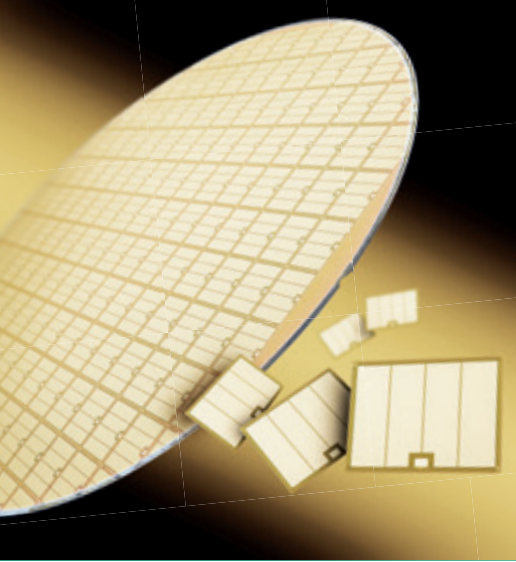


INNOVATIONEN FÜR MIKROSYSTEME UND LEISTUNGSELEKTRONIK

| FORSCHUNG & ENTWICKLUNG | TECHNOLOGISCHE DIENSTLEISTUNG | NEUARTIGE PRODUKTE | PRODUKTION |





FORSCHUNG UND PRODUKTION AN EINEM STANDORT



Ganz links: 1200 V IGBTs mit NiAu-Oberflächen

Links: ISIT-Reinraum

*Unten: Wafer mit Antriebselektroden
für Hochleistungsspiegel*



*Geleitet wird das Fraunhofer ISIT
von Dr. Axel Müller-Groeling*

Das Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie (ISIT) in Itzehoe ist eine der europaweit modernsten Forschungseinrichtungen für Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik. Das Institut entwickelt und fertigt kundenspezifische Bauelemente und Systeme der Leistungselektronik und der Mikrosystemtechnik. Wichtige Einsatzgebiete sind die Energietechnik, die Automobil- und Verkehrstechnik, die Konsumgüterindustrie, die Medizintechnik, die Kommunikations- und die Automatisierungstechnik. Die modernste technologische Ausstattung auf der Basis einer 200 mm-Silizium-Wafertechnologie und das über Jahrzehnte aufgebaute Know-how sichern dem Fraunhofer ISIT und seinen Kunden eine weltweit führende Position auf dem Gebiet.

Das Fraunhofer ISIT unterstützt seine Kunden vom Entwurf und der Systemsimulation bis hin zur Fertigung von Prototypen, Bemusterung und Serienvorbereitung.

Das Institut beschäftigt heute etwa 160 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit ingenieur- und naturwissenschaftlichen Ausbildungsprofilen. Das Fraunhofer ISIT befasst sich mit allen Aspekten der Systemintegration, der Aufbau- und Verbindungstechnik (Packaging) und der Zuverlässigkeit und Qualität von Bauelementen, Modulen und Systemen. Anwendungsspezifische Schaltungen (ASICs) für die Sensorik und Aktorik werden ebenfalls bereitgestellt. Zum Leistungsangebot des ISIT gehören weiterhin Entwicklungen im Bereich der elektrischen Energiespeicher mit dem Schwerpunkt im Bereich von Li-Polymer-Akkumulatoren.

Ein Alleinstellungsmerkmal des ISIT ist der schnelle Transfer innovativer Entwicklungen in die industrielle Anwendung und Produktion. Dafür arbeitet das ISIT in seinen Reinräumen mit der laufenden Waferproduktion der Firmen Vishay und X-FAB MEMS Foundry Itzehoe zusammen. Es bestehen langjährige Kooperationen mit verschiedenen produzierenden Unternehmen im Umfeld des ISIT. Das ISIT betreibt ein Anwendungszentrum Leistungselektronik für

regenerative Energiesysteme an der HAW in Hamburg, eine Arbeitsgruppe an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und pflegt eine enge Zusammenarbeit mit der FH-Westküste in Heide.

