

Eine Nase aus Strontiumtitanat soll Lambda-Sonde ersetzen

3-Wege-Katalysatoren werden seit langem eingesetzt, um den Schadstoffanteil in Autoabgasen zu verringern. Die Lambda-Sonde mißt dabei den Gehalt an Sauerstoff im Abgas und gibt ein Signal an die elektronische Einspritzung weiter, die das Luft-Kraftstoff-Verhältnis Lambda in einem engen Bereich um eins reguliert. Um das Verbrennungsverhalten und damit die Wirtschaftlichkeit der Motoren weiter zu verbessern, ist eine separate Regelung jedes einzelnen Zylinders wünschenswert. Die schnelle und genaue Einstellung von Lambda-Werten größer als eins, also einem gewissen Luftüberschuß, wirkt sich auch günstig auf den Kraftstoffverbrauch aus. Die Sonde muß sich hierbei möglichst nahe am Verbrennungsort, den sehr heißen Zylindern, befinden und daher nicht nur den Sauerstoffgehalt im Abgas sehr schnell (ca. 10 ms) und exakt (ca. 1 %) messen können, sondern auch gut miniaturisierbar sein und den hohen Temperaturen vor Ort Stand halten. All diese Anforderungen erfüllen herkömmliche Lambda-Sonden auf der Basis von Zirkoniumdioxid, die in einiger Entfernung im kühleren Abgasrohr montiert sind, nicht.

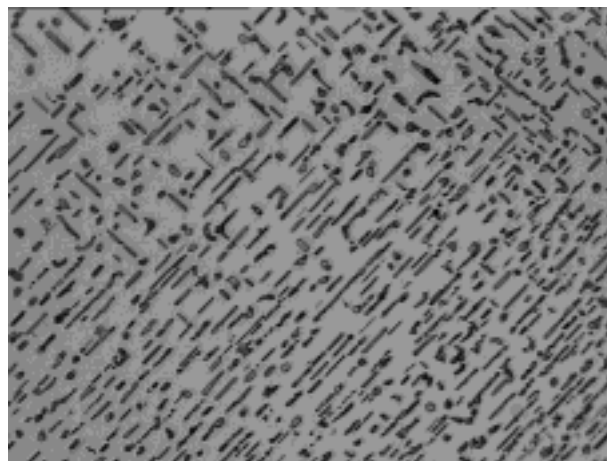
Strontiumtitanat, eine Verbindung aus der Perowskit-Gruppe, reagiert auf eine Veränderung des Sauerstoffgehalts in der umgebenden Atmosphäre sehr schnell mit einer Veränderung seiner elektrischen Leitfähigkeit und ist im geforderten Temperaturbereich stabil. Durch Donatordotierung des Materials, den Zusatz bestimmter Fremdatome wie Lanthan oder Niob, ist der Zusammenhang zwischen äußerem Sauerstoffpartialdruck und der Leitfähigkeit auch bei den hohen Sauerstoffgehalten in Autoabgasen eindeutig. Versuche mit Strontiumtitanat als Sondenmaterial zeigten aber, daß die Empfindlichkeit der Sonden mit zunehmender Lebensdauer deutlich abnahm. Nachfolgende Untersuchungen der Sonden ergaben, daß sich auf der Oberfläche des Materials inselartige Partikel abgeschieden hatten, die den Austausch von Sauerstoff einschränkten und zudem elektrisch nicht leitend waren.

Die wissenschaftlichen Mitarbeiter Dipl.Chem. Anissa Gunhold und Dr. Karsten Gömann erforschen nun die Ursachen der Bildung dieser sekundären Ausscheidungen. Projektleiter des interdisziplinären Forschungsvorhabens sind Dr. Wolfgang Maus-Friedrichs vom Institut für Physik und Physikalische Technologien und Professor

Dr.-Ing. Günter Borchardt vom Institut für Metallurgie. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert das Vorhaben.

