

Jahresbericht 2024

IMPRESSUM

Die in diesem Bericht enthaltenen Angaben entsprechen den bis zur Erscheinung bekannten Sachverhalten. Alle Angaben und Berechnungen beruhen auf gewissenhafter Prüfung.

Gender-Hinweis:

Im Sinne der besseren Lesbarkeit verzichten wir in unseren Texten weitgehend auf geschlechtsdifferenzierende Formulierungen. Die Begriffe gelten im Sinne der Gleichberechtigung grundsätzlich für alle Geschlechter. Wir verfolgen generell einen diskriminierungsfreien Ansatz. Die verkürzte Sprachform hat daher rein redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.

Herausgeber:

CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH
Konrad-Zuse-Straße 14
99099 Erfurt
Telefon: +49 361 663 14 10
E-Mail: info@cismst.de
Internet: www.cismst.de

Verantwortlich für den Inhalt:

Prof. Dr. Thomas Ortlepp, Thomas Brock

Layout:

CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH

Sonstige Fotos und Grafiken:

- CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH
- Fotodatenbanken Pexels und Pixabay

INHALTSVERZEICHNIS

01 Vorwort	4
02 Themen	6
Entwicklungstrends bei siliziumbasierten Dehnungssensoren	7
MEMS-Bauteile für Anwendungen im Infrarot	14
03 Ausgewählte F&E Projekte	21
Neuer mikrooptischer Partikelzähler für große Gas-Volumenströme (NewPARZ)	22
Sensoren zur Riemenspannungsüberwachung (ZugKraftSensor)	23
High End Beschleunigungssensoren (HEB)	24
Nachrüstatz zur nichtinvasiven Druckmessung (NivLer)	26
Ammoniaksensor für Biogasanlagen (AmmoniaSens)	27
04 Technische Investitionen	29
Erfolge und Herausforderungen: Besuch der EFRE-Delegation	30
Zusammenarbeit von Verwaltung, Forschung und Industrie: Besuch von Andreas Horn	30
WINAFO Digital - Upgrade der Cyber Security und der digitalen Infrastruktur	31
Ibond - Implementierung fortschrittlicher Bondtechnologien für innovative MEMS-Chips	31
Einsatz MEMS-basierter Sensoren zur Zustandsüberwachung im Leichtbau	32
Einsatz von TiN-Schichten zur Verbesserung der Empfindlichkeit von Thermopiles	33
05 Veranstaltungen	34
Messen	35
Kongresse & Tagungen	38
CiS Workshops	41
CiS intern	42
06 Preise und Wettbewerbe	44
Healyan - Im Markt angekommen	45
Diamant und Dokortitel	45
Preisverdächtig auf der internationalen Erfindermesse iENA	46
07 Nachwuchsförderung	47
Angebote für Schülerinnen und Schüler	48
Lehre und Ausbildung	48
Hochschulen und Universitäten	49
Lange Nacht der Wissenschaften	50
08 Verbände & Netzwerke	51
Verbände	52
Netzwerke, Konsortien und Wachstumskerne	54
09 Publikationen	56
10 Kontakt & Gremien	61

01 Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

Halbleiter gehören zu den kritischen Ressourcen in der Weltwirtschaft. Als Basis für digitale Technologien, die bereits jetzt unseren Alltag bestimmen, sind sie für die Wettbewerbsfähigkeit unserer Wirtschaft unabdingbar. Sie sind von strategischer Bedeutung im heutigen geopolitischen Umfeld, zur Lösung globaler Probleme und der daraus resultierenden Herausforderungen des wirtschaftlichen Wandels.

Spezialisiert auf Industrieforschung und Entwicklung siliziumbasierter MEMS- und MOEMS-Sensoren leistet das CiS Forschungsinstitut einen Beitrag zur europäischen Technologiesouveränität. Als Mitglied der Deutschen Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse übernehmen wir eine Brückenfunktion zwischen Wissenschaft und den Bedürfnissen der Wirtschaft und Gesellschaft. Optimierte kundenspezifische Lösungen sind unser Markenzeichen. Die geschlossene Wertschöpfungskette vom Design bis zur Fertigung in Kleinserien in unserem Haus mit hoher Effizienz, Qualität und Zuverlässigkeit bietet eine solide Basis für eine starke Innovationsfähigkeit kleiner und mittelständischer Unternehmen.

2024 war ein sehr erfolgreiches Geschäftsjahr für unser Institut. Ökonomische und wirtschaftspolitische Herausforderungen haben wir gemeistert und unsere Aktivitäten in Forschung, Entwicklung und Transfer ausgebaut. Neue Industrieunternehmen konnten wir von unserer Leistungsfähigkeit überzeugen und damit den Grundstein legen für langfristige und vertrauensvolle Kooperationen. Unsere Forschungs- und Entwicklungsleistungen beruhen auch auf Ergebnissen akademischer Grundlagenforschung. Als An-Institut der Technischen Universität Ilmenau ergeben sich dauerhafte Synergien. Im Rahmen vorwettbewerblicher Forschung und geeigneter öffentlicher Förderprogramme erbringen wir anwendungsreife technische Lösungen für Unternehmen. Wissenschaftliche Publikationen und Patentanmeldungen flankieren unsere Projektergebnisse. Erstmals nahmen wir an der Erfindermesse iENA teil und wurden mit zwei Medaillen belohnt. Um unsere Transferaktivitäten auszubauen und unsere Wertschöpfung zu erhöhen, gründeten wir die CiS Solutions GmbH.

Planmäßig modernisieren wir unsere gerätetechnische Infrastruktur. Hohe Energiepreise sowie die kritische Haushaltslage von Bund und Land begrenzten unsere Investitionen und stellten uns vor zusätzliche Herausforderungen. Neues Fertigungsequipment, beispielsweise Hochtemperatur- und Beschichtungsanlagen, leistungsstarke Bonder und hochwertige Messtechnik tragen zur Verbesserung unserer Wertschöpfung und Energieeffizienz bei. Umfangreiche Digitalisierungsmaßnahmen helfen uns, eine durchgängige vollautomatisierte Parametererfassung in allen Prozessstufen zu realisieren, Daten mit Methoden des Machine Learning auszuwerten und alle Fachbereiche vom anfänglichen Design der Sensoren bis zum Zuverlässigkeitstest zu vernetzen. All diese Schritte sollen die Effizienz der betrieblichen Abläufe steigern und Kosten senken.

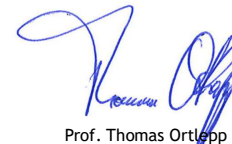
Unsere MEMS- und MOEMS-Sensoren sind Voraussetzung für digitale Prozesse, neue Technologien und Anwendungen. Sie erfassen Zustandsdaten, optimieren Energieverbräuche, ermöglichen bedarfsgerechte und ressourceneffiziente Entscheidungen. Ihre Herstellung ist energie- und materialintensiv. Mit hochmodernen Anlagentechnik, umfassender Digitalisierung der Fertigungs- und Prüfprozesse sowie dem Einsatz REACH-konformer Materialien, verringern wir unseren Ressourceneinsatz und CO₂-Abdruck. Zugleich können wir den Anspruch nach immer kleineren und leistungsfähigeren multifunktionalen Sensoren erfüllen.

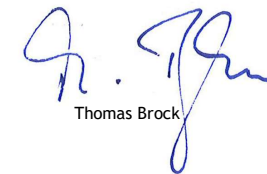
Etwa 120 Mitarbeitende unseres CiS Forschungsinstitutes widmen sich mit Leidenschaft dieser Aufgabe. Unsere leistungsfähige Infrastruktur, bestmögliche Forschungs- und Arbeitsbedingungen tragen auch zum beruflichen Weiterkommen und zur Persönlichkeitsentwicklung bei. Voller Stolz gratulieren wir unserem Mitarbeiter Mario Bähr zur erfolgreichen Promotion auf dem Gebiet der Quantentechnologien. Diese Leistung ist ein beeindruckender Meilenstein in seiner beruflichen Entwicklung und bildet auch einen Teil der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit unseres Hauses ab.

Wir engagieren uns für ein weltoffenes Thüringen und ein respektvolles Miteinander. Unsere Mitarbeitenden aus 15 Ländern erarbeiten gemeinsam mit ihrem Know-how in Forschungsprojekten eine breite Palette an technischen Lösungen für globale Herausforderungen und eine lebenswerte Zukunft. Rassismus, Fremdenfeindlichkeit und Diskriminierung haben bei uns keinen Platz. Partnerschaftliche Zusammenarbeit auf Augenhöhe, Begeisterung für Technik, Kontinuität und Durchhaltevermögen sind Grundlage unserer Erfolge.

Unser persönlicher Dank gilt all unseren Fördergebern, Geschäftspartnern und Gremien für ihr Vertrauen und die hervorragende Zusammenarbeit und Unterstützung. Ganz besonders danken wir unseren Mitarbeitenden für Ihre Kreativität, ihr Können, Leistungsfähigkeit und Gemeinschaftssinn. Sie bilden ein solides Fundament für die stetige Weiterentwicklung unseres Forschungsinstitutes.

Mit dem vorliegenden Jahresbericht lassen wir das vergangene Jahr Revue passieren und blicken auf zukünftige Aktivitäten. Wir laden Sie herzlich ein, uns kennenzulernen, um gemeinsam die Zukunft zu gestalten! •


Prof. Thomas Ortlepp


Thomas Brock





02 Themen

Entwicklungstrends bei Siliziumbasierten Dehnungssensoren

MEMS-Bauteile für Anwendungen im Infrarot

Entwicklungstrends bei siliziumbasierten Dehnungssensoren

Die Kraft ist eine fundamentale Messgröße für verschiedene mechanische Größen wie Druck, Spannung, Drehmoment, Beschleunigung und Masse. Die Messung dieser Größen erfolgt häufig unter Ausnutzung des piezoresistiven Effektes. Dabei kommen oft Dehnungsmessstreifen (DMS) aus Kupfer-Nickel-Manganlegierungen zum Einsatz.

Die Funktionsweise dieser Metall-DMS basiert auf dem Prinzip der geometrischen Änderung, insbesondere der Variation des Querschnitts während eines Zugversuchs, die wiederum zu einer Widerstandsänderung führt. Diese Technologie findet breite Anwendung in verschiedenen Sensortypen wie Kraftaufnehmern, Waagen sowie Druck- und Drehmomentaufnehmern.

Metall-DMS haben sich vor allem in der Wägetechnik und zur Spannungsanalyse von Bauwerken wie Brücken, Staumauern und Hochhäusern bewährt. Waagezellen mit Metall-DMS zeichnen sich durch ihre Eignung für einen großen Kraftbereich aus und bestehen aus einem Federkörper mit einem oder mehreren aufgeklebten DMS.

Zeitabhängige Effekte im Signalverlauf können die Präzision der Waagezellen einschränken. Diese resultieren oftmals aus dem Materialmix aus Polymeren, Klebstoffen und Metallen bzw. deren Legierungen. Kriecheffekte im Übergangsbereich vom Federkörper zum DMS erhöhen das Unsicherheitsbudget deutlich.

Penibler Messfühler - der Siliziumdehnsmessstreifen

Siliziumbasierte Dehnungsmesssensoren oder Siliziumdehnsmessstreifen (Si-DMS) sind sehr genaue Messfühler, die mittels Halbleitertechnologien gefertigt werden. Ihre Messgenauigkeit basiert auf dem piezoresistiven Effekt, der eine direkte Korrelation zwischen mechanischer Dehnung/Stauchung und elektrischem Widerstand ermöglicht.

Moderne Fertigungstechnologien gestatten eine kontinuierliche Miniaturisierung bei höchster Präzision und Reproduzierbarkeit. Diese Sensoren weisen zudem eine gute Temperaturstabilität und Signalqualität auf.

Die Einsatzgebiete der Si-DMS sind vielseitig und expandieren stetig, beispielsweise in den Bereichen Maschinenbau, Automatisierung und Medizintechnik.

Vor allem auf dem Gebiet der Druckmesstechnik ersetzen die Si-DMS die bisher traditionell verwendeten piezoresistiven Dünn- und Dickschichtwiderstände. Ihre Vorzüge sind ein höherer Koppelfaktor, deutlich höhere Langzeitstabilität und Empfindlichkeit sowie signifikant geringere Kriecheffekte.

Grundprinzip der Si-DMS

Fundament eines jeden Si-DMS bildet eine spezielle Messbrücke, die Wheatstonesche Messbrücke in unterschiedlichen Ausführungen wie Viertel-, Halb oder Vollbrücke, Einzelwiderstände, aber auch SOI-Material (Silicon-on-Insulator) für hohe Temperaturen. Allen gemeinsam ist die Umwandlung einer mechanischen Dehnung des Materials in eine messbare elektrische Spannung.

Die Ausführungsform der Messbrücke hat Einfluss auf die Anwendung. Vollbrücken werden für höchste Ansprüche favorisiert, der Platzbedarf ist höher als bei Halbbrücken und Viertelbrücken, welche oft bei begrenztem Bauraum verwendet werden.

Die Herstellung der Si-DMS wird auf Waferenebene im Halbleiterprozess durchgeführt. Der Montageprozess der Si-DMS auf verschiedene Sensorkörper, z.B. aus Stahl, erfordert hohe Positionsgenauigkeit. Typische Fügeverfahren sind Glas-Fritt Bonden oder Kleben. Schutzschichten gegen Feuchtigkeit und Staub sind notwendig, ein Gehäuse verhindert mechanische Manipulationen. Trotz der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Stahl, Glasfritte und Silizium wird eine langzeitstabile Verbindung erzielt. Der Einsatzbereich liegt bei -40°C bis 150°C .

Funktionsprinzip eines Si-DMS

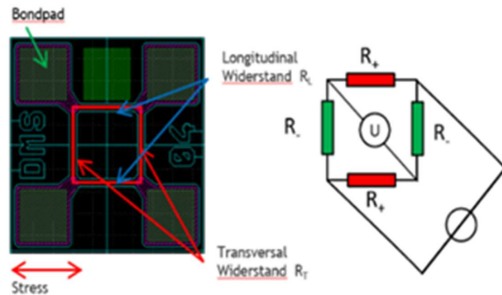


Bild 1: Layout und Ersatzschaltbild des Si-DMS als Vollbrücke

Bild 2 zeigt die mechanischen Spannungen der Biegeplatte und die Positionen der Si-DMS. Es treten Druck- und Zugspannungen auf. Die Position am Rand der Biegeplatte ist für die chipintegrierte Vollbrücke die geeignete.

Die Si-DMS mit zwei gleichartigen parallelen Messwiderständen, werden in entgegengesetzt gerichtete Spannungsgebiete positioniert. Kritisch ist die Mitte der Biegeplatte. Bei Druckbelastung ist hier das Spannungsfeld nicht homogen. Die Messwiderstände werden longitudinal und transversal belastet. Beide Effekte kompensieren sich, so dass das Brückensignal minimal wird.

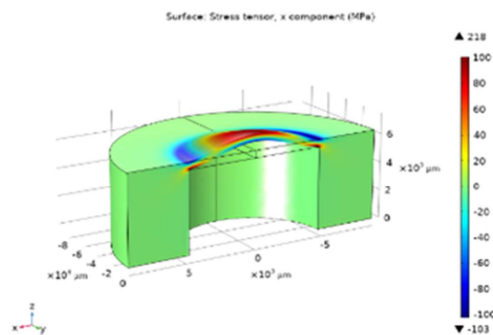


Bild 2: Sensorkörper mit mittlerer Biegeplatte als Schnittdarstellung

Abhilfe schafft ein biegesteifes Zentrum. Hier ist der Si-DMS außerhalb der Mitte platziert. Alternativ können Messwiderstände mit einem minimalen transversalen Effekt verwendet werden.

Im Bild 3 wird ein Drucksensor, aufgebaut nach diesem Prinzip, dargestellt. Mit dieser Auswahl lassen sich viele verschiedene Sensorvarianten aufbauen.

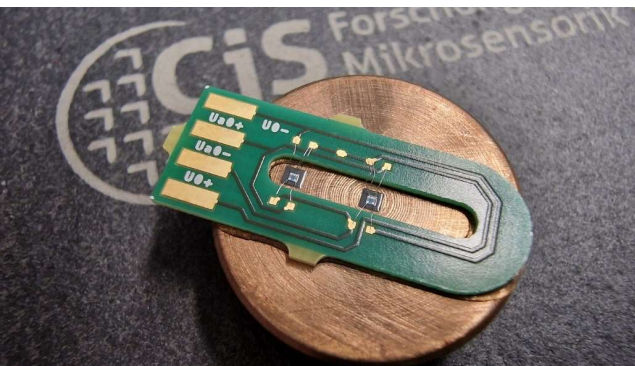


Bild 3: Dehnungssensoren auf Sensorkörper mit Testleiterkarte (SiDMESES)

Stabile Aufbauten nachweisen

Die Schlüsseltechnologie beim Sensoraufbau ist das Fügen vom Si-DMS auf die Biegeplatte des Sensorkörpers. Aufgrund der unterschiedlichen Temperatursdehnungskoeffizienten von Silizium, Stahl und Glasfritte, der hohen Verarbeitungstemperatur von 450 °C, ist dieser Materialverbund bei einer Betriebstemperatur von - 40 °C bis 150 °C stark mechanisch verspannt. Nur eine angepasste Prozessführung erzeugt stabile Aufbauten. Die wichtigsten Qualitätsmerkmale werden nachfolgend erläutert.

Durch die Brückenschaltung werden alle Einflüsse kompensiert, welche an allen Messwiderständen gleich auftreten. Zu den Einflüssen zählen die Temperaturabhängigkeit des Brückenwiderstandes (TKR) und die thermisch induzierte mechanische Spannung.

Mit höherer Temperatur steigt der Brückenwiderstand. Der TKR lässt sich durch die Prozessführung des Dotierprozesses im Silizium variieren. Durch die richtige Wahl des TKR kann die Kompensation der Temperaturabhängigkeit verbessert werden.

Der Temperaturkoeffizient des Nullpunktes (TKN) zeigt die Temperaturabhängigkeit des Sensorsignal bei einem unbelasteten Sensor. Ein zu hoher TKN deutet auf einen nicht optimalen Fügeprozess des Si-DMS auf die Biegeplatte des Sensorkörpers hin. Obwohl die thermischen Dehnungen der Materialien sehr unterschiedlich sind, haben diese bei einem perfekten Aufbau fast keinen Einfluss auf das Brückensignal.

Der piezoresistive Effekt im Silizium ist temperaturabhängig. Bei sinkender Temperatur steigt die Empfindlichkeit. Durch eine geschickte Kombination der Materialien und der Dotierung im Silizium kann dies in gewissen Grenzen variiert werden. Dadurch kann die Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (TKS) minimiert werden. Somit ist es möglich, dass die Empfindlichkeit im Arbeitsbereich fast temperaturunabhängig ist.

Zum Abschluss ist noch die Stabilität des Sensorsignals des unbelasteten Sensors bei höheren Temperaturen zu beachten. Wichtig ist dabei die Nullpunktstabilität im Bereich von +85 °C bis + 150 °C. Die Abweichungen dürfen innerhalb von 24 Stunden lediglich bei ±0,05% FS liegen.

