamination reibungsarm gelagert werden. Dadurch sind sie automatisch zumeist auch gut thermisch entkoppelt, wodurch dann das Gehäuse der Optik nicht zur Kühlung und Ableitung von entstehender Wärme genutzt werden kann.

20

[0004] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Maßnahmen zur Verringerung der Reflektion von Laserstrahlung bekannt. So beschreibt das US-Patent US 7,450,301 B2 ein EUV-Lithographiesystem, bei dem die unterschiedlichen Einfallswinkel durch dann variierende Reflektivitäten über eine Spiegelfläche zu einer ungleichmäßigen Ausleuchtung der Austrittspupille führen. Dadurch kommt es zu Einbußen in der Auflösung. Dieses Dokument schlägt als technische Lösung vor den Spiegel mit einer Beschichtung zu versehen, deren Dicke über die Spiegelfläche variiert, so dass lokal jede Stelle je nach vorherrschendem Einfallswinkel der Strahlung ein angepasstes Beschichtungsdesign hat. Nachteilig an dieser Lösung ist, dass die Beschichtungsverfahren teuer und aufwendig sind.

25

30

[0005] Aus der WO 2009/024164 A: Ist ebenfalls ein Lithographiesystem bekannt, bei welchem die Beschichtungsdicke des Spiegels an die Einfallswinkel der Stahlung angepasst wurde, wobei für Freiformspiegel dann auch „Freiformbeschichtungen“ benötigt werden. Insbesondere wird dabei die Reflektivität lokal verringert, um eine gleichmäßige Ausleuchtung der Austrittspupille auf Kosten der Transmission zu erreichen. Diese technische Lösung lässt sich jedoch nicht auf Anwendungen unter Verwendung von hohen Laserleistungen übertragen.

[0006] Eine weitere Lösung zur Verbesserung der Leistung einer Zoomoptik bei der Verwendung hoher Laserleistungen wäre eine Kühlung der optischen Elemente, wie beispielsweise von Linsenfassungen. Dies ist jedoch konstruktiv sehr aufwendig und erfordert zudem auch einen höheren Aufwand bei der Wartung der Optiken.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher, eine Lösung zur Verfügung zu stellen, die durch reduzierten Wärmeeintrag die Leistungstauglichkeit einer Zoomoptik erhöht und gleichzeitig einen kleinen Bauraum und eine minimale Anzahl an optischen Elementen gewährleistet.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0008] Die vorliegende Erfindung stellt ein optisches System zur Abbildung von Laserstrahlung mit einstellbarem Abbildungsmaßstab umfassend vier Linsen zur Verfügung, wobei die Linsen in drei Linsengruppen angeordnet sind, wobei die in Strahlrichtung der Laserstrahlung angeordnete erste Linsengruppe eine erste Linse mit positiver Brennweite umfasst, die zweite Linsengruppe eine zweite und eine dritte Linse mit negativer Brennweite und die dritte Linsengruppe eine vierte Linse mit positiver Brennweite umfasst und zweite Linse eine plankonkave Form bis hin zu einem Meniskus aufweist und die dritte Linse bikonkav ist.

[0009] In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Krümmungsradien der zweiten Linse von Seite 1 zu Seite 2 in Strahlrichtung zwischen 20 mm / 10 mm bis zu -100 mm / 17 mm betragen.

[0010] Weiterhin können die Krümmungsradien der dritten Linse von Seite 1 zu Seite 2 in Strahlrichtung zwischen -20 mm / 20 mm bis zu -50 mm / 17 mm betragen.

[0011] Es kann erfindungsgemäß zudem vorgesehen sein, dass keine Fläche einer der ersten bis vierten Linse bei maximaler Brennweite des optischen Systems einen lokalen Einfallswinkel von  $> 25^\circ$  hat.

5 [0012] Für die zweite und dritte Linse kann bei maximaler Brennweite des optischen Systems ein lokaler Einfallswinkel  $> 20^\circ$  sein.

[0013] Erfindungsgemäß kann jede Linsengruppe zumindest je eine asphärische Fläche aufweist.

10

[0014] Für das optische System kann zudem vorgesehen sein, dass die zweite Linse auf der ersten Seite eine asphärische Fläche aufweist.

[0015] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann in der zweiten Linsengruppe  
15 eine Linse asphärisch und die andere Linse sphärisch sein.

[0016] Die maximale Baulänge von virtueller Faserspitze bis zur letzten Kollimationslinse kann 195 mm betragen.

20 [0017] Der Abstand von virtueller Faserspitze bis zur Fläche der ersten Linse kann maximal 50 mm betragen.

[0018] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die numerische Apertur größer 0,1 ist. Weiterhin kann die numerische Apertur 0,125 betragen.

25

[0019] Das optische System nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zumindest eine der Linsen der zweiten Gruppe aus synthetischem Quarzglas besteht.

[0020] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung betrifft die Verwendung eines optischen Sys-  
30 tems wie zuvor beschrieben zur Abbildung von Laserstrahlung mit einstellbarem Abbildungsmaßstab.

[0021] Es ist erfindungsgemäß auch eine Verwendung des zuvor beschriebenen optischen Systems in Kombination mit einem Halbleiter-Festkörperlaser, einem Scheiben-Laser oder einem Faser Laser vorgesehen.

5

#### KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0022] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Figuren näher dargestellt. Dabei ist für den Fachmann offensichtlich, dass es sich nur um mögliche Ausführungsformen handelt, ohne  
10 dass die Erfindung auf die gezeigten Ausführungsformen beschränkt wird. Es zeigt:

FIG. 1 Reflektivität in Abhängigkeit vom Einfallswinkel bei einer Wellenlänge für unterschiedlich polarisiertes Licht.

FIG. 2 Vergleich der spektralen Reflektivität einer Beschichtung bei unterschiedlichen  
15 Einfallswinkeln

FIG. 3 Schematische Darstellung von vier Linsen in drei Gruppen

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

20 [0023] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. In den abhängigen Ansprüchen werden weitere Ausführungsformen beansprucht. Die vorliegende Erfindung löst die Aufgabe lokale Einfallswinkel am Rand einer Linse immer unter definierten Grenzwinkeln zu halten. Dadurch wird die Erwärmung der gesamten Optik im Innenraum reduziert.

25

[0024] Bereits eine relativ kleine Änderung der Vergrößerung kann zu einem erheblichen Anstieg der Temperatur im Innenraum der Optik führen. Untersuchungen der Anmelderin (Anmelders?) haben ergeben, dass dies mit den Krümmungen der Linsen zusammenhängt, so dass in Randbereichen dann die Einfallswinkel bei einer kleinen Vergrößerung massiv ansteigen und

die damit einhergehende Steigerung der Reflektivität sich in einem Temperaturanstieg widerspiegelt. Die reibungsarme Lagerung beweglicher Komponenten führt zu deren thermischer Entkopplung der Komponenten gegen das Gehäuse, so dass das Gehäuse die Wärme nicht ableiten und dadurch zur Kühlung beitragen kann.

5

[0025] FIG. 1 zeigt die Reflektivität in Abhängigkeit vom Einfallswinkel bei einer Wellenlänge für unterschiedlich polarisiertes Licht. Die Reflektivität steigt bei Licht einer Wellenlänge mit zunehmendem Einfallswinkel. Dieser Zusammenhang trifft unabhängig von der Polarisation des Lichts einer Wellenlänge zu, wobei sich bei hohen Wellenlängen die Polarisationen aufspalten. Die Reflektivität ist dadurch bei sehr großen Einfallswinkeln absolut schlechter und kann nicht einfach durch das Verschieben der Zentralwellenlänge der Beschichtung optimiert werden.

10

[0026] FIG. 2 zeigt die Wellenlängenabhängigkeit der Reflektivität einer typischen Beschichtung bei unterschiedlichen Einfallswinkeln. Man sieht, dass sowohl die spektrale Abhängigkeit der Reflektivität als auch die absolute Reflektivität bei einem Einfallswinkel von  $0^\circ$  und bei einem Einfallswinkel von  $20^\circ$  sehr ähnlich sind. In diesem Einfallswinkelbereich kann eine gute Antireflexwirkung mit einer einfach aufgebauten und somit absorptionsarmen Beschichtung durch Anpassung der Designwellenlänge der Beschichtung erreicht werden. Bei größeren Einfallswinkeln sind dagegen die Reflektivitäten absolut gesehen über den ganzen Wellenlängenbereich schlechter.

20

[0027] Bei kompakten Zoomkollimatoren können insbesondere bei großen Brennweiteinstellungen sehr hohe lokale Einfallswinkel des Laserlichts auf den Linsen auftreten. Diese treten vornehmlich im Randbereich der Linsen auf, und da vor allen Dingen auf Linsen mit negativen Brennweiten. Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, die Einfallswinkel auf den Linsen im Randbereich zu begrenzen. Hierzu werden erfindungsgemäß die Gruppen mit negativer Brennweite in zwei Linsen gesplittet, und zusätzlich die Krümmungen auf den negativen Linsen so gewählt, dass minimale Einfallswinkel erreicht werden.

25

30

[0028] Es wird daher erfindungsgemäß ein Design mit 4 Linsen in 3 Baugruppen vorgeschlagen, wobei die Gruppe 1 eine Linse mit positiver Brechung, Gruppe 2 zwei Linsen mit negativer Brechung und Gruppe 3 eine Linse mit positiver Brechung aufweisen.

[0029] Gemäß der vorliegenden Erfindung hat es sich als konstruktiv vorteilhaft erwiesen die beiden mittleren negativen Linsen fest zu installieren und die beiden äußeren positiven Linsen mittels Antrieben verfahren zu können.