Wie funktioniert die „Nase“ aus Strontiumtitanat? Dr. Maus-Friedrichs erklärt: „In dotierten Strontiumtitanatkristallen befindet sich in Abhängigkeit von Temperatur, Dotierung und äußerem Sauerstoffpartialdruck eine gewisse Anzahl an Sauerstoffleerstellen. Wegen der notwendigen Ladungsneutralität werden sie durch quasi-gebundene Elektronen kompensiert. Diese Elektronen sind leicht beweglich. Legt man nun ein elektrisches Feld an, so fließt ein Strom. Zwischen der Anzahl der Sauerstoffleerstellen und dem außen anliegenden Sauerstoffpartialdruck entsteht ein dynamisches Gleichgewicht, in dem kontinuierlich Leerstellen aufgefüllt bzw. neue Leerstellen geschaffen werden. Die elektrische Leitfähigkeit wird dabei um so geringer, je höher der Sauerstoffpartialdruck in der umgebenden Gasatmosphäre ist. Dieses Meßprinzip funktioniert unabhängig von der Temperatur auch noch oberhalb von 1000 Grad Celsius. Nach einiger Zeit bilden sich aber die erwähnten Zweitphasen. Wir wollen verstehen, wie es zur Bildung dieser isolierenden Bereiche kommt und ob man diese Bildung verhindern kann. Hierzu sollen die chemische Zusammensetzung und die Anordnung der Atome im Kristallgitter der verschiedenen Oberflächenbereiche experimentell bestimmt werden.“

Im Institut für Physik und Physikalische Technologien wird mit oberflächensensitiven Untersuchungsmethoden gearbeitet, um die elektronischen Eigenschaften und die Topographie der Kristalle zu untersuchen: Photoelektronen-Spektroskopie, Metastabilen-Spektroskopie und Raster-Kraft- und Raster-Tunnel-Mikroskopie. Im Institut für Metallurgie werden an den gleichen Proben Diffusionsexperimente durchgeführt. Hierzu werden Tracer, in diesem Fall in der Natur nur selten vorkommende Isotope der in Strontiumtitanat enthaltenen chemischen Elemente, auf das Material aufgebracht. Danach werden die Proben für eine gewisse Zeit im Ofen hohen Temperaturen ausgesetzt. Dies führt dazu, daß die Tracerpartikel in das Material hineinwandern. Die Tiefe dieser Diffusion läßt sich nach dem Experiment mit dem Institut für Metallurgie installierten Se-



Auflichtmikroskopiebild (aufgenommen im Institut für Metallurgie), das die Inseln auf der Oberfläche der Strontiumtitanatkristalle nach 2-stündigem Heizen in synthetischer Luft (20% O₂ und 80% N₂) zeigt

kundärionen-Massenspektrometer messen. Aus den Ergebnissen kann bestimmt werden, mit welcher Geschwindigkeit Transportprozesse von Teilchen in Strontiumtitanat von statten gehen und welche Energie für ihre Aktivierung benötigt wird.

Zunächst sollen Einkristalle, später dünne, polykristalline Strontiumtitanatfilme untersucht werden. Letztere sind interessant, da sich mit dünnen Filmen besonders kleine Sensoren herstellen lassen. Die Rolle der einzelnen Einflußfaktoren, also Art und Konzentration der Dotierung, Zusammensetzung der Gasatmosphäre, Glühtemperatur und -zeit, muß geklärt werden. Dann können Strategien entworfen werden, wie die Bildung der isolierenden Bereiche vermieden werden kann, d. h. wie die Strontiumtitanat-Nase ihre Empfindlichkeit behalten kann.

Bisher wurden im Rahmen dieses Forschungsprojektes drei Publikationen (1 gedruckt, 2 eingereicht) und zwei Konferenzbeiträge veröffentlicht.

Weitere Informationen:

Dipl.-Chem. Anissa Gunhold
Institut für Physik und Physikalische Technologien der TU Clausthal
Leibnizstraße 4, 38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2756, Fax: 05323/72-3600
E-mail: anissa.gunhold@tu-clausthal.de
Homepage: <http://www.pe.tu-clausthal.de/ippt/>

Dr. rer. nat. Karsten Gömann
Institut für Metallurgie der TU Clausthal
Robert-Koch-Str. 42, 38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-3688, Fax: 05323/72-3184
eMail: karsten.goemann@tu-clausthal.de
Homepage: <http://www.imet.tu-clausthal.de>