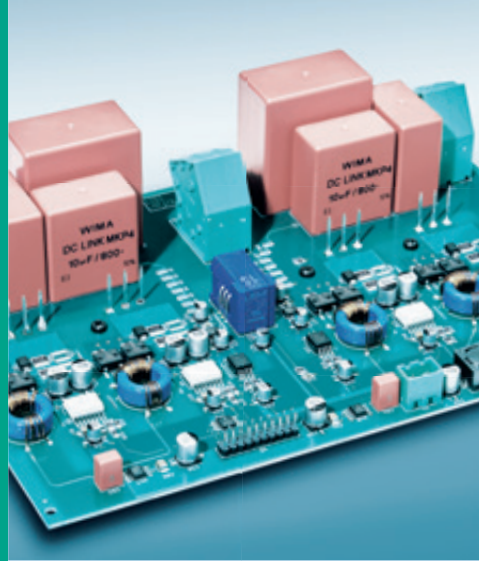
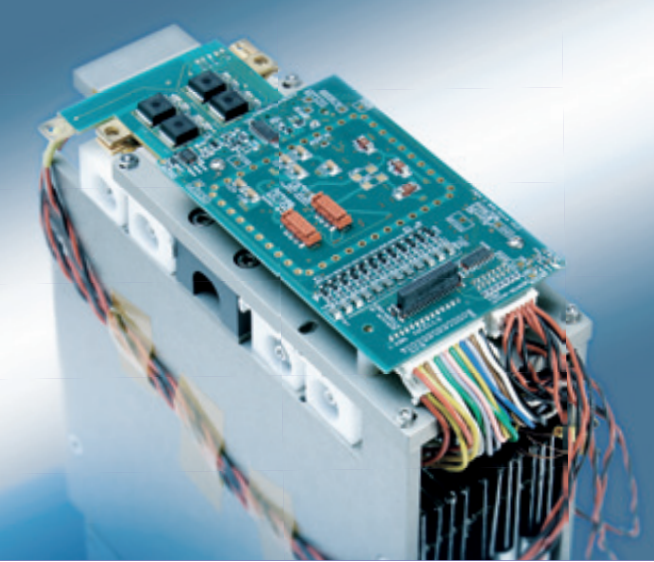
Kooperieren mit Fraunhofer ISIT

Das Institut unterstützt mit seinen Dienstleistungen Unternehmen und Anwender in unterschiedlichsten Branchen. Bauelemente, Systeme und Fertigungsprozesse werden in enger Zusammenarbeit mit den Auftraggebern entworfen, simuliert und realisiert. Das ISIT setzt dafür Technologieplattformen (Fertigungsprozessabläufe für Gruppen von Bauelementen) ein, die unverändert bzw. nur durch Designanpassungen genutzt werden können. Mit den Kompetenzen des ISIT eröffnen sich in ganz besonderem Maße Chancen für kleine und mittelständische Unternehmen um technologische Innovationen zu realisieren.

Fraunhofer ISIT ist Teilnehmer der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland

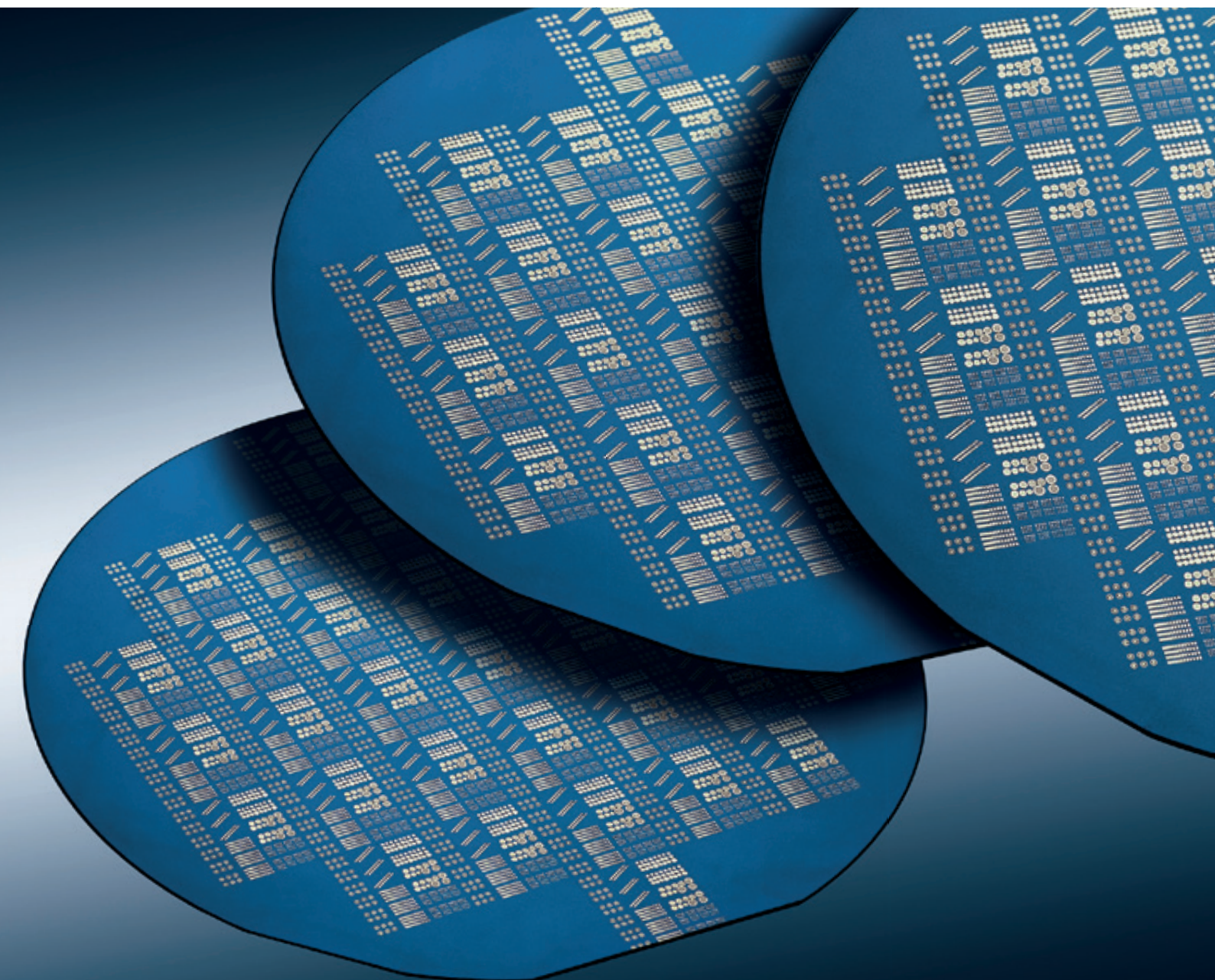
Um die Position der europäischen Halbleiter- und Elektronikindustrie im Wettbewerb zu stärken, haben sich elf Institute des Fraunhofer-Verbands Mikroelektronik – darunter das Fraunhofer ISIT – sowie das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik und das Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik in einer standortübergreifenden Form organisiert. Die neue Organisation agiert als »Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland«, ergänzt und modernisiert Anlagen und Geräte der Institute, um sie an die aktuellen technischen Entwicklungen anzupassen und führt die Fähigkeiten der einzelnen Institute in einem gemeinsamen Technologiepool zusammen.

Das Fraunhofer ISIT kann mit diesem neuen Gerätepark der Industrie zusätzliche, zukunftsweisende Fertigungsverfahren anbieten und ist in der Lage, neuartige Bauelemente zu entwickeln und in die Produktion zu überführen.



Ganz links: Hochleistungs-
batteriespeichersystem
mit Energiemanagement und
Einzelzellüberwachung
Links: DC/DC-Wandler
Unten: GaN-Wafer mit Teststruk-
turen für Leistungsbaulemente

GESCHÄFTSFELD LEISTUNGSELEKTRONIK



Entwicklung von Technologien, Komponenten und Systemkonzepten für hocheffiziente Energiesysteme

Das Geschäftsfeld Leistungselektronik des Fraunhofer ISIT entwickelt und fertigt innovative aktive und passive Leistungshalbleiterbauelemente auf Basis von Silizium und Galliumnitrid, entwickelt daraus leistungselektronische Systeme und integriert diese mit leistungsfähigen Batteriespeichern für Spezialanwendungen zu Hochleistungspeichersystemen.

Die hocheffizienten Leistungstransistoren und -dioden des Fraunhofer ISIT ermöglichen Anwendungen in einem weiten Spannungsbereich von wenigen 10V bis 1200V. Hierbei reicht das Entwicklungsportfolio von IGBTs, Dioden und MOSFETs auf Siliziumbasis bis zu Dioden und Transistoren für höchste Schaltfrequenzen im MHz-Bereich auf Basis von Galliumnitrid in modernster 8"-Fertigungsumgebung. Die applikationsspezifische Auslegung der Bauelemente sowie die Entwicklung neuer Device-Architekturen sind ein besonderer F&E Schwerpunkt. Ein weiteres wichtiges Forschungsthema ist die Entwicklung neuer Prozesse für fortschrittliche Aufbauten von Leistungsbaulementen auf Waferebene. Für Galliumnitrid-Bauelemente entwickelt das ISIT Verfahren zur Vorder- und Rückseitenkontaktierung für bulk-GaN und GaN-auf-Si Ausgangsmaterialien. Anwendungsspezifische Bauelemente für die Entwicklung neuer Aufbautechniken können mit Spezial-Metallisierungen sowie mit angepassten Bauelementstrukturen und speziellen Pad-Konfigurationen hergestellt werden. Für die Rückseitenbearbeitung ultradünner Siliziumsubstrate sind neuartige Trägerkonzepte entwickelt, die für Leistungshalbleiterbauelemente Laserbearbeitungsprozesse ermöglichen. Diese laserbasierenden Prozesse zielen auf eine kundenspezifische Optimierung statischer und dynamischer Verluste bei gleichzeitiger Verbesserung der Robustheit der Bauteile. Die Arbeiten werden durch zahlreiche Simulations-, Entwurfs- und Testwerkzeuge unterstützt. Hierbei kann das ISIT auf langjährige F&E Erfahrungen im Entwurf und der Herstellung von CMOS-Schaltkreisen zurückgreifen.