5

[0030] FIG. 3 zeigt schematisch die Anordnung und Form der Linsen der drei Baugruppen. Die Linsen sind von links nach rechts mit L1, L2, L3 und L4 in Strahlrichtung durchnummeriert. Dabei bilden L2 und L3 die Linsen mit negativer Brechkraft der mittleren Gruppe. Es ist für L2 eine bikonkave Form bis hin zu einem Meniskus vorgesehen, mit einer konvexen Form in Richtung der Faser. L3 ist erfindungsgemäß bikonkav.

10

[0031] Die Krümmungen für L2 und L3 können wie folgt angegeben werden, wobei S1 und S2 die Seiten der Linsen in Strahlrichtung angeben und die Werte den jeweiligen Krümmungsradius in mm angeben:

15

$L2(S1/S2) = 20/10$  (Meniskus) bis zu  $-100/17$  (nahezu plankonkav)

$L3(S1/S2) = -20/20$  (exakt bikonkav) bis  $-50/17$

[0032] Die Grenzen für die Krümmungen wurden berechnet, indem die erste Fläche der L2 festgelegt wurde und dann die restlichen Krümmungen im System dann experimentell optimiert wurden. Dies erfolgte unter den folgenden Randbedingungen:

20

- Keine Fläche hat bei maximaler Brennweite des Zooms (=maximale Ausleuchtung der Linsen) einen lokalen Einfallswinkel  $> 25^\circ$ ;
- Speziell für die Linsen der Negativgruppe soll der lokalen Einfallswinkel nicht  $> 20^\circ$  sein;
- Beugungsbegrenzte Abbildung in allen Positionen des Zoomkollimators möglich;
- Für die Bauform von L2 nahe plankonkav kann bei konkaven Krümmungen der ersten Fläche auch eine asphärische Fläche verwendet werden

25

30

[0033] Ein lokaler Einfallswinkel von weniger als  $20^\circ$  hat sich als vorteilhaft erwiesen, da dadurch Rückreflexe von der negativen Gruppe auf die erste positive Linse und deren Fassung

vermieden werden. Die erste positive Linse wird ja mittels eines Antriebs bewegt und ist deshalb aufgrund ihrer Lagerung thermisch isoliert und somit nur schwer zu kühlen.

5 [0034] Für die positiven Linsen gilt dies so nicht und die Rückreflexe der positiven Gruppen treffen in erster Linie ortstationäre optische Elemente: L1 trifft das Schutzglas oder die Blende, L4 trifft L2/3. Die ortstationären, also unbewegten Elemente aber kann man gut kühlen, daher ist bei diesen Linsen auch ein höherer Einfallswinkel ohne Nachteile möglich.

10 [0035] Es ist erfindungsgemäß auch vorgesehen, dass jede Linsengruppe je eine asphärische Fläche aufweist. Dies wäre in der Negativgruppe bevorzugt L2/S1, da es schwerer ist, eine konkave asphärische Fläche zu machen und dies bei den starken Krümmungen unter Umständen sogar unmöglich ist, da das Bearbeitungswerkzeug an der Spitze nicht schmal genug werden kann.

15 [0036] In der gesplitteten Negativgruppe kann aus Kostengründen eine Linse asphärisch sein, während die andere Linse sphärisch ist.

20 [0037] Untersuchungen haben gezeigt, dass die zuvor genannten Parameter für den Aufbau der Linsengruppen bei einer maximalen Baulänge von 195 mm von virtueller Faserspitze bis zur letzter Kollimationslinse vorteilhaft sind. Der Abstand der virtuellen Faserspitze zur Fläche von L1 ist bevorzugt  $> 50$  mm. Wenn die dritte, positive Linsengruppe entlang der optischen Achse beweglich ist, kann mit dem gezeigten Aufbau auch die Position der Hauptebene der Optik zur virtuellen Faserspitze verschoben werden. Zusammen mit einer Fokussierungsoptik ist dann neben der Vergrößerungsänderung auch eine Änderung der z-Lage des Fokus relativ zur Fo-

25 kussierungslinse möglich. In diesem Fall haben Untersuchungen gezeigt, dass die zuvor genannten Parameter für den Aufbau der Linsengruppen bei einer maximalen Baulänge von 195 mm von virtueller Faserspitze bis zur letzter Kollimationslinse vorteilhaft sind, um einen minimalen Wärmeeintrag bei maximalem Verstellbereich in Vergrößerung und z-Lagenverstellung zu erreichen. Bei einer Beschränkung auf die reine Zoomfunktionalität haben die Untersuchun-

30 gen gezeigt, dass die genannten Parameter bei einer maximalen Baulänge von 170 mm von virtueller Faserspitze bis zur letzten Kollimationslinse vorteilhaft sind.

[0038] Erfindungsgemäß ist eine Numerische Apertur größer 0,1 vorgesehen, diese kann auch gleich 0,125 sein. Grundsätzlich gilt es zu stark gekrümmte Linsen auszuschließen, da diese nicht mehr bis an den Rand ausgeleuchtet werden.

- 5 [0039] Hierdurch ist es möglich, eine Beschichtung ohne einen komplexen lateralen Schichtdickenverlauf zu fertigen, die trotzdem über die gesamte Fläche eine niedrige Reflektivität aufweist. Es ist vorteilhaft, dass die vorliegende Erfindung mit einem möglichst einfachen Aufbau der Beschichtungen auskommt, wodurch Kosten gesenkt und niedrige Absorptionen gewährleistet werden.

10



BEZUGSZEICHEN

5	1	L1
	5	L2
	10	L3
	15	L4

### Ansprüche

1. Ein optisches System zur Abbildung von Laserstrahlung mit einstellbarem Abbildungsmaßstab, umfassend vier Linsen, welche in drei Linsengruppen angeordnet sind, wobei die in Strahlrichtung der Laserstrahlung angeordnete erste Linsengruppe eine erste Linse mit positiver Brennweite umfasst, die zweite Linsengruppe eine zweite und eine dritte Linse mit negativer Brennweite und die dritte Linsengruppe eine vierte Linse mit positiver Brennweite umfasst und zweite Linse eine plankonkave Form bis hin zu einem Meniskus aufweist und die dritte Linse bikonkav ist.  
5
2. Das optische System nach Anspruch 1, wobei die Krümmungsradien der zweiten Linse von Seite 1 zu Seite 2 in Strahlrichtung zwischen 20 mm / 10 mm bis zu -100 mm / 17 mm betragen.  
10
3. Das optische System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Krümmungsradien der dritten Linse von Seite 1 zu Seite 2 in Strahlrichtung zwischen -20 mm / 20 mm bis zu -50 mm / 17 mm betragen.
4. Das optische System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei keine Fläche einer der ersten bis vierten Linse bei maximaler Brennweite des optischen Systems einen lokalen Einfallswinkel von  $> 25^\circ$  hat.  
15
5. Das optische System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die zweite und dritte Linse bei maximaler Brennweite des optischen Systems einen lokalen Einfallswinkel  $< 20^\circ$  haben.  
20
6. Das optische System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei jede Linsengruppe zumindest je eine asphärische Fläche aufweist.
7. Das optische System nach Anspruch 6, wobei die zweite Linse auf der ersten Seite eine asphärische Fläche aufweist.
8. Das optische System nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei in der zweiten Linsengruppe eine Linse asphärisch und die andere Linse sphärisch ist.  
25

9. Das optische System nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die maximale Baulänge von virtueller Faserspitze bis zur letzten Kollimationslinse 195 mm beträgt.
10. Das optische System nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Abstand von virtueller Faserspitze bis zur Fläche der ersten Linse maximal 50 mm beträgt.
- 5 11. Das optische System nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die numerische Apertur größer 0,1 ist.
12. Das optische System nach einem der Ansprüche 1 bis 11 mit einer numerischen Apertur von 0,125.
13. Das optische System nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zumindest eine der  
10 Linsen der zweiten Gruppe aus synthetischem Quarzglas besteht.
14. Eine Verwendung eines optischen Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zur Abbildung von Laserstrahlung mit einstellbarem Abbildungsmaßstab
15. Eine Verwendung eines optischen Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 13 in Kombination mit einem Halbleiter-Festkörperlaser, einem Scheiben-Laser oder einem Faser Laser.

