

Projekt

Hochsensitive Infrarotsensoren auf Basis kaskadierter Typ-II-Halbleiterübergitter (HISens)

Koordinator:

Dr. Johannes Koeth
nanoplus Nanosystems and Technologies GmbH
Oberer Kirschberg 4
97218 Gerbrunn
Tel.: +49 931 90 827-0
E-Mail: koeth@nanoplus.com

Projektvolumen:

1.030.529 € (57,0% Förderanteil durch das BMBF)

Projektlaufzeit:

01.02.2020 – 31.01.2023

Projektpartner:

- nanoplus Nanosystems and Technologies GmbH, Gerbrunn
- Technische Physik, Universität Würzburg, Würzburg
- Endress+Hauser Process Solutions (DE) GmbH, Freiburg

KMU-innovativ: Photonik und Quantentechnologien

Die Photonik zählt mit etwa 140.000 Beschäftigten und einem Jahresumsatz von über 30 Milliarden Euro zu den wesentlichen Zukunftsfeldern, die die Hightech-Strategie der Bundesregierung adressiert. Forschung, Entwicklung und Qualifizierung nehmen dabei eine Schlüsselrolle ein, denn Investitionen in Forschung, Entwicklung und Qualifizierung von heute sichern Arbeitsplätze und Lebensstandard in der Zukunft.

Besondere Bedeutung nehmen hier KMU ein, die nicht nur wesentlicher Innovationsmotor sind, sondern auch eine wichtige Nahtstelle für den Transfer von Forschungsergebnissen aus der Wissenschaft in die Wirtschaft darstellen. Sowohl in etablierten Bereichen der Photonik als auch bei der Umsetzung neuer Schlüsseltechnologien in die betriebliche Praxis hat sich in den letzten Jahren eine neue Szene innovativer Unternehmen herausgebildet, die es zu stärken gilt.

Industrielle Forschungs- und vorwettbewerbliche Entwicklungsvorhaben tragen dazu bei, die Innovationsfähigkeit der kleinen und mittleren Unternehmen in Deutschland zu stärken. Die KMU sollen insbesondere zu mehr Anstrengungen in der Forschung und Entwicklung angeregt und besser in die Lage versetzt werden, auf Veränderungen rasch zu reagieren und den erforderlichen Wandel aktiv mitzugestalten.

Die Ergebnisse der Forschungsvorhaben finden breite Anwendung im Maschinen- und Anlagenbau, in der Materialbearbeitung sowie in den Bereichen Automotive, Sicherheitstechnik, Beleuchtung und Medizintechnik.



Bild 1: Laserbasierte Erzeugung von Mikrostrukturen mit Hilfe einer 5-Achs-Handhabungseinrichtung
(Quelle: Bayerisches Laserzentrum Erlangen)

Moleküle und ihre charakteristischen Fingerabdrücke

Moleküle und chemische Verbindungen von Gasen unterscheiden sich in ihrer atomaren Zusammensetzung, z.B. variiert die Anzahl von Sauerstoffatomen in Kohlenstoffmonoxid CO und Kohlenstoffdioxid CO₂. Dadurch besitzen Moleküle und chemische Verbindungen von Gasen unterschiedlichste charakteristische Fingerabdrücke, was moderne Analysemethoden für deren Nachweis ausnutzen. Massenspektrum-Analysatoren beispielsweise ermitteln die Masse der Gase und Moleküle und chemische Analysemethoden nutzen chemische Reaktionen der nachzuweisenden Gase aus. Da Moleküle bzw. chemische Verbindung zudem eine charakteristische „Farbe“ besitzen, können auch lichtbasierte Analysemethoden verwendet werden. Dabei wird ausgenutzt, dass Licht einer bestimmten „Farbe“ (bzw. Wellenlänge) von Molekülen absorbiert wird, diese zu Schwingungen anregt werden und damit das Licht absorbieren. Die gewählte „Farbe“ (bzw. Wellenlänge) selektiert dabei unterschiedliche Moleküle und der Absorptionsgrad quantifiziert deren Menge. Von aktuell außerordentlich hoher gesellschaftlicher Relevanz ist dabei die Überwachung und Reduktion von Stickoxiden (NO_x) sowie Ammoniak, um sowohl die Gesundheit der Bevölkerung, als auch die Umwelt zu schützen. Die charakteristische „Farbe“ (bzw. Wellenlänge) vieler relevanter Moleküle und Gase liegt im mittleren Infrarotbereich mit Lichtwellenlängen im Bereich zwischen ca. 2 und 7 µm, was enorme Anforderungen an die Lichtquellen und Lichtdetektoren stellt.

Seriell aufgebaute Infrarotsensoren

Im Projekt HISens haben sich die nanoplus Nanosystems and Technologies GmbH und die Universität Würzburg mit dem Endanwender Endress+Hauser zusammengeschlossen, um hochsensitive Infrarotsensoren für den mittleren Infrarotbereich zu konzipieren und zu erforschen. Innerhalb der letzten Jahre wurden im Bereich der optischen Gas-Sensorik enorme Fortschritte im Bereich der Lichtquellen durch sogenannte Interbandkaskadenlasern (ICL) erzielt. Dem gegenüber stehen allerdings nur vergleichsweise geringe technologische Fortschritte im Bereich geeigneter Detektoren, die im entsprechenden Gesamtsystem der optischen (Gas-)Sensorik aktuell das limitierende Element darstellen.



Bild 2: Herstellung von Halbleiternanosstrukturen mittels Elektronenstrahlolithographie (Quelle: nanoplus GmbH)

Die Gründe hierfür liegen sowohl in den technologischen und physikalischen Limitierungen der verwendeten Materialien, als auch in zunehmend strenger werdenden umweltschutzrechtlichen Anforderungen begründet. So sind gebräuchliche Detektoren aus Quecksilber-Verbindungen beispielsweise aufgrund des wenig verbreiteten Materialsystems sehr teuer. Aus diesen Gründen entsteht aktuell eine ständig wachsende Nachfrage nach neuen, besseren Detektortechnologien, welche gängigen Umweltstandards genügen.

Im Rahmen des Projektes HISens werden sehr lichtempfindliche Interbandkaskadendetektoren (ICDs) mit kurzen Ansprechzeiten erarbeitet, welche bei lichtbasierten Gas- und Molekülanalysemethoden zum Einsatz kommen werden. Diese Detektoren zeichnen sich dadurch aus, dass sie seriell aus einzelnen lichtabsorbierenden Kaskaden aufgebaut sind. Die Praxistauglichkeit der Detektoren wird unter realen Anwenderbedingungen bei dem im Projekt vertretenen assoziierten Partner und Messtechnikspezialisten Endress+Hauser validiert.