

1 NIR-Mikrospektrometer im Volumen eines Stücks Würfelzucker, Messbereich: 950 nm – 1900 nm, spektrale Auflösung: 10 nm.

2 Längs- und Querschnitt des NIR-Mikrospektrometers, Bauteilstapel aus sechs Komponenten inkl. hervorgehobenem Strahlengang.

Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS

Maria-Reiche-Str. 2
01109 Dresden

Ansprechpartner

Dr. Michael Scholles
Telefon +49 351 8823-201
michael.scholles@ipms.fraunhofer.de

Dr. Tino Pügner
Telefon +49 351 8823-166
tino.puegner@ipms.fraunhofer.de

www.ipms.fraunhofer.de

MINIATURISIERTES MEMS GITTERSPEKTROMETER

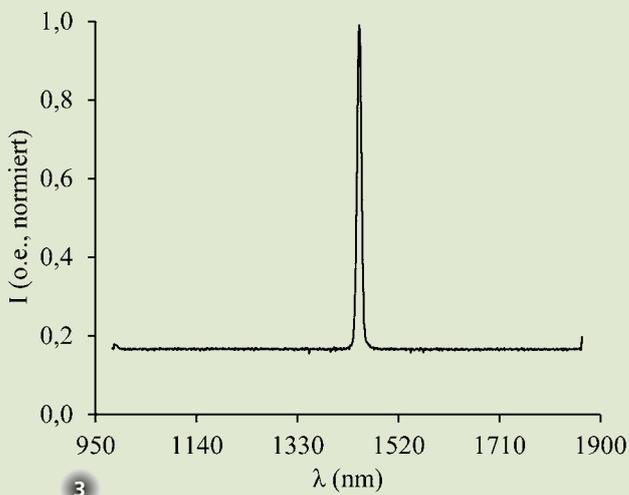
Motivation

Spektrometer werden seit vielen Jahrzehnten für die qualitative und quantitative Analyse verschiedenartigster Substanzen genutzt. Im Gegensatz zu vielen konkurrierenden Verfahren erfolgt die Messung mittels elektromagnetischer Strahlung berührungsfrei und nicht destruktiv, unabhängig davon ob das Untersuchungsobjekt gasförmig, flüssig oder fest vorliegt. Für die Analyse von den in der Lebensmittelchemie, Pharmazie, Medizin-, Umwelt-, Sicherheits- und Haustechnik oftmals auftretenden organischen Verbindungen ist insbesondere der Wellenlängenbereich des nahen Infrarot interessant.

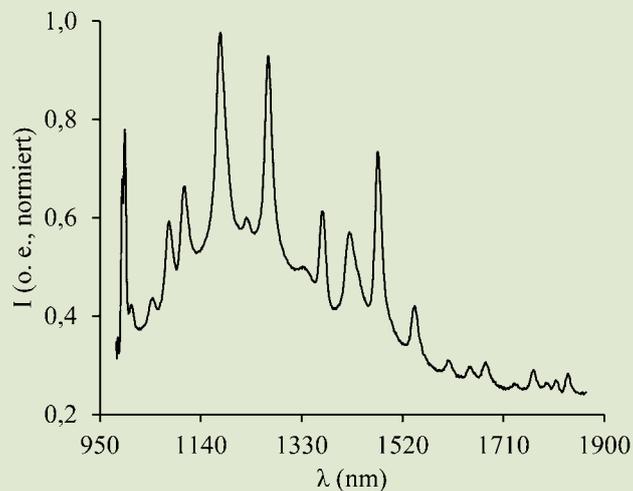
Als ideale Methode zur Analyse im nah infraroten Spektralbereich bietet sich der Einsatz von Gitterspektrometern an. Applikationen in denen geringe Baugröße, niedrige Leistungsaufnahme und Porta-

bilität entscheidend sind, waren diesen Messgeräten bisher technologiebedingt verschlossen. Spektrale Messgeräte in mobilen Endgeräten für Lebensmittelkontrolleure, medizinisches Personal, Umwelttechniker und Sicherheitskräften zählen ebenso wie die Integration in moderne industrielle Anlagen, Transportsysteme und Gebäude zu den bisher noch nicht adressierten Einsatzszenarien.