FIG. 1

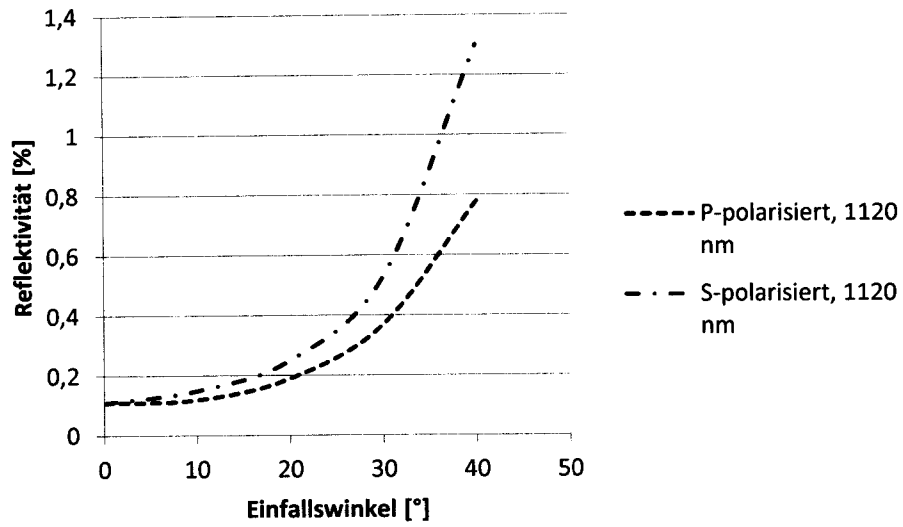
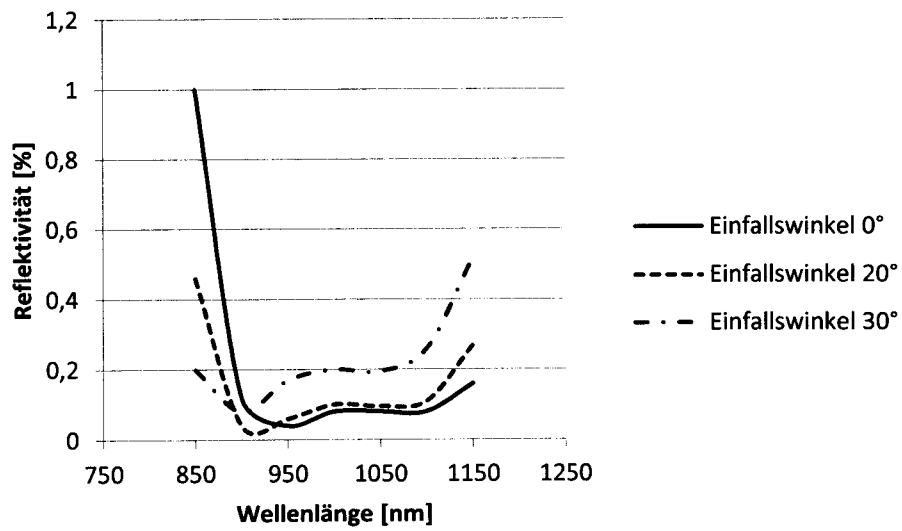
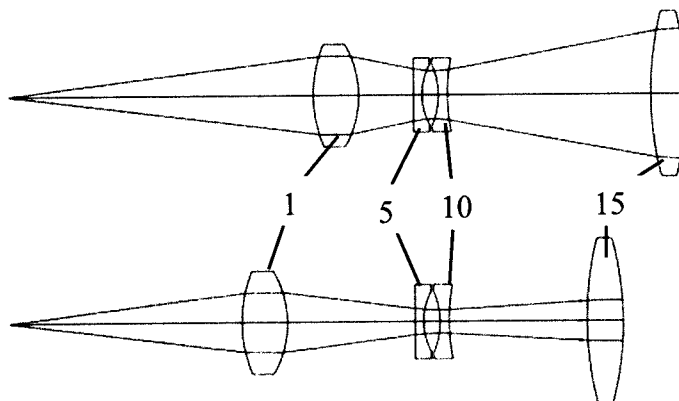


FIG. 2



**FIG. 3**



## ZUSAMMENFASSUNG

- 5 Die Erfindung betrifft eine Optik für Laserstrahlung und stellt ein optisches System zur Abbildung von Laserstrahlung mit einstellbarem Abbildungsmaßstab zur Verfügung, umfassend vier Linsen, welche in drei Linsengruppen angeordnet sind, wobei die in Strahlrichtung der Laserstrahlung angeordnete erste Linsengruppe eine erste Linse mit positiver Brennweite umfasst, die zweite Linsengruppe eine zweite und eine dritte Linse mit negativer Brennweite und die
- 10 dritte Linsengruppe eine vierte Linse mit positiver Brennweite umfasst und zweite Linse eine plankonkave Form bis hin zu einem Meniskus aufweist und die dritte Linse bikonkav ist.



**RECHERCHENBERICHT**

nach Artikel 35.1 a)  
des luxemburgischen Gesetzes über Erfindungspatente  
vom 20. Juli 1992

LO 1931  
LU 100753

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	CN 206 696 535 U (SHANGHAI EVENOPTICS TECH CO LTD) 1. Dezember 2017 (2017-12-01)	1-5, 9-12,14, 15	INV. G02B27/09 G02B6/32
Y	* das ganze Dokument *	6-8,13	G02B15/173 G02B27/30
Y	DE 10 2011 117607 A1 (HIGHYAG LASERTECHNOLOGIE GMBH [DE]) 2. Mai 2013 (2013-05-02) * das ganze Dokument *	6-8,13	G02B9/22 G02B19/00 B23K26/046 B23K26/06
A	DE 10 2016 005376 A1 (PRECITEC GMBH & CO KG [DE]) 9. November 2017 (2017-11-09) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			G02B B23K
		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
		29. November 2018	Wolf, Steffen
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE LUXEMBURGISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

LO 1931  
 LU 100753

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-11-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 206696535 U	01-12-2017	KEINE	
DE 102011117607 A1	02-05-2013	KEINE	
DE 102016005376 A1	09-11-2017	CA 3013264 A1	09-11-2017
		CN 108712939 A	26-10-2018
		DE 102016005376 A1	09-11-2017
		WO 2017191191 A1	09-11-2017

EPC FORM P/0455



SCHRIFTLICHER BESCHEID

Dossier Nr. LO1931	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 28.03.2018	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)	Aktenzeichen Nr. LU100753
Internationale Patentklassifikation (IPK) INV. G02B27/09 G02B6/32 G02B15/173 G02B27/30 G02B9/22 G02B19/00 B23K26/046 B23K26/06			
Anmelder HIGHYAG LASERTECHNOLOGIE GMBH			

Dieser Bescheid enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- Feld Nr. I Grundlage des Bescheids
- Feld Nr. II Priorität
- Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen
- Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der Anmeldung
- Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

Formblatt LU237A (Deckblatt) (January 2007)	Prüfer Wolf, Steffen
---	-------------------------

---

**Feld Nr. I Grundlage des Bescheids**

---

1. Dieser Bescheid wurde auf der Grundlage des letzten vor dem Beginn der Recherche eingereichten Satzes von Ansprüchen erstellt.
2. Hinsichtlich der **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz**, die in der Anmeldung offenbart wurde und für die beanspruchte Erfindung erforderlich ist, ist der Bescheid auf folgender Grundlage erstellt worden:
  - a. Art des Materials
    - Sequenzprotokoll
    - Tabelle(n) zum Sequenzprotokoll
  - b. Form des Materials
    - in Papierform
    - in elektronischer Form
  - c. Zeitpunkt der Einreichung
    - in der eingereichten Anmeldung enthalten
    - zusammen mit der Anmeldung in elektronischer Form eingereicht
    - nachträglich eingereicht
3.  Wurden mehr als eine Version oder Kopie eines Sequenzprotokolls und/oder einer dazugehörigen Tabelle eingereicht, so sind zusätzlich die erforderlichen Erklärungen, dass die Information in den nachgereichten oder zusätzlichen Kopien mit der Information in der Anmeldung in der eingereichten Fassung übereinstimmt bzw. nicht über sie hinausgeht, vorgelegt worden.
4. Zusätzliche Bemerkungen:

**SCHRIFTLICHER BESCHEID**

LU100753

---

**Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

---

## 1. Feststellung

Neuheit	Ja: Ansprüche 3-8, 11-13
	Nein: Ansprüche 1, 2, 9, 10, 14, 15
Erfinderische Tätigkeit	Ja: Ansprüche
	Nein: Ansprüche 1-15
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ja: Ansprüche: 1-15
	Nein: Ansprüche:

## 2. Unterlagen und Erklärungen:

siehe Beiblatt

---

**Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung**

---

siehe Beiblatt

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

- 1 Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:
  - D1 CN 206 696 535 U (SHANGHAI EVENOPTICS TECH CO LTD) 1. Dezember 2017 (2017-12-01)
  - D2 DE 10 2011 117607 A1 (HIGHYAG LASERTECHNOLOGIE GMBH [DE]) 2. Mai 2013 (2013-05-02)
  - D3 DE 10 2016 005376 A1 (PRECITEC GMBH & CO KG [DE]) 9. November 2017 (2017-11-09)
  
- 2 Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand der Ansprüche 1, 2, 9, 10, 14, 15 nicht neu ist.
  - 2.1 D1 offenbart ein optisches System zur Abbildung von Laserstrahlung mit einstellbarem Abbildungsmaßstab, umfassend vier Linsen, welche in drei Linsengruppen angeordnet sind, wobei die in Strahlrichtung der Laserstrahlung angeordnete erste Linsengruppe eine erste Linse L1 mit positiver Brennweite umfasst, die zweite Linsengruppe eine zweite und eine dritte Linse (L2, L3) mit negativer Brennweite und die dritte Linsengruppe eine vierte Linse (L6) mit positiver Brennweite umfasst und zweite Linse eine plankonkave Form bis hin zu einem Meniskus aufweist und die dritte Linse bikonkav ist (Fig. 1).

Daher ist der Gegenstand des vorliegenden Anspruchs 1 nicht neu gegenüber den Lehren der D1.
  - 2.2 Das Verhältnis der Krümmungsradien der Linse L2 der D1 liegt zwischen 20mm/10mm und -100mm/17mm (Tabelle in par. [0036]).
  - 2.3 Der Abstand von "virtueller Faserspitze" bis zur letzten Kollimationslinse in der Anordnung der D1 beträgt weniger als 50mm (Addition der Entfernungen in der 3. Spalte der Tabelle in par. [0036]).

