

Messtechnik Gas-Detection



Bild: Cymalamp - stock.adobe.com

Optische Messverfahren für bessere Luft

IR-Spektroskopie liefert zuverlässige Daten über Umweltbelastung

Sicherheit, Fahrverbote, Klimawandel – die Diskussion über Luftqualität und Emissionsmessung beherrscht die Medien. Dabei geht es längst nicht mehr nur um die Verursacher. Die Debatte hat auch die Messstationen und die dort verwendeten Technologien erfasst. Mithilfe optischer Sensorik könnten sich dort neue Möglichkeiten eröffnen. *Autor: Joe Kunsch*

Die älteste Halbleitertechnologie sind die Bleisalz-Detektoren: Die darin verwendeten Halbleitermaterialien Bleisulfid (PbS) und Bleiselenid (PbSe) sind photoleitend. Bei Licht verringert sich ihr elektrischer Widerstand, sodass sich die Intensität der Beleuchtung anhand der Spannungsschwankungen messen lässt. Trotz zahlreicher neuerer Detektortechnologien sind sie weiterhin konkurrenzfähig. So liefern PbSe-Detektoren im mittleren Infrarotbereich auch ohne Kühlung sehr gute Ergebnisse. PbS-Detektoren hingegen gelten als kostengünstige Lösung für große aktive Flächen im nahen Infrarot.

PIN-Photodioden arbeiten ähnlich wie Solarzellen. Im spektroskopischen Gebrauch des IR unter 1 µm sind InGaAs-Photodioden die am häufigsten genutzte Variante. Der Wellenlängenbereich reicht bei Extended-Varianten bis 2600 nm.

Die dritte mögliche Lösung sind thermische Detektoren mit einer von Haus aus breitbandigen Empfindlichkeit. Hier startet

eine Temperaturänderung aufgrund von Absorption den elektrischen Effekt. Wirtschaftlich bedeutend sind hierbei heutzutage vor allem Thermopiles und pyroelektrische Detektoren. Thermopiles dominieren Anwendungen mit moderaten Anforderungen an die Performance wie beispielsweise die Überwachung des CO₂-Gehaltes in der Raumluft. Pyroelektrische Detektoren, in der Bauweise wie sie Laser Components fertigt,

Eck-DATEN

Zur Messung von Gaskonzentrationen werden Infrarot-Verfahren (IR) immer dann eingesetzt, wenn Langzeitstabilität gefragt ist. Es gibt eine Vielzahl von Anordnungen mit spezifischen Vor- und Nachteilen. Jedoch ist der Infrarotdetektor immer eine qualitäts- und preisbestimmende Schlüsselkomponente. Laser Components ist auf die Entwicklung und Herstellung von Infrarotdetektoren spezialisiert. Das Unternehmen fertigt verschiedene Arten von IR-Detektoren – jede mit spezifischen Vor- und Nachteilen.

78 | elektronik industrie | 11/2019

www.all-electronics.de



Das Portfolio von Laser Components umfasst eine Vielzahl von Bauteilen, die mit verschiedenen Verfahren der Gaserfassung arbeiten.

haben ihr Einsatzgebiet bei anspruchsvollen Applikationen. Professionelle Flammen- und Funkenerkennung ist etwa eine wichtige Anwendung. Aber auch ein Wärmefingerprint, der bei der Absorption von Infrarotstrahlung durch ein Medium entsteht, lässt sich damit detektieren. Als pyroelektrische Materialien verwendet Laser Components Lithiumtantalat (LiTaO₃) und deuteriertes L-Alanin dotiertes Triglycinsulfat (DLATGS). Theoretisch decken diese Detektoren das gesamte Spektrum ab, jedoch finden sie in Kombination mit den passenden Filtern hauptsächlich im mittleren und fernen IR Verwendung.

