Transversely excited double-discharge HCN laser

Doctoral Thesis**Author(s):**

Sturzenegger, Christian

Publication date:

1979

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000158846>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Diss ETH 6334

TRANSVERSELY EXCITED DOUBLE - DISCHARGE HCN LASER

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ZUERICH

for the degree of

Doctor of Natural Sciences

presented by

C H R I S T I A N S T U R Z E N E G G E R

Dipl. Phys. ETHZ

born January 8, 1945

citizen of Reute (Canton Appenzell - Ausserrhoden)

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. F. K. Kneubühl

Prof. Dr. H. Schneider (University of Fribourg)

1979

A B S T R A C T

A transversely excited HCN laser with uv-preionization is described. The influence of the auxiliary discharge on the laser medium is discussed and the results obtained with laser gas mixtures $\text{CH}_3\text{CN} - \text{He}$, $(\text{CN})_2 - \text{H}_2 - \text{He}$ and $\text{HCN} - \text{CH}_4 - \text{He}$ are presented.

Optimum laser conditions were found for $\text{HCN} - \text{CH}_4 - \text{He}$ mixtures in a flow system where the laser energy is increased by a factor of 7 compared to the energy obtained from the other gas mixtures mentioned above. Transverse excitation, uv-preionization, flow system and the use of pure HCN result in a drastic increase of the input and output energy per volume. Laser energies per pulse of at least 1 mJ and less than 15 mJ are obtained.

The generation of stimulated far-infrared emission by photolysis of $\text{HCN} - \text{CH}_4 - \text{He}$ gas mixtures is discussed. A reaction chamber capable of guiding submillimeter waves was developed. In order to gain insight into the laser mechanism, the laser emissions of the CN radicals and the HCN molecules were measured.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Durch transversale Anregung des aktiven Mediums des HCN Lasers konnte gegenüber dem longitudinal angeregten HCN Laser eine Erhöhung des Arbeitsdruckes erzielt werden. Wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt wird, kann eine weitere bedeutende Verbesserung des Arbeitsdruckes sowie der Eingangs- und Ausgangsenergien pro aktive Volumeneinheit durch Vorionisierung des Lasergases und durch Optimierung der Gaszusammensetzung erreicht werden.

Im ersten Kapitel werden die Vorionisierungsmechanismen in einem HCN Lasergas diskutiert. Dabei wird von einer Laseranordnung ausgegangen, bei der uv-Strahlung emittierende Vorionisierungsentladungen seitlich der Hauptelektroden angeordnet sind. Die detaillierte Beschreibung des Wellenleiterresonators und der elektrischen Entladungskreise erfolgt im zweiten Kapitel. Experimente mit den Gasgemischen $\text{CH}_3\text{CN} - \text{He}$, $(\text{CN})_2 - \text{H}_2 - \text{He}$ und $\text{HCN} - \text{CH}_4 - \text{He}$ werden in den folgenden Kapiteln behandelt. Mit dem relativ ungiftigen Gasgemisch $\text{CH}_3\text{CN} - \text{He}$ wurde der Einfluss der Vorionisierung auf die Entwicklung der Hauptentladung untersucht. Aufnahmen mit einer Schnellbildkamera zeigen, dass die Vorionisierung eine bessere Homogenität der Hauptentladung bewirkt. uv-Photoionisation von Gasbestandteilen ist der dominante Vorionisierungsmechanismus. Die Wirkung dieser Hilfsentladung verbesserte die Laserenergie pro Impuls in den untersuchten Gasgemischen um einen Faktor ≥ 2 .

Mit dem Gasgemisch $(\text{CN})_2 - \text{H}_2 - \text{He}$ wurde aufgrund des vorgeschlagenen Inversionsmechanismus

eine wesentliche Verbesserung der Laserimpulsenergie im Vergleich zum $\text{CH}_3\text{CN} - \text{He}$ Gemisch erhofft. Die Experimente mit durchfliessendem $(\text{CN})_2 - \text{H}_2 - \text{He}$ Gemisch zeigten jedoch keine Steigerung der Laserenergie. Die Energie nimmt während den ersten 10 Impulsen zu und erreicht einen stationären Wert. Dieses Verhalten kann mit der Bildung von Blausäure in der Entladung erklärt werden. Diese Annahme wurde durch die Resultate mit durchfliessendem $\text{HCN} - \text{CH}_4 - \text{He}$ Gemisch im Entladungsvolumen bestätigt. Mit HCN Konzentrationen um 10 % im aktiven Medium konnte eine Steigerung der Laserimpulsenergie um einen Faktor 7 verglichen mit den Energien mit den oben erwähnten Lasergasen beobachtet werden. Laserimpulsenergien zwischen 1 mJ und 15 mJ wurden erreicht. Ein Vergleich verschiedener HCN Lasersysteme zeigt, dass mit transversaler Anregung, Vorionisierung, durchfliessendem Lasergas und reinem HCN im aktiven Medium eine wesentliche Verbesserung der Eingangsenergie und Laserimpulsenergie pro Volumeneinheit erreichbar sind.

Im siebten Kapitel wird die Möglichkeit der Erzeugung einer Inversion des HCN Moleküls durch Photolyse untersucht. Für diese Experimente wurde eine Reaktionskammer mit Wellenleiterstruktur gebaut. Die uv-Strahlung wird durch Funkenstrecken innerhalb dieses Wellenleiters erzeugt. Das durch die Strahlung angeregte $\text{HCN} - \text{CH}_4 - \text{He}$ Gemisch emittiert starke Laserstrahlung im Bereich zwischen $1.2\text{ }\mu\text{m}$ und $2.6\text{ }\mu\text{m}$, die dem CN Radikal zugeordnet werden kann. Die Strahlungsenergie von 1.5 mJ lässt auf eine starke Dissoziation des HCN Moleküls schliessen. Wird andererseits das gleiche Gasgemisch im

transversalen Lasersystem angeregt, wird keine CN Emission beobachtet. Umgekehrt verhält es sich mit der 337 μm Emission des HCN Moleküls. Starke HCN Emission wird mit der transversalen Anregung erreicht und nur schwache Laserstrahlung wurde mit der Anregung durch uv-Strahlung festgestellt. Diese Ergebnisse zeigen, dass eine hohe CN Konzentration keine genügende Bedingung darstellt, eine grosse Verstärkung der 337 μm Linie zu erreichen, wie dies der oben erwähnte Inversionsmechanismus erwarten liesse.