

# Durchstimmung eines External Cavity Diode Lasers (ECDL) mit einem Wellenleitergitter (WGG)

Stephan Block, Dr. K.-D. Salewski

Universität Greifswald, Institut für Physik / Angewandte Physik

<mailto:block@physik.uni-greifswald.de>

Wir stellen einen ECDL-Aufbau vor, bei dem ein WGG eingesetzt wird, um einen Single-Mode-Betrieb des ECDLs zu erreichen. Es wird nachgewiesen, dass sich das Maximum der Reflektivität des WGG durch Temperaturänderung zu anderen Wellenlängen verschieben lässt. Somit besteht die Möglichkeit, einen ECDL aufzubauen, der ohne Bewegung des WGGs durchstimmbar ist.

## 1 Motivation

Reflexionsgitter besitzen eine Reflektivität, die ein ausgeprägtes Maximum und eine geringe Halbwertsbreite aufweist. Sie werden häufig in ECDLs eingesetzt, um Single-Mode-Betrieb gewährleisten zu können [1].

Das Maximum der Reflektivität hängt sowohl vom Einfallswinkel als auch von der Wellenlänge des einfallenden Strahls ab. Möchte man für eine Frequenz-Durchstimmung des ECDLs das Maximum der Reflektivität verschieben, so muss der Einfallswinkel geändert werden, was eine Drehung des Reflexionsgitters erfordert. Der dazu notwendige mechanische Aufbau einschließlich piezoelektrischer Aktuatoren ist aufwendig.

Wir stellen einen ECDL-Aufbau vor, bei dem ein WGG anstelle des üblichen Reflexionsgitters verwendet wird. Die vom WGG reflektierte Intensität wird zur Strahlungsrückkopplung eingesetzt, während die transmittierte Intensität als Nutzstrahl zur Verfügung steht.

Es wird gezeigt, dass mit dem vorliegenden Aufbau ein Single-Mode-Betrieb des ECDLs erreicht werden kann. Zusätzlich wird ermittelt, wie sich das Maximum der Reflektivität des WGG durch Temperaturänderung zu anderen Wellenlängen verschiebt.

## 2 Parameter des WGG

Das verwendete WGG wurde an der Universität St. Etienne (FR) erstellt. Es besteht aus einer Glassplatte ( $12 \times 12 \times 1 \text{ mm}^3$ ), die als Basis für eine durch Ag-Na-Ionenaustausch realisierte Wellenleiterschicht ( $12 \times 12 \text{ mm}^2$ ,  $h = 230 \text{ nm}$ ) dient. In diese Schicht wurde ein Gitter der Periode  $\Lambda = 580 \text{ nm}$  geritzt (Abb.1).

Zunächst wurde die Reflektivität in Abhängigkeit von der Wellenlänge bei senkrechtem Strahleinfall gemessen, deren qualitativer Verlauf in Abb.2

dargestellt ist. Die Messungen zeigen, dass die Reflektivität bei einer Wellenlänge von 887 nm ein absolutes Maximum besitzt.

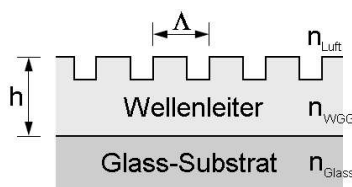


Abb. 1 Schematischer Aufbau des WGGs

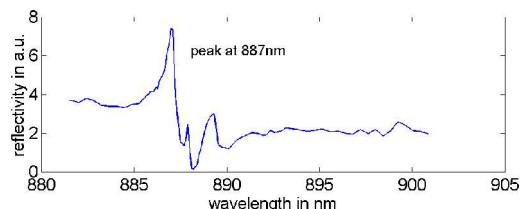


Abb. 2 Reflektivität des WGGs in Abhängigkeit von der einfallenden Wellenlänge bei senkrechtem Einfall

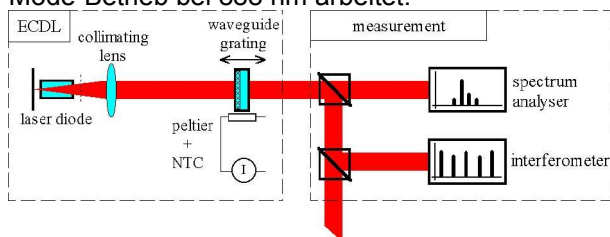
Diese frequenzselektive Eigenschaft des WGG kann genutzt werden, um einen ECDL aufzubauen, der bei 887 nm im Single-Mode-Betrieb arbeitet.

## 3 Aufbau des ECDLs

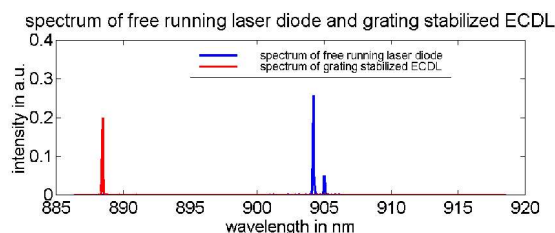
Als Strahlungsquelle fand eine bei 905 nm emittierende non AR-coated Laserdiode Verwendung, deren Laserstrahl durch das WGG rückgekoppelt wurde. Um das thermische Verhalten des WGGs bestimmen zu können, wurde der Gitterhalter mit einem NTC zur Temperaturmessung und einem Peltier-Element zur Temperaturänderung ausgestattet. Als Messgeräte kamen ein Gitterspektrograph und ein Quadratur-Interferometer zum Einsatz (Abb.3).

In Abb.4 sind das Spektrum der verwendeten Laserdiode und des ECDLs dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Laserdiode im Multimode-Betrieb bei

905 nm emittiert, während der ECDL im Single-Mode-Betrieb bei 888 nm arbeitet.



**Abb. 3** Schematischer Aufbau des ECDLs einschließlich Messgeräte



**Abb. 4** Spektrum der Laserdiode (blau) und Spektrum des ECDLs (rot)

Durch die Rückkopplung mit dem WGG konnte die Laserschwelle von 22.5 mA auf 19 mA reduziert werden.

#### 4 Thermische Verschiebung der Reflektivität

Um die Frequenz- bzw. Wellenlängenverschiebung des Maximums der Reflektivität zu bestimmen, die durch Temperaturänderung des WGGs erreicht werden kann, wählten wir zwei unterschiedliche Vorgehensweisen.

Als erste Variante wurde das WGG zur Strahlungsrückkopplung eingesetzt und mittels eines Peltier-Elementes geheizt, während die Länge des externen Resonators konstant gehalten wurde. Dadurch erhält man Modensprünge, deren Abstand dem freien spektralen Bereich (FSR) des externen Resonators entspricht. Mittels NTCs wurden die Temperaturen des WGGs gemessen, bei denen Modensprünge im Quadratur-Interferometer nachgewiesen werden konnten. Durch Kenntnis der Temperaturintervalle zwischen den Modensprünge und des FSRs konnten wir die Frequenzverschiebung des Maximums der Reflektivität zu 2.25 GHz / K ermitteln.

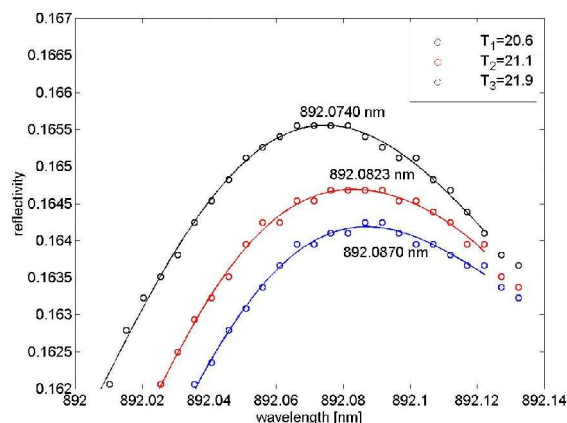
Als zweite Variante wurde die Tatsache ausgenutzt, dass zwischen der Wellenlänge des Maximums der Reflektivität  $\lambda$  und dem Einfallswinkel des Strahls  $\alpha$  folgende Abhängigkeit besteht:

$$\lambda = \lambda_0 \pm \Lambda \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet  $\lambda_0$  die Wellenlänge des Maximums bei senkrechten Strahleinfall. Misst man die Reflektivität mit einem Laserstrahl der Wellenlänge  $\lambda$ , so erhält man aus Gl. (1) den Einfallswinkel, bei dem eine maximale Reflektivität auftritt. Verschiebt sich  $\lambda_0$ , so tritt maximale Reflektivität bei einem

anderen  $\alpha$  auf. Somit kann die thermische Verschiebung des Maximums der Reflektivität durch Messung des Einfallswinkels  $\alpha$  ermittelt werden, bei dem maximale Reflektivität auftritt.

Die thermische Stabilisierung des WGG erfolgte mittels NTC und Peltier-Element. Mit Hilfe eines Piezoaktuators konnte das WGG gedreht und somit der Winkel zwischen einfallenden Strahl und Gitternormale verändert werden. Als Laserquelle kam ein He-Ne-Laser ( $\lambda = 633 \text{ nm}$ ) zum Einsatz.



**Abb. 5** Verschiebung des Maximums der Reflektivität in Abhängigkeit von der Temperatur des WGGs

Die reflektierte Intensität ist für unterschiedliche Temperaturen in Abhängigkeit von der Wellenlänge in Abb. 5 dargestellt. Die Verschiebung des Maximums der Reflektivität konnte dadurch zu 3.3 GHz / K ermittelt werden.

#### 5 Ausblick

Während der Untersuchungen stellte sich die thermische Durchstimmung des Gitters als problematisch dar. Da schnelle Temperaturänderungen zu inhomogenen Temperaturverteilungen im Wellenleiter und somit zum Zusammenbrechen des Single-Mode-Betriebs führten, waren die Repetitionsraten mit  $10^2 \text{ Hz}$  sehr gering. Als Lösung dieses Problems wird derzeit in St. Etienne an einer Version des WGGs gearbeitet, bei dem sich das Maximum der Reflektivität elektrooptisch verschieben lässt. Wird zusätzlich im externen Resonator ein elektrooptisches Element zur Änderung der optischen Weglänge eingebracht, so ergibt sich die Möglichkeit, einen ECDL aufzubauen, der keine beweglichen Teile beinhaltet und mit hohen Repetitionsraten im Single-Mode-Betrieb durchstimmbar ist.

#### 6 Literatur

- [1] F.J. Duarte and P. Zorabedian: „Tunable lasers handbook“, Academic Press, Inc., San Diego (1995)
- [2] V.A. Sychugov: „High reflectivity abnormal waveguide grating mirror for narrow line solid state lasers“ (1998)