

Resonatorentwicklung

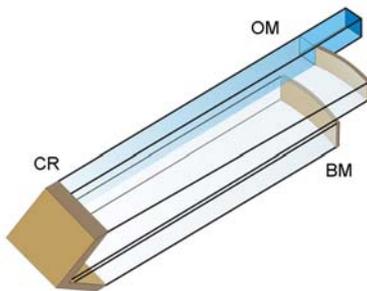
New Resonator Designs

Am DLR-Standort in Lampoldshausen wird ein Chemischer Sauerstoff Iod Laser (COIL) der 10 kW-Klasse im Dauerstrich betrieben. Hochleistungslaser, die wie der COIL mit großem (hier rechteckigem) Querschnitt des aktiven Mediums und geringer Verstärkung arbeiten, erfordern die Anwendung neuer Resonatoranordnungen.

The DLR is operating a 10 kW-class Chemical Oxygen Iodine Laser (COIL) in a continuous wave mode at its test site at Lampoldshausen. For high power lasers with large (here rectangular) cross-section of the active medium and low signal gain the application of new resonator configurations is necessary.

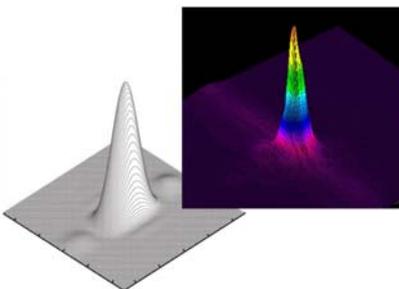
D-NBHR mit Auskoppel- (OM), Rück- (BM) und Winkelspiegel (CR)

D-NBHR with output mirror (OM), back mirror (BM) and corner reflector (CR)



Numerisch berechnetes (links) und gemessenes Fernfeld (rechts) des D-NBHR

Numerically calculated (left) and measured far field (right) of the D-NBHR



Für die effektive Übertragung von Laserenergie über große Distanzen wird eine nahezu beugungsbegrenzte Strahlqualität benötigt. Der Einsatz von konventionellen Resonatoren am COIL erweist sich dabei als nicht optimal. Stabile Resonatoren erzeugen auf Grund des großen Querschnitts des aktiven Mediums sehr viele Moden und damit eine hohe Strahldivergenz. Bei instabilen Resonatoren treten durch die geringe Verstärkung und die damit verbundene geringe Auskoppelung starke Beugungsstrukturen im Fernfeld auf. Für COILs unterschiedlicher Leistungsklasse benötigt man daher verschiedenartige Resonatoranordnungen. Die Auslegung und Simulation neuer Resonatoren erfolgt numerisch. Grundlage der Berechnungen ist die Integralgleichung der Fresnel-Kirchhoff Formulierung des Huygens'schen Prinzips.

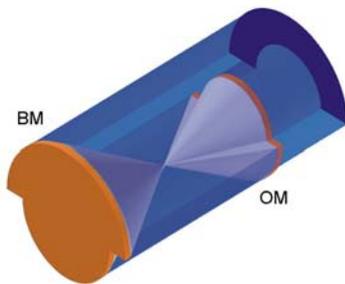
In order to transmit laser radiation effectively over large distances a nearly diffraction limited beam quality is necessary. The application of conventional resonators to COIL is not ideal. Due to the large cross-section of the active medium, stable resonators lead to a multimode operation and therefore to a large beam divergence. The application of unstable resonators leads to a very structured far field, because of the low optimum output coupling, which is a result of the low gain medium. Therefore for COILs of different output power class also different resonator concepts are needed. The design and the simulation of new resonators is done numerically and is based on the integral equation of the Fresnel-Kirchhoff formulation of Huygen's principle.

COILs der 10 kW-Klasse bringen gute Voraussetzungen für die Anwendung von Hybridresonatoren mit sich. Diese bilden in einer Richtung einen stabilen und in der senkrecht dazu liegenden Richtung einen instabilen Resonator. Durch Zylinderspiegel lässt sich eine optimale Anpassung an das rechteckige Medium erzielen. Der instabile Resonator wird in Richtung der längeren Seite des Mediumquerschnittes und der stabile Resonator in Richtung dessen kürzerer Seite gelegt. Die Leistungsauskopplung erfolgt in instabiler Richtung.

COILs of the 10 kW-class are well suited for the use of hybrid resonators. These built up a stable resonator in one direction and perpendicularly an unstable resonator. Cylindrical mirrors lead to a perfect adaptation to the rectangular gain medium. The unstable resonator is oriented parallel to the direction of the extended side of the cross-section of the active medium. The stable resonator coincides to the direction of its shorter side. The power is coupled out of the resonator in the unstable direction.