Die Entwicklung von passiven elektronischen Komponenten fokussiert sich vor allem auf Chip-Kondensatoren, Präzisionswiderstände und Induktivitäten sowie entsprechende Schaltungs-Netzwerke auf Chip-Ebene. Damit verbunden ist die Evaluierung neuer Materialien sowie deren Implementierung in bestehende Prozessabläufe.

Auf Systemebene bietet das ISIT die Entwicklung neuartiger Schaltungstopologien und Integrationskonzepte für hocheffiziente DC/DC- und DC/AC-Stromrichter unter Verwendung anwendungsspezifischer Leistungshalbleiter mit dem Ziel der Optimierung des Gesamt-Systemverhaltens sowie der Langzeitzuverlässigkeit. Durch den Einsatz von resonanten Schaltungstopologien und Steuerverfahren werden



Ihr Ansprechpartner
Geschäftsfeld Leistungselektronik
Prof. Dr. Holger Kapels
Telefon +49 (0) 4821-4302
holger.kapels@isit.fraunhofer.de

Spitzen-Wirkungsgrade von über 99 % erreicht und ein weichschaltender Betrieb über nahezu den gesamten Ausgangsleistungsbereich erzielt. Zur Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energien in Versorgungssystemen erforscht das ISIT u.a. in der Anwendung von Speicherprojekten, wie Flexibilität für die Systemstabilität genutzt werden kann, wie über neuartige Regelverfahren wichtige systemstabilisierende Dienstleistungen erbracht werden können und unterstützt die Gesamtsystemsimulation. Die wesentlichen Anwendungsgebiete für diese Leistungen des ISIT eröffnen sich im Bereich der regenerativen Energien, der E-Mobilität und dem elektrischen Fliegen.

Auch der Themenbereich Energiespeicherung gehört am Fraunhofer ISIT seit langem zu den wichtigen Forschungsschwerpunkten. Das ISIT entwickelt Batterien und Batteriesysteme für verschiedenste Einsatzgebiete mit seinen spezifischen Anforderungen, wie z. B. eine besonders hohe Energiedichte für eine große Reichweite bei Elektrofahrzeugen oder eine hohe Leistungsdichte um Akkumulatoren schnell laden und entladen zu können. Letzteres ist bei der Speicherung von Windenergie zur Netzstabilisierung von besonderem Interesse. Das Fraunhofer ISIT bietet kundenspezifische Batterieentwicklungen auf Li-Polymer-Basis mit weit reichender Anpassbarkeit z.B. bezüglich der Schnelllade-/entlade-fähigkeit, der Belastbarkeit und der Langlebigkeit. Bei den Aktivitäten wird vom Fraunhofer ISIT ein besonderes Augenmerk auf eine fertigungsnahe Entwicklung gelegt. Am ISIT steht eine komplette Prozesskette von der Pastenaufbereitung über die Konfektionierung bis zur elektrischen und thermomechanischen Charakterisierung von Einzelzellen bis hin zu kompletten Akkumulatoren zur Verfügung. Somit ist es möglich, auf alle für einen Optimierungsprozess relevanten Parameter, von der Verarbeitung der Elektrodenmaterialien über die Elektrolyte bis hin zum Design zuzugreifen. So liegt ein aktueller Schwerpunkt auf der Entwicklung besonders leistungsfähiger Batterien, die in unter vier Minuten geladen werden können und ihre gesamte Energie bei Bedarf in einer Minute abgeben. Darüber hinaus erforscht das Fraunhofer ISIT die Energiespeicher der nächsten Generation, wie z.B. die Lithium-Schwefel-Batterie, die in Zukunft eine deutliche Steigerung der Energiedichte bei gleichzeitig erheblicher Kostenreduktion erwarten lassen.