Miniaturisierte Gitterspektrometer als Bestandteil zukünftiger mobiler Endgeräte und stationärer Anlagen werden es ermöglichen Messwerte vor Ort direkt am Untersuchungsobjekt ohne zusätzliche Probenentnahme und Analyse im Labor zu bewerten. Das Übertragen von chemometrischen Modellen und Messergebnissen mit den allgegenwärtig verfügbaren digitalen, drahtlosen Schnittstellen unterstützt die zeitliche Effizienz und den Zugewinn an Information in idealer Weise.



3



4

Beschreibung

Das am Fraunhofer Institut für Photonische Mikrosysteme entwickelt miniaturisierte Gitterspektrometer ist mit einem Volumen von nur $2,1 \text{ cm}^3$ etwa 30% kleiner als ein gewöhnliches Stück Würfelzucker. Durch den kleinen Bauraum und eine Leistungsaufnahme von nur einigen wenigen Milliwatt ist es ideal zur Integration in mobile Messgeräte und für die in situ Messung in Anlagen und Gebäuden geeignet. Der nahinfrarote Messbereich zwischen 950 nm bis 1900 nm adressiert vor allem Applikationen aus den Bereichen Lebensmittelchemie, Pharmazie, Medizin-, Umwelt-, Sicherheits- und Haustechnik.

Funktionsweise

Elektromagnetische Strahlung, welche Informationen eines zu untersuchenden Objektes enthält, wird in einem Spektrometer nach der Wellenlänge aufgespalten und in ihrer Intensität gemessen. Anhand der resultierenden Wellenlänge-Intensität-Kennlinie erfolgt die Stoffanalyse mit komplexen mathematischen Methoden und chemometrischen Modellen. In Gitterspektrometern erfolgt das Aufspalten von Strahlung, die sogenannte Dispersion, durch Beugung und Interferenz an einem optischen Gitter. Das am Fraunhofer IPMS entwickelte miniaturisierte Gitterspektrometer verwendet ein spezielles zeitdiskretes Messprinzip, welches es ermöglicht ein Spektrum mit einem einzelnen hochempfindlichen Detektor nur durch die Drehbewegung des integrierten MEMS-Gitters zu scannen.

Technologie

Zentrales Element des miniaturisierten Gitterspektrometers ist ein am Fraunhofer IPMS entwickeltes nur $(9,5 \times 5,3 \times 0,5) \text{ mm}^3$ messendes Mikro-Elektro-Mechanisches System (MEMS). Dieses in einkristallinem Siliziumsubstrat gefertigte monolithische Bauelement enthält ein rotatorisch aufgehängtes Beugungsgitter mit dem zugehörigen elektrostatischen Gitterantrieb, die Positionsdetektion für die Auslenkung und zwei optische Spalte. Der durch das MEMS in idealer Weise umgesetzte Weg der Miniaturisierung über Integration wird in den anderen Komponenten des Spektrometers konsequent weiter verfolgt. Jedes optische Bauteil vereint mehrere Funktionselemente in sich und wird durch modernste Verfahren der Ultrapräzision-Mikrobearbeitung (UPM) gefertigt. Alle optischen Komponenten lassen sich alternativ für größere Stückzahlen und bei niedrigeren Stückkosten abformend herstellen. Zusammen mit der vollautomatischen Montage auf Standard-Mikromontageautomaten und der MEMS-Technologie können auch größte Stückzahlen preisgünstig gefertigt werden.

Spezifikation

- Messbereich: $(950 \dots 1900) \text{ nm}$
- Auflösung: 10 nm
- Abmessungen: $(16 \times 17 \times 12) \text{ mm}^3$
- Volumen: $2,1 \text{ cm}^3$
- Gewicht: 17 g

Anwendungsfelder

- Tragbare Messgeräte für die Nahrungsmittelindustrie und Kontrollorgane
- Mobile medizintechnische und pharmakologische Analysegeräte
- Industrielle Messtechnik in Produktions- und Verarbeitungsanlagen
- Frühwarn- und Überwachungssysteme in Sicherheitsanwendungen und Gebäudemanagement
- In situ Messungen in der Umweltanalytik und im Umweltmonitoring

3 *Spektrum einer Xe-Kurzbogenlampe, mit Labor-Monochromator auf weniger als 1 nm Peak-Breite (FWHM) vorgefiltert, aufgenommen mit dem Mikrospektrometer bei 100-facher Mittelung zeigt die Auflösung von 10 nm .*

4 *Spektrum einer Xe-Kurzbogenlampe ungefiltert aufgenommen mit dem Mikrospektrometer bei 100-facher Mittelung über den gesamten Spektralbereich von $950 \text{ nm} - 1900 \text{ nm}$.*