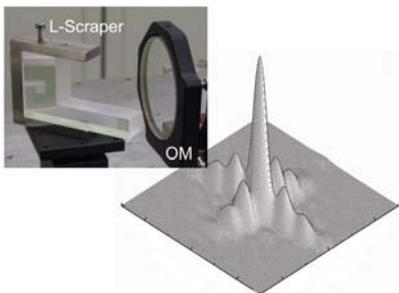
MNBUR in rotationssymmetrischer Geometrie mit Auskoppel- (OM) und Rückspiegel (BM)

MNBUR in rotational symmetry with output (OM) and back mirror (BM)



Realisierte Auskoppelanordnung und berechnetes Fernfeld für einen COIL der 100 kW-Klasse und MNBUR mit L-Scraper

Implemented out coupling design and calculated far field for a 100 kW-class COIL and an MNBUR with L-shaped scraper



Durch diese Anordnung erhält man in der stabilen Richtung einen Mode niedrigerer Ordnung als bei dem konventionellen stabilen Resonator. Dennoch bleibt die Divergenz in stabiler Richtung mit $M^2 \sim 10$ noch relativ groß.

Eine Faltung des Hybridresonators in der stabilen Richtung mit Hilfe eines Winkelspiegels reduziert den Querschnitt und führt durch den zweifachen Durchgang zu einer größeren Verstärkung. Dieser "Doppelpass Negative-Branch Hybrid Resonator" (D-NBHR) hat eine Strahlqualität von $M^2 < 3$ in der stabilen Richtung.

Für COILs der 100 kW-Klasse und größer werden rein instabile Resonatoren auf Grund des größeren Auskoppelgrads und der damit verbundenen geringer werdenden Beugungsstrukturen im Fernfeld wieder interessant. Zur Verringerung der verbleibenden Beugungseffekte wird ein modifizierter Aufbau benutzt, der "Modified Negative-Branch Unstable Resonator" (MNBUR), und an dem 10 kW COIL getestet. Er ist dadurch charakterisiert, dass die Auskopplung der Laserstrahlung auf nur einer Seite des Auskoppelspiegels erfolgt. In rotationssymmetrischer Geometrie wird beim konventionellen instabilen Resonator ein dünner Ring ausgekoppelt. Beim MNBUR ist es ein halber, allerdings breiterer Ring. Das Ergebnis ist ein deutlich weniger stark strukturiertes Fernfeld. Realisiert wird der MNBUR durch sphärische Spiegel. Die Auskopplung und die Anpassung an die Geometrie des aktiven Mediums erfolgt über einen Scraper. Bei einem rechteckigen Querschnitt des aktiven Mediums kann der Scraper die Form des Buchstabens "L" annehmen, und so für eine komplette Ausnutzung des Mediums sorgen. Weitere Vorteile des MNBUR sind sein einfacher Aufbau und die geringe Justierempfindlichkeit.

Due to the hybrid setup a lower order mode is established in stable direction as compared to the conventional stable resonator. Nevertheless, the beam divergence in stable direction still remains relatively high at $M^2 \sim 10$.

Folding the hybrid resonator in stable direction by integration of a corner reflector reduces the cross-section and yields a larger signal gain due to the double pass through the medium. This "Double pass Negative-Branch Hybrid Resonator" (D-NBHR) shows a beam quality of $M^2 < 3$ in stable direction.

The application of purely unstable resonators to COIL of the 100 kW-class and higher is getting more attractive. Due to the increased coupling loss the diffraction structures in the far field decrease. In order to reduce the remaining diffraction effects a "Modified Negative-Branch Unstable Resonator" (MNBUR) is applied and tested at the 10 kW class COIL. It is characterized by the fact that the output coupling of the radiation is only performed on one side of the output mirror. The output coupling of a conventional unstable resonator in rotational symmetry will look like a thin ring. The MNBUR will create an output coupling in the form of only one half of a ring, but it will be broader. The result is a less structured far field. The practical realization can be performed with spherical resonator mirrors. The output coupling and the adaptation to the geometry of the active medium is done with the help of a scraper. Having a rectangular cross-section of the gain medium the scraper can take the shape of the letter "L". The resonator covers then the complete medium. Further advantages of the MNBUR are the simple setup and the low misalignment sensitivity.



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Technische Physik

Pfaffenwaldring 38-40

70569 Stuttgart

Telefon: +49 (0)711 6862-773

Telefax: +49 (0)711 6862-788

www.DLR.de/tp