- 2.4 Der Abbildungsmaßstab der Anordnung der D1 ist einstellbar (s. z. B. die Zusammenfassung). Außerdem ist der verwendete Laser ein Festkörper Laser (Zusammenfassung: 1064nm- Nd:YAG Laser, 532nm-frequenzverdoppelter Nd:YAG Laser).
- 2.5 Daher ist der Gegenstand der vorliegenden Ansprüche 2, 9, 10, 14, 15 nicht neu gegenüber den Lehren der D1.
- 3 Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand der Ansprüche 3-8, 11-13 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit beruht.
- 3.1 Die dritte und vierte Linse (Bikonkavlinen) der D1 weisen Krümmungsradien von 9mm beidseitig, bzw. 124mm/40mm auf. Der Gegenstand des vorliegenden Anspruchs 3 unterscheidet sich von den Lehren der D1 dadurch, dass die Krümmungsradien der 3. Linse im Bereich -20mm/20mm bis -50mm/17mm liegen. Das Problem, welches hierdurch gelöst wird, kann als Optimierung der Abbildungseigenschaften angesehen werden.
- Es wird jedoch als fachübliche Routine-Aufgabe für einen Fachmann angesehen, die Brennweiten, bzw. Krümmungsradien, der Linsen weiter zu optimieren, um bestimmte Abbildungseigenschaften zu erreichen.
- Daher wird der Gegenstand des vorliegenden Anspruchs 3 nicht als erfinderisch angesehen.
- 3.2 Ebenso erscheint es, dass die Auswahl von Einfallswinkels (Ansprüche 4, 5) bzw. numerischer Aperturen (Ansprüche 11, 12) nicht geeignet ist, einen Gegenstand zu definieren, welcher auf einer erfinderischen Tätigkeit beruhen würde, da dies als Resultat eines fachüblichen Optimierungsprozesses angesehen werden kann.
- 3.3 Der Gegenstand der Ansprüche 6-8 unterscheidet sich von den Lehren der D1 dadurch, dass asphärische Linsenflächen verwendet werden. Es ist jedoch bekannt zur Korrektur sphärischer Abberationen asphärische Linsen zu verwenden (siehe z.B. D2, par. [0082]) und somit die Abbildungsqualität zu verbessern. Der Fachmann würde daher asphärische Flächen verwenden.
- 3.4 Der Gegenstand des vorliegenden Anspruchs 13 unterscheidet sich von den Lehren der D1 dadurch, dass mindestens eine der Linsen der zweiten Gruppe aus synthetischem Quarzglas besteht. Quarzglas ist jedoch als

absorptionsarmes Material für Linsen allgemein bekannt und weit verbreitet (siehe z.B. ebenfalls D2, par. [0080]). Der Fachmann würde daher dieses Material wählen, um Transmissionsverluste zu minimieren.

- 3.5 Deshalb beruht der Gegenstand der vorliegenden Ansprüche 3-8, 11-13 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit im Sinne von Art. 56 EPÜ.

### **Zu Punkt VIII**

#### **Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung**

- 4 Die Ansprüche 1, 2, 9, 10 sind nicht klar.
- 4.1 Die in Anspruch 2 beanspruchten Intervalle für Krümmungsradien der zweiten Linse scheinen nicht über den gesamten Bereich mit einer plankonkaven Linse kompatibel zu sein, da sie sowohl konvex-konkave wie auch bikonkave Linsen einschließen. Durch diese Inkonsistenz sind die Ansprüche 1 und 2 unklar.
- 4.2 In den Ansprüchen 9 und 10 werden Baulängen des optischen Systems mit Hilfe einer virtuellen Faserspitze definiert, die jedoch nicht Teil des beanspruchten Systems ist. Dadurch ist die definierte Länge nicht klar definiert.
- 5 Die Erfindung wird nicht so deutlich und vollständig offenbart, dass ein Fachmann sie ausführen könnte. Es werden in der gesamten Anmeldung lediglich isolierte Parameter einzelner Linsenflächen offenbart, jedoch kein Ausführungsbeispiel mit allen Parametern des Linsensystems (Krümmungsradien bzw. Brennweiten aller Linsen, Abstände). Dem Fachmann ist nicht klar, wie die Effekte der Erfindung mit den offenbarten isolierten Parametern erreicht werden können.

CN206696535U 20171201

IPPH ST36 XML through DFP

## SUBJECT OF THE INVENTION

A kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens

[0001] Technical field

[0002] Laser technology field is the utility model is related to, more particularly, to a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens.

[0003] Background technology

[0004] Laser has fabulous monochromaticity, coherence and directionality, and has high brightness. Therefore, laser has been Through the multiple fields for being widely used in national economy. The beam diameter that laser is sent is general all smaller, but swashes in many In light application scenarios, the larger laser beam of beam diameter is generally required, such as#In laser-processing system, in order to improve work Make efficiency, obtain larger laser illumination, then need to obtain the incident laser beam of larger beam diameter before amasthenic lens# In laser illumination system and holographic imaging systems, it is necessary to larger beam diameter and compared with small divergence angle LASER Light Source as system light Source. Therefore, the adjustable beam expanding lens of beam expanding lens, especially multiplying power can be all equipped with most laser application systems, it is sharp for extending The diameter of light beam, improve the angle of divergence of laser beam.

[0005] Laser beam expanding lens are divided into two kinds of fixed multiplying power beam expanding lens and Zooming expander. Laser application system is commonly using difference Laser, and every kind of laser output laser beam size have difference, Zooming expander can be to the diameter of output beam It is adjusted, so as to adapt to more application environments.

[0006] At present, most laser beam expanding lens design for certain specific wavelength, are simply possible to use in specific wavelength light beam and are expanded. Therefore, multiple beam expanding lens for being respectively suitable for different wave length are just needed respectively to each wavelength light beam for multi-wavelength optical system Expanded, cause system architecture complicated.

- [0007] Patent CN 101211002A describe a kind of 1064nm laser zoomings beam expanding lens, and the beam expanding lens is only capable of inputting 1064nm Single wavelength laser, while the available multiplying power that expands of the beam expanding lens is 2-8 times#There is following deficiency#1) it is variable to expand times Rate scope is smaller, only 2-8 times#2) beam expanding lens only adapts to the laser of specific wavelength -1064nm wavelength, application scenarios by Limitation.
- [0008] The U of patent CN 203217180 describe a kind of fixed times 1064nm/532nm dual wavelength beam expanding lens, because it is fixed times Laser beam spot sizes can not be adjusted, application scenarios are restricted by design according to the actual requirements.
- [0009] Utility model content
- [0010] The purpose of this utility model is exactly to provide a kind of dual wavelength the defects of overcoming above-mentioned prior art to exist and swash Light continuous zoom beam expanding lens.
- [0011] The purpose of this utility model can be achieved through the following technical solutions#
- [0012] A kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens, the dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens can be to two kinds of wavelength Laser is expanded, that is, allows to input 532nm laser and 1064nm laser, along laser light incident direction, dual-wavelength laser continuously becomes Power beam expansion lens include the first lens, the second lens, the 3rd lens, the 4th lens and the 5th lens continuously set, wherein described The first lens be biconvex positive lens, the second lens are the negative lens of plano-concave, and the 3rd lens are the negative lens of concave-concave, the 4th lens For the negative lens of concave-concave, the 5th lens are the positive lens of plano-convex.
- [0013] Further, the spacing of the second lens and the 3rd lens on optical axis is  $d_4$ ,  $d_4$ Scope be# 4.5mm# $d_4$ # 27mm#The spacing of 3rd lens and the 4th lens on optical axis is  $d_6$ ,  $d_6$ Scope be# 100# $d_6$ # 135mm, and  $d_4$ With  $d_6$ 's The margin of tolerance is 5%.
- [0014] Further, described  $d_4$ For 25.2mm, described  $d_6$ For 114.6mm, the expansion of the dual-wavelength laser Zooming expander Beam multiplying power is 2.
- [0015] Further, described  $d_4$ For 20.1mm, described  $d_6$ For 124.5mm, the expansion of the dual-wavelength laser Zooming expander Beam multiplying power is 4.

- [0016] Further, described  $d_4$  For 15mm, described  $d_6$  For 127.4mm, the dual-wavelength laser Zooming expander expands Multiplying power is 6.
- [0017] Further, described  $d_4$  For 10mm, described  $d_6$  For 128.9mm, the dual-wavelength laser Zooming expander expands Multiplying power is 8.
- [0018] Further, described  $d_4$  For 4.8mm, described  $d_6$  For 129.7mm, the expansion of the dual-wavelength laser Zooming expander Beam multiplying power is 10.
- [0019] Further, the first described lens are respectively R including radius of curvature  $R_1$  #  $R_2$  Two curved surface  $S_1$  #  $S_2$ , on its optical axis Center thickness be  $d_1$ , its material stated with the ratio between refractive index and Abbe number, i.e.  $Nd_1$  #  $Vd_1$ ,  $R_1$  For 16.2mm,  $R_2$  For -16.2mm  $d_1$  For 2.4mm,  $Nd_1$ : $Vd_1$  For 1.46#68, and  $d_1$  With  $Nd_1$ : $Vd_1$  The margin of tolerance be 5%.
- [0020] Further, the second described lens are respectively R including radius of curvature  $R_3$  #  $R_4$  Two curved surface  $S_3$  #  $S_4$ , on its optical axis Center thickness be  $d_3$ , its material stated with the ratio between refractive index and Abbe number, i.e.  $Nd_3$  #  $Vd_3$ , described  $R_3$  For 16.5mm,  $R_4$  For 0mm,  $d_3$  For 1mm,  $Nd_3$ : $Vd_3$  For 1.57:42, and  $d_3$  With  $Nd_3$ : $Vd_3$  The margin of tolerance be 5%.
- [0021] Further, the 3rd described lens are respectively R including radius of curvature  $R_5$  #  $R_6$  Two curved surface  $S_5$  #  $S_6$ , on its optical axis Center thickness be  $d_5$ , its material stated with the ratio between refractive index and Abbe number, i.e.  $Nd_5$  #  $Vd_5$ , described  $R_5$  For -9mm,  $R_6$  For 9mm,  $d_5$  For 2mm,  $Nd_5$ : $Vd_5$  For 1.46#68, and  $d_5$  With  $Nd_5$ : $Vd_5$  The margin of tolerance be 5%.
- [0022] Further, the 4th described lens are respectively R including radius of curvature  $R_7$  #  $R_8$  Two curved surface  $S_7$  #  $S_8$ , on its optical axis Center thickness be  $d_7$ , its material stated with the ratio between refractive index and Abbe number, i.e.  $Nd_7$  #  $Vd_7$ , described  $R_7$  For -124mm,  $R_8$  For 40mm,  $d_7$  For 4.4mm,  $Nd_7$ : $Vd_7$  For 1.57#42, and  $d_7$  With  $Nd_7$ : $Vd_7$  The margin of tolerance be 5%.
- [0023] Further, the 5th described lens are respectively R including radius of curvature  $R_9$  #  $R_{10}$  Two curved surface  $S_9$  #  $S_{10}$ , its optical axis On center thickness be  $d_9$ , its material stated with the ratio between refractive index and Abbe number, i.e.  $Nd_9$  #  $Vd_9$ , described  $R_9$  For 43.9mm  $R_{10}$  For -43.9mm,  $d_9$  For 11mm,  $Nd_9$ : $Vd_9$  For 1.46#68, and  $d_9$  With  $Nd_9$ : $Vd_9$  The margin of tolerance be 5%.
- [0024] Compared with prior art, dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens overall structure of the present utility model is simple, compact, It is conveniently adjusted.Expanding