Die passende Spektroskopie-Methode finden

Nahezu alle Methoden der quantitativen optischen Gasanalyse folgen dem allgemein bekannten Prinzip der Absorptionsspektroskopie: Gasmoleküle haben einen IR-Fingerprint und nach dem Lambert-Beer'schen Gesetz hängt die Dämpfung eines Lichtimpulses von der Konzentration der absorbierenden Moleküle und der Weglänge ab, über die die Absorption stattfindet. In der Praxis suchen sich Entwickler in ihren Anwendungen meist charakteristische Punkte im Spektrum heraus, die sogenannten Absorptionslinien.

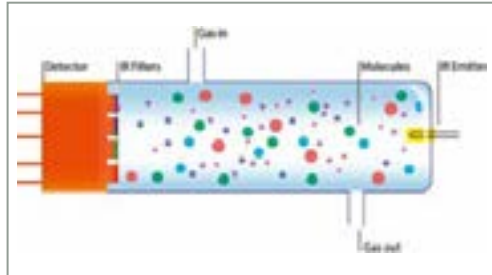
Entscheidend für die Wahl der richtigen Technologie sind weitere Faktoren, die sich aus der Anwendung ergeben. Soll das Verfahren beispielsweise nach einer bestimmten Substanz suchen oder eine umfassende Analyse aller enthaltenen Stoffe durchführen? Soll über größere Entfernungen gemessen werden und wie genau muss das Ergebnis sein? Wie schnell muss der Anwender sein? Welches Probenvolumen steht zur Verfügung?

NDIR für simple Anwendungen

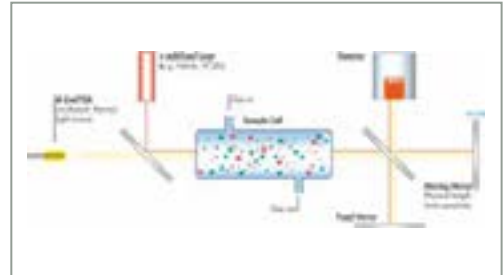
Nichtdispersive Infrarotsensorik (NDIR) ist die einfachste und am weitesten verbreitete Methode zur IR-Gasdetektion. Hierbei wird das Gas durch eine Messzelle geleitet. Eine breitbandige IR-Quelle sendet ihr Licht durch das Gasgemisch zu einem Detektor und ein schmalbandiger optischer Bandpassfilter auf dem Detektor öffnet bei der Absorptionswellenlänge der Zielsubstanz einen aktiven Kanal und einen Referenzkanal. Dabei kommen meist Wellenlängen im mittleren IR zum Einsatz. Da viele Substanzen in diesem Bereich besonders starke Absorptionslinien ausbilden, lassen sich über kurze Strecken auch niedrige Konzentrationen detektieren. Das Verfahren ist unter anderem deshalb so beliebt, weil wichtige Gase wie beispielsweise Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) aus-

www.all-electronics.de

Messtechnik Gas-Detection



FTIR-Spektrometer sind Standardinstrumente in der Analytik. Sie werden auch zur Multigasdetektion genutzt.



Die nichtdispersive Infrarotspektroskopie ist eine sehr einfache und somit weit verbreitete Methode der IR-Gasdetektion.

geprägte Absorptionslinien haben, mit denen sich vergleichsweise simpel und kostengünstig gute Ergebnisse erzielen lassen. Ein klassischer Anwendungsbereich ist die Detektion von CO₂ bei einer Wellenlänge von 4,3 µm. Das Verfahren findet aber auch in vielen anderen Bereichen Verwendung, etwa um den Alkoholgehalt in der Atemluft oder den Methanausstoß einer Kuh beim Aufstoßen zu bestimmen.

Methan (CH₄) gehört wie CO₂ zu den sogenannten Treibhausgasen, hat aber ein höheres relatives Absorptionsvermögen und damit einen größeren Einfluss auf das Klima. Bereits 2007 berichtete der Spiegel von wissenschaftlichen Forschungen, das Futter der Kühe so zu optimieren, dass die Methanbindung reduziert werde. Was sich kurios anhört, hat einen ernsten Hintergrund, denn in den nächsten Jahren wird ein großer Anstieg des Methangas-Ausstoßes durch Tierbestände erwartet. Um weltweit umfassende Messdaten zu erhalten, wurde ein Messsystem auf NDIR-Basis entwickelt: Der Greenfeed-Futtermissterautomat misst den durch den Ructus des Tieres ausgelösten Gasausstoß während des Fressens.