Aufbauvarianten

Die Si-DMS werden mit Glasfritte, auch bleifrei, auf Stahl oder Keramik gefügt. Über Schablonendruck wird die thixotrope Glasfritt-Paste auf die Biegeplatte des Sensorkörpers gedruckt. Für die weitere Verarbeitung wurden Prozesse entwickelt, welche sich an den technischen Vorgaben des Herstellers des Sensorkörpers bzw. an der geplanten Einsatzumgebung orientieren. Abschließend wird die jeweilige Leiterkarte gefügt und über Drahtbonden mit der Si-DMS elektrisch kontaktiert, Bild 4a) und b).

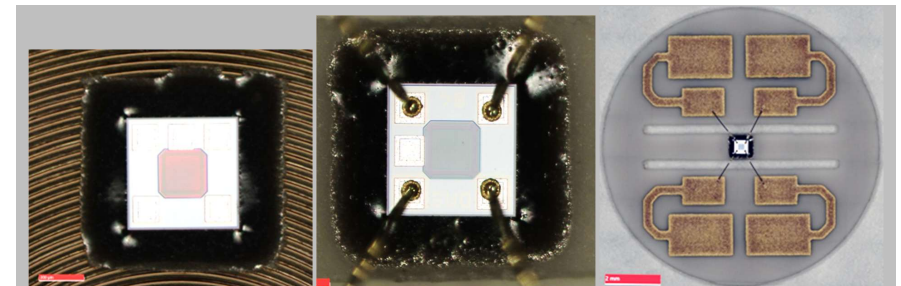


Bild 4a): DMS04 mit Glasfritte auf Stahl gefügt; b): DMS04 mit Glasfritte auf Stahl gefügt und mit Drahtbonds; c): DMS04 mit Glasfritte auf Montageträger aus Al2O3 gefügt und elektrisch durch Drahtbonden kontaktiert

Auf Basis dieser Technologie lassen sich sehr verschiedene Sensoren aufbauen. Vorteilhaft sind natürlich kleine Aufbauten mit einem Volumen bis etwa 4 cm³. Besonders hohe Anforderungen an die Montage bereitet die geometrische Größe der Prüfkörper. Die Prozesse, wie sie für kleine Prüfkörper üblich sind, z.B. Glasfritt- und Drahtbonden, stoßen schnell an ihre Grenzen. Thermische Prozesse sind aufgrund der Masse des Prüfkörpers unwirtschaftlich oder nicht gewünscht. Die Drahtbondprozesse an großen Prüfkörpern sind sehr aufwendig und sollen vermieden werden. Die Prüfkörper sind lange Rohre, Druckbehälter, Maschinenschrauben oder Federkörper für Kraftsensoren. Durch die Verwendung von Montageträgern kann der Anwendungsbereich erweitert werden.

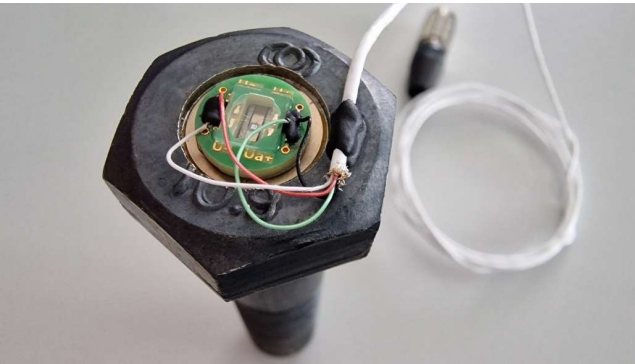


Bild 5: Schraube M12 mit Montageträger zur Bestimmung der Vorspannkraft

Die Lösung ist in diesem Fall ein Montageträger, Bild 4c) und 5. Der Montageträger besteht vorzugsweise aus Federstahl, beinhaltet den Si-DMS sowie die Leiterkarte und wurde mit der zuvor beschriebenen Technologie aufgebaut. Diese Montageträger werden auf den Sensorkörper mittels Kleben, Laserschweißen oder Widerstandsschweißen sicher gefügt. Die Dehnung wird vom Sensorkörper über die stoffschlüssigen Verbindungen bis zum Si-DMS übertragen. In der Präzision steht diese Technologie oft dem direkten Weg in nichts nach.

Si-DMS für Werkzeuginnendruckmessung im Werkzeug

Bei Spritzgusswerkzeugen wird zur Prozesskontrolle der Werkzeuginnendruck verwendet. Der Innendruck ist für das Monitoring des Spritzvorgangs notwendig. Zurzeit werden vorzugsweise piezoelektrisch wirkende Drucksensoren verwendet. Diese benötigen keine Biegeplatte und sind nur für dynamische Anwendungen geeignet. Da der Spritzgussvorgang zyklisch ist, ist die Verwendung von Si-DMS sinnvoller.

Die Anforderungen für einen passenden Sensor sind:

- Frontbündiger Medienkontakt
- Frei formbarer Medienkontakt
- keine Ölvorlage
- Nenndruck bis 300 MPa

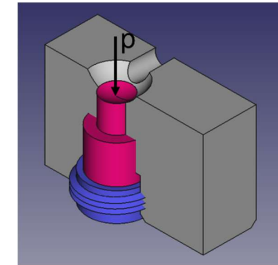


Bild 7: Einbausituation eines Drucksensors zur Werkzeuginnendruckmessung

Das Bild 7 zeigt standardmäßig die bevorzugte Einbausituation eines Drucksensors zur Werkzeuginnendruckmessung. Es wird für die Konstruktion davon ausgegangen, dass der Druck nur von oben aufgebracht wird. Der Zylinder sitzt passend im Werkzeug, so dass die axiale Bewegung nicht behindert wird und keine Flüssigkeit, der Spritzguss, die Zylinderwand beeinflusst.

Zur Bestimmung des Werkzeuginnendrucks wird alternativ ein Sensorkörper ohne Biegeplatte mit einem Si-DMS aufgebaut. Drucksensoren ohne Biegeplatte und Hohlräume sind besonders für sehr hohe Drücke geeignet. Das Angebot von Drucksensoren für einen Messbereich über 300 MPa ist sehr übersichtlich. Für Drücke im Bereich 300 MPa ist ausschließlich eine bündige Frontplatte mit einem minimalen Durchmesser wünschenswert. Aufwendig ist ein Aufbau mit frontbündigem freiformbaren Medienkontakt, so dass die Teilgeometrie des Formwerkzeugs eingearbeitet werden kann. Diese beiden Anforderungen können durch folgenden Aufbau gelöst werden.

Si-DMS als Drucksensoren mit frontbündigem Medienanschluss ohne Ölfüllung

Bei klassischen Drucksensoren in Dick- und Dünnschichttechnik liegt der Medienkontakt in einer recht tiefen Kavität an der Einschraubseite. Siliziumdrucksensor-Chips benötigen eine Trennmembran und eine Ölfüllung zur Realisierung eines frontbündigen Medienkontaktes. Verwendet wird Silikonöl, das zwischen -50°C und +250°C einsatzfähig ist, Bild 6.

Einen neuen Ansatz bildet ein innovativer Aufbau für Drucksensoren mit frontbündigem Medienanschluss ohne Ölfüllung. Bei diesen ist die elektrische Seite in der Öffnung des Sensorkörpers, die glatte Seite der Montageträger bildet den Medienkontakt. Die Montageträger werden mit Si-DMS, Leiterkarte, elektrischer Kontaktierung durch Drahtbonden fertiggestellt. Mittels Laser- oder Widerstandsschweißen werden diese Träger auf den vorbereiteten Stahlfitting (chemikalienbeständigem Stahl) geschweißt.

Diese Applikationen ermöglicht es, in Temperaturbereichen unter -50°C und über +250°C Drücke zu detektieren. Es finden keine Kontaminationen durch Öle statt, was eine bessere Durchspülung beim Reinigen der Anlagen sowie den Einsatz bspw. im Pharmabereich und Lebensmittelindustrie erlaubt.



Bild 6: Drucksensor unter Verwendung von Si-DMS mit frontbündigem Medienkontakt und ölfrei. (DS 300 MPa)



Bild 8: Drucksensor unter Verwendung von Si-DMS mit frontbündigem Medienkontakt und ölfrei. (DS 300 MPa)

Der Federkörper, siehe Bild 8, wird abschließend durch eine Hülse aus einem steifen und harten Material geschützt. Diese Hülse schützt die Elektronik und versteift den Sensor. Durch verschiedene Hülsen aus Wolframcarbid-Kobalt-Hartmetall kann der Kraftbereich bis 2 GPa angepasst werden. Die Druckfestigkeit bei diesem Material liegt bei über 5 GPa und ist für die Anwendung geeignet. Der Bereich um den Si-DMS ist durch einige Freistellungen nachgiebig ausgeführt. Der Si-DMS wird durch Drahtbonden mit der LTCC-Leiterkarte elektrisch kontaktiert. Durch das Hülsenmaterial wird der Messbereich eingestellt.

Si-DMS als Kraftsensor

Bei der Härteprüfung wird ein Eindringkörper mit einer definierten Kraft in das zu prüfende Werkstück eingedrückt, dessen Härte ermittelt werden soll. Die beim Eindringvorgang aufgebrachte Kraft sollte stoß- und vibrationsfrei sowie ohne Überspringen erfolgen. Der idealisierte Kraftverlauf während einer Prüfung lässt sich grundsätzlich in vier Phasen unterteilen:

- Annähern: Der Eindringkörper nähert sich dem Prüfobjekt, es kommt zu keinem Kraftkontakt
- Aufbringen der Kraft: Nach dem Kraftkontakt wird die Kraft kontinuierlich gesteigert, sodass nach einer vorgegebenen Zeit die vorgegebene Prüfkraft erreicht wird
- Stationäres Halten der Prüfkraft: Die Prüfkraft wirkt für eine vorgegebene Zeitspanne
- Zurückziehen des Eindringkörpers: Die Prüfkraft wird soweit reduziert, bis kein Kraftkontakt mehr besteht und der Eindringkörper aus der Probe entfernt wird

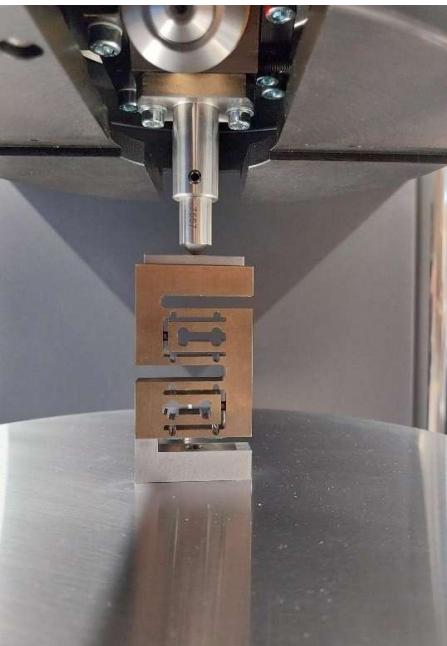


Bild 9: Zweistufige Feder für den Eindringkörper

Federn zu schaltet. Die integrierten Si-DMS detektieren die minimalen Kraftänderungen beider Federn exakt (Bild 10).

Aufgrund der sehr geringen Temperaturabhängigkeit des Messbereichs ist eine Kompensation der Temperatur im Arbeitsbereich nicht erforderlich.

Diese Darstellung gibt einen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten von Si-DMS, auch abseits der Druckmesstechnik. Zukünftig sollen anspruchsvolle Anwendungen mit mehreren Si-DMS zur Kompensation von Störgrößen aufgebaut werden, welche mit künstlichen neuronalen Netzen ausgewertet werden. •

Die Realisierung der Prüfkraft, insbesondere im kleinsten und mittleren Kraftbereich von 0,1 N bis 300 N stellt hohe Anforderungen an die Härteprüfung. Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten, durch kontrolliert aufgelegte Gewichte, hydraulisch oder elektromotorisch. Die elektromotorische Umsetzung der Prüfkraft ist heutzutage weit verbreitet, da sie eine sehr hohe Präzision bei großer Flexibilität und einem großen Spektrum an eingesetzten Prüfkraften ermöglicht - eine fast zwingende Voraussetzung für Prüfmaschinen. Die Krafteinleitung erfolgt in einem geschlossenen Regelkreis, was eine Kraftmesszelle zur Rückmeldung der wirkenden Kraft erfordert. Je kleiner die aufzubringenden Prüfkraften sind, desto filigraner muss die Kraftmesszelle sein, was ihre Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen erhöht. Ziel ist es, sehr starre und sehr empfindliche Messzellen zu schaffen.

Um den Prozess zu optimieren, werden einige Anpassungen vorgenommen. Hochempfindliche Si-DMS mit geringer Temperaturempfindlichkeit werden für den Kraftsensor verwendet.

Die zweistufige Feder für den Eindringkörper (Bild 9) besteht aus zwei Paaren Parallelfedern, die um 180° gedreht sind, sodass die unerwünschte seitliche Bewegung kompensiert wird. Im ersten Abschnitt, bis ca. 50 N, bzw. 0,12 mm Weg, arbeiten nur die äußeren Federn. Danach werden die inneren, steiferen Federn parallel dazu geschaltet. Dazu ist ein Antriebsstift in die Feder integriert, welcher nach 0,12 mm die inneren

Volumen: Von-Mises-Spannung (N/m²)
kraft(8)=60 N

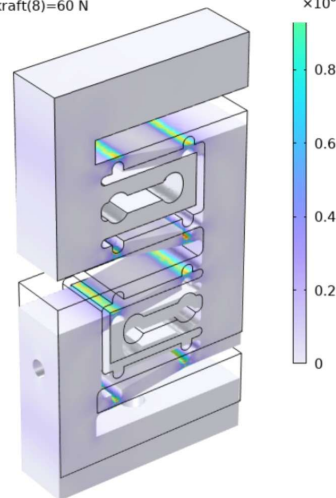


Bild 10: FEM-Simulation der Belastung der äußeren Federn

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den Projekten

„Hochdrucksensor mit frontbündigen Medienanschluss“ (DS300MPa)

FKZ: 49MF220019

„Drucksensor für Ultra-Höchstdruck-Anwendungen“ (DS-NEMO)

FKZ: 49MF 220036

Verbesserung der Stabilität hybrid aufgebauter Silizium-Dehnungssensoren“ (SiDMeSeS)

FKZ: 49MF200061

wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Projekt „Entwicklung eines Kraftaufnehmers mit nichtlinearer Feder und pneumatischem Düse-Prallplatte-System zur zuverlässigen Messung des Kraftanstiegs am Berührungspunkt und zur Abstandsdetektion zwischen Indenter und Prüfling bis 10 µm“ (ApproxisSens) wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



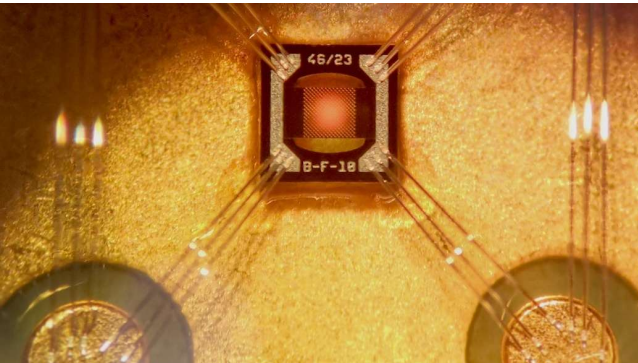
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

MEMS-Bauteile für Anwendungen im Infrarot

Der infrarote (IR) Spektralbereich ermöglicht zahlreiche sensorische Rückschlüsse, zum Beispiel zur Konzentration bestimmter Gase in einer Mischung, der chemischen Zusammensetzung oder der Temperatur eines Objektes. Mit der im Haus entwickelten MEMS-Technologie und speziellen Lösungen der Aufbau- und Verbindungstechnik konnte das CIS Forschungsinstitut in den letzten Jahren verschiedene Technologien, Chips und Baugruppen entwickeln, von denen einige bereits erfolgreich in die Industrie und in Anwendungen transferiert wurden.



Hervorzuheben sind dabei insbesondere die im Haus entwickelten IR-Emitter, die aufgrund der enthaltenen, ca. ein Mikrometer dünnen Membranstrukturen, der darin auftretenden extremen Temperaturgradienten und der hohen Stromdichten im Betrieb, anspruchsvolle Technologien erfordern. Durch einen Impuls aus der Industrie begannen erste Entwicklungsprojekte 2017 (z. B. Projekt „MIREC“, INNO-KOM-Projekt MF27234085), gefolgt von diversen weiteren Projekten, um eine gezielte Verbesserung von spektraler Abstrahlung, dem Alterungsverhalten und der Lebensdauer, alternativen technologischen Herstellungsverfahren sowie Montage- und Hausungstechniken zu erreichen. 2024 konnte die

Zusammenarbeit mit einem unserer Partner, der Micro-Hybrid Electronic GmbH aus Hermsdorf, in diesem Gebiet weiter ausbaut und vertieft werden. Es erfolgte unter anderem ein IP-Transfer sowie die Ausweitung der Zusammenarbeit bei Forschung, Fertigung und Außendarstellung.

Auf der Detektionsseite stellen MEMS-Thermopiles einen Schwerpunkt unserer Forschungsarbeiten dar. Diese eignen sich beispielsweise als Empfänger in NDIR-Sensoren und in kontaktlosen Temperatur-Messsystemen. Hierbei liegt unser Fokus insbesondere bei maßgeschneiderten Layouts, der gezielten Beeinflussung von spektraler Selektivität und Sensitivität, der Realisierung von Mehr-Kanal-Detektoren auf Chipebene und der jeweils angepassten Aufbau- und Verbindungstechnik bzw. Hausung der Bauteile. In Kombination mit anderen Technologien sind darüber hinaus auch weitere sensorische Lösungen möglich, wie beispielsweise Pellistoren zum Nachweis von Reaktionsenergien (z.B. für brennbare oder explosive Gase) oder auch MEMS-Pirani-Drucksensoren, welche in der Vakuum-Technik eine interessante Alternative zu feinmechanischen Lösungen aus dem Stand der Technik darstellen.

In 2024 fand bereits die vierte Auflage des NDIR-Workshops statt. Diese im 2-Jahres-Turnus stattfindende Veranstaltung hat sich inzwischen etabliert und lockt zahlreiche nationale und internationale Referenten und Besucher an, die ihre eigenen Arbeiten präsentieren oder sich mit anderen Akteuren aus Forschung und Industrie vernetzen wollen. •

Mikro-Thermopile-Zeile (MyTZe)

Im Projekt „Mikro-Thermopile-Zeile“ wurden zwei verschiedene Demonstratoren und die dafür erforderlichen Technologien und Designs entwickelt. Ziel war es zum einen, Arrays bzw. Zeilen von Thermopiles zu entwickeln, welche auf Chipebene thermisch entkoppelt sind und somit Mehr-Kanalmessungen zu ermöglichen (z.B. in spektral getrennten Detektionskanälen). Basierend auf dieser Technologie wurde zudem ein Design entwickelt, welches große Toleranz gegenüber Wärmeeinträgen aus der Umgebung - insbesondere Wärmeleitung über den Sockel und die Hausung des Chips erreichen kann. Ein solcher störender Wärmeeintrag verfälscht die Ergebnisse. Dieser ist vor allem bei mobilen oder handgehaltenen Messsystemen ein bekanntes Problem aus der Anwendung. Bei dem im Projekt realisierten Demonstratoren wird der thermische Bezugspunkt („Kaltende“) von Rahmen und Sockel des Bauelementes entkoppelt und wird somit von solchen Störquellen entkoppelt. •



Demonstrator eines gegenüber Wärmeleitung aus der Umgebung toleranten Thermopiles aus dem MyTZe-Projekt.