multiplying power and (2-10 times) can be adjusted in a big way due to laser beam, meanwhile, again can be compatible The laser beam of 1064nm and 532nm wavelength. Therefore, the different ginsengs that beam expanding lens of the present utility model can export various lasers The laser of number and different wave length is applied to same laser application system# Simultaneously, it can also be used to have different requirements to laser parameter Various laser applied optics systems.

- [0025] Brief description of the drawings
- [0026] Fig. 1 is the optical system structure schematic diagram of dual-wavelength laser Zooming expander of the present utility model.
- [0027] Fig. 2 is the figure of optical lens preferred embodiment in the preferred embodiment of dual-wavelength laser Zooming expander one of the present utility model.
- [0028] Fig. 3 is the encircled energy figure in the preferred embodiment of dual-wavelength laser Zooming expander one of the present utility model.
- [0029] Fig. 4 is the optical transfer function figure in the preferred embodiment of dual-wavelength laser Zooming expander one of the present utility model.
- [0030] Embodiment
- [0031] The utility model is described in detail with specific embodiment below in conjunction with the accompanying drawings.
- [0032] Embodiment 1
- [0033] In laser processing procedure, usually require that laser is concentrated very much in the energy of focus point, ensure that laser processing procedure gathers The energy density of focus so that laser process equipment can expeditiously work. It is theoretical according to diffraction limit#The angle of divergence of laser # and waist diameter  $d_0$  Product be constant. It is general all smaller from the laser beam spot sizes of laser output, focused by one Away from optical convergence system focus on before, it is desirable to expanded light beam diameter is to reduce angle of divergence #, while it is straight to obtain larger incident beam Footpath. Assuming that a laser beam expanding system is added in laser and focal length is  $f$  optical convergence systems, as requested from appropriate Expand multiple # so that laser beam expand arrives a diameter of  $D = \# d_0$ , the now angle of divergence # of laser  $\theta_{\text{Enter}}$  Still meet diffraction limit Theoretical relationship##  $\theta_{\text{Enter}} D = \# d_0 = 4 \# / \#$ , so,  $\theta_{\text{Enter}} = \# / \# = 4 \# / \# D$ . So, preferable convergent laser hot

spot # =  $\frac{F}{D}$ . So by obtaining suitable D values from suitable multiplying power #, preferable focal beam spot # can be obtained. To improve the energy density at job spotlight.

- [0034] To adapt to various lasers wavelength, beam diameter and the needs of angle of divergence shaping, the utility model provides one kind can With the dual-wavelength laser Zooming expander of consecutive variations beam expanding lens multiplying power. So use strong adaptability, it is easier to meet light Beam shaping and the requirement of different wave length, have selected the diameter of the most frequently used laser beam and multiplying power is used as design starting point, work as laser light During incident a diameter of 3mm-8mm. of beam, the multiplying power excursion of the beam expanding lens is 10-2.
- [0035] Reference picture 1, the utility model provide a kind of dual-wavelength laser Zooming expander, and it is included along incident light transmission direction The the first lens  $L_1$ , the second lens  $L_2$ , the 3rd lens  $L_3$ , the 4th lens  $L_4$  With the 5th lens  $L_5$ , wherein the first lens are double Convex positive lens, the second lens are the negative lens of plano-concave, and the 3rd lens are the negative lens of concave-concave, and the 4th lens are negative for concave-concave Mirror, the 5th lens are the positive lens of biconvex.
- [0036] First lens  $L_1$  It is respectively R including radius of curvature  $R_1$  Two curved surface  $S_1$   $S_2$ , the center thickness d on its optical axis  $1$ , Its material is expressed as  $Nd_1$  (refractive index)  $Vd_1$  (Abbe number) Second lens  $L_2$  It is respectively R including radius of curvature  $R_3$   $R_4$  Two curved surfaces  $S_3$   $S_4$ , the center thickness d on its optical axis  $3$ , its material is expressed as  $Nd_3$  (refractive index)  $Vd_3$  (Abbe number) 3rd lens  $L_3$  Including song Rate radius is respectively  $R_5$   $R_6$  Two curved surface  $S_5$   $S_6$ , the center thickness d on its optical axis  $5$ , its material is expressed as  $Nd_5$  (refractive index)  $Vd_5$  (Abbe number) 4th lens  $L_4$  It is respectively R including radius of curvature  $R_7$   $R_8$  Two curved surface  $S_7$   $S_8$ , the center thickness on its optical axis  $d_7$ , its material is expressed as  $Nd_7$  (refractive index)  $Vd_7$  (Abbe number) 5th lens  $L_5$  It is respectively R including radius of curvature  $R_9$   $R_{10}$  Two songs Face  $S_9$   $S_{10}$ , the center thickness d on its optical axis  $9$ , its material is expressed as  $Nd_9$  (refractive index)  $Vd_9$  (Abbe number).
- [0037] The spacing of second lens and the 3rd lens on optical axis is  $d_4$ ,  $d_4$  Scope be  $4.5\text{mm}$   $d_4$   $27\text{mm}$  3rd is saturating The spacing of mirror and the 4th lens on optical axis is  $d_6$ ,  $d_6$  Scope be  $100$   $d_6$   $135\text{mm}$ , and  $d_4$  With  $d_6$  The margin of tolerance be 5%.
- [0038] The specific data parameters of the dual wavelength Zooming expander of the present embodiment are as shown in table 1, wherein #

[0039] #Enter=3mm-8mm, #=2-10, #=1064nm/532nm, #Enter For dual-wavelength laser zoom of the present utility model The incident beam diameter scope that beam expanding lens is allowed, for # to expand multiple, # is the wavelength of inputs light beam.

[0040] The ultraviolet laser variable power beam expansion lens design parameter of table 1

[0041]

[0041]  $d_4$  And  $d_6$  It is adjustable. By adjusting  $d_4$  With  $d_6$ , can make beam expanding lens produce it is different expand multiple, its corresponding relation Citing is as shown in table 2#

[0042] Table 2  $d_4$  With  $d_6$  Relation corresponding to expand multiple caused by beam expanding lens

[0043]

$d_4$ (mm)	$d_6$ (mm)	#
25.2	114.6	2
20.1	124.5	4
15	127.4	6
10	128.9	8
4.8	129.7	10

[0044] In upper table, the subsequent corrosion of ultraviolet laser variable power beam expansion lens, curved surface interval and material parameter can be with  $\pm 5\%$  Solve technical problems to be solved in above-described embodiment, reach same technique effect, it is described in detail below#

[0045] 1) surface curvature  $R_{1-10}$  #  $R_{1-10}$  #  $\pm 5\% R_{1-10}$

[0046] 2) curved surface interval  $d_{1-g}$  #  $d_{1-g}$  #  $\pm 5\% d_{1-g}$

[0047] 3) refractive index # Abbe number  $N_{d_{1-g}}$  :  $V_{d_{1-g}}$  #  $N_{d_{1-g}}$  :  $V_{d_{1-g}}$  #  $\pm 5\% N_{d_{1-g}}$  :  $V_{d_{1-g}}$

[0048] The figure of optical lens preferred embodiment of the dual-wavelength laser Zooming expander of the present embodiment is as shown in Fig. 2 can be significantly from figure Go out, when incident beam is in the case of  $0^\circ$  of  $-0.055^\circ$  of incident angle, the beam quality of its outgoing beam is all in diffraction limit. Encircled energy figure is as shown in figure 3, from the graph, it is apparent that when incident beam is in the situation of  $0^\circ$  of  $-0.055^\circ$  of incident angle Under, the

disc of confusion radius that the beam quality of its outgoing beam can be formed is all in 0.015 micron. Optical transfer function figure is as schemed Shown in 4, from the graph, it is apparent that work as incident beam in the case of  $0^\circ$  of  $-0.055^\circ$  of incident angle, the light of its outgoing beam Learn transmission function and all reach diffraction limit.

- [0049] The above-mentioned description to embodiment is understood that for ease of those skilled in the art and using practicality It is new. Person skilled in the art obviously can easily make various modifications to these embodiments, and illustrating herein General Principle be applied in other embodiment without by performing creative labour. Therefore, the utility model is not limited to above-mentioned Embodiment, those skilled in the art according to announcement of the present utility model, do not depart from improvement that the utility model category made and Modification all should be within the scope of protection of the utility model.

## SUBJECT OF THE INVENTION

### A Dual Wavelength Laser Continuous Variable Beam Expander

- [0001] Technical field
- [0002] The utility model relates to the field of laser technology, in particular to a double-wavelength laser zooming beam expander.
- [0003] Background technique
- [0004] Laser has excellent monochromatic, coherent and directional, and has very high brightness. Therefore, the laser has been widely used in many fields of national economy. However, in many laser application scenarios, a laser beam with a large beam diameter is often required. For example, in a laser processing system, in order to improve working efficiency and obtain larger laser illuminance, It is necessary to obtain an incident laser beam with a larger beam diameter before the focusing lens and a laser source with a larger beam diameter and a smaller divergence angle in the laser illumination system and the holographic imaging system as a system light source. Therefore, most of the laser application system will be equipped with beam expander, especially magnification adjustable beam expander, used to expand the diameter of the laser beam to improve the divergence angle of the laser beam.
- [0005] Laser beam expander is divided into fixed magnification beam expander and variable magnification beam expander two. Laser applications often use different lasers, and each laser output laser beam size is different, variable magnification beam expander beam diameter can be adjusted to accommodate more applications.

- [0006] At present, most of the laser beam expander mirrors are designed for a specific wavelength and can only be used for beam expander at a specific wavelength. Therefore, for a multi-wavelength optical system, a plurality of beam expander mirrors respectively adapted to different wavelengths are respectively used to expand the beams of each wavelength separately, resulting in a complicated system structure.
- [0007] Patent CN101211002A describes a 1064nm laser zooming beam expander, which can only input 1064nm single wavelength laser beam, while the expander beam expander magnification is 2-8 times; has the following deficiencies: 1) The range of variable beam expander is small, only 2-8 times; 2) The beam expander only adapts to a laser with a specific wavelength of -1064 nm, and the application scene is limited.
- [0008] Patent CN 203217180 U describes a doubled 1064nm / 532nm dual-wavelength beam expander which can not adjust the diameter of the laser beam according to the actual demand because of its constant-fold design. The application scene is limited.
- [0009] Utility model content
- [0010] The purpose of the utility model is to provide a dual-wavelength laser continuous variable magnification beam expander in order to overcome the defects in the prior art.
- [0011] The object of the present invention can be achieved by the following technical solutions:
- [0012] A dual-wavelength laser zooming beam expander, which can expand the laser beam of two wavelengths, allowing 532nm laser and 1064nm laser to be input along the direction of laser light, two-wavelength laser The continuous zooming beam expander includes a first lens, a second lens, a third lens, a fourth lens and a fifth lens which are arranged continuously, wherein the first lens is a biconvex positive lens and the second lens is a plano-concave Negative lens, the third lens is a biconcave negative lens, the fourth lens is a biconcave negative lens, and the fifth lens is a plano-convex positive lens.
- [0013] Further, the distance between the second lens and the third lens on the optical axis is  $d_4$ , the range of  $d_4$  is 4.5 mm# $d_4$ #27 mm, the distance between the third lens and the fourth lens on the optical axis is  $d_6$ , the range of  $d_6$  is: 100# $d_6$ #135mm, and the tolerance of  $d_4$  and  $d_6$  is in the range of 5%.
- [0014] Further, the  $d_4$  is 25.2mm and the  $d_6$  is 114.6mm. The double-beam laser beam expander has a beam expander magnification of two.

- [0015] Further, the d4 is 20.1 mm, the d6 is 124.5 mm, and the double-beam laser beam magnification beam expander has a beam expanding ratio of 4.
- [0016] Further, the d4 is 15 mm, the d6 is 127.4 mm, and the double-beam laser beam magnification beam expander has a beam expander magnification of 6.
- [0017] Further, the d4 is 10 mm, the d6 is 128.9 mm, and the beam expander ratio of the dual wavelength laser beam expander lens is 8.
- [0018] Further, the d4 is 4.8mm, the d6 is 129.7mm, and the double-beam laser beam expander has a beam expander magnification of 10.
- [0019] Further, the first lens comprises two curved surfaces S1 and S2 with radii of curvature R1 and R2, respectively, and the central thickness on the optical axis is d1. The material of the first lens is expressed by the ratio of the refractive index and the Abbe number, that is, Nd1: Vd1, R1 is 16.2 mm, R2 is -16.2 mm, d1 is 2.4 mm, Nd1: Vd1 is 1.46: 68, and the tolerance of d1 and Nd1: Vd1 is 5%.
- [0020] Further, the second lens comprises two curved surfaces S3 and S4 with radii of curvature R3 and R4 respectively, and the center thickness on the optical axis is d3. The material of the second lens is expressed by the ratio of the refractive index and the Abbe number, that is, Nd3: Vd3, R3 is 16.5 mm, R4 is 0 mm, d3 is 1 mm, Nd3: Vd3 is 1.57: 42, and the tolerance of d3 and Nd3: Vd3 is 5%.
- [0021] Further, the third lens comprises two curved surfaces S5, S6 with radii of curvature R5 and R6, respectively, and the center thickness on the optical axis is d5. The material of the third lens is represented by the ratio of the refractive index to the Abbe number, that is, Nd5: Vd5, R5 is -9 mm, R6 is 9 mm, d5 is 2 mm, Nd3: Vd3 is 1.46: 68, and the tolerance of d5 and Nd5: Vd5 is 5%.
- [0022] Further, the fourth lens comprises two curved surfaces S7 and S8 with radii of curvature of R7 and R8, respectively, and the center thickness on the optical axis is d7. The material of the fourth lens is expressed by the ratio of the refractive index to the Abbe number, that is, Nd7: Vd7, R7 is -124 mm, R8 is 40 mm, d7 is 4.4 mm, Nd7: Vd7 is 1.57: 42, and the tolerance of d7 and Nd7: Vd7 is 5%.
- [0023] Further, the fifth lens comprises two curved surfaces S9 and S10 with radii of curvature of R9 and R10, respectively, and the center thickness on the optical axis is d9. The material of the fifth lens is represented by the ratio of the refractive index to the Abbe number, that is, Nd9: Vd9, the R9 is

43.9 mm, the R10 is -43.9 mm, the d9 is 11 mm, the Nd9: Vd9 is 1.46: 68, and the tolerance for d9 and Nd9: Vd9 is 5%.

[0024] Compared with the prior art, the dual-wavelength continuous variable beam expander lens of the utility model has the advantages of simple overall structure, compactness and convenient adjustment. Since the beam expander rate of the laser beam can be adjusted in a large range (2-10 times), it can also be compatible with laser beams of 1064 nm and 532 nm wavelength. Therefore, the beam expander of the present invention can apply different parameters and different wavelengths of laser output from different lasers to the same laser application system, and can also be applied to various laser application optical systems that have different requirements on the laser parameters.

[0025] BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS FIG

[0026] FIG. 1 is a schematic structural diagram of an optical system of a double-wavelength laser beam expander of the present invention.

[0027] Figure 2 is a utility model of dual-wavelength laser beam expander magnification of a preferred embodiment of the diffusion pattern.

[0028] Figure 3 is a dual-wavelength laser beam expander according to a preferred embodiment of the energy concentration of the utility model.

[0029] Figure 4 is a utility model dual-wavelength laser beam expander magnification of a preferred embodiment of the optical transfer function diagram.

[0030] detailed description

[0031] The utility model will be described in detail below with reference to the accompanying drawings and specific embodiments.

[0032] Example 1

[0033] Laser processing, the laser usually requires the focus of the energy is very concentrated to ensure that the laser processing focus point of the energy density, making the laser processing equipment can work efficiently. According to the diffraction limit theory: the product of the divergence angle  $\theta$  of the laser light and the diameter  $d_0$  of the light waist is constant. The laser beam output from a laser is typically of relatively small diameter, requiring the beam diameter to be enlarged to reduce the divergence angle  $\theta$  while obtaining a larger incident beam diameter prior to

focusing through an optical converging system of a certain focal length. Suppose a laser beam expander system is added to the optical converging system with a focal length  $f$  of the laser and an appropriate beam expander  $\beta$  is selected according to the requirements so that the laser beam is expanded to a diameter of  $D = \beta \cdot d_0$ . At this time, the divergence angle  $\theta$  of the laser beam still satisfy the diffraction limit theoretical relationship:  $\theta \cdot D = \beta \cdot d_0 = 4\lambda / \beta$ , and therefore,  $\theta = 4\lambda / \beta D$ . Thus, the ideal converging laser spot  $\delta = \beta \cdot f = 4\lambda f / \beta D$ . Therefore, by choosing proper magnification  $\beta$  to obtain the proper  $D$  value, the ideal focusing spot  $\delta$  can be obtained to increase the energy density at the working focal point.