TDLAS bei niedriger Konzentration

Wenn es darum geht, Gase in niedrigen Konzentrationen sehr schnell oder aber direkt am Ort des Geschehens zu detektieren, empfiehlt sich die hochempfindliche Turnable Laser Diode Absorption Spectroscopy (TDLAS). Dieses Verfahren setzt auf Halbleiterlaserdioden, die nur auf einer Frequenz emittieren und deren Wellenlänge sich gezielt verändern lässt, es wird also nur eine Absorptionslinie abgesannt.

Beliebte Anwendungen für TDLAS im Nahinfrarotbereich (NIR) sind beispielsweise die Erkennung von Methanlecks beim Überfliegen von Pipelines oder aber der hundertprozentige Nachweis des Fehlens von Sauerstoff in Glasampullen für medizinische Zwecke. In Indien gibt es Überlegungen, das Verfahren an Autobahnauffahrten und Mauthäuschen zur Abgasmessung einzusetzen. Beim sogenannten Roadside Monitoring würden ähnlich wie in einer Radarfalle die Emissionen jedes vorbeifahrenden Autos erfasst. Besonders intensive Stinker ließen sich so beispielsweise aus dem Verkehr nehmen. Als Detektoren kommen hier bislang meist PIN-Photodioden zum Einsatz. In einfacheren Anwendungsfällen sind pyroelektrische Detektoren jedoch durchaus eine Alternative.

FTIR für große Distanzen

Anders als traditionelle Spektroskopie-Techniken mit Prismen, Gittern oder monochromatischen Quellen verwenden Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer (FTIR) eine Breitbandquelle in Kombination mit einem Michelson-Interferometer. Bei diesem Verfahren wandelt die Fourier-Transformation das entstehende Interferogramm in ein Spektrum um. Als Frequenznormal dient ein hochstabiler Laser. In der Regel ist dies ein Helium-Neon-Laser (HeNe), es kann aber auch eine spezielle Laserdiode sein. Das Verfahren bekam erst in den späten 1980er Jahren in Verbindung mit Fortschritten in der Rechentechnik breite praktische Bedeutung.

Als Passive Open Path FTIR kann dieses Verfahren ohne eine künstliche externe Quelle über große Distanzen eingesetzt werden. Ursprünglich eine Militärentwicklung zur Fernortung und Charakterisierung von Giftgaswolken, hat dieses Verfahren inzwischen auch im zivilen Bereich Einzug gehalten. Ausgewählte Berufsfeuerwehren sind heute beispielsweise damit ausgestattet. Bei der Fußball WM 2006 hingegen registrierten diese Geräte die Alkoholwolken der Fans beim Public Viewing. Auch während der Olympischen Spiele in Peking und Rio de Janeiro wurde das Verfahren eingesetzt, um die Luftqualität in den Stadien zu analysieren.

Ausblick

Letztendlich hängt der Einsatz der verschiedenen Detektorarten nicht nur vom Messverfahren ab, sondern von vielen weiteren Faktoren wie der verwendeten Wellenlänge, der Umgebungstemperatur oder der gewünschten Empfindlichkeit. Bei der Auswahl des richtigen Verfahrens sollten Entwickler sämtliche Einflussfaktoren berücksichtigen und im Zweifelsfall einen Fachmann kontaktieren. Oft sind bei einem einheitlichen Messverfahren auch verschiedene Detektoren prinzipiell verwendbar. (prm)

Autor

Dipl.-Phys. Joe Kunsch
Leiter Geschäftsbereich IR-Komponenten und Optische Filter bei Laser Components



all-electronics.de

infoDIREKT

900ei1119

www.all-electronics.de