Die beschriebenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurden im Forschungsprojekt „Mikro-Thermopile-Zeile“ (MyTZe) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

FKZ: 49MF210063

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gasdetektor auf Basis von in Thermopiles integriertem Absorber (PhIR-10)



Thermopile-Chip auf TO-Sockel mit photonischen Strukturen aus dem Projekt PhIR-10

In diesem Forschungsvorhaben „Gasdetektor auf Basis von in Thermopiles integriertem Absorber“ wurden das grundlegende Modellverständnis sowie die Technologien für die Herstellung von Photonischen Kristallen innerhalb von Funktionsbeschichtungen von Thermopiles geschaffen.

Solche Strukturen ermöglichen es, das spektrale Absorptionsverhalten im IR lokal zu beeinflussen. Ein Ziel war es, damit unterschiedliche spektrale Empfindlichkeiten innerhalb verschiedener Segmente eines Thermopile-Chips zu realisieren und somit für bestimmte Gasspezies empfindlicher bzw. unempfindlicher zu machen. •

Die beschriebenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurden im Forschungsprojekt „Gasdetektion auf Basis von in Thermopiles integriertem Absorber“ (PhIR-10) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

FKZ: 49MF210027

Gefördert durch:

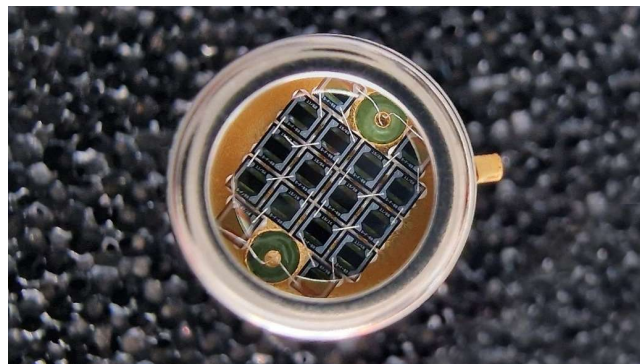


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Flinkes Infrarot-Emitter-Array für Anwendungen in der Gassensorik (FIRE)

Für einige gassensorische Anwendungen ist eine hohe zeitliche Auflösung gefordert. Dazu zählen beispielsweise einige medizinische Anwendungen (Atemgase) aber auch Applikationen aus der Industrie. Für eine robuste Datenerfassung und Auswertungen werden NDIR-Sensoren moduliert betrieben - also im ständigen Wechsel von an/aus-Zuständen, was durch Regelung der Lichtquelle realisiert wird. Die bisher entwickelten Emittoren waren aufgrund ihrer thermischen Masse jedoch in ihrer Dynamik auf ca. 30 Hz limitiert oder lieferten im Fall sehr kleiner Bauteile eine zu geringe optische Leistung.



Demonstrator aus dem FIRE-Projekt: hybrid montiertes Array aus 16 Einzelchips

Vor diesem Hintergrund wurde das Projekt „Flinke Infrarot Emittoren“ durchgeführt, mit dem Ziel, bei ausreichender optischer Leistung auch Anwendungen bei 100 Hz adressieren zu können. Die zentrale Idee dazu war es, mehrere kleine (und damit schnelle) aktive Flächen in einem Chip zu integrieren. Dies wurde zunächst durch hybride Integration von einzelnen, sehr kleinen (1x1 mm²) Chips erprobt und anschließend in Varianten von monolithisch integrierten Chips überführt. Dazu wurden modellgestützte Designs und die dafür erforderlichen Fertigungsprozesse entwickelt und umgesetzt. Die Demonstratoren werden bereits erfolgreich in ersten medizinischen Anwendungen erprobt und nun in die Serie überführt. •



Demonstratoren aus dem FIRE-Projekt: monolithisch integriertes Array aus neun aktiven Teilflächen bzw. zwei Arrays mit jeweils neuen Teilflächen.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Projekt „Flinker Infrarot-Emitter-Array“ (FIRE) wurden gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

FKZ: 49MF220020

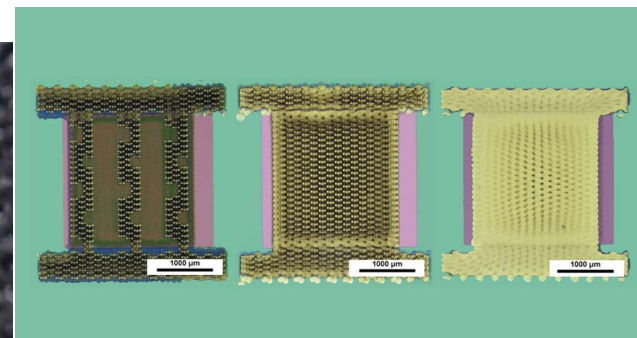
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inkjet Printing galvanisch verstärkter Infrarot-Emitter (JP-IR)



In dem Vorhaben „Inkjet Printing galvanisch verstärkter Infrarot-Emitter“ wurden neue Prozesse zur Veredelung von IR-Emittern entwickelt und an ersten Bauteilen demonstriert. Die grundlegende Idee dahinter ist die lokale Abscheidung einer Start-Schicht (z.B. aluminiumdotierte Zinkoxid-, antimon-dotierte Zinndioxid-, Graphen oder Silber-Nanopartikel) mittels Tintenstrahl Druck, welche durch einen anschließenden Galvanik-Prozess zu einer funktionalen Schicht anwachsen.

Diese Vorgehensweise stellt speziell für die mechanisch empfindlichen IR-Komponenten eine vielversprechende Technologiealternative dar, da auf die Belastungen eines Lithographieprozesses (Lackabscheidung, Spülvorgänge, etc.)

verzichtet werden kann. Die Technik erlaubt zudem auch die Verlagerung der Metallisierungsprozesse in den Back-End-Bereich - also nach außerhalb des CMOS-kompatiblen Reinraumes - wodurch eine breitere Materialauswahl (Platin, Gold, Silber, ...) zugänglich wird.

Um die technischen Grenzen der bisherigen Lösungen weiter auszuloten und neue Anwendungen adressieren zu können, werden auch zukünftig weitere Forschungsaktivitäten erfolgen. •

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Projekt „Inkjet-Printing galvanisch verstärkter Infrarot-Emitter“ (IJP-IR) wurden gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

FKZ: 49MF222025

Gefördert durch:



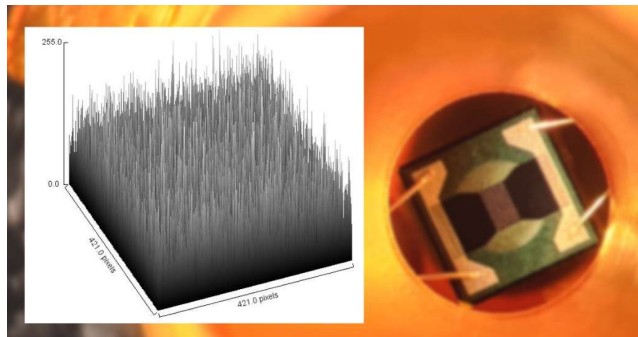
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Infrarotemitter mit emissionsverbessernder Schicht aus Kohlenstoffnanoröhren (CNT-IR)

Der Emissionsgrad der Oberflächen von IR-Emittern ist ein ausschlaggebender Parameter, der die Effizienz und die Nutzbarkeit des Bauteils für die sensorische Erfassung verschiedener Gasspezies im IR-Spektralbereich bestimmt. Die zumeist planaren Schichten der Standard-MEMS-Technologien erreichen dabei nur selten Werte jenseits von 0,6, weshalb bei erhöhten Anforderungen aufwändige, nachträgliche Beschichtungen und deren Strukturierung notwendig werden. In diesem neu gestarteten Projekt soll ein Emissionsgrad von > 0,8 über weite Bereiche des IR-Spektrums erreicht werden, indem Kohlenstoffnanoröhren (CNT) in einem chemischen Gasphasenprozess (CVD) lokal aufgewachsen werden.

Durch geeignete Passivierungsverfahren soll die Langzeit- und Hochtemperaturtauglichkeit (> 800 °C) sichergestellt werden. •



Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Forschungsprojekt „Infrarotemitter mit emissionsverbessernder Schicht aus Kohlenstoffnanoröhren“ (CNT-IR) wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

FKZ: 49MF230047

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Dotierung von MoSi₂-Widerstandsheizerschichten für die Verbesserung der Lebensdauer durch Verringerung der Elektromigration in Infrarotemittern (DotIR)

Der bekannte Hauptmechanismus für Alterung, Drift und Ausfall von IR-Emittern ist die Elektromigration - also der durch elektrischen Strom getriebene Materialtransport in den aktiven Gebieten und den elektrischen Anschlüssen. Dieser wird durch die sehr hohen Temperaturen in den über 800 °C heißen aktiven Zonen der Emittoren noch beschleunigt. Je nach Betriebszustand liegt die Bauteillebensdauer derzeit im Bereich von 10.000 Betriebsstunden. Um diese Grenze weiter zu erhöhen, soll im Projekt „DotIR“ die Auswirkungen von Dotieratomen auf die Elektromigration innerhalb von Molybdän-Disilizid (MoSi₂) untersucht werden. Darüber hinaus wird der Einfluss der Dotieratome auf die optischen Eigenschaften des MoSi₂ ermittelt. •

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Forschungsprojekt „Dotierung von MoSi₂-Widerstandsheizerschichten für die Verbesserung der Lebensdauer durch Verringerung der Elektromigration in Infrarotemittern“ (DotIR) wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

FKZ: 49MF240024

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Neuartiger isothermer Thermopile-Infrarotsensor (NIVO2)

Bei den üblichen MEMS-IR-Bauteilen erfolgt die Freistellung der aktiven Gebiete durch das nachträgliche vollständige Entfernen des Substrates, ausgehend von dessen Rückseite. Dieses Vorgehen erfordert zum einen eine gewisse Mindestgröße der aktiven Gebiete, da bei der Realisierung technische Grenzen bei den erreichbaren Aspektverhältnissen vorliegen. Zum anderen liegen die mechanisch empfindlichen dünnen Membranen von beiden Seiten ungeschützt vor, was bei der anschließenden Vereinzelung und weiteren Systemintegration Mehraufwand und teilweise auch Ausschuss verursacht. Mit dem Projekt „Neuartiger isothermer Thermopile-Infrarotsensor“ sollen darum Technologien entwickelt werden, wie die aktiven Membrangebiete stattdessen von der Vorderseite her freigestellt werden können, wodurch ein schützender Boden des Siliziumsubstrates erhalten bleibt. Gleichzeitig soll das im Projekt „MyTZe“ bereits erfolgreich demonstrierte Konzept eines isothermalen - also gegenüber parasitären Wärmeinträgen aus der Umgebung unempfindlichen - Thermopiles auf diese neue Technologie übertragen und erprobt werden. •

Die beschriebenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden im Forschungsprojekt „Neuartiger isothermer Thermopile-Infrarotsensor“ (NIVO2) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

FKZ: 49MF240033

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

IR-Batch

Eine hermetisch dichte Hausung, ggf. mit einer speziellen Gasfüllung oder Unterdruck, hat neben der Langlebigkeit auch großen Einfluss auf die Empfindlichkeit und Dynamik der IR-Komponenten. Bereits in vorhergehenden Projekten konnten im Haus die Möglichkeiten und Vorteile von Glaslotprozessen für die Montage von Chips und Gehäuseteilen demonstriert werden, da diese nicht nur ausgasungsfrei, sondern auch sehr temperaturstabil ausgelegt werden können. Um die Serientauglichkeit und die Kostenstruktur solcher Glaslotprozesse weiter zu verbessern, konnten wir gemeinsam mit dem Anlagenhersteller budatec GmbH (Berlin) ein neues Vorhaben initiieren. Ziele sind eine neuartige Anlage zum Glaslot-Tempern von größeren Losen (Batches), bei gleichzeitig variabel wählbarer Gasfüllung bzw. Vakuumeinschluss, sowie darauf optimierte Prozesse zu entwickeln und anhand von verschiedenen IR-Komponenten zu demonstrieren.

Die Grundlagen des F&E-Kooperationsprojektes beruhen auf den vorangegangenen Recherchen und Ergebnissen des InnoPrepare-Projektes „Einsatz von TiN-Schichten zur Verbesserung der Empfindlichkeit von Thermopiles zur Antragstellung im F&E-Förderprogramm “Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)“, unterstützt durch Fördermittel des Landes Thüringen und EFRE-Mitteln. (Vorhabens- Nr.: 2023 IIP 0014) •

Dieses Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



03 Ausgewählte F&E Projekte

Neuer mikrooptischer Partikelzähler für große Gas-Volumenströme (NewPARZ)

Sensoren zur Riemenspannungsüberwachung (ZugKraftSensor)

High End Beschleunigungssensoren (HEB)

Nachrüstsatz zur nichtinvasiven Druckmessung (NivLer)

Ammoniaksensor für Biogasanlagen (AmmoniaSens)

Neuer mikrooptischer Partikelzähler für große Gas-Volumenströme (NewPARZ)

Laser-Streulicht-Partikelzählgeräte dienen vor allem zur Kontrolle der Luftqualität in Reinräumen. In den letzten 10 Jahren wurden im Pharma- und Medizinbereich die regulatorischen Anforderungen an die Luftreinheit verschärft - zum Schutz der Mitarbeiter (z.B. vor Einatmen von Medikamentenstaub), zur Vermeidung von Kontaminationen, um mögliche Auswirkungen auf die Fertigung rechtzeitig zu erkennen. Folglich steigt der Bedarf an Messgeräten, die entweder punktuell (bei Inbetriebnahme oder Requalifizierung) oder kontinuierlich die Reinraumqualität anhand der gezählten Partikel überwachen, um die regulatorischen Anforderungen zu erfüllen.

Die Untersuchungen des CiS Forschungsinstitutes konzentrierten sich in dem Vorhaben „NewPARZ“ auf die Entwicklung einer zentralen optischen und optoelektronischen Sensorkomponente in kompakter Bauform. Das Bauelement sollte zur Bestimmung der Anzahl und Größe (0,3...10 µm) von Partikeln geringer Konzentrationen in Gasen in einen Gas-Volumenstrom größer 50 l/min geeignet sein.



Fertig aufgebaute „optoelektronische Baugruppe mit Fotodioden-Array und Winkelfilter“ auf Träger-Platine

Der Lösungsansatz beinhaltete, neuartige optische Winkelfilter vor den Detektoren des Partikelzählers zu positionieren. Von Kurz-, Lang-, oder Bandpassfiltern aus dielektrischen Schichtsystemen ist in der Optik bekannt, dass deren Transmissionspektren über der Wellenlänge vom Einfallswinkel abhängen.

Mit diesem Hintergrund wurde der innovative Kerngedanke verfolgt, für monochromatische Anwendungen (wie hier der Laser), optische Filter zu entwickeln, die für diese Wellenlänge ihre Transmission mit dem Einfallswinkel gezielt verändern und so nur Streulicht aus einem begrenzten Raumwinkelbereich passieren lassen. Da Standard-Bauteile hierfür nicht verfügbar waren, wurden diese innerhalb des Projektes entwickelt und hergestellt.

Neuer Winkelfilter

Durch den Einsatz der neuen Winkelfilter direkt vor einer Detektorzeile kann nun das etablierte 90°-Streulichtverfahren in kompakter Form parallelisiert und mit nur einer einzelnen Laserquelle verwendet werden. Die Messzelle ist stark miniaturisiert und für den angestrebten hohen Volumenstrom geeignet.

Vorwärts- und Rückstreuung an den Partikeln wird vom Winkelfilter geblockt, so dass immer - vom jeweiligen Partikel aus gesehen - „nur“ nahe Detektoren das Streulicht von Partikeln erreichen (im Wesentlichen die 90°-Streuung). Damit erfassen die Segmente der Detektorzeile nur das Streulicht der direkt darüber geleiteten Partikel. Ein optisches Übersprechen zwischen den Kanälen wird minimiert bzw. ganz verhindert. Treten Signale zeitgleich auf benachbarten Kanälen auf, weil z.B. ein Partikel genau zwischen zwei Detektorsegmenten den Laserstrahl passiert, werden diese zeitgleichen Ereignisse summiert und einem einzelnen Partikel zugeordnet. Das Design wurde so angepasst, dass 90°-Streulicht mit einem Öffnungswinkel von ca. 75° Winkelvollgrad nur maximal einen benachbarten Detektor erreicht.

Nutzen und Vorteile der Entwicklung

Der entscheidende Nutzen entsteht dadurch, dass der Volumenstrom des zu untersuchenden Luftstroms nicht mehr nur durch einen kleinen Laser-Spot, sondern entlang eines „breiten“ Strahls erfolgen kann (Luft-Strömungsquerschnitt z.B. 0,5 mal 20 mm²). Dadurch werden insgesamt deutlich größere Volumendurchsätze möglich und zugleich die Messdauer zur Bestimmung der Partikeldichte und Größenverteilung wesentlich reduziert.

Die Neuentwicklung weist viele Vorteile auf. Mit einer Laserquelle können nun in einem hohen Volumenstrom (größer 50 l/min) simultan Partikel bis zu einer Größe von 0,3 µm gezählt werden. Hierbei ist mittels der effektiven, integrierten Parallelisierung des 90°-Streulichtverfahrens, die Durchflug-Geschwindigkeit der Partikel

am jeweiligen Detektor moderat und beeinflusst positiv den notwendigen Frequenzgang der Elektronik und damit das Signal-Rausch-Verhältnis. Mit dem Einsatz von einer Detektorzeile (Photodiodenarray), also mehr als einem Detektor, ist eine parallelisierte Zählung von Partikel-Streulicht-Ereignissen mit einer Laserquelle realisierbar.

Die kompakte Sensoreinheit weist einen hohen Miniaturisierungsgrad auf und basiert auf dem Einsatz neuartiger Winkelfilter und Laserfenster. Zudem gestattet es, einen Aufbau ohne Linsen-Systeme bzw. ohne Objektiv vor dem Detektor.

Die Projektergebnisse sind auch in einer veröffentlichten Patentschrift des CiS-Forschungsinstituts dargestellt (DE102022113774A1). •

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Projekt „Neuer mikrooptischer Partikelzähler für große Volumenströme“ (NewPARZ) wurden gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

FKZ: 49MF210049

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Sensoren zur Riemenspannungsüberwachung (ZugkraftSensor)

In der Antriebstechnik werden verschiedene Antriebsriemen eingesetzt, um enorme Kräfte über zum Teil große Entfernungen zu übertragen. Die optimale Kraftübertragung hängt von der Riemenspannung ab. Eine dauerhaft perfekte Riemenspannung erhöht die Lebensdauer und reduziert den Verschleiß. Dies sorgt für gleichbleibende Qualität und technische Sicherheit in der jeweiligen Anwendung.

Im Projekt „Zugkraftsensor“ entstand eine Technologieplattform zur Überwachung der Riemenspannung in Anlagen der Antriebstechnik, z.B. in Säge-, Schneid-, Fräs- und Spritzmaschinen, in Verpackungsanlagen für Transportförderbänder oder an Prüfstationen zur Tischpositionierung. Durch das Monitoring der mechanischen Spannung lassen sich Wartungsintervalle exakt planen, Materialermüdung frühzeitig erkennen und ungeplante Stillstandzeiten vermeiden.

Um den Betriebsbedingungen und Kraftbelastungen standhalten zu können, werden die Riemen mit Zugträgern aus Stahl oder Kevlar kombiniert. Diese verlaufen schraubenförmig im Gurt. Damit die verschiedenen Kraftänderungen, die auf den Riemen wirken, erfasst werden können, muss der Sensor auf oder in diesen Zugträgern integriert werden.

Für den Sensor werden miniaturisierte Dehnungssensoren auf Siliziumbasis verwendet. Die geringen geometrischen Abmessungen von 500 µm x 500 µm des Dehnungssensors erlauben dessen Integration in flexiblen Anordnungen. Die Sensoren werden direkt mit dem Zugträger gekoppelt und umschließen



Dehnungssensor in Verbindung mit einer Halterung

diesen an den jeweiligen Stellen vollständig. H-förmige Montageträger aus Stahl erfüllen diese Bedingung. Zudem entwickelte das CiS Forschungsinstitut eine Aufbau- und Verbindungstechnologie für die elektrische Kontaktierung.

Je nach Durchmesser der vorhandenen Zugträger im Riemen, stehen unterschiedliche Montageträger und entsprechend gestaltete Leiterplatten zur Verfügung. Mittels Glass-Fritt-Bonden werden die Dehnungssensoren mit dem empfindlichen Bereich der Montageträger verbunden. In Abhängigkeit von der Aufbauvariante sind der Sensor und die Kontaktierungsflächen gekapselt oder abgedeckt, um sie vor äußeren Einflüssen zu schützen.

Langzeitmessungen bei verschiedenen Temperaturen zeigten, dass nur bei niedrigen Temperaturen ($T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$) eine gewisse Abhängigkeit des Signales von der relativen Feuchte aufgrund des verwendeten Leiterplattenmaterials und der Schutzkapselung besteht. Die Ergebnisse haben keine Auswirkung auf die geplante Anwendung. Der integrierte Zugkraftsensor ist hermetisch umschlossen und weist eine gute Langzeitstabilität auf.

Anhand der positiven Ergebnisse bei der Sensorcharakterisierung, konnten die geplante Messabweichung von 1 - 2 % FS bei $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ und 2 - 5 % FS im Bereich $T = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ für die montierten Zugkraftsensoren erfolgreich nachgewiesen werden. Im Rahmen der praxisnahen Evaluierung erfolgte die Verwendung des Zugkraftsensors am Zugträger bis zu einer Belastung von ca. 35 kN. •

Die beschriebenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurden im Forschungsprojekt „Sensoren zur Riemenspannungs-überwachung“ (ZugkraftSensor) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWK) gefördert.

FKZ: 49MF210167

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

High End Beschleunigungssensoren (HEB)

Ziel des Forschungsvorhabens HEB war die Entwicklung von hochauflösenden Beschleunigungssensoren für Neigungs- bzw. Nivellierungsmessungen sowie Zustandsüberwachungen. Mit diesem Projekt wurden theoretische und experimentelle Grundlagen für die Errichtung einer Entwicklungs- und Technologieplattform geschaffen. Hierbei wurden Konzepte aus dem High-End-Anwendungsbereich auf Anwendungen übertragen, die bisher für diese Konzepte nicht zugänglich waren.

Applikationsbeispiele sind Neigungs- bzw. Nivellierungssensoren sowie Zustandsüberwachungen für Anwendungsfelder wie zum Beispiel:

- Werkzeugmaschinen - zur Überwachung der korrekten Lage
- Messmaschinen - dto., ggf. Messung von Schwingungen
- Roboter - Positionierungsbestimmung
- Hochpräzisionswaagen - Ausnivellierung der Aufstellung für eine korrekte Messung
- Schienenverkehr, hier spielen Neigungs- sowie Schwingungssensoren bei der Steuerung und dem sicheren Erkennen von Zustandsgrößen eine Rolle für den Betrieb und die Sicherheit von Fahrzeugen, Gleisen, Bauten
- Windenergieanlagen, Neigungs- und Schwingungssensoren für Steuerung und Sicherheit
- Zustandsüberwachung von Bauwerken
- Ausrichtung von Bergbauequipment

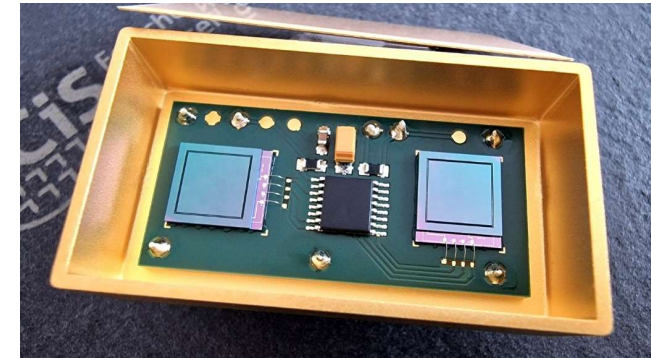
Nach weiterführenden Variationen von Design und Technologie sind zusätzliche Märkte bzw. Branchen adressierbar:

- Seismische Überwachungen in vulkanologischen bzw. erdbebengefährdeten Gebieten
- Gravimetrie - Verfahren zur Bestimmung von Anomalien des Schwerfeldes zur Ortung von Lagerstätten
- Schwingungsanalysen

Als Ausführungsform wurden unregelmäßig geformte Neigungssensoren realisiert. Durch den Kippwinkel des Sensors ergibt sich dabei eine effektive Erdbeschleunigung, die eine Auslenkung des Feder-Masse-Systems hervorruft, welche durch einen lateralen Differenzkondensator über einen Signalverarbeitungs-Schaltkreis ausgelesen wird.

Die HEB-Einzel-Sensoren werden zunächst auf Chiplevel gefertigt. Dabei werden die gegenüberliegenden Chips mittels Fineplacers zusammengedrückt, so dass die Metall-Strukturen der Feder-Masse- bzw. Träger-Chips (Silizium bzw. Glas) mittels Au-Stud-Bumps verbunden und die Abstände eingestellt werden. Im weiteren Projektverlauf konnten Demonstrator-Modulaufbauten bestehend aus einem hermetisierbaren Metallgehäuse mit Glasdurchführungen aufgebaut werden, in das eine Platine mit zwei orthogonal angeordneten Sensoren und einem zweikanaligen Schaltkreis eingelötet ist.

Die Auslenkung der Feder-Masse-Systeme wurde zu Beginn optisch mittels Kamera in Abhängigkeit der Kippwinkel begutachtet. Anschließend erfolgten kapazitive Untersuchungen der Sensor-Module, zunächst auf einer Drehachse, um einen Bereich von $\pm 180^{\circ}$ abzudecken, später auf einem Präzisionskipptisch. Die Funktion der Elemente entspricht den simulierten Ergebnissen. •



Demonstrator in Form eines zweiachsigen HEB-Sensor-Moduls mit dem Signalverarbeitungsschaltkreis

Die beschriebenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurden im Forschungsprojekt „High-End-Beschleunigungssensoren“ (HEB) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

FKZ: 49VF200064

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Nachrüstsatz zur nichtinvasiven Druckmessung (NivLer)

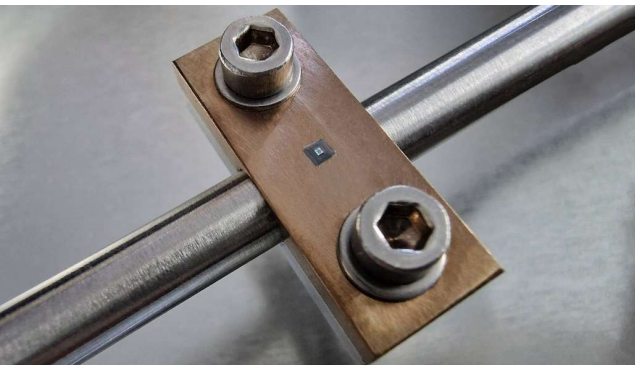
Die Überwachung von Prozessparametern in biologischen und chemischen Prozessen sowie Verfahren ist eine wichtige Voraussetzung für eine effiziente, energie- und ressourcenschonende sowie CO₂-emissionsarme Produktion in verschiedenen Branchen, beispielsweise in der Nahrungsmittel- und Pharmaindustrie, chemischen Industrie, im Bereich von erneuerbaren Energien und vieles mehr.

Für die Druckmessung in zuvor benannten Anwendungsfeldern stehen die Sensorelemente in den überwiegenden Fällen direkt mit dem Medium in Kontakt. Dementsprechend müssen diese Sensorelemente so ausgerüstet sein, dass sie selbst beständig gegen das jeweilige Messmedium oder mit einer resistenten Hausung umhüllt sind.

Zur weiteren Optimierung der Prozessparameter, unterstützt mit Methoden der künstlichen Intelligenz, ist es häufig notwendig an zusätzlichen Messstellen weitere Messwerte zu erheben. Dies erfordert in vielen Bereichen für bestehende Maschinen und Anlagen eine Nachrüstung (Retrofit) mit Sensoren.

Herausfordernd ist hierbei häufig, dass für den Einbau herkömmlicher Messsysteme die Anlagen heruntergefahren und Rohrleitungen geöffnet werden müssen. Geometrische Änderungen des Fluidkanals durch Biegungen, Durchbrüche usw. wirken sich ebenfalls nachteilig aus. Es entstehen Spalten, Hinterschnidungen und Toträume, die besonders für hygienische und aseptische Anwendungen einen hohen Aufwand bedeuten. Durchbrüche durch die Rohrwandung müssen zusätzlich gegen Leckagen abgedichtet sein. All dies macht die Drucküberwachung aufwendig und erfordert innovative Lösungen.

Im laufenden Projekt „NivLer“ wird eine Technologieplattform für nachrüstbare Sensorsysteme zur nichtinvasiven Druckmessung in Prozessleitungen entwickelt. Es handelt sich um einen Nachrüstsatz in Form einer dehnungsempfindlichen Manschette mit integriertem Drucksensorsystem. Der innerhalb des Rohres anliegende Druck wirkt auf die Innenwände des Rohres. In Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften des Rohres und der Größe des Innendrucks dehnt sich das Rohr aus.



Dehnungssensor verbunden mit empfindlicher Manschette durch Glasfritte (Messdemonstrator zur Prinzipdarstellung des Sensorsystems)

Das integrierte Drucksensorsystem basiert auf einem kleinen siliziumbasierten Dehnungssensor. Mittels eines mikrotechnischen Fügeverfahrens werden diese auf die sensitiven Bereiche der Manschette aufgebracht.

Grundlage bilden im CIs Forschungsinstitut entwickelte und prozessierte Siliziumdehnungssensoren (Si-DMS), die mittels angepasster Montagetechnologie an Rohrmanschetten montiert werden. Um eine zuverlässige Detektion von Dehnungsänderungen des Prozessrohres zu gewährleisten, ist es zwingend notwendig, eine direkte mechanische Ankopplung zwischen den Si-DMS und der Rohrmanschette zu schaffen.

Das Sensorsystem soll folgende Anforderungen erfüllen:

- Eingriffsfreie Druckmessung in Rohrleitungen oder Druckbehältern ohne Medienkontakt
- Nachträgliche Montage an den Prozessleitungen (freie Montage, Aufputzmontage)
- Verschiedene Geometriegrößen/-formen je nach Anwendung möglich
- Einfacher Einbau, aber geringe Genauigkeitseinbußen
- Messgenauigkeit ca. 1 % - 3 % des Messbereichs (4 bis 300 bar)
- Möglichkeit der Temperaturkompensation des Rohsignals

Im Rahmen der Arbeiten wurden Versuchsmuster gemäß den festgelegten technologischen Prozessschritten gefertigt. Der Fokus lag auf der Realisierung verschiedener Varianten, wobei alle Elemente an einzelne Stahlrohre installiert wurden, entsprechend den gewählten Manschettenmaterialien. Das präzise Fügen der Manschetten an die Stahlrohre, stellte die Integrität und Funktionalität der Systeme sicher.

An den montierten Aufbauten wurden mehrere Tests durchgeführt, um die Leistungsfähigkeit und Stabilität der Sensoren zu evaluieren. Dabei erfolgte die Erfassung von Parametern wie Temperaturhysterese, Signalhysterese und Linearität. Sie sind für das Verständnis des Sensorverhaltens unter verschiedenen Bedingungen entscheidend. Alle Aufbauten zeigten erwartungsgemäß eine signifikante Nullpunkt-Drift, die auf die Konstruktion der Rohrmanschette zurückzuführen ist. Es wurde jedoch festgestellt, dass sich die Drift der Sensoren im montierten Zustand stabilisiert, wenn die Manschetten mit einem geeigneten Anzugsmoment von 0,3 Nm an die Druckrohre befestigt werden. Die grundlegende Funktionsfähigkeit der Aufbauten konnte anhand der umfangreichen Untersuchungen nachgewiesen werden. In weiteren Tests wird die Systemintegration im geforderten Druckbereich geprüft.

Der geplante Nachrüstsatz soll als Überwachungssystem an Prozessrohren eingesetzt, Aussagen über Materialveränderungen, Verschleißmechanismen, Wartung, Energieverbrauch unter Betriebsbedingungen oder Reaktionen auf äußere Einflussfaktoren geben. Um das Markinteresse zu wecken, wurden Messdemonstratoren gefertigt, die die prinzipielle Funktionalität und die Dimensionen des Systems darstellen. •

Die beschriebenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden im Forschungsprojekt „Nachrüstsatz zur nichtinvasiven Druckmessung (NivLer)“ durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

FKZ: 49MF220174

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Ammoniaksensor für Biogasanlagen (AmmoniaSens)

Biogasanlagen dienen der Erzeugung von Biogas durch Vergärung. Neben der konfliktbehafteten Anbaubiomasse gibt es Substrate, die ökologisch günstige Nebeneffekte haben. Beispielsweise liefert die Vergärung von Reststoffen nicht nur Energie, sondern wandelt diese Abfallprodukte in einen Gärrest um, der einen hochwertigen Dünger darstellt.

Der Prozess reagiert jedoch sensibel auf Konzentrationsschwankungen bestimmter Stoffe, beispielsweise Ammoniakgas. Es entsteht aus der Vergärung stickstoffreicher Reststoffe wie Gülle, Geflügelkot oder Resten von Hülsenfrüchten. Ammoniakgas (NH₃) ist sehr aggressiv und beeinflusst direkt die Biogaserzeugung, indem es wichtige Mikroorganismen schädigt oder als Zellgift ihre Aktivität hemmt. Ein weitgehend stabiler Ammoniakgehalt ist deshalb eine Voraussetzung für die effiziente und stabile Biogasproduktion. Bisher wird der Ammoniakgehalt nur stichprobenartig bestimmt. Ein kontinuierlich arbeitendes und präzises Inline-Messsystem, welches den Ammoniakgehalt abhängig von der Substratzusammensetzung und -einbringung erfasst, bietet die Chance, die Anlage in Abhängigkeit des Ammoniakgehaltes zu regeln.

Im Rahmen des ZIM-F&E-Kooperationsprojektes „AmmoniaSens“ wurde ein Inline-Messsystem zur Überwachung des Ammoniakgehaltes in einem Biogasfermenter entwickelt. Der Zweck des Systems besteht darin, auf Basis der zuvor ermittelten Daten eine vorausschauende Zugabe von Zuschlagstoffen zur Verminderung des Ammoniakgehaltes auszulösen und eine automatisierte Anlagensteuerung zu ermöglichen. Ziel ist eine optimierte Biogas- bzw. Methanproduktion, bei der Reststoffe, welche eine hohe Ammoniakbildung nach sich ziehen, maximal eingebracht werden können, ohne dass eine Vergiftung des Fermenters resultiert.

Unter Berücksichtigung der speziellen Bedingungen dieser Anlagen wurde ein kontinuierlich arbeitender Ammoniaksensor entwickelt, der auf Basis einer Impedanzmessung arbeitet. Dabei wird ein Kondensattropfen erzeugt, der durch Abkühlen des Biogases unter den Taupunkt entsteht. Sofern sich Ammoniak im Gas befindet, bildet es darin Ionen, die die elektrische Leitfähigkeit bzw. Impedanz dieses Kondensattropfen beeinflussen. Gegenüber der klassischen Leitfähigkeitsmessung in Lösung hat dieser Weg den Vorteil einer verringerten Querempfindlichkeit gegenüber Gasbestandteilen, die in Wasser löslich sind und dissoziieren können. Zur Vorbehandlung des Biogases wurde ein spezielles Gasaufbereitungssystem entwickelt, das den überwiegenden Teil der störenden Komponenten entfernt.



Biogasanlage

Für die Ammoniakbestimmung wird das Gas in eine wässrige basische Lösung eingeleitet. Die Messung erfolgt unter Verwendung einer Interdigitalelektrode (IDE), die sich im Gasraum über der Flüssigkeit befindet. Durch die Base werden die sauren Verunreinigungen, z.B. CO₂, H₂S und flüchtige Karbonsäuren, die die Ammoniakbestimmung stören, gebunden. Das wässrige Kondensat enthält nur den gelösten Ammoniak. Da die IDE nach unten gerichtet ist, tropft das Kondensat in die Flüssigkeit zurück, sobald die Masse zu groß wird. Dadurch stellt sich ein stabiler Gleichgewichtszustand ein. Die zugehörige Elektronik erlaubt die Temperatursteuerung an der IDE sowie die Signalübertragung zur Anbindung der externen Datenverarbeitung. Mit diesem System lassen sich Ammoniakgehalte bis in den sub-ppm-Bereich messtechnisch erfassen.

Es ist daher auch für Anwendungen denkbar, bei denen bereits geringe Spuren dieses Gases große Schäden verursachen können, wie bei katalytischen Reaktionen in der Prozessindustrie oder der Energiespeicherung in Brennstoffzellen. Projektpartner sind die MCZ Umwelttechnik GmbH sowie die Lukeneder GmbH. •

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Projekt „Entwicklung eines InLine-Messsystems mit Hilfe eines innovativen Ammoniaksensors für den Einsatz in Biogasanlagen zur Steigerung des Biogasertrages und Vermeidung von Schäden im Biogasmotor.“ (AmmoniaSense) wurden gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.



Gefördert durch:
 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



04 Technische Investitionen

Die Modernisierung der Technischen Infrastruktur ist ein grundlegendes Element zur Überwindung der Strukturschwäche in Thüringen. Gezielte Investitionen in eine moderne technische Basis durch Landesmittel und Kofinanzierung der EU ermöglichen wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen für viele kleine und mittelständische Unternehmen ohne eigene Forschungskapazitäten, innovative Verfahren und wettbewerbsfähige Produkte zu entwickeln. Dies führt zu einer nachhaltigen Stärkung und Zukunftsfähigkeit der Thüringer Wirtschaft. •

Erfolge und Herausforderungen: Besuch der EFRE-Delegation



Petra Corti (Programm-Managerin von der Generaldirektion Regionalpolitik und Stadtentwicklung der EU-Kommission) sowie Dr. Simone Zöphel (stellvertretende Leiterin der EFRE-Verwaltungsbehörde im Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft) und Berit Beier (Mitarbeiterin in der EFRE-Verwaltungsbehörde des TMWWDG), Thomas Brock (Geschäftsführer CIS Forschungsinstitut)

Unter dem Motto „Erfolge und Herausforderungen“ fand am 28. November 2024 in Erfurt die EFRE-Jahresveranstaltung 2024 statt. Am Vortag besuchten Petra Corti, Programm-Managerin von der Generaldirektion Regionalpolitik und Stadtentwicklung der EU-Kommission sowie Dr. Simone Zöphel, stellvertretende Leiterin der EFRE-Verwaltungsbehörde im Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft und Berit Beier (Mitarbeiterin in der EFRE-Verwaltungsbehörde des TMWWDG) das CIS Forschungsinstitut.

Dabei besichtigten sie auch das moderne CIS-Analytik-Kompetenzzentrum. Ein hochauflösendes dreidimensionale Sekundär-Ionen-Massenspektrometrie-System (SIMS Analyse Cluster) konnte mit Landesmitteln und einer Kofinanzierung durch den EFRE Europäische Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) errichtet werden. •

Zusammenarbeit von Verwaltung, Forschung und Industrie: Besuch von Andreas Horn, neuer Oberbürgermeister Erfurts



v.l.n.r.: Thomas Brock (Geschäftsführer CIS Forschungsinstitut), Anastasia Sergan (Amtsleiterin, Amt für Wirtschaftsförderung, Erfurt), Andreas Horn (Oberbürgermeister, Landeshauptstadt Erfurt), Dr. Klaus Etrich (Geschäftsfeldleiter MEMS, CIS Forschungsinstitut), Daniel Junge (Referent des Oberbürgermeisters)

Der neue Oberbürgermeister der Landeshauptstadt Erfurt, Andreas Horn, besuchte gemeinsam mit Anastasia Sergan, Amtsleiterin des Amtes für Wirtschaftsförderung unser Forschungsinstitut im Südosten der Stadt.

Neben einem persönlichen Kennenlernen und einem Überblick über die Forschungseinrichtung wurde auch die gemeinsame Zusammenarbeit diskutiert, vor allem welche Standortfaktoren für ein attraktives Arbeitsumfeld hochmotivierter Fachkräfte notwendig sind. So haben ein gut funktionierender ÖPNV zur Absicherung eines reibungslosen Schichtbetriebs, sichere und planbare Betreuungsmodelle von der Kinderkrippe bis zur Schule und auch der naturwissenschaftliche Unterricht an den Schulen zur Bildung des MINT-Nachwuchses eine hohe Priorität. Damit kann sich auch Erfurt als Industrie und Wissenschaftsstadt präsentieren und weiter etablieren. •

WINAFO Digital - Upgrade der Cyber Security und der digitalen Infrastruktur

Vorhabens- Nr.: 2023 WID 0001

Vor dem Hintergrund der weltweit stark zunehmenden Cyberangriffe obliegt dem CIS Forschungsinstitut neben den vielfältigen Entwicklungsaufgaben für die Thüringer Wirtschaft auch gleichzeitig der Daten- und Informationsschutz zu geplanten und bereits erarbeiteten Technologien.

Ein Upgrade der Cyber Security und digitalen Infrastruktur verbessert Datensicherheit, Flexibilität und steigert die Netzwerkperformance. Der Zuschuss in Höhe von 230.000 € ist zweckgebunden für das Vorhaben am Standort im Vorhabenzeitraum vom 23. Februar 2024 bis 31. Dezember 2025 und gehört zum Spezialisierungsfeld Nachhaltige Energie und Ressourcenverwendung der Regionalen Innovationstrategie für Intelligente Spezialisierung und wirtschaftlichen Wandel in Thüringen (RIS Thüringen).

Das Projekt *Forschungs- und Entwicklungsdaten - Sicherheit durch Netzwerksegmentierung* wird unter der Nummer 2023 WID 0001 vom Freistaat Thüringen mit Landesmitteln und einer Kofinanzierung aus Mitteln der Europäischen Union für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert. •



Ibond - Implementierung fortschrittlicher Bondtechnologien für innovative MEMS-Chips

Vorhabens- Nr.: 2024 WIN 0005

In der Mikrosensorik besteht ein stetiges Bestreben nach Reduktion der Herstellungskosten bei gleichzeitiger Steigerung der Performance sowie Erweiterung der Anwendungsbereiche. Vor allem piezoresistive MEMS-Sensoren sind hierfür prädestiniert und zeichnen sich durch hohe Präzision, Stabilität und Zuverlässigkeit aus. Zur stetigen Verbesserung der Bauteilperformance einschließlich der Gewährleistung der Medienkompatibilität wird mit diesem Projekt in verschiedene bondprozessintegrierte Geräte investiert, um eine präzise Prozesskontrolle und Qualitätsprüfung während des gesamten Fertigungsprozesses zu gewährleisten.

Mit der geförderten Investition in die forschungsbezogene Infrastruktur kann das CIS Forschungsinstitut seine Fertigungsprozesse auf dem Gebiet der Waferbondverfahren weiterentwickeln und optimieren, um Packagelösungen auf Waferebene mit extrem kompakter Bauweise zu realisieren. Die Erhöhung der Präzision und Skalierbarkeit der in diesem Technologiepaket enthaltenen Arbeitsschritte sind essentieller Bestandteil zur Erreichung der genannten Schwerpunkte.



Der Zuschuss in Höhe von ca. 800.000 € ist zweckgebunden für Investitionen in eine forschungsbezogene Infrastruktur im Vorhabenzeitraum vom 1. November 2024 bis 31. Dezember 2025. Das Projekt gehört zum Spezialisierungsfeld „Industrielle Produktion und Systeme“ der Regionalen Innovationsstrategie für intelligente Spezialisierung und wirtschaftlichen Wandel in Thüringen (RIS Thüringen). •

Einsatz MEMS-basierter Sensoren zur Zustandsüberwachung im Leichtbau

2023 IIP 0013 Innovationsgutschein InnoPrepare



Das CiS Forschungsinstitut möchte Anwendungsfelder im Leichtbau identifizieren und erschließen, um seinen Beitrag zur CO₂-Reduktion weiter zu erhöhen. Leichtbau ist die Verbindung von geringerem und preiswerten Materialeinsatz mit erhöhten Funktionalitäten als Beitrag zur Ressourcenschonung. MEMS-Sensoren können mechanische Belastungen in Form von Kräften, mechanischen Spannungen, Schwingungen usw. sowie Temperaturbelastungen erfassen. Dies ist insbesondere beim Belastungsmonitoring über die Lebensdauer notwendig. Damit sind Aussagen für die innovative

Konstruktion und Fertigung von Leichtbauteilen für die Wasserstoffwirtschaft, der Landwirtschaft (Landmaschinen), von Biogasbehältern sowie Fahrrädern und anderen umweltfreundlichen Fortbewegungsmitteln möglich. Können MEMS-Sensoren in Leichtbauteile integriert werden, ergeben sich hier neue Anwendungsfelder mit hohem Potenzial vor allem im Bereich sicherheitsrelevanter Bauteileüberwachung.

Zur Vorbereitung des Projektantrages wurden folgende Aufgaben als Dienstleistung gemäß ThürVgG an das Thüringer Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung Rudolstadt e.V. (TITK) vergeben:

- Erarbeitung einer definierten Aufgabenstellung
- Gewinnung von Kooperationspartnern
- Recherche und Marktanalyse

Der Umfang der Leistung beträgt 48.800,00 € im Leistungszeitraum vom 1. Oktober 2023 bis 15. April 2024.

Der Zuschuss ist zweckgebunden für vorbereitende Tätigkeiten für das F&E-Vorhaben mit dem Thema "Einsatz MEMS-basierter Sensoren zur Zustandsüberwachung im Leichtbau" zur Antragstellung im F&E-Förderprogramm "Technologietransfer-Programm Leichtbau (TTP LB).

Das Vorhaben gehört zum Spezialisierungsfeld „Nachhaltige Energie- und Ressourcenverwendung“ der Regionalen Innovationsstrategie für intelligente Spezialisierung und wirtschaftlichen Wandel in Thüringen (RIS Thüringen). Das vom Freistaat Thüringen geförderte Vorhaben wurde durch Mittel der Europäischen Union im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) unterstützt. •

Einsatz von TiN-Schichten zur Verbesserung der Empfindlichkeit von Thermopiles

2023 IIP 0014 Innovationsgutschein InnoPrepare

In vielen Anwendungsfeldern wie Umwelt- und Prozessmesstechnik, Gefahrenerkennung, Gebäudeautomatisierung oder Medizintechnik werden Gaskonzentrationen bestimmt. Für deren Detektion können verschiedene Messverfahren eingesetzt werden. Ein rein optisches und berührungslos arbeitendes Verfahren ist die nichtdispersive Infrarot (NDIR)-Spektroskopie. Hier wird das zu untersuchende Gas in eine Messküvette geleitet und mit Licht im infraroten Spektralbereich durchstrahlt.

Bei spezifischen Wellenlängen zeigen die zu untersuchenden Gase eine konzentrationsabhängige Absorption, die mittels IR-Detektor erfasst wird. Für das NDIR-Gassystem sind die IR-Emitter, die das IR-Licht erzeugen und IR-Detektoren die entscheidenden Komponenten. IR-Detektoren sind meist MEMS-Thermopiles, welche die durch einfallendes IR-Licht erzeugten Temperaturunterschiede innerhalb des Bauteils in eine elektrisch messbare Thermospannung übertragen. Thermopiles besitzen spezielle Schichten oder Schichtstrukturen, welche sich auf die Lichtabsorption auswirken und so die Leistungsfähigkeit beeinflussen. Das CiS Forschungsinstitut möchte die Auswirkung einer zusätzlichen TiN-Schicht auf der Absorberfläche von Thermopiles untersuchen. Dieser technologische Ansatz soll bis zur Serienfertigung umgesetzt werden. Dazu muss ein stabiler und reproduzierbarer Prozess nachgewiesen und eine geeignete Prozessmesstechnik entwickelt werden.

Zur Vorbereitung eines ZIM-Kooperationsprojektes wurden folgende Aufgaben als Dienstleistung gemäß ThürVgG an die 5microns GmbH vergeben:

- Erarbeitung einer definierten Aufgabenstellung
- Gewinnung von Kooperationspartnern
- Recherche und Marktanalyse

Der Umfang der Leistung beträgt 48.600,00 € im Leistungszeitraum vom 1. November 2023 bis 30. Juni 2024.

Der Zuschuss ist zweckgebunden für vorbereitende Tätigkeiten für das F&E-Vorhaben mit dem Thema „Einsatz von TiN-Schichten zur Verbesserung der Empfindlichkeit von Thermopiles zur Antragstellung im F&E-Förderprogramm "Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)"

Das Vorhaben gehört zum Spezialisierungsfeld „Industrielle Produktion und Systeme“ der Regionalen Innovationsstrategie für intelligente Spezialisierung und wirtschaftlichen Wandel in Thüringen (RIS Thüringen). Das vom Freistaat Thüringen geförderte Vorhaben wurde durch Mittel der Europäischen Union im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) unterstützt.

Auf dieser Basis wurde erfolgreich das Kooperationsprojekt IR Batch im F&E-Förderprogramm "Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)" beantragt und bewilligt. •





05 Veranstaltungen

Messen

Kongresse & Tagungen

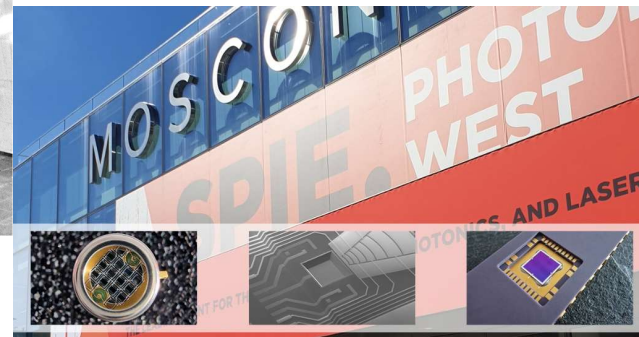
CiS Workshops

CiS intern

Messen

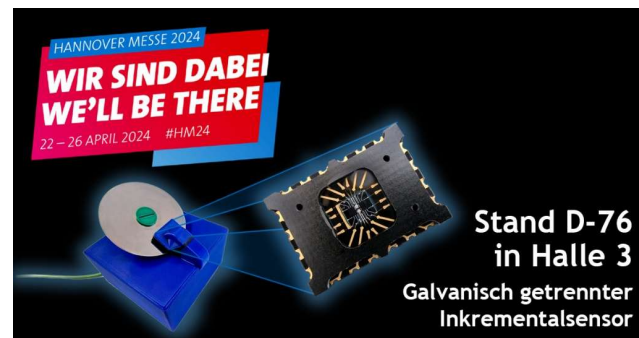
Die Vorstellung innovativer Projektergebnisse auf nationalen und internationalen Messen ist ein Instrument des Forschungs- und Technologietransfers unseres Instituts. Fach- und Industriemessen sind eine hervorragende Plattform, um aktuelle Markttrends zu erkennen, sich mit Branchenexperten aus der ganzen Welt auszutauschen und zu vernetzen sowie das eigene Portfolio zu präsentieren. Unsere Messe-Exponate sind vielfach Funktionsmuster und Demonstratoren als Resultat verschiedener Förderprojekte des BMWK mit hoher Industrierelevanz und Umsetzbarkeit. •

Optische Sensorsysteme auf der SPIE Photonics West in San Francisco



Den Auftakt unserer Messeaktivitäten bildete Ende Januar die SPIE Photonics West in San Francisco, eine der internationalen Veranstaltungen für Lösungen, Komponenten und Systemunterstützung für die Optik- und Photonik-Industrie. Das CiS Forschungsinstitut war zum wiederholten Mal als Aussteller auf dem German Pavilion im Moscone Center beteiligt. Auf den begleitenden Konferenzen überzeugte das CiS Forschungsinstitut mit fünf Fachbeiträgen das internationale Publikum zu Themen wie Siliziumdetektoren, Quantendefekte in Silizium für maßgeschneiderte Quantensensorik sowie schnelle IR-MEMS-Strahler für NDIR-Anwendungen. •

Thüringens Ministerpräsident Bodo Ramelow besucht das CiS Forschungsinstitut auf der HMI



Fast 4000 Aussteller zeigten auf der weltweit wichtigsten Industriemesse ihre Ideen für eine leistungsfähige Industrie. Auf dem Gemeinschaftsstand der LEG Thüringen stellte das CiS Forschungsinstitut aktuelle Forschungsergebnisse vor. Highlight war die Demonstration eines galvanisch getrennten Inkrementalsensors (GalGIS). Seine Herstellung beruht auf der Entwicklung neuer Siliziumtechnologien, die eine galvanische Trennung bereits auf Chipebene gestatten. Die übliche

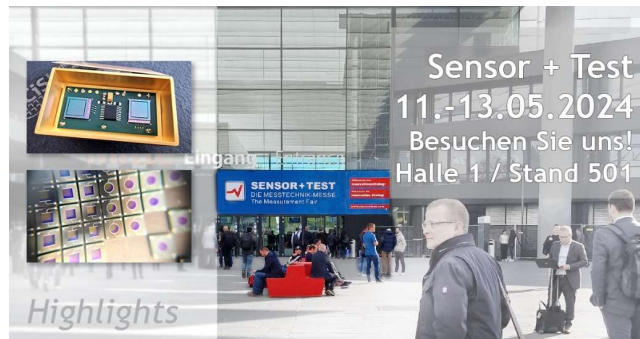
geometrische Genauigkeit im Sub-Mikrometerbereich wird erzielt. Der neue Sensor ist langzeitstabil und kann insbesondere dort, wo hohe technische Sicherheit gefordert wird, beispielsweise in Luft- und Raumfahrt, Schienenverkehr und Medizintechnik sein volles Potenzial entfalten.

Auf seinem Messerundgang am 22.04.2024 informierten sich der Thüringer Ministerpräsident Bodo Ramelow gemeinsam mit Christoph Eggers, Referatsleiter in der Thüringer Staatskanzlei über das Portfolio des CiS Forschungsinstitutes. •



Fachmesse SENSOR+TEST 2024 in Nürnberg

Auf dem weltweit bekannten Forum für Sensorik, Mess- und Prüftechnik in Nürnberg, vom 11. bis 13. Juni 2024 stellten wir dem Fachpublikum aktuelle Technologieplattformen und Projektergebnisse vor. Die SENSOR+TEST ist alljährlich unsere wichtigste Fachmesse und bietet zahlreiche Ideen sowie Kontakte zu KMUs, um Forschungsk Kooperationen anzubieten und abzuschließen. Herzstück unserer Ausstellung waren zwei weitere Neuentwicklungen, ein sehr hochauflösender kapazitiver MEMS-Beschleunigungssensoren für Neigungs- bzw. Nivellierungsmessungen sowie spezielle Tandemdioden für ein kompaktes Stehende-Wellen-Interferometer.



High-End-Beschleunigungssensoren (HEB)

Im Rahmen des Forschungsprojektes „HEB“ wurden neue sehr hochauflösende kapazitive MEMS-Beschleunigungssensoren, mit sehr hoher Auflösung entwickelt. Sie sind geeignet für Neigungs- bzw. Nivellierungsmessungen sowie Zustandsüberwachungen. Durch die Nutzung von Konzepten aus dem High-End-Anwendungsbereich mit dem Fokus auf Chip-Level-Prozessschritten wurden die Sensoren auf Chiplevel gefügt. Ihre Kennzeichen sind eine erhöhte seismische Masse, ein lateral angeordneter Differenzkondensator sowie ein hermetisches Package. Die Demonstrator-Aufbauten zeigen eine gute Übereinstimmung mit den simulierten Ergebnissen.

Tandemdioden für Stehende-Wellen-Interferometer (SWIF)

Die neu entwickelten Tandemdioden für ein kompaktes Stehende-Wellen-Interferometer vereinfachen deutlich den Aufbau des bekannten Michelson-Interferometers, einem hochpräzisen Messverfahren zur Längen- und Positionsbestimmung bei Präzisionsmaschinen. Sie besitzen extrem dünne aktive Schichten aus dotiertem Silizium oder Polysilizium und absorbieren nur einen sehr kleinen Teil des einfallenden Lichts. In einer Doppelkonfiguration (Tandem) werden zwei solcher teiltransparenten Dioden in einem mehrlagigen Chip mit hoher Abstandsgenauigkeit gestapelt. Dies ermöglicht Stehende-Wellen-Interferometer mit direkter Auflösung der Bewegungsrichtung zu realisieren. Die sonst übliche Aufteilung in Referenz- und Probenstrahl über Strahlteiler entfällt, das System wird deutlich einfacher und kompakter.

Auf der zeitgleich zur Sensor+ Test stattfindenden 22. Fachtagung GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme Nürnberg präsentierte das CiS Forschungsinstitut zwei innovative Entwicklungen. In der Session „Innovative Sensorik für mechanische Messgrößen“, wurde ein neuartiges Drucksensorkonzept basierend auf NV-Zentren in Diamant vorgestellt, einem Forschungsgegenstand im BMBF-Projekt „QSENS-Qind“. Das Konzept ermöglicht die kalibrierfreie und hochtemperaturstabile Messung lokaler Spannungen in keramischen Messumformern.

Flinkes Infrarot-Emitter-Array (FIRE)

Ein neuartiger MEMS-IR-Strahler für NDIR-Anwendungen war Inhalt eines Beitrages in der Session „Infrarot Sensoren“. Er erreicht selbstständig Pulsfrequenzen von über 100 Hz ohne externen Chopper. Damit wird die Miniaturisierung und Kostenreduzierung anspruchsvoller Analysatoren ermöglicht. •

CiS Forschungsinstitut stellt auf der W3+ Fair aus



In der Sparkassen-Arena Jena präsentierten im September 2024 über 200 Aussteller, Partner und Netzwerke, Ideen und Lösungen aus den Bereichen Photonik, Optik, Elektronik und Mechanik. Das CiS Forschungsinstitut war erstmalig dabei und zeigte an seinem Stand eine Auswahl von Sensor-entwicklungen und Funktionsmustern aus dem Geschäftsfeld MOEMS.

Mehr als 2.000 Fachbesucher erlebten über Branchengrenzen hinweg zwei Tage lang ein spannendes Programm. •

Premiere auf der SEMICON in München



Vom 12. bis 15. November 2024 traf sich die Halbleiterindustrie auf der SEMICON Europe in München. Diese größte europäische Halbleitermesse fand parallel zur electronica statt und stand unter dem Motto „Innovation and Collaboration: Powering Sustainable Exponential Growth“. An den vier Messtagen lockte das CiS Forschungsinstitut auf dem Thüringer Gemeinschaftsstand der LEG zahlreiche Besucher an. Die ausgestellten Sensorexponate für Druck-, Kraft- und Dehnungsmessung sowie für die Erfassung von Licht und Strahlung verschiedener Energiebereiche führten zu interessanten Gesprächen und der Anbahnung neuer Geschäftsbeziehungen. •

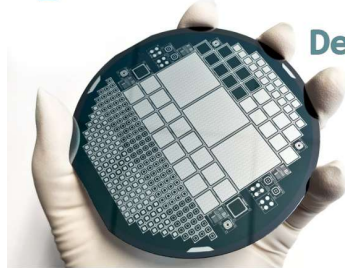
Kongresse & Tagungen

Wissenschaftliche Kongresse sind Plattformen für das Kennenlernen, Vernetzen und dem Austausch innovativer Forschungsergebnisse. Sie bilden einen wichtigen Baustein für den Forschungstransfer, vor allem aus der Grundlagenforschung in die anwendungsnahe Wissenschaft und Praxis. In Verbindung mit der Veröffentlichung in hochrangigen Fachzeitschriften und Nutzung digitaler Plattformen können so neueste wissenschaftliche Erkenntnisse ein großes Publikum erreichen. •

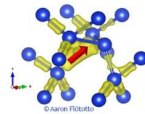
Defektmechanismen in Silizium - Vorträge auf der DPG-Frühjahrstagung in Berlin

Die alljährlichen Frühjahrstagungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) gehören zu den größten Physikkongressen Europas. Im Fokus stehen hierbei Nachwuchsförderung und Wissenstransfer sowie der Austausch mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern unterschiedlicher Sektionen.

In vier Beiträgen erörterten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unseres Hauses und ihre Forschungspartner an der TU Ilmenau verschiedene Defektmechanismen in Silizium bei unterschiedlichen Dotierungen und deren Auswirkungen. •



Defektmechanismen in Silizium Vorträge auf der DPG-Frühjahrstagung



Bewertung von Quantenmaterialien in industriellen Drucksensoren

Der Internationale Hasselt Diamond Workshop an der gleichnamigen Universität im Belgien gehört zu den renommierten Fachtagungen für die Diskussion über Oberflächen und Massendefekte in Diamant und Quantenmaterialien. Auf dem 28. Workshop erläuterte das CiS Forschungsinstitut Ergebnisse des Forschungsprojektes „Qind“. Im Fokus steht die Erforschung von NV-Zentren in Diamant für die Druckmessung. Schwerpunkt des Beitrages bildete das Bondverfahren aus keramischen Messzellen mit kosteneffizienten Diamantmaterialien. „Qind“ ist ein Teilprojekt des BMBF geförderten Zukunftsclusters „QSens“ mit dem Ziel, Quantensensoren für die industrielle Prozesstechnik herzustellen. Parallel dazu wurde eine wissenschaftliche Publikation erstellt, die sich aktuell noch im Review-Prozess befindet. •



CiS Forschungsinstitut auf IVAM Hightech Summit in Frankfurt



Der IVAM-Hightech Summit im Deutschen Filmmuseum in Frankfurt fand im März unter dem Motto „Back to the Microtechnology Future“ statt und spannte einen Bogen von Visionen früherer Science-Fiction-Filme bis zur gegenwärtigen Mikrotechnologie. In der Session: „Guardians of Tomorrow - The Future of Security and Surveillance“ präsentierte das CiS Forschungsinstitut eine innovative Lösung für die Positionierung von Supraleiter-Photonendetektoren bei Erhalt der Positioniergenauigkeit und Kühlung des Detektors. Herausfordernd war hierbei die präzise Ausrichtung von Glasfasern auf Detektoren mit einer Genauigkeit von unter 0,5 µm bei Raumtemperatur. Mit diesem Ergebnis wurde ein weiterer Meilenstein für eine abhörsichere optische Datenübertragung für die Satellitenkommunikation sowie die Herstellung von Quantencomputern erreicht. •

Resiliente Sensoren auf dem Innovationstag Mittelstand



Der Innovationstag ist eine öffentliche Veranstaltung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz und stand 2024 unter dem Motto: „So geht Zukunft!“ Über 300 Aussteller zeigten ihre Exponate in der Ausstellung Fachleuten, Politikvertretern, Fördergebern und einem neugierigen Publikum.

Am 13. Juni 2024 hatten Besucher an unserem Stand Gelegenheit zu diskutieren und gemeinsame Ideen zu sondieren. Im Zentrum standen die Ergebnisse des Forschungsprojektes „SiDMeses“, einem Vorhaben, das die Verbesserung der Stabilität hybrid aufgebauter Silizium-Dehnungssensoren beinhaltet. Mit einer innovativen Technologie werden mechanische Spannungen kompensiert und ermöglichen damit sehr präzise Messungen in einer Vielzahl von Anwendungen von der Automatisierungstechnik bis zur Wasserstoffwirtschaft. •

Defektmechanismen in Silizium auf der GADEST 2024

Bad Schandau war im September Ort der internationalen Konferenzreihe GADEST (Gettering and Defect Engineering in Semiconductor Technology). Aller zwei Jahre diskutieren hier Wissenschaft und Industrie über Halbleiterdefekte und Materialeigenschaften. In Vorträgen und Postern berichteten unsere Teilnehmer über verschiedene Defektmechanismen in Silizium. Vor allem der Vortrag „Si-based Quantum devices“ präsentierte ein spektakuläres Ergebnis. Erstmals waren lokale Leuchtzentren in Indium-dotiertem Silizium durch Laserabschrecken erzeugt worden.

Weitere Details beinhaltet der Vortrag „Relationship between the P-line in indium-doped silicon spectra and the recent ASI-Sii defect model“.

Die Ergebnisse entstanden in Zusammenarbeit mit Nachwuchswissenschaftlern der TU Ilmenau. Einzelne Beiträge werden in der regulären Sonderausgabe der Physica Status Solidi A, (GADEST 2024) vorgestellt. •



Wasserstoff und Sensorik - Unsere Themen auf der Technologiekonferenz elmug4future 2024

Die Technologiekonferenz „elmug4future“ fokussierte auf die Verwendung von Wasserstoff und dessen sichere Nutzung. Messtechnik spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Im COMCENTER Brühl widmeten sich Fachleute diesen Fragen. Die Beiträge des CiS Forschungsinstitutes betrachteten die Anforderungen an Sensoren zur Qualitätssicherung von Wasserstoff aus Ammoniakspaltung sowie eine innovative Halbleitertechnologie zur Herstellung von Sensoren für das Monitoring von flüssigem Wasserstoff.

Die Forschung zeigt, dass der „freezing-out“-Effekt bereits bei Raumtemperatur beginnt, was für die Entwicklung präziser Sensoren bei kryogenen Temperaturen von $-252,85^{\circ}\text{C}$ von zentraler Bedeutung ist. •



CiS Workshops

Workshops bieten vielfältige Möglichkeiten der Wissensvermittlung und Zusammenarbeit. Mit Vorträgen, praktischen Anwendungen und Pausengesprächen geben sie Raum zum Fachsimpeln, Netzwerken und Ideenaustausch. Jährlich finden in unserem Haus zwei Herbst-Workshops statt, die durch den CiS e.V. als Veranstalter ausgerichtet werden. •

Vom Design bis zum System - MEMS-Workshop erfolgreich



Neue Methoden bei der Entwicklung und Anwendung von Siliziumsensoren war das Thema am 6. November 2024. Die Keynote „KI und Sensoren“ von Prof. Martin Golz (Hochschule Schmalkalden) beleuchtete die Schnittstelle zwischen KI und Sensoren. Beispielhaft erläuterte er Anwendungen der adaptiven Signalanalyse aus seiner langjährigen Forschungstätigkeit. Das CiS Forschungsinstitut präsentierte drei Forschungsprojekte zu den Themen redundante Temperatursensorik, hochauflösende kapazitive MEMS-Beschleunigungssensoren für präzise Neigungs- und Nivellierungsmessungen sowie innovative Lösungsansätze zur Minimierung von Montagespannungen auf Chip- und Sensorebene. Prof. Schrag von der TU München schloss den Workshop mit einem Vortrag zur MEMS-Modellierung und -Design. Die Teilnehmer waren des Lobes voll. Das Thema bleibt spannend und viele Fragestellungen sind noch offen. •

MOEMS-Workshop zur NDIR-Sensorik erfolgreich in vierter Auflage

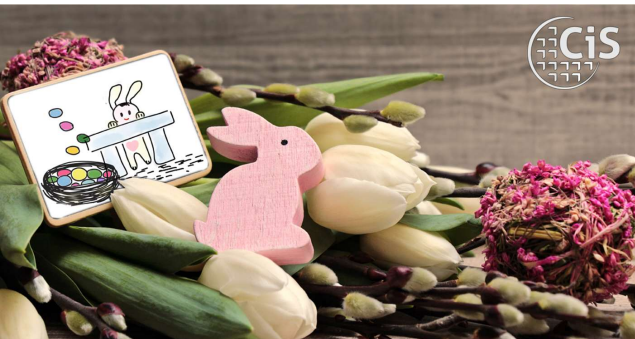


Mit einer spannenden Keynote gab Michael Maier (Micro-Hybrid Electronic GmbH) einen Überblick von den Anfängen der Gassensorik vor 2000 Jahren bis heute. Sein Vortrag über Forschende und ihre Entdeckungen, von der Alchemie bis zur wissenschaftlichen Analytik und zukünftigen Anforderungen beeindruckte die Zuhörer. Live wurden neue NDIR Sensoren, ein Evaluation Kit von Industrieunternehmen sowie praktische Anwendungen für das Feuerwehr-Schadstoff-Monitoring mittels Drohnentechnologie demonstriert. Unsere Vortragenden berichteten über flinke Infrarot-Emitter-Array für Anwendungen in der nicht-dispersiven Infrarotspektroskopie (NDIR) zur Gasetektion und -konzentration, die Anwendung neuronaler Netze für die Modellierung von IR-Strahlern sowie den Einfluss von Degradationsdefekten in MEMS-IR-Strahlern. •

CiS intern

Gemeinsam Arbeiten, gemeinsam Feiern stärken das Teamgefühl, fördern Kommunikation und Zusammenarbeit. Auch 2024 beteiligten sich unsere Beschäftigten an sportlichen Wettkämpfen, kreativen Familienbasteln und Wissensvermittlung. •

Frohe Ostertage - Kreativer Wettbewerb für die Kinder unserer Mitarbeitenden



Fast schon Tradition ist der Aufruf „Malt den Osterhasen“ an die Kinder aller Mitarbeitenden. Selbstgemalte Bilder des Osterhasen oder österliches Selbstgebasteltes wurden eingereicht und mit einer süßen Überraschung belohnt. In unserer Online-Galerie wurden die zahlreichen, kreativen Einreichungen der jungen Künstlerinnen und Künstler bestaunt. •



Knapp 3.400 Kilometer beim Stadtradeln 2024



Bereits zum 4. Male radelte ein hochmotiviertes Team des CiS Forschungsinstituts 21 Tage lang für ein gutes Klima. Während des Aktionszeitraums stellten unsere Radlerinnen und Radler einen neuen CiS-Streckenrekord mit 3.394 geradelten Kilometern auf. Die 18 aktiven Teilnehmenden unseres Teams belegten den 55. Platz im Stadt-Klassement von Erfurt und vermieden mit Ihren Fahrten ganze 563 kg CO₂. Für die zurückgelegten Kilometer spendierte das Umwelt- und Naturschutzamt Erfurt pro 1.000 geradelte Kilometer einen Baum.

Das Stadtradeln ist eine deutschlandweite Aktion, die darauf abzielt, das Fahrrad als umweltfreundliches Fortbewegungsmittel stärker in den Alltag zu integrieren. Ziel der Kampagne ist es, den Klimaschutz zu fördern, indem CO₂-Emissionen durch den Verzicht auf das Auto vermieden werden und gleichzeitig das Bewusstsein für eine fahrradfreundliche Infrastruktur zu stärken. Wir sind stolz auf unser Radteam und gratulieren Ihnen ganz herzlich. •

Vier Staffeln aus dem CiS Forschungsinstitut beim 36. Erfurter Triathlon

Bei schönstem Wetter kämpften im August über 500 begeisterte Hobby- und Leistungstriathleten aller Altersklassen im Strandbad Stotternheim um die Medaillen. In der Rubik Firmenstaffeln standen auf der Starterliste auch 4 Teams aus dem CiS Forschungsinstitut. 13 ehrgeizige Mannschaften nahmen die Herausforderung an, mit 750 Meter Schwimmen, 20 Kilometer Radfahren und 5 Kilometer Laufen, leidenschaftlich um gute Plätze zu ringen. Von den Zuschauern lautstark angetrieben, zeigten unsere Teams großartige Leistungen. Wir gratulieren allen Mannschaften und ganz besonders unseren CiS-Teams für ihr hervorragendes Abschneiden. •





06 Preise und Wettbewerbe

Healyan - Im Markt angekommen

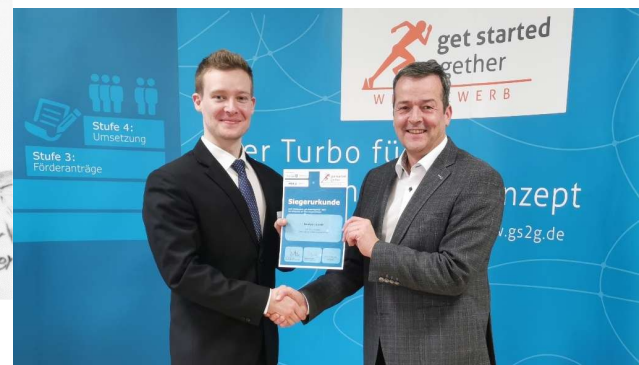
Diamant und Dokortitel

Preisverdächtig auf der internationalen Erfindermesse iENA

Healyan - Im Markt angekommen

Die Erfolgsgeschichte des Thüringer Start-up Healyan GmbH wurde in 2024 fortgesetzt, welche auf dem 5. Technologie-Wettbewerb „getstarted2gether“ im Mai 2022 startete. In einem zehnminütigen Pitch hatte der junge Gründer Philipp Caspari, die Jury mit dem Konzept einer preiswerten Stroboskopischen Therapie-Brille überzeugt. Die Umsetzung erfolgt im Format einer alltagstauglichen Sonnenbrille, die - mit entsprechender Elektronikinheit ausgestattet - mehrere LEDs mit therapeutisch wirksamen, stroboskopischen Frequenzen

betreibt. Als essentiellen Meilenstein erreichten die in Zusammenarbeit mit dem CiS Forschungsinstitut entwickelte Licht-Therapie-Brille die Serienreife, sodass im vierten Quartal 2024 erste Produkte an Endanwender ausgeliefert werden konnten und ein überwältigend positives Feedback auslösten. Einen wesentlichen Beitrag lieferte hierzu die Förderung des Freistaates Thüringen, welcher im Rahmen des Programms „getstarted2gether“ Kooperationen von Start-ups mit den wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen des Freistaates fördert. Dabei können die an den Forschungseinrichtungen vorhandenen technischen und unternehmerischen Kompetenzen 6 Monate genutzt werden, um die gefasste Geschäftsidee weiterzuentwickeln.



Dem Healyan-Team um Philipp Caspari gelang 2023 wiederholt, die Jury vom Potential seiner stroboskopischen Licht-Brille zu überzeugen. Die damit durchführbaren audio-visuellen Übungen können - je nach Frequenzmodulation - beruhigend, stimulierend oder konzentrationsfördernd eingesetzt werden und könnten in naher Zukunft auch einen Beitrag bei Prävention und Behandlung von neuro-degenerativen Erkrankungen leisten. Die Idee und deren Umsetzung überzeugten auch weit über die Grenzen des Freistaates hinaus und brachte Healyan zahlreiche Ehrungen, Preise und Auszeichnungen auf Bundes- und EU-Ebene ein.

Wir sind stolz darauf, Teil dieser Erfolgsgeschichte zu sein und freuen uns auf die weitere Zusammenarbeit mit Healyan, einem erfolgreichen Gründer aus Thüringen. •

Diamant und Dokortitel

Zeitgleich zur Messe Sensor und Test fand die 22. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2024 am 11./12. Juni 2024 in Nürnberg statt. Auf diesem hochkarätigen Kongress wurde Mario Bähr für seinen Vortrag „Drucksensorkonzept basierend auf NV-Zentren in Diamant“ ausgezeichnet. Anschaulich demonstrierte er die Funktionsfähigkeit eines mit industriell gängigen Mitteln hergestellten Sensor-konzepts, das lokale Spannungen in einem keramischen Messumformer ausliest und Basis für kalibrierfreie und hochtemperaturstabile Drucksensoren ist.

Am 14. November 2024 verteidigte unser Mitarbeiter Mario Bähr an der Universität Leipzig erfolgreich seine Dissertation zum Thema „Skalierfähige Komponenten für Magnetometrie basierend auf NV-Zentren in Diamant“. Unter der Betreuung von Prof. Jan Meijer (Universität Leipzig, Abteilung Angewandte Quantensysteme) beschäftigte er sich mit der Modifikation industrieller Diamantmaterialien und



deren Bewertung für die Nutzung als quantensensorisches Material. Zugleich entwickelte er auf einer am CiS Forschungsinstitut etablierten Strahler-Empfängerplattform ein stark miniaturisiertes Magnetometer, welches als Transducer NV-Zentren in Diamant nutzt. Die Arbeit wurde mit magna cum laude honoriert.

Wir gratulieren Dr. Mario Bähr ganz herzlich zu diesem erfolgreichen Meilenstein und sind sehr stolz auf seine Leistung. •

Wissenschaftliche Details sind dargestellt unter:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pssa.202400457>

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pssa.202200338>

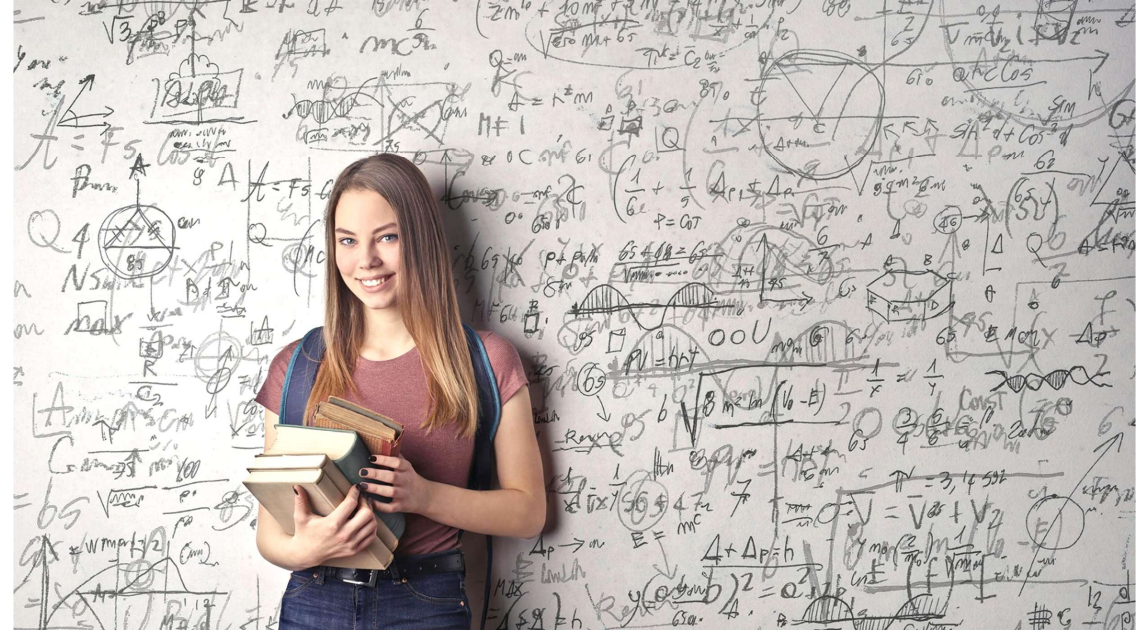
Preisverdächtig auf der internationalen Erfindermesse iENA

Zum ersten Male präsentierte das CiS Forschungsinstitut seine Entwicklungen auf der internationalen Erfindermesse iENA in Nürnberg, einer der bedeutendsten Plattformen für Innovationen. Mehr als 500 Erfindungen aus 30 Ländern und 260 Ausstellern wurden hier vorgestellt und von einer internationalen Expertenjury bewertet.

Gleich zwei Innovationen des CiS Forschungsinstituts wurden am 12. Dezember 2024 in der Festveranstaltung an der Technischen Universität Ilmenau feierlich gewürdigt. Die Wissenschaftler Dr. Thomas Frank und Dr. Hans-Georg Ortlepp erhielten im Beisein von Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik die begehrten iENA-Erfinder-Medaillen für ihre wegweisenden Entwicklungen, die sie zuvor auf der Internationalen Fachmesse „Ideen - Erfindungen - Neuheiten“ 2024 (iENA) präsentiert hatten.

- Goldmedaille für präzisen Blutdrucksensor: Der nicht-invasive Sensor ermöglicht eine komfortable Langzeitüberwachung von Vitalparametern und eröffnet neue Perspektiven in der Herz-Kreislauf-Diagnostik.
- Bronzemedaille für innovatives Messsystem: Der Schraubensensor bietet eine neuartige Kraftmessung an mechanischen Bauelementen, die die Sicherheit und Effizienz in verschiedenen Industriebereichen - von Windkraftanlagen bis zu komplexen industriellen Anlagen - deutlich verbessern kann.

Diese Medaillen unterstreichen die herausragende Innovationskraft des CiS Forschungsinstituts und seine Bedeutung für technologische Fortschritte in verschiedenen Anwendungsbereichen. Organisiert und durchgeführt wurde die Auszeichnungsveranstaltung vom Forschungsinstitut für Erfinderförderung, Innovationen und Netzwerkmanagement (ERINET), dem Landespatentzentrum Thüringen und dem Thüringer Verwertungsverbund PATON-PTH. •



07 Nachwuchsförderung

Angebote für Schülerinnen und Schüler

Lehre und Ausbildung

Hochschulen und Universitäten

Lange Nacht der Wissenschaften

Angebote für Schülerinnen und Schüler

Als industrienahe Forschungseinrichtung sehen wir uns mit verantwortlich, qualifizierten Nachwuchs im MINT-Bereich zu fördern. Diese Aktivitäten starten wir schon früh, in den Berufsschulwochen, um Jugendliche für einen anspruchsvollen und vielseitigen wissenschaftlichen und technischen Beruf zu interessieren entweder als Ausbildung oder Studium.

2024 haben 15 Schüler und Schülerinnen ihr schulisches Pflichtpraktikum in der 9./10. Klassenstufe im CiS Forschungsinstitut durchgeführt, das vor allem im Laborbereich sicherheitstechnische Maßnahmen erfordert. Die Jugendlichen können dabei verschiedene Fachbereiche kennenlernen und kleine Tätigkeiten selbstständig ausführen. Schnuppertage, Ferienjobs und freiwillige Praktika sind weitere Möglichkeiten einen kleinen Einblick in unser Aufgabenspektrum zu gewinnen.

Wir engagieren uns bei den Studien- und Berufsorientierungswochen in Thüringer Schulen. Im Perthes-Gymnasium (Friedrichroda) konnten sich die Jugendlichen über Angebote unseres Hauses informieren. (siehe Foto)

Gymnasiasten der 11. Klasse der Jenaplan-Schule Weimar besuchten im Rahmen der Studienorientierung am 17.06.2024 unser Forschungsinstitut. Nach der Präsentation der verschiedenen Tätigkeitsfelder interessierten sich die Schüler und Schülerinnen für AZUBI-Stellen, duale Studienplätze und weitere Entwicklungsmöglichkeiten in den verschiedenen MINT-Berufen.

Bei der Langen Nacht der Wissenschaften im Spezialeinheit des Albert-Schweizer Gymnasiums in Erfurt, am 25. September 2024, stellten sich drei Wissenschaftler unseres Hauses ab 17 Uhr den Fragen interessierter Jugendlicher. Nach der Vorstellung einer bunten Mischung aus Forschungsthemen über piezoresistive Sensorik, Fluoreszenz in Diamant und Photodioden, wurde zur großen Freude unserer Repräsentanten viel und intensiv diskutiert bis in den späten Abend. Themen für Seminarfacharbeiten wurden ebenso nachgefragt wie Ausbildungs- und Studienangebote sowie Praktikumsmöglichkeiten.

Allerdings erleben wir immer wieder, dass die Grundlagenfächer Chemie und Physik in Realschulen und Gymnasien eine hohe Ausfallquote aufweisen. Damit verringern sich die Chancen, wissenschaftlichen und technischen Nachwuchs in Thüringen zu gewinnen, auszubilden und im Ergebnis die Wertschöpfung in Thüringen zu sichern oder zu erhöhen. •

Lehre und Ausbildung

Für die Lehre bieten wir zwei attraktive dreijährige Ausbildungsgänge an. Die Lehre im Bereich Mikrotechnologie vermittelt umfangreiche MINT-Kenntnisse in einem modernen Raum und der Mitwirkung an innovativen Forschungsprojekten. 2024 begannen zwei Jugendliche ihre Ausbildung zum Mikrotechnologien. Im kaufmännischen Bereich erhalten die Auszubildenden ein breit gefächertes Wissen zur Betriebswirtschaft und Projektcontrolling in Verbindung mit Förderrecht.

Mit dem neuen Lehrjahr 2024/2025 startete der modernisierte Ausbildungsberuf Industriekaufmann/-frau. Unser neuer Auszubildender hat neben den grundlegenden Lehrinhalten die Möglichkeit, an überbetrieblichen Lehrgängen beim Erfurter Bildungszentrum, beispielsweise Personal- und Rechnungswesen teilzunehmen.

Selbstverständlich erhalten alle Azubis eine persönliche Betreuung und angemessene Vergütung. Erfahrene Ausbildungsverantwortliche betreuen die Auszubildenden. Ihr Know-how wird als Mitwirkende in den entsprechenden Prüfungskommissionen der IHK sehr geschätzt.



Auf der Jobmesse „academix trifft comeback“ im Juni 2024 im Comcenter Brühl in Erfurt beantworteten unsere Fachleute Fragen zur Ausbildung, Studium, Quereinstieg und stellten unser CiS Forschungsinstitut als interessanten Arbeitgeber für Ingenieure und Wissenschaftler vor. •

Hochschulen und Universitäten

Das CiS Forschungsinstitut arbeitet mit Thüringer Hochschulen und Universitäten in Forschung und Lehre zusammen. Praxiserfahrene Wissenschaftler und Ingenieure halten fakultative Vorlesungen und Seminare zu Spezialthemen an der Hochschule Nordhausen sowie Ernst-Abbe-Hochschule Jena. Besonders eng ist die Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Ilmenau. Als An-Institut unterstützen wir seit vielen Jahren im Masterstudiengang die Vorlesung „Optische Halbleiterbauelemente“.

Eine duale Ausbildung von BA-Studierenden ist an der Staatlichen Studienakademie Thüringen - Berufsakademie Eisenach und Gera als Bachelor-Studiengänge in den Studienrichtungen International Business Administration, Elektrotechnik/Automatisierungstechnik, Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Dienstleistungsmanagement sowie an der Hochschule Schmalkalden auf dem Gebiet der Mikrotechnologien möglich.

Studenten und Studentinnen, die ihre Praktika in unserem Haus durchführen, haben vielfach Interesse auch ihre Abschlussarbeiten an unserem Forschungsinstitut zu schreiben. Sie schätzen die gute Betreuung und den Praxisbezug der Themen.

Zum Promovierendentag (PhD Day) 2024 an der TU Ilmenau am 19. Juni stand Mario Bähr für alle Fragen zu Praktika und Abschlussarbeiten in der begleitenden Ausstellung zur Verfügung und zeigte interessierten Studierenden und Doktoranten aktuelle Entwicklungen des Instituts.

Das CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik kooperiert mit Forschungseinrichtungen weltweit. An der Yokohama National University in Japan, forscht Prof. Ortlepp als Distinguished Professor am Institute of Advanced Sciences (IAS) gemeinsam mit Prof. Yoshikawa an extrem energieeffizienten Prozessoren.

Ziel ist es, energieeffiziente integrierte Schaltungen jenseits der thermodynamischen Grenze durch den Einsatz adiabatischer und reversibler Schaltungen herzustellen. •



Lange Nacht der Wissenschaften

Für die allgemeine Öffentlichkeit war die 9. Lange Nacht der Wissenschaften im CIs Forschungsinstitut am 8. November 2024 wieder ein Besuchermagnet. Zum Sehen, Staunen und Mitmachen starteten Jung und Alt pünktlich um 18 Uhr ihre Entdeckungsreise und diskutierten mit unseren Ausstellern.

Wie immer bildeten sich Warteschlangen, um einen Blick durch das Raster-Elektronen-Mikroskop zu werfen, winzige Blütenpollen, den Flügel einer Libelle oder elektronische Bauelemente extrem vergrößert zu betrachten. Ein Hufeisen zu biegen und die eigenen Kräfte zu messen wurde regelrecht zum Wettkampf. Die LED-Brille mit integrierter Lichttherapie und passender Musik des jungen Start-ups Healyan im Relax-Sessel testeten viele Gäste. Diese Therapie soll vor allen den Stressabbau unterstützen.

Regelrecht umlagert war der Stand des Aeroclubs Arnstadt. In einem richtigen Cockpit eines Ultraleicht-Flugzeuges am Steuerhorn zu sitzen, gut abzuheben und wieder sicher und sanft zu landen war das Erlebnis des Abends. Die Jüngsten bastelten intensiv geometrische Grundformen von Kristallen. Neben Würfeln, Oktaedern entstanden vielen kleine Kunstwerke. ●



08 Verbände & Netzwerke

Verbände

Netzwerke, Konsortien und Wachstumskerne



Verbände

Das CiS Forschungsinstitut engagiert sich in nachstehenden Verbänden, Vereinen bzw. Fachgremien:

- Advanced UV for Life e.V. (Vorstand)
- AIT Arbeitskreis der Informationsvermittler Thüringen e.V.
- AMA Fachverband für Sensorik e.V. Wissenschaftsrat, verschiedene Arbeitskreise
- Arbeitskreis Mikrosysteme für Biotechnologie und Lifescience e.V.
- Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V.
- DECHEMA - Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
- DVS - Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V.
- FIZ - Forschungs- und Industriezentrum Erfurt e.V.
- FTVT - Forschungs- und Technologieverbund Thüringen e.V.
- Förderverein fzmb e.V.
- Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V.
(Arbeitskreis Korrosionsschutz in der Elektronik und Mikrosystemtechnik)
- GFE - Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung e.V.
- IAB - Institut für Angewandte Bauforschung Weimar gemeinnützige GmbH
- idw - Informationsdienst Wissenschaft e.V.
- IHK Prüfungskommission für den Mikrotechnologen (Mitglied)
- Industrie- und Handelskammer Erfurt (Mitglied der Vollversammlung)
- iMAPS - International Microelectronics and Packaging Society
- IPHT - Leibniz-Institut für Photonische Technologien e.V.
- IVAM e.V. Fachverband für Mikrotechnik (AK Innovation, AK Marketing)
- Medways e.V.
- OptoNet e.V.
- Ostthüringer Ausbildungsverbund
- SensorikNet e.V. - we detect it (Vorstand)
- Thüringer Landeswissenschaftskonferenz (Mitglied)
- TITK e. V.
- VDE/VDI Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik
(FB Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien, FB Aufbau-, Verbindungs- und Leiterplattentechnik)
- VDI/VDE-GMA
(FA 2.53 Gasfeuchtemessung)
- VDI/ VDE
(Arbeitskreis Mikrotechnik Thüringen)
- Verband innovativer Unternehmen e.V. (VIU)



Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad-Zuse e.V.

Als dritte Säule der deutschen Forschungslandschaft vertritt die Zuse Gemeinschaft mehr als 80 aller in Deutschland ansässigen Institute einer mittelständisch geprägten Forschung. Die praxisnahe Industrieforschung bietet einen schnellen Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in industrielle Anwendungen und ist somit ein Standbein für einen wettbewerbsfähigen Mittelstand.

Das CiS Forschungsinstitut engagiert sich seit der Gründung im März 2015 in dieser Gemeinschaft. Ziel ist es, verlässliche forschungspolitische Rahmenbedingungen zu gewährleisten, um den Mittelstand mit praxisnahen und kreativen Ideen zu unterstützen. •



Forschungs- und Technologieverbund Thüringen e.V. (FTVT)

Dieser Verbund bildet die Landesvertretung für die Zuse Gemeinschaft und ist der Zusammenschluss der gemeinnützigen, wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen (Winafos) im Freistaat Thüringen. Die zehn Winafos im Verbund bedienen die wichtigsten Technologiefelder der Thüringer Wirtschaft und stehen jungen Gründern als Partner im Technologiewettbewerb „Getstatet2gether“ mit ihrer Infrastruktur und Know-how zur Seite. •



IVAM Fachverband für Mikrotechnik

Der internationale Mikrotechnik-Fachverband für die Hightech-Branche und Experte für Technologiemarketing unterstützt seine Mitglieder, mit innovativen Technologien und Produkten an den Markt zu gehen. Regelmäßige Online Veranstaltungen wie das virtuelle Technologiegespräch Mid-Week Coffee Break oder Spotlights der Mikro- und Nanotechnologie geben einen Überblick über die neuesten technologischen Anwendungen, Innovationen und überfachlich relevanten Themen der Hightech-Branche. Unterschiedlichste IVAM-Fachgruppen erleichtern das Netzwerken und sorgen für kontinuierlichen Informationsaustausch. •



AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V.

Der AMA Verband versteht sich als führendes Netzwerk für die Schlüsselbranche Sensorik und Messtechnik. Er bietet mit seinem detaillierten Branchenführer einen Überblick über Sensoren, Mess- und Prüftechniken. Auf der jährlich stattfindenden Fachmesse SENSOR+TEST und dem parallel stattfindenden Kongress Sensor and Measurement Science International (SMSI) sowie auf Gemeinschaftsständen wichtiger Leitmesse im In- und Ausland unterstützt der Verband den Innovationsdialog. Der Verband vergibt jährlich einen renommierten Innovationspreis und bietet Technologie-Seminare sowie Thementage mit Schwerpunkten aus Sensorik und Messtechnik an. •



Netzwerke, Konsortien und Wachstumskerne

SmartBlue - Innovationsnetzwerk

Blaulicht und blaue LEDs mit opto-sensorischem Monitor- und Feedbacksystem für neue effiziente Anwendungen

Blaue LED haben das Potenzial gesundheitsschädliche UV-Strahler für Anwendungen zur Desinfektion und Keimbekämpfung zu ersetzen. Vorhandene Systeme werden systematisch untersucht und mit entsprechender Sensorik und Monitoringsystemen ausgestattet. Ziel des Innovationsnetzwerkes ist es, effiziente und sicher zu dosierende Bestrahlungen in Anhängigkeit der Anwendungen zu gewährleisten. •



DigiPhysio - internationales Innovationsnetzwerk

Digitale Methoden und sensorische Innovation in der Humanphysiologie

Im September 2023 startete das Netzwerk von Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus Deutschland und Bulgarien. Erklärtes Ziel der Projektpartner ist es, Sensorik, Bildverarbeitung und künstliche Intelligenz zu verknüpfen, um in der Humanmedizin therapeutische Lösungen zu verbessern bzw. neue Therapieansätze auf Basis automatisch generierter diagnostischer Aussagen zu erkennen. Im ersten Schritt wird das Netzwerk bildverarbeitende Verfahren in Kombination von metabolischer und mechanischer Bestimmung im Sportbereich, kontaktlose Diagnostik der Bewegungsmechanik, VR-gestützte Verfahren in der Rehabilitation und Physiotherapie sowie assistierte Techniken im OP-Saal und in der Pflege in den Mittelpunkt der Aktivitäten stellen. •



Eco4Light - Innovationsnetzwerk

Intelligente Optiken und Systeme für effizientes Lichtmanagement

Ein Konsortium aus 17 KMUs, vier F&E-Einrichtungen und neun assoziierten Partnern startete im vierten Quartal 2024 in die zweite Phase des ZIM-Innovationsnetzwerkes und wird sich der Thematik des effizienten Lichtmanagements widmen. Fast 20 % des weltweiten Energieverbrauches werden für die Beleuchtung allerorts benötigt. Intelligentes Lichtmanagement mittels Sensoren, durch punktgenaues Ausleuchten und Abschalten können laut Experten bis zu 80 % Energie einsparen und CO2-Emissionen senken. Das Projekt ist ein weiterer Baustein, um das Ziel der EU-Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen. •



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



QPHOT - europäisches Innovationsnetzwerk

Quantum Photonics

Das europäische Netzwerk „Quantum Photonics“ bringt Experten und Führungskräfte aus ganz Europa und entlang der Wertschöpfungskette der Quantenphotonik-Technologien zusammen. Das Projektteam stellt sich hierbei der Aufgabe, bereits demonstrierte Prinzipien und Funktionsmuster aus der Grundlagenforschung heraus in reale Anwendungen und Produkte zu überführen. Typischerweise durch Industriepartnern getrieben, entstehen dadurch kundenspezifische, vermarktbare Sensorlösungen. •



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung





09 Publikationen

Artikel in referierten Journalen

Vorträge

Poster

Qualifizierungsarbeiten

Artikel in referierten Journalen

"Advanced FLUXONICS process with sub- μm Nb/ AlOx /Nb junctions for digital circuits", Jürgen Kunert, Matthias Schmelz, Katja Peiselt, Gregor Ölsner, Soundarya Gopala Reddy, Thomas Ortlepp, Ronny Stolz, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Volume 34, Issue 3, ASN 1101105, 16.01.2024

"Modeling, properties, and fabrication of a micromachined thermoelectric generator ", Hartmut Uebensee, Manfred Reiche, Hans Kosina, Xuemei Xu, Hartmut S. Leipner, Geert Brokmann, Bernhard Schwartz, Anna Reinhardt, Thomas Ortlepp, AIP Advances, Volume 14, Issue 1, 015165, 31.01.2024

"Investigation of TI-Doped Silicon by Low-Temperature Photoluminescence during Light-Induced Degradation Treatments", Kevin Lauer, Robin Müller, Katharina Peh, Dirk Schulze, Stefan Krischok, Stephanie Reiß, Andreas Frank, Thomas Ortlepp, Phys. Status Solidi Phys. Status Solidi A, Vol. 221, Issue 17, S. 2400457, 09/2024

"Making Use of Low-Cost High-Pressure-High-Temperature-Diamond Materials for Industry-Type Quantum Sensor Device Applications", Mario Bähr, Christoph Wild, Wolfgang Knolle, Muhammad B. Javed, Jens Fuhrmann, Tobias Lühmann, Steffanie Reiss, Jan B. Meijer, Thomas Ortlepp, Phys. Status Solidi Phys. Status Solidi A 2400457, 09/2024

"Effect of inelastic ion collisions on Low Gain Avalanche Detectors (LGAD) explained by the A_Si-Si_i-defect model", Kevin Lauer, Stephanie Reiß, Aaron Flötotto, Katharina Peh, Dominik Bratek, Robin Müller, Dirk Schulze, Wichard Beenken, Erich Runge, Erik Hiller, Thomas Ortlepp, Stefan Krischok, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, Nr. 555, S. 165472, 01.10.2024

Vorträge

"Fast IR-MEMS-emitters for NDIR applications", Toni Schildhauer, Julia Baldauf, Andreas T. Winzer, SPIE Photonics West 2024, San Francisco, USA, 27.01.-01.02.2024

"Quantum precise bias supply of superconducting single photon detectors", Thomas Ortlepp, Sonja Engert, Christian Moeller, Anna Reinhardt, SPIE Photonics West 2024, San Francisco, USA, 27.01.-01.02.2024

"Pushing the understanding of quantum defects in silicon ahead to tailor quantum sensing by low-gain avalanche detectors", Kevin Lauer, Stephanie Reiß, Andreas Frank, Aaron Flötotto, Katharina Peh, Dominik Bratek, Robin Müller, Dirk Schulze, Stefan Krischok, Wichard Beenken, Erich Runge, Erik Hiller, Thomas Ortlepp, SPIE Photonics West 2024, San Francisco, USA, 27.01.-01.02.2024

"Establishing an experimentally verified model for a MEMS hotplate", Toni Schildhauer, Andreas T. Winzer, SPIE Photonics West 2024, San Francisco, USA, 27.01.-01.02.2024

"Engineering silicon detectors with high quantum efficiency for low energy electrons", Kevin Lauer, Stephanie Reiß, Andreas Frank, Thomas Klein, Erik Hiller, Thomas Ortlepp, SPIE Photonics West 2024, San Francisco, USA, 27.01.-01.02.2024

"Low temperature photoluminescence investigation of boron doped and quenched silicon", Kevin Lauer, Robin Müller, Zia Ul-Islam, Katharina Peh, Dirk Schulze, Stefan Krischok, DPG Frühjahrstagung, Berlin, Deutschland, 17.-22.03.2024

"Energy landscape around the BSiSi defect - a DFT Study", Aaron Flötotto, Wichard J. D. Beenken, Kevin Lauer, Erich Runge, DPG Frühjahrstagung, Berlin, Deutschland, 17.-22.03.2024

"Investigation of a LID defect energy barrier using a P-line appearing in indium-doped silicon PL spectra", Katharina Peh, Dominik Bratek, Kevin Lauer, Robin Lars Benedikt Müller, Dirk Schulze, Aaron Flötotto, Stefan Krischok, DPG Frühjahrstagung, Berlin, Deutschland, 17.-22.03.2024

"Luminescence study of light induced degradation in thallium implanted silicon", Robin Lars Benedikt Müller, Kevin Lauer, Katharina Peh, Zia Ul-Islam, Dirk Schulze, Stefan Krischok, DPG Frühjahrstagung, Berlin, Deutschland, 17.-22.03.2024

"Entwicklungen in der Quantentechnologie", Bernhard Schwartz, InnoLOG: Mitteldeutschland - Europäischer Hotspot der Mikroelektronik und Quantentechnologie, Fraunhofer Zentrum Erfurt (FZE), Erfurt, Deutschland, 04.04.2024

"Quantum precise bias supply and single flux quantum readout of superconducting nanowire single photon detectors", Thomas Ortlepp, ICQMT 2024 - International Conference on Quantum Materials and Technologies, Ölüdeniz, Türkei, 27.04.-04.05.2024

"Supercontacting Single Photon Detector for Quantum Secure Communication", Thomas Ortlepp, IVAM Hightech Summit, 07.-08.05.2024

"Workflow for Modelling Electrical Properties of Piezoresistive Silicon MEMS Devices", Bernhardt Schwartz, Geert Brokmann, Thomas Ortlepp, DTIP 2024 - Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS, Dresden, Deutschland, 02.-05.06.2024

"Schnelle IR-MEMS-Strahler für NDIR-Anwendungen", Toni Schildhauer, 22. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2024, Nürnberg, Deutschland, 11.-12.06.2024

"Drucksensorkonzept basierend auf NV-Zentren in Diamant", Mario Bähr, André Grün, Thomas Ortlepp, 22. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2024, Nürnberg, Deutschland, 11.-12.06.2024

"Investigation of defect meta-stabilities in silicon doped with thallium by low temperature photoluminescence spectroscopy", Kevin Lauer, Robin Müller, Katharina Peh, Dirk Schulze, Stefan Krischok, Stephanie Reiß, Andreas Frank, Thomas Ortlepp, 1st DRD3 week on Solid State Detectors R&D, CERN, Genf, Schweiz, 17.-19.06.2024

"Miniaturized fluorescence measurement system with novel dichroic beam splitter cubes with 3 by 3 by 3 cubic millimeters and special optical direction-selective filters", Ralf Müller, Thomas Siefke, Uwe Zeitner, Kristin Neckermann, Michael Hintz, Beatrix Ploss, Marc Lappschies, SPIE Optical Systems Design, Strasbourg, France, Proceedings Volume 13019, Optical Design and Engineering IX; 1301924, 2024

"Current Sensitivity of the AQFP as interface circuit for Quantum Computing Systems", Thomas Ortlepp, Anna Reinhardt, Taghrid Haddad, Bernhardt Schwartz, Gregor Oelsner, Matthias Schmelz, Soundarya Gopala Reddy, Ronny Stolz, The Applied Superconductivity Conference (ASC 2024), Salt Lake City, USA, 01.-06.09.2024

"Quantum precise bias supply and single flux quantum readout of superconducting nanowire single photon detectors", Thomas Ortlepp, Anna Reinhardt, Sonja Engert, Christian Möller, The Applied Superconductivity Conference (ASC 2024), Salt Lake City, USA, 01.-06.09.2024

"Relationship between the P-line in indium-doped silicon spectra and the recent ASI-Sii defect model", Katharina Peh, Dominik Bratek, Kevin Lauer, Robin Müller, Dirk Schulze, Aaron Flötotto, Stefan Krischok, GADEST 2024, Bad Schandau, Deutschland, 08.-13.09.2024

"Exploring ASI-Sii-defects as qubits", Kevin Lauer, Katharina Peh, Robin Müller, Dirk Schulze, Rüdiger Schmidt-Grund, Stefan Krischok, Aaron Flötotto, Wichard Beenken, Erich Runge, Anna Reinhardt, Mario Bähr, Stephanie Reiß, Andreas Frank, Thomas Ortlepp, GADEST 2024, Bad Schandau, Deutschland, 08.-13.09.2024

"Imaging doping regions in Silicon-based MEMS structures using Raman-microscopy", Mario Bähr, Raman Imaging Symposium, Ulm, Deutschland, 23.-25.09.2024

"Wasserstoff aus der katalytischen Ammoniakspaltung - Sensoren zur Beurteilung der Gasqualität am Ausgang des Ammoniak-Crackers", Heike Wünscher, elmug4future, Erfurt, Deutschland, 16.-17.10.2024

"Ladungsträgerbeweglichkeit in Halbleitern bei kryogenen Temperaturen: Halbleitertechnologie für das Monitoring von flüssigem Wasserstoff", Ingo Tobehn-Steinhäuser, elmug4future, Erfurt, Deutschland, 16.-17.10.2024

"Herstellung hochfester Drucksensoren mithilfe innovativer Silizium-Keramik Technologie (SiCer)", Cathleen Kleinholz, Michael Fischer, Andrea Cyriax, Michael Hintz, Thomas Ortlepp, Jens Müller, IMAPS Herbstkonferenz 2024, München, Deutschland, 17.-18.10.2024

"Improving the design process of a MEMS-IR-Emitter", Toni Schildhauer, Andreas Winzer, Julia Baldauf, Comsol Conference 2024, Florenz, Italien, 22.-24.10.2024

"Flinke Infrarot-Strahler-Arrays", Toni Schildhauer, Andreas T. Winzer, Martin Schädel, CIS MOEMS-Workshop "NDIR-Sensorik - von der Komponente bis zum System", Erfurt, 23.10.2024

"Neuronale Netze für die Modellierung von IR-Strahlern", Andreas T. Winzer, Toni Schildhauer, Julia Baldauf, CIS MOEMS-Workshop "NDIR-Sensorik - von der Komponente bis zum System", Erfurt, 23.10.2024

"Degradationseffekte in MEMS IR-Strahlern", Julia Baldauf, Toni Schildhauer, CIS MOEMS-Workshop "NDIR-Sensorik - von der Komponente bis zum System", Erfurt, 23.10.2024

"Redundante Temperatursensoren", Ingo Tobehn-Steinhäuser, CIS MEMS-Workshop "Neue Methoden bei der Entwicklung & Anwendung von Siliziumsensoren", Erfurt, 06.11.2024

"HEB - High End Beschleunigungssensoren", Stefan Völlmeke, CIS MEMS-Workshop "Neue Methoden bei der Entwicklung & Anwendung von Siliziumsensoren", Erfurt, 06.11.2024

"Minimierung von Montagespannungen auf Chip- und Sensorebene", Johannes Zeh, Sebastian Pobering, CIS MEMS-Workshop "Neue Methoden bei der Entwicklung & Anwendung von Siliziumsensoren", Erfurt, 06.11.2024

"Impact of a magnetic field on integrated low-temperature photoluminescence of quenched silicon", Kevin Lauer, Katharina Peh, Dirk Schulze, Stefan Krischok, Mario Bähr, Richard Grabs, Frank Long, Martin Kaleta, Andreas Frank, Thomas Ortlepp, 2nd DRD3 week on Solid State Detectors R&D, Genf, Schweiz, 02.-06.12.2024

Poster

"Assembly of industry-ready HPHT-diamond diaphragms containing NV-centres into pressure sensor devices", Mario Bähr, Raphael Kuhnén, Christoph Wild, Wolfgang Knolle, Andre Grün, Thomas Frank, Thomas Ortlepp, Hasselt Diamond Workshop 2024 - SBDD XXVIII, Hasselt, Belgien, 28.02.-01.03.2024

"Neuartiger Wärmestromsensor auf Siliziumbasis", Ingo Tobehn-Steinhäuser, Lukas Barthelmann, Rafal Szywilewski, Xumei Xu, Thomas Ortlepp, EASS 2024 - Energieautonome Sensorsysteme, Freiburg, Deutschland, 19.-20.03.2024

"Miniaturized fluorescence measurement system with novel dichroic beam splitter cubes with 3 by 3 by 3 cubic millimeters and special optical direction-selective filters", Ralf Müller, Thomas Siefke, Uwe Zeitner, Kristin Neckermann, Michael Hintz, Beatrix Ploss, Marc Lappschies, SPIE Optical Systems Design 2024, Strasbourg, Frankreich, 07.-11.04.2024

"MAG4NV: Magnetische Landschaft für Quantenprozessoren", Mario Bähr, QNC Summit & FMD Innovation Day 2024, Berlin, Deutschland, 24.-25.04.2024

"Kontinuierliche Ammoniakbestimmung durch Leitfähigkeitsmessungen im Kondensat", Heike Wünscher, Steffen Herbst, Andreas Frank, Jean Michel Zapf, Thomas Frank, Michaela Schnider, 22. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2024, Nürnberg, Deutschland, 11.-12.06.2024

"Siliziumdehnungssensoren zur Werkzeuginnendruckmessung", Thomas Frank, Stefan Hermann, André Grün, Danny Hanig, Manuel Kermann, Michael Hintz, Andrea Cyriax, Heike Wünscher, Thomas Ortlepp, 22. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2024, Nürnberg, Deutschland, 11.-12.06.2024

"Theoretical investigation of single Boron defects in silicon", Aaron Flötotto, Wichard J. D. Beenken, Kevin Lauer, Erich Runge, GADEST 2024, Bad Schandau, Deutschland, 08.-13.09.2024

"Investigation of TI-doped silicon by low temperature photoluminescence during LID treatments", Kevin Lauer, Robin Müller, Katharina Peh, Dirk Schulze, Stefan Krischok, Stephanie Reiß, Andreas Frank, Thomas Ortlepp, GADEST 2024, Bad Schandau, Deutschland, 08.-13.09.2024

"PowderMEMS magnets as enabler for miniaturized NV based quantum sensors and quantum processor architectures", Mario Bähr, Björn Gojdka, Indira Käßlinger, Dominik Karolewski, Jan Meijer, Thomas Ortlepp, MNE 2024 | 50th International Micro and Nano Engineering Conference, Montpellier, Frankreich, 16.-19.09.2024

"Hybrid fabrication of Omega Active Cantilevers with Diamond Tip", Mario Bähr, Kristin Neckermann, Pavol Shulgach, Manuela Breiter, Hans-Georg Pietscher, Fabian Dietrich, Aditya Suryadi Tan, Thomas Sattel, Thomas Ortlepp, Ivo W. Rangelow, MNE 2024 | 50th International Micro and Nano Engineering Conference, Montpellier, Frankreich, 16.-19.09.2024

"Design and Integration of AQFP based interface circuits for quantum computing", Thomas Ortlepp, Anna Reinhardt, Dominik Karolewski, Bernhard Schwartz, Indira Käßlinger, Soundarya Gopala Reddy, Jürgen Kunert, Matthias Schmelz, Gregor Oelsner, Ronny Stolz, Halbzeit-Statustreffen "Quantencomputer Demonstrationsaufbauten", Berlin, Deutschland, 22.-23.10.2024

"CoGeQ: Competitive German Quantum Computer - Hardware Assembly", Mario Bähr, Indira Käßlinger, Peter Schlupp, Tobias Lühmann, Björn Gojdka, Thomas Lisec, Thomas Ortlepp, Jan Meijer, Halbzeit-Statustreffen "Quantencomputer Demonstrationsaufbauten", Berlin, Deutschland, 22.-23.10.2024

"Improving the design process of a MEMS-IR-Emitter", Toni Schildhauer, Andreas Winzer, Julia Baldauf, Comsol Conference 2024, Florenz, Italien, 22.-24.10.2024

"Sensor zur kontinuierlichen Überwachung von Schraubenverbindungen", Andreas Albrecht, iENA - Internationale Fachmesse, Nürnberg, Deutschland, 26.-28.10.2024

"Optischer Im-Ohr-Sensor zur Überwachung wichtiger Vitalparameter", Andreas Albrecht, iENA - Internationale Fachmesse, Nürnberg, Deutschland, 26.-28.10.2024

Qualifizierungsarbeiten

Diplomarbeit

"LTCC-Interposer für Quantencomputing", Felix Kendziorra, Diplomarbeit, TU Ilmenau, 2024

Masterarbeit

"Entwicklung eines dewetting Prozesses und die Optimierung von gedruckten Katalysatorpartikeln mittels Temperprozess", Shimoni Mistry, Masterarbeit, Universität Kassel, 2024

10 Kontakt & Gremien

CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH

Konrad-Zuse-Straße 14
D-99099 Erfurt
Germany

Tel.: +49 (361) 663 14 10
E-Mail: info@cismst.de
Internet: www.cismst.de

Geschäftsführung:

Prof. Dr. Thomas Ortlepp, Thomas Brock

Aufsichtsrat der CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH

Dr. Knuth Baumgärtel, Hermsdorf

Dr. Olaf Brodersen, Erfurt, ab September 2024

Dipl. Wirtschafts-Ing. Christiane Bednarek, Jena, bis September 2024

Dipl.-Ing. Geert Brokmann, Ilmenau

Dr. Hans-Joachim Freitag, Erfurt

Prof. Dr. Gerhard Linß, Suhl, Aufsichtsratsvorsitzender

Dipl.-Ing. Michael Philipps, Maulburg

Dipl. Wirtschafts-Ing. Benjamin Redlingshöfer, Ranis, stellv. Aufsichtsratsvorsitzender

Gesellschafter der CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH

CiS e.V.

Vorstand des CiS e.V.

Dr. Knuth Baumgärtel, Hermsdorf

Dipl. Wirtschafts-Ing. Christiane Bednarek, Jena

Dipl.-Ing. Geert Brokmann, Ilmenau

Dr. Hans-Joachim Freitag, Erfurt, Vorstandsvorsitzender

Dipl.-Ing. Michael Philipps, Maulburg, stellv. Vorstandsvorsitzender

Dipl. Wirtschafts-Ing. Benjamin Redlingshöfer, Ranis

Prof. Dr. Jens Müller, Ilmenau, stellv. Vorstandsvorsitzender