- [0034] In order to meet the needs of different laser wavelength, beam diameter and divergence angle shaping, the utility model provides a double-wavelength laser zooming expander lens which can continuously change the magnification of the beam expander. This adaptability to use and easier to meet the requirements of beam shaping and different wavelengths, the most commonly used laser beam diameter and magnification as the starting point for the design, when the laser beam incident diameter of 3mm-8mm, the beam expander Magnification range is 10-2.
- [0035] 1, the present invention provides a double-wavelength laser zoom beam expander, which includes a first lens L1, a second lens L2, a third lens L3, a fourth lens L4 and a fifth lens Lens L5, wherein the first lens is a biconvex positive lens, the second lens is a plano-concave negative lens, the third lens is a biconcave negative lens, the fourth lens is a biconcave negative lens, the fifth lens is biconvex Positive lens.
- [0036] The first lens L1 includes two curved surfaces S1 and S2 with radii of curvature R1 and R2, respectively, and a center thickness  $d_1$  on the optical axis thereof is expressed by  $N_d1$  (refractive index):  $V_d1$  (Abbe number); the second lens L2 includes two curved surfaces S3 and S4 with radii of curvature R3 and R4, respectively, and a center thickness  $d_3$  on an optical axis thereof, which is expressed by  $N_d3$  (refractive index):  $V_d3$  (Abbe number); the third lens L3 includes curvature radiuses R5, R6 two curved surfaces S5, S6, the center of the optical axis  $d_5$ , the material is expressed as  $N_d5$  (refractive index):  $V_d5$  (Abbe number); the fourth lens L4 includes a radius of curvature R7, R8 Of the two curved surfaces S7, S8, the center thickness  $d_7$  on the optical axis thereof is expressed by  $N_d7$  (refractive index):  $V_d7$  (Abbe number); the fifth lens L5 includes two curved surfaces S9, S10, the center thickness  $d_9$  on the optical axis thereof, the material of which is expressed as  $N_d9$  (refractive index):  $V_d9$  (Abbe's number).
- [0037] The distance between the second lens and the third lens on the optical axis is  $d_4$ , the range of  $d_4$  is 4.5 mm# $d_4$ #27 mm, the distance between the third lens and the fourth lens on the optical axis is  $d_6$ , and the range of  $d_6$  is 100 # $d_6$ #135mm, and the tolerance of  $d_4$  and  $d_6$  is 5%.

- [0038] The specific data parameters of the dual-wavelength variable-power beam expander in this embodiment are shown in Table 1, wherein:
- [0039]  $\# = 3\text{mm}-8\text{mm}$ ,  $\# = 2-10$ ,  $\# = 1064\text{nm} / 532\text{nm}$ ,  $\#$  is the allowable incident beam diameter range of the dual wavelength laser beam expander of the present invention,  $\#$  is the beam expander magnification, and  $\#$  is Enter the wavelength of the light beam.
- [0040] Table 1 UV laser variable beam expander specific parameters

[0041]



- [0042] d4 and d6 are adjustable. By adjusting d4 and d6, beam expander can produce different beam expander multiples, the correspondence between the examples shown in Table 2:
- [0043] Table 2d4 and d6 corresponding to the expansion beam expander multiplier
- [0044] d4 (mm) d6 (mm) # 25.2 114.6 2 20.1 124.5 4 15 127.4 6 10 128.9 8 4.8 129.7 10
- [0045] In the above table, the technical problems to be solved in the above embodiments can be solved within the range of  $\pm 5\%$  of the surface radius, the surface interval and the material parameters of the UV laser variable magnifying beam expander to achieve the same technical effect, which is specifically described as follows:
- [0046] 1)Surface radius of curvature R1-10#R1-10 #  $\pm 5\% \cdot R1-10$
- [0047] 2)Surface clearance d1-9#d1-9 #  $\pm 5\% \cdot d1-9$
- [0048] 3)Refractive index: Abbe number Nd1-9: Vd1-9#Nd1-9: Vd1-9 #  $\pm 5\% \cdot Nd1-9: Vd1-9$
- [0049] Dispersion pattern of the double-wavelength laser beam expander in this embodiment is shown in FIG. 2. It can be clearly seen from the figure that when the incident beam is incident at an angle of  $0^\circ - 0.055^\circ$ , The beam quality is within the diffraction limit. Energy concentration diagram shown in Figure 3, it can be clearly seen from the figure, when the incident beam at  $0^\circ - 0.055^\circ$  incident angle case, the beam quality of the outgoing beam can form the radius of the diffusion speckle are 0.015 microns inside. The optical transfer function diagram is shown in Fig. 4. It can be clearly seen from the figure that the optical transmission function of the outgoing beam reaches the diffraction limit when the incident beam is incident at an angle of  $0^\circ - 0.055^\circ$ .
- [0050] The above description of the embodiments is intended to facilitate those of ordinary skill in the art to understand and use the invention. It will be apparent to those skilled in the art that various modifications may be made to these embodiments and that the general principles described herein may be applied to other embodiments without having to undergo inventive labor. Therefore, the present invention is not limited to the above embodiments. Those skilled in the art should, based on the disclosure of the present invention, make improvements and modifications without departing from the scope of the present invention within the protection scope of the present invention.

1. 1. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens, it is characterised in that the dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens can be right The laser of two kinds of wavelength is expanded, that is, allows to input 532nm laser and 1064nm laser, along laser light incident direction, dual wavelength The first lens that laser continuous zoom beam expanding lens includes continuously setting, the second lens, the 3rd lens, the 4th lens and the 5th saturating Mirror, wherein the first described lens are biconvex positive lens, the second lens are the negative lens of plano-concave, and the 3rd lens are negative for concave-concave Mirror, the 4th lens are the negative lens of concave-concave, and the 5th lens are the positive lens of plano-convex.
2. 2. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that the second lens and Spacing of three lens on optical axis is  $d_4$ ,  $d_4$  Scope be# 4.5mm# $d_4$ #27mm#3rd lens and the 4th lens are on optical axis Spacing be  $d_6$ ,  $d_6$  Scope be#100# $d_6$ #135mm, and  $d_4$  With  $d_6$  The margin of tolerance be 5%.
3. A kind of 3. dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 2, it is characterised in that described  $d_4$  For 25.2mm, described  $d_6$  For 114.6mm, the multiplying power that expands of the dual-wavelength laser Zooming expander is 2, or, Described  $d_4$  For 20.1mm, described  $d_6$  For 124.5mm, the multiplying power that expands of the dual-wavelength laser Zooming expander is 4, or, Described  $d_4$  For 15mm, described  $d_6$  For 127.4mm, the multiplying power that expands of the dual-wavelength laser Zooming expander is 6, or, Described  $d_4$  For 10mm, described  $d_6$  For 128.9mm, the multiplying power that expands of the dual-wavelength laser Zooming expander is 8, or, Described  $d_4$  For 4.8mm, described  $d_6$  For 129.7mm, the dual-wavelength laser Zooming expander expands multiplying power as 10.
4. 4. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that described first is saturating Mirror is respectively R including radius of curvature $_1$ # $R_2$  Two curved surface  $S_1$ # $S_2$ , the center thickness on its optical axis is  $d_1$ , its material is with refractive index Stated with the ratio between Abbe number, i.e.  $Nd_1$ # $Vd_1$ ,  $R_1$  For 16.2mm,  $R_2$  For -16.2mm,  $d_1$  For 2.4mm,  $Nd_1$ : $Vd_1$  For 1.46# 68, and  $d_1$  and  $Nd_1$ : $Vd_1$  The margin of tolerance be 5%.
5. 5. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that described second is saturating Mirror is respectively R including radius of curvature $_3$ # $R_4$  Two curved surface  $S_3$ # $S_4$ , the center thickness on its optical axis is  $d_3$ , its material is with refractive index Stated with the ratio between Abbe number, i.e.  $Nd_3$ # $Vd_3$ , described  $R_3$  For 16.5mm,  $R_4$  For 0mm,  $d_3$  For 1mm,  $Nd_3$ : $Vd_3$  For 1.57: 42, and  $d_3$  With  $Nd_3$ : $Vd_3$  The margin of tolerance be 5%.

6. 6. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that described the 3rd is saturating Mirror is respectively R including radius of curvature $R_5$ Two curved surface  $S_5$ # $S_6$ , the center thickness on its optical axis is  $d_5$ , its material is with refractive index Stated with the ratio between Abbe number, i.e.  $Nd_5$ # $Vd_5$ , described  $R_5$ For -9mm,  $R_6$ For 9mm,  $d_5$ For 2mm,  $Nd_5$ : $Vd_5$ For 1.46#68, And  $d_5$ With  $Nd_5$ : $Vd_5$ The margin of tolerance be 5%.
7. 7. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that described the 4th is saturating Mirror is respectively R including radius of curvature $R_7$ Two curved surface  $S_7$ # $S_8$ , the center thickness on its optical axis is  $d_7$ , its material is with refractive index Stated with the ratio between Abbe number, i.e.  $Nd_7$ # $Vd_7$ , described  $R_7$ For -124mm,  $R_8$ For 40mm,  $d_7$ For 4.4mm,  $Nd_7$ : $Vd_7$ For 1.57#42, and  $d_7$ With  $Nd_7$ : $Vd_7$ The margin of tolerance be 5%.
8. 8. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that described the 5th is saturating Mirror is respectively R including radius of curvature $R_{10}$ Two curved surface  $S_9$ # $S_{10}$ , the center thickness on its optical axis is  $d_9$ , its material is to reflect The ratio between rate and Abbe number are stated, i.e.  $Nd_9$ # $Vd_9$ , described  $R_9$ For 43.9mm,  $R_{10}$ For -43.9mm,  $d_9$ For 11mm,  $Nd_9$ : $Vd_9$ For 1.46#68, and  $d_9$ With  $Nd_9$ : $Vd_9$ The margin of tolerance be 5%.
1. 1. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens, it is characterised in that the dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens can be right The laser of two kinds of wavelength is expanded, that is, allows to input 532nm laser and 1064nm laser, along laser light incident direction, dual wavelength The first lens that laser continuous zoom beam expanding lens includes continuously setting, the second lens, the 3rd lens, the 4th lens and the 5th saturating Mirror, wherein the first described lens are biconvex positive lens, the second lens are the negative lens of plano-concave, and the 3rd lens are negative for concave-concave Mirror, the 4th lens are the negative lens of concave-concave, and the 5th lens are the positive lens of plano-convex.
2. 2. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that the second lens and Spacing of three lens on optical axis is  $d_4$ ,  $d_4$ Scope be# 4.5mm# $d_4$ #27mm#3rd lens and the 4th lens are on optical axis Spacing be  $d_6$ ,  $d_6$ Scope be#100# $d_6$ # 135mm, and  $d_4$ With  $d_6$ The margin of tolerance be 5%.