Ihr Ansprechpartner
Geschäftsfeld Mikro-Fertigungsverfahren
Christian Beckhaus
Telefon +49 (0) 4821 / 17-4621
christian.beckhaus@isit.fraunhofer.de

In diesem Geschäftsfeld stehen die Prozesse, Verfahren und Services im Vordergrund, die einerseits unabdingbare Voraussetzung für die Forschung und Entwicklung im Geschäftsfeld MEMS-Anwendungen sind, andererseits auch direkt Leistungsangebote des ISIT an den Markt darstellen.

Ein wichtiges Angebot am ISIT ist das Waferlevel-Packaging (WLP) und verschiedene Einzelprozesse auf Waferebene. Dabei geht es um die Verkapselung von Mikrosystemen auf dem Wafer, aber auch um die Weiterprozessierung bereits vorstrukturierter Wafer und die Erarbeitung von problemadäquaten Technologie-Lösungen auf Einzelprozessebene. Die entwickelten Wafertechnologien ermöglichen es, das Packaging zu einem funktionalen Bestandteil eines Mikrosystems werden zu lassen. Beispiele dafür sind integrierte optische Funktionalitäten oder die direkte Verbindung von MEMS und ASIC. Herausragende Erfolge wurden bei dem Vakuum-Verkappen von MEMS-Sensoren mittels eutektischem Waferbonding erzielt. Die technologischen Voraussetzung sind am ISIT hervorragend: Genutzt werden können Front-End-Prozesse und die eigene Backend Reinraum-Linie mit Equipment für MEMS-spezifische Fertigungsprozesse.

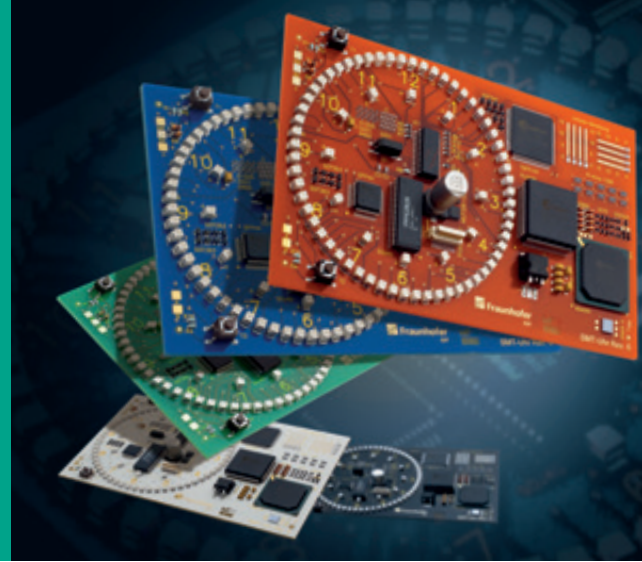
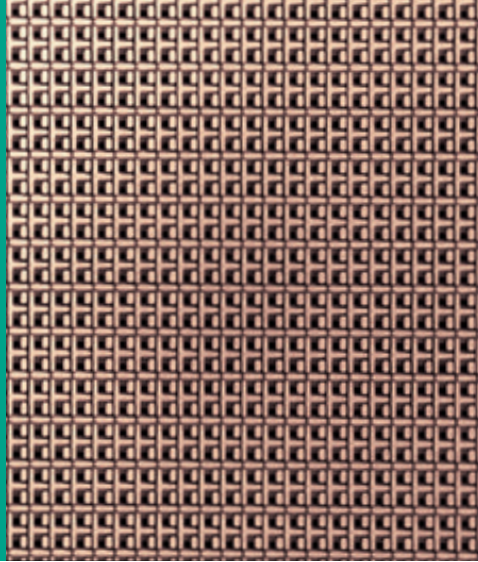
Die Lithographie umfasst einen Wide-Field Stepper, einen Rückseiten-Mask-Aligner, einen Spray-Coater, sowie einen Spin-Coater und die Prozessierung dicker Lacke. Weiterhin stehen CVD-, PVD- und ALD-Anlagen zur Abscheidung auch von Dünnschichten zur Verfügung. Die Nass-Chemie umfasst das anisotrope Ätzen von Si, Anlagen für das automatisierte Ätzen von Metallen sowie das Galvanisieren. Für das Trockenätzen stehen Anlagen zum DRIE von Si und zum RIE oxidischer Verbindungen zur Verfügung. Das Freiätzen von MEMS-Strukturen erfolgt entweder durch Gasphasenätzen oder mit Nassätzprozessen. Hermetisches Verkapseln von MEMS-Komponenten auf Waferebene geschieht mit Hilfe von metallischem, anodischem oder Glasfritt-Waferbonden. Wafer-Grinden und temporäres Waferbonden sind Schlüsselprozesse für die Herstellung und Bearbeitung dünner Wafer und für 3D Chipaufbauten unerlässlich. Aufgebaut aus diesen Einzelprozessen hat das ISIT eine Reihe qualifizierter Technologie-Plattformen etabliert.

Das ISIT hat außerdem die Möglichkeit, die entwickelten Bauelemente und Systeme dem Kunden auch als Prototypen oder in Kleinserie aus einer Pilotfertigung anzubieten. Dazu ist es notwendig, nicht allein die prinzipielle Machbarkeit gewisser Fertigungsschritte und Funktionsprinzipien z.B. an Hand von Demonstratoren zu zeigen, sondern alle Entwicklungsschritte bis zur Serienreife zu gehen – ein nicht zu unterschätzender Aufwand. Dies gelingt insbesondere in Kooperation mit der am Standort ansässigen X-FAB MEMS Foundry Itzehoe GmbH, so dass in vielen Fällen auch große Stückzahlen industriell durch diese gefertigt werden können.

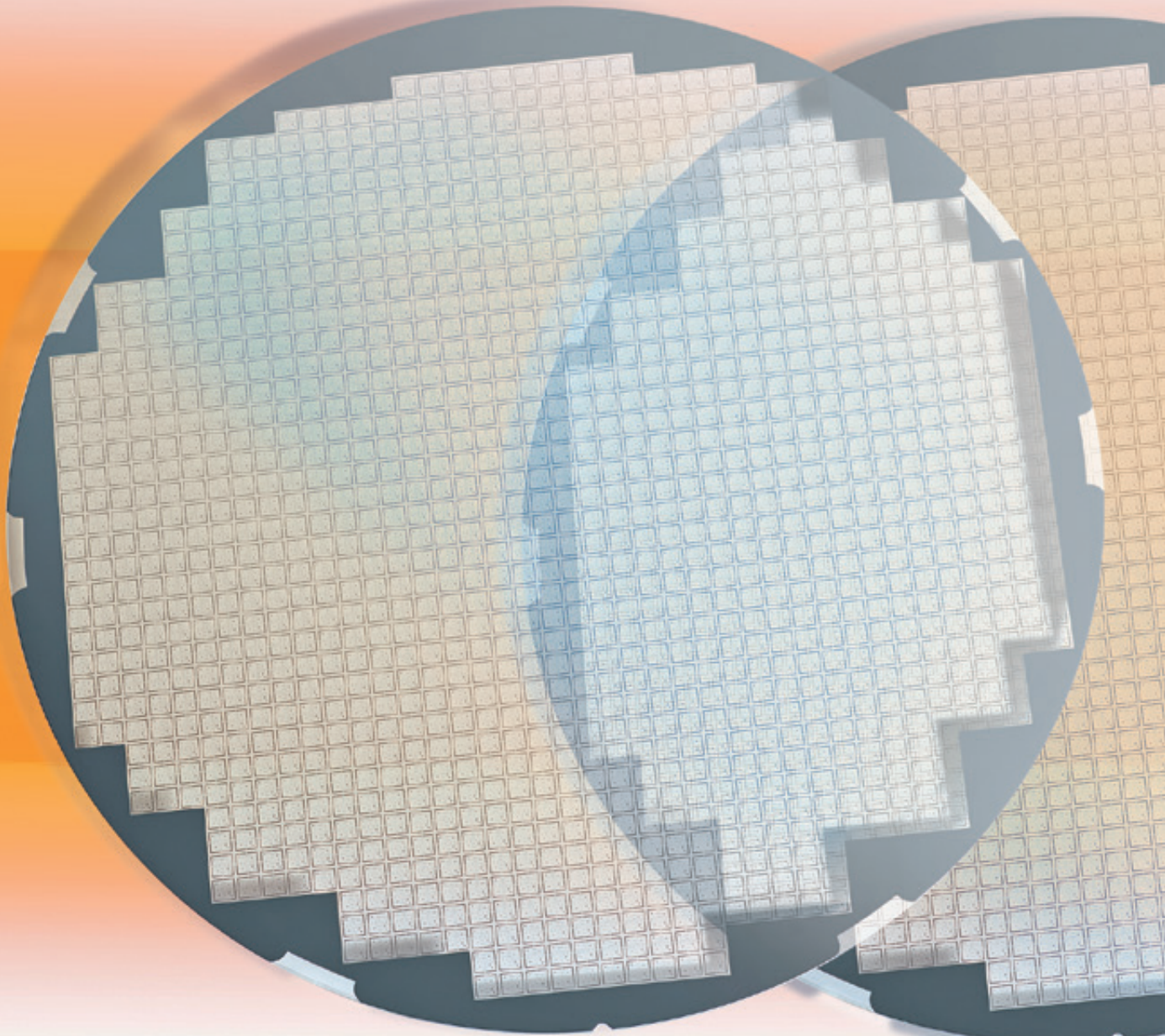
Schließlich bietet das ISIT als Modul-Services eine ganze Reihe von Leistungen auf Modulebene an. Im Rahmen der Aufbau- und Verbindungstechnologie ist das ISIT darauf spezialisiert, innovative Verfahren und Technologien in direkter Zusammenarbeit mit Herstellern von Baugruppen, Geräten und Material umzusetzen. So wurde schon vor mehreren Jahren das automatische Bestücken ultradünner Chips auf flexiblen Leiterplatten erfolgreich erprobt. Das ISIT verfügt über alle Basis-Technologien für die automatisierte oder manuelle Handhabung von Mikrochips und MEMS sowie deren elektrische Kontaktierung durch Drahtbonden und Flip-Chip Technologien. Für leistungselektronische Aufbauten mit verbesserter Lastwechselfestigkeit verfügt das ISIT über eine hochentwickelte Dickdraht/ Bändchenbondierung, beides sowohl für Aluminium als auch für Kupferbondmaterial.

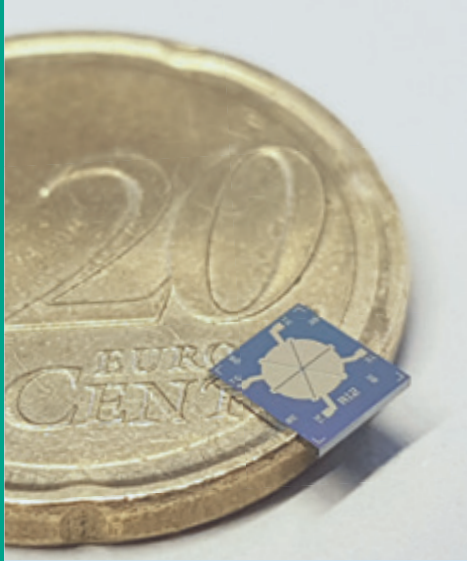
Bei der Bewertung von Qualität, Zuverlässigkeit und Robustheit kann das ISIT auf eine 20-jährige Erfahrung zurückgreifen. Die Schwerpunkte liegen in der Bewertung der Herstellungsqualität, in der Zuverlässigkeitsprüfung, in Lebensdauervorhersagen sowie in Schadensanalysen und der Entwicklung von Elektronik und Konzepten der Aufbau- und Verbindungstechnik, vom Chip bis hin zum System. Darüber hinaus bewertet das ISIT das Langzeitverhalten von Aufbau- und Verbindungstechniken, wie Chip-on-Chip, Chip-on-System, Chip-on-board, Chip-on-polymer und Bond- und Lötverbindungen. Die Wissenschaftler erstellen Prognosen mit Hilfe von Modellrechnungen, von Analysen unter verschiedenen Umweltbedingungen und von beschleunigten Alterungstests. Auch die Durchführung und Auswertung von Schadensanalysen gehen in die Prognosen mit ein.

Rechts: Galvanische Goldstrukturen
auf CMOS-Wafern
Ganz rechts: SMT-Testboards
Unten: Glassubstrat-Testwafer
als Kalbrierhilfe



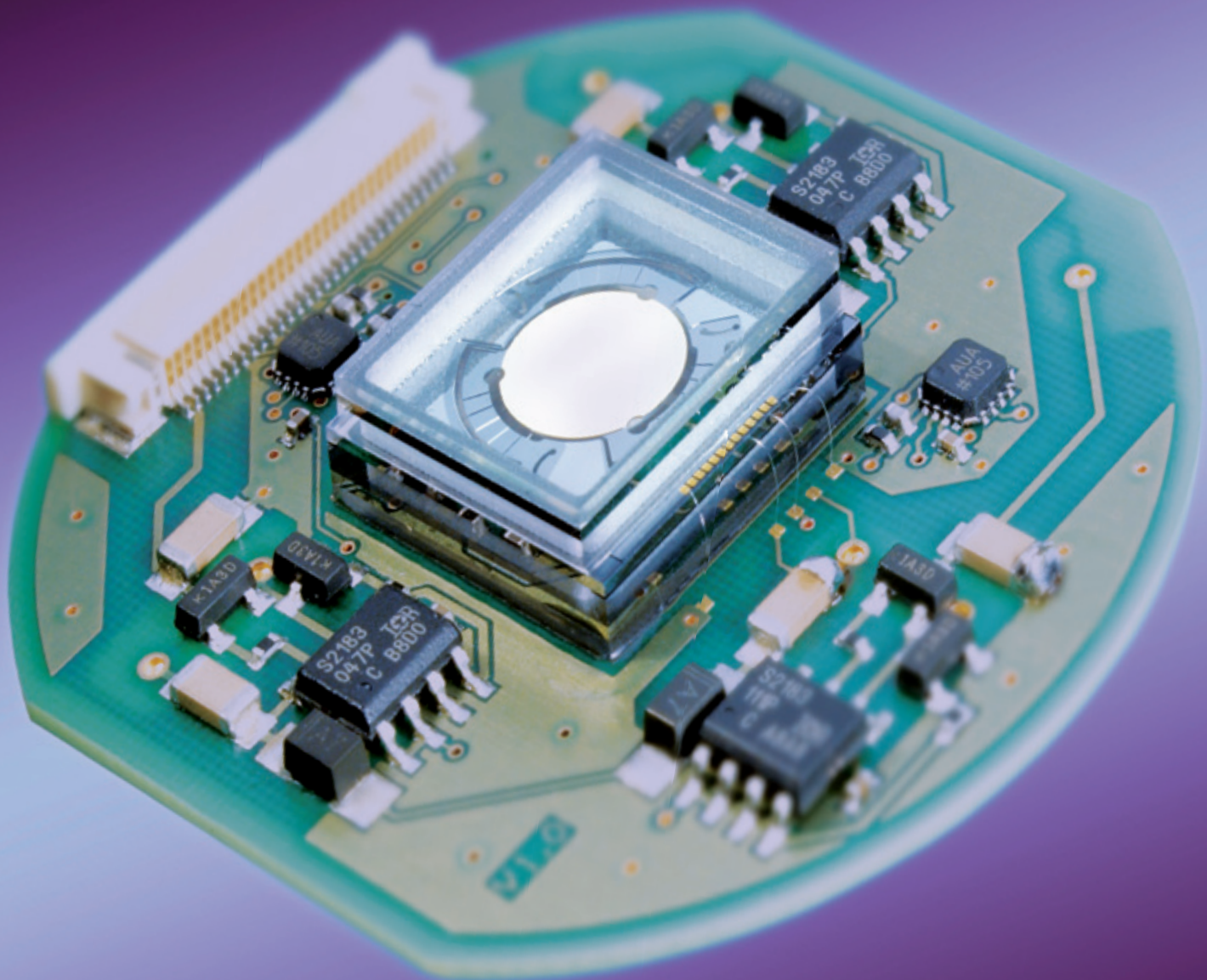
GESCHÄFTSFELD MIKRO-FERTIGUNGSVERFAHREN





Ganz links: MEMS-Lautsprecher
Links: Magnetsensitive piezo-
elektrische Energy-Harvester
Unten: Elektrisch aufgebauter
Mikrospiegel

GESCHÄFTSFELD MEMS-ANWENDUNGEN



Seit mehr als 30 Jahren arbeiten ISIT-Wissenschaftler an der Entwicklung von mikroelektromechanischen Systemen (MEMS). Der Fokus im Geschäftsfeld MEMS-Anwendungen liegt auf Design, Entwicklung und Herstellung von MEMS-Komponenten und MEMS-Systemen.

Ein wesentlicher Schwerpunkt in diesem Geschäftsfeld sind die optischen Mikrosysteme. Hier entwickelt das ISIT MEMS-Scanner, d.h. Mikroscooperspiegel samt Ansteuerungs- und Auslese-elektronik für verschiedene Arten von Laserprojektionsdisplays, für optische Mess- und Detektions-Systeme (z.B. LIDAR) und für Anwendungen mit hoher Laserleistung im Bereich der Materialbearbeitung und der generativen Fertigung. Basierend auf einem patentierten Herstellungsverfahren ist das ISIT gegenwärtig weltweit der einzige Hersteller zweiachsiger, auf Wafer-Ebene vakuum-verkapselter, MEMS-Scanner. Der Betrieb dieser Mikroscooperspiegel in einer Vakuