

Diss. No. 4350

**Experimental Investigations
of Statistical Fluctuations
in Continuous-Wave Gallium Arsenide Laser Diodes**

DISSERTATION

submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of Doctor of Technical Sciences

presented by

GEORGE GUEKOS

dipl. El.-Ing. ETH

born August 15, 1940

citizen of Greece

Accepted on the recommendation of

Prof. Dr. M. J. O. Strutt

Prof. Dr. F. Borgnis

Juris Druck + Verlag Zurich
1969

SUMMARY

In this thesis the results of experiments on statistical fluctuations in cw GaAs laser diodes at 77^oK are discussed. Using a single radiation detector, the statistical fluctuations of the intensity of the emitted radiation were measured simultaneously with the noise of the current through the laser diode. The measurements were carried out as a function of frequency and of laser diode dc current. The statistical intensity fluctuations of the laser radiation were found to be correlated to the noise of the corresponding diode current.

The diodes emitted a cw laser radiation in terms of lasing filaments generated in the p-n junction region. The filaments were perpendicular to the partially reflecting diode faces constituting the mirrors of the Fabry-Perot resonator. The statistical intensity fluctuations of the radiation from a single filament, optically isolated from the other filaments, were measured as a function of the diode current in the frequency range 40 kHz to 6 MHz. Simultaneously, the intensity fluctuations of the total radiation from the same resonator mirror were also measured. The results agreed well qualitatively with the predictions of the classical theory of the Van der Pol oscillator driven by random noise. In the vicinity and above the lasing threshold, the noise of the diode current was found to depend significantly upon the noise level of the emitted radiation.

The high cross-correlation coefficient between the noise of the diode voltage and the noise of the laser beam discovered in the GaAs diodes was used to reduce to a large extent the noise level of the laser radiation. The noise reduction was obtained with the aid of a modulation method. The diode voltage noise was used to modulate the laser beam by means of an external KDP modulator.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Promotionsarbeit werden die experimentellen Ergebnisse über statistische Schwankungen in bei 77°K kontinuierlich arbeitenden GaAs-Diodenlasern ausgewertet. Unter Benützung eines Strahlungsdetektors wurden die statistischen Schwankungen der Intensität der emittierten Strahlung gleichzeitig mit dem Rauschen des Stromes durch die Laserdiode gemessen. Die Messungen wurden bei verschiedenen Werten der Frequenz und des Diodengleichstromes ausgeführt. Es wurde festgestellt, dass die statistischen Intensitätsschwankungen der Laserstrahlung mit dem Rauschen des entsprechenden Diodenstromes korreliert sind.

Die im Dauerstrich arbeitenden Dioden emittierten ihre Laserstrahlung aus Lichtfäden im p-n Uebergang. Die Lichtfäden waren senkrecht zu den partiell reflektierenden, den Fabry-Perot Resonator bildenden Stirnflächen der Dioden. Die statistischen Intensitätsschwankungen der von einem einzigen, von allen andern optisch getrennten Lichtfaden emittierten Strahlung, wurden als Funktion des Diodenstromes im Frequenzgebiet 40 kHz bis 6 MHz gemessen. Die Ergebnisse stimmen qualitativ gut mit den Voraussagen überein, die aus der Anwendung der Theorie des Van der Pol Oszillators mit einem Rauschterm gewonnen wurden. Es wurde festgestellt, dass das Rauschen des Diodenstromes in der Nähe und oberhalb der Laserschwelle wesentlich vom Rauschpegel der emittierten Strahlung abhängt.

Der hohe, in den GaAs-Dioden entdeckte Kreuzkorrelations-Koeffizient zwischen dem Rauschen der Diodenspannung und dem Rauschen des Laserstrahles wurde zur bedeutenden Erniedrigung des Rauschpegels der Laserstrahlung angewendet. Zu diesem Zwecke wurde mittels eines externen KDP-Modulators der Laserstrahl mit dem Rauschen der Diodenspannung moduliert.