3. A kind of 3. dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 2, it is characterised in that described  $d_4$  For 25.2mm, described  $d_6$  For 114.6mm, the multiplying power that expands of the dual-wavelength laser Zooming expander is 2, or,  
Described  $d_4$  For 20.1mm, described  $d_6$  For 124.5mm, the multiplying power that expands of the dual-wavelength laser Zooming expander is 4, or,  
Described  $d_4$  For 15mm, described  $d_6$  For 127.4mm, the multiplying power that expands of the dual-wavelength laser Zooming expander is 6, or,  
Described  $d_4$  For 10mm, described  $d_6$  For 128.9mm, the multiplying power that expands of the dual-wavelength laser Zooming expander is 8, or,  
Described  $d_4$  For 4.8mm, described  $d_6$  For 129.7mm, the dual-wavelength laser Zooming expander expands multiplying power as 10.
4. 4. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that described first is saturating Mirror is respectively R including radius of curvature $_1$ # $R_2$ Two curved surface  $S_1$ # $S_2$ , the center thickness on its optical axis is  $d_1$ , its material is with refractive index Stated with the ratio between Abbe number, i.e.  $Nd_1$ # $Vd_1$ ,  $R_1$  For 16.2mm,  $R_2$  For -16.2mm,  $d_1$  For 2.4mm,  $Nd_1$ : $Vd_1$  For 1.46# 68, and  $d_1$  and  $Nd_1$ : $Vd_1$  The margin of tolerance be 5%.
5. 5. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that described second is saturating Mirror is respectively R including radius of curvature $_3$ # $R_4$ Two curved surface  $S_3$ # $S_4$ , the center thickness on its optical axis is  $d_3$ , its material is with refractive index Stated with the ratio between Abbe number, i.e.  $Nd_3$ # $Vd_3$ , described  $R_3$  For 16.5mm,  $R_4$  For 0mm,  $d_3$  For 1mm,  $Nd_3$ : $Vd_3$  For 1.57: 42, and  $d_3$  With  $Nd_3$ : $Vd_3$  The margin of tolerance be 5%.
6. 6. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that described the 3rd is saturating Mirror is respectively R including radius of curvature $_5$ # $R_6$ Two curved surface  $S_5$ # $S_6$ , the center thickness on its optical axis is  $d_5$ , its material is with refractive index Stated with the ratio between Abbe number, i.e.  $Nd_5$ # $Vd_5$ , described  $R_5$  For -9mm,  $R_6$  For 9mm,  $d_5$  For 2mm,  $Nd_5$ : $Vd_5$  For 1.46#68, And  $d_5$  With  $Nd_5$ : $Vd_5$  The margin of tolerance be 5%.
7. 7. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that described the 4th is saturating Mirror is respectively R including radius of curvature $_7$ # $R_8$ Two curved surface  $S_7$ # $S_8$ , the center thickness on its optical axis is  $d_7$ , its material is with refractive index Stated with the ratio between Abbe number, i.e.  $Nd_7$ # $Vd_7$ , described  $R_7$  For -124mm,  $R_8$  For 40mm,  $d_7$  For 4.4mm,  $Nd_7$ : $Vd_7$  For 1.57#42, and  $d_7$  With  $Nd_7$ : $Vd_7$  The margin of tolerance be 5%.
8. 8. a kind of dual-wavelength laser continuous zoom beam expanding lens according to claim 1, it is characterised in that described the 5th is saturating Mirror is respectively R including radius of curvature $_9$ # $R_{10}$ Two curved surface  $S_9$ # $S_{10}$ , the center thickness on its optical axis is  $d_9$ , its material is to reflect The ratio between rate and Abbe number are stated, i.e.  $Nd_9$ # $Vd_9$ , described  $R_9$  For 43.9mm,

$R_{10}$  For  $-43.9\text{mm}$ ,  $d_9$  For  $11\text{mm}$ ,  $Nd_9:Vd_9$  For  $1.46\#68$ , and  $d_9$  With  $Nd_9:Vd_9$  The margin of tolerance be  $5\%$ .

1. 1. A dual-wavelength continuous variable-power beam expander with double-wavelength laser beam expander can expand two types of laser beams, that is,  $532\text{-nm}$  laser beam and  $1064\text{-nm}$  laser beam are allowed to be input along a laser beam incident direction. The double-wavelength laser continuous variable magnification beam expander lens comprises a first lens, a second lens, a third lens, a fourth lens and a fifth lens arranged in series, wherein the first lens is a biconvex positive lens and the second lens Concave concave negative lens, the third lens is a biconcave negative lens, the fourth lens is a biconcave negative lens, and the fifth lens is a plano-convex positive lens.
2. 2. The double-wavelength laser continuous variable beam expander lens according to claim 1, wherein the distance between the second lens and the third lens on the optical axis is  $d_4$ , the range of  $d_4$  is  $4.5\text{ mm} \# d_4 \# 27\text{ mm}$ ; The distance between the third lens and the fourth lens on the optical axis is  $d_6$ , the range of  $d_6$  is:  $100\#d_6\#135\text{mm}$ , and the tolerance of  $d_4$  and  $d_6$  is in the range of  $5\%$ .
3. 3. According to claim 2, wherein a double-wavelength laser zooming beam expander, characterized in that the  $d_4$  is  $25.2\text{mm}$ , the  $d_6$  is  $114.6\text{mm}$ , the double-wavelength laser beam expander The beam magnification is 2, or,
 

The  $d_4$  is  $20.1\text{mm}$ , the  $d_6$  is  $124.5\text{mm}$ , the beam expander magnification of the dual wavelength laser beam expander is 4,

The  $d_4$  is  $15\text{mm}$ , the  $d_6$  is  $127.4\text{mm}$ , the beam expander magnification of the dual wavelength laser beam expander is 6, or,

The  $d_4$  is  $10\text{mm}$ , the  $d_6$  is  $128.9\text{mm}$ , the beam expander magnification of the dual wavelength laser beam expander is 8,

The  $d_4$  is  $4.8\text{mm}$ , the  $d_6$  is  $129.7\text{mm}$ , the beam expander magnification of the dual-wavelength laser beam expander is 10.
4. 4. The double-wavelength laser continuous variable beam expander lens according to claim 1, wherein the first lens comprises two curved surfaces  $S_1$  and  $S_2$  with radii of curvature  $R_1$  and  $R_2$ , respectively, on the optical axis The thickness of the center is  $d_1$ , the material of which is expressed as the ratio of the refractive index to the Abbe number, ie  $Nd_1: Vd_1$ ,  $R_1$  is  $16.2\text{ mm}$ ,  $R_2$  is  $-16.2\text{ mm}$ ,  $d_1$  is  $2.4\text{ mm}$ ,  $Nd_1: Vd_1$  is  $1.46: 68$ , To  $Nd_1: Vd_1$  tolerance range of  $5\%$ .
5. 5. The double-wavelength laser continuous variable beam expander lens according to claim 1, wherein the second lens comprises two curved surfaces  $S_3$  and  $S_4$  with radii of curvature of  $R_3$  and  $R_4$ , respectively, on the optical axis The center thickness is  $d_3$  and the material is expressed as the ratio of the refractive index to the Abbe number, ie  $Nd_3: Vd_3$ ,  $R_3$  is  $16.5\text{ mm}$ ,  $R_4$  is  $0\text{ mm}$ ,  $d_3$  is  $1\text{ mm}$ ,  $Nd_3: Vd_3$  is  $1.57: 42$  and  $d_3$  To  $Nd_3: Vd_3$  tolerance range of  $5\%$ .
6. 6. The double-wavelength laser continuous variable beam expander according to claim 1, wherein the third lens comprises two curved surfaces  $S_5$ ,  $S_6$  with radii of curvature of  $R_5$  and  $R_6$ , respectively, on the optical axis The center thickness is  $d_5$  and the material is expressed as the ratio of the refractive

index to the Abbe number, ie  $Nd5: Vd5$ ,  $R5$  is -9 mm,  $R6$  is 9 mm,  $d5$  is 2 mm,  $Nd5: Vd5$  is 1.46: 68 and  $d5$  The tolerance to  $Nd5: Vd5$  is 5%.

7. 7.The double-wavelength laser continuous variable beam expander lens according to claim 1, wherein the fourth lens comprises two curved surfaces  $S7$ ,  $S8$  with radii of curvature of  $R7$ ,  $R8$ , respectively, on the optical axis The center thickness is  $d7$  and its material is expressed as the ratio of the refractive index to the Abbe number, ie  $Nd7: Vd7$ , the  $R7$  is -124 mm, the  $R8$  is 40 mm, the  $d7$  is 4.4 mm and the  $Nd7: Vd7$  is 1.57: 42, and Tolerances for  $d7$  and  $Nd7: Vd7$  are 5%.
8. 8.The double-wavelength laser continuous variable beam expander lens according to claim 1, wherein the fifth lens comprises two curved surfaces  $S9$  and  $S10$  with radii of curvature of  $R9$  and  $R10$ , respectively, on the optical axis The center thickness is  $d9$  and its material is expressed as the ratio of the refractive index to the Abbe number, ie  $Nd9: Vd9$ , the  $R9$  is 43.9 mm, the  $R10$  is -43.9 mm, the  $d9$  is 11 mm, the  $Nd9: Vd9$  is 1.46: 68, And  $d9$  and  $Nd9: Vd9$  tolerance range of 5%.