



1 Optische Spektrometer mit Quantenkaskadenlasern können Lachgas sehr empfindlich nachweisen.

SPEKTROSKOPIE UND PROZESSANALYTIK

Quantenkaskadenlaser für die schnelle Abgasanalytik

Die europäischen Emissionsgesetze werden immer strenger, sowohl für die Industrie als auch für die Automobilbranche. Klimaschutz kann nur funktionieren, wenn die Luftverunreinigung durch Autoabgase stetig verringert wird. Zur Entwicklung abgasärmerer Motoren hat Fraunhofer IPM eine zuverlässige Abgasmesstechnik entwickelt. Mit ihr lässt sich insbesondere auch das sehr klimaschädliche Lachgas detektieren. Das System basiert auf der Infrarot-Absorptionsspektroskopie mit Quantenkaskadenlasern als Lichtquelle in Verbindung mit einer speziell ausgelegten Probenahme.

Schärfere Abgasgesetze führten schon in den vergangenen Jahrzehnten dazu, dass eine ganze Reihe neuer Technologien zur Emissionsreduktion eingeführt wurden. Auch die Abgasnachbehandlung wurde zunehmend komplexer. Zwar konnten schon mit den ersten 3-Wege-Katalysatoren große Erfolge erzielt werden, doch nach wie vor beschäftigt der Ausstoß unerwünschter Gase Wissenschaftler und Automobilhersteller gleichermaßen – insbesondere in der Motorenentwicklung. Im Zuge dessen wird der Anspruch an die Messgenauigkeit immer höher: Forderungen nach Nachweisen im Bereich von 10 ppb sind keine Seltenheit mehr (ppb = 1 Teil pro Milliarde).

Neue Technologie für extreme Messanforderungen

Aktuelle Treibhausgas-Regelungen beispielsweise erfordern Messungen von Lachgas (N_2O) schon in sehr geringen Konzentrationen von unter 1 ppm (ppm = 1 Teil pro Million).

Das Gas, auch als Distickstoffmonoxid bekannt, entsteht hauptsächlich beim Abbau von mineralischem Stickstoffdünger im Boden, aber auch bei der Verbrennung von Treibstoff im Ottomotor. Konventionelle Technologien, die man bisher für Messungen von N_2O eingesetzt hat – wie die nichtdispersive Infrarottechnologie (NDIR) oder elektrochemische Gassensoren – sind entweder nicht empfindlich genug für heutige Messanforderungen, oder sie zeigen zu starke Querempfindlichkeiten.

Ein von Fraunhofer IPM gemeinsam mit einem Industriepartner entwickeltes optisches Spektrometer auf Basis von Quantenkaskadenlasern (QCL) ermöglicht nun erstmals eine Abgasmessung, die den gestiegenen Ansprüchen genügt. Das Gasanalysegerät ist in der Lage, Lachgas in sehr niedrigen Konzentrationen zuverlässig nachzuweisen, und zwar im Bereich von 10 ppb bis 100 ppm (4 Dekaden). Der dafür

eingesetzte QCL-Analysator ist hochselektiv gegenüber den restlichen Komponenten in der vorliegenden Gasmatrix, wie sie im Abgas von Verbrennungsmotoren typischerweise auftritt.

Quantenkaskadenlaser sind Halbleiterlaser für Wellenlängen im mittleren Infrarot (MIR). Anders als andere im MIR emittierende Laser besitzt der QCL eine vergleichsweise hohe Ausgangsleistung und arbeitet auch bei Raumtemperatur – aufwändiges Kühlen ist nicht erforderlich. Das Stabilisieren der Lasertemperatur und damit der Emissionswellenlänge erfolgt über ein gewöhnliches Peltierelement mit entsprechender Lüftung. Die Regelung ist für Laserarbeitspunkte zwischen -30°C und $+30^\circ\text{C}$ ausgelegt.

Industrietaugliche Systeme für Automobilhersteller

Bei der Entwicklung des N_2O -Abgasmesssystems konnten die Wissenschaftler am Institut auf langjährige Erfahrungen in der Abgasmesstechnik zurückgreifen: Bereits mit dem QCL-basierten Abgasanalysator DEGAS (Dynamic Exhaust Gas Analyser System) für einen großen Automobilhersteller hatte Fraunhofer IPM im Jahr 2002 ein industrietaugliches Messsystem für den schnellen, empfindlichen und selektiven Nachweis von Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid entwickelt. Mit DEGAS lässt sich die Konzentration verschiedener Abgaskomponenten simultan mit einer Zeitauflösung von fünf Millisekunden messen und das gleichzeitig an bis zu vier Messstellen am Abgasstrang. Der jetzt neu entwickelte QCL-Analysator ist für Messschrank-Anwendungen ausgelegt und daher wesentlich kompakter in der Ausführung. Darüber hinaus soll er in der nächsten Ausbaustufe zwei Gaskomponenten simultan erfassen können. Der QCL-Analysator wird nicht nur in der Forschung und Entwicklung erfolgreich eingesetzt, sondern zunehmend auch für Zertifizierungsmessungen an schadstoffarmen Motoren.



FRAUNHOFER IPM nutzt in der Gas- und Prozesstechnologie eine Vielfalt an spektroskopischen Methoden. Neben der Laserspektroskopie gehören klassische Verfahren wie Fourier-Transform-IR-Spektroskopie (FTIR), Photometrie, Filter-, UV- und Raman-Spektroskopie sowie Photoakustik dazu.

2

2 Abgasärmere Motoren zu entwickeln gehört noch immer zu den großen Herausforderungen für Wissenschaft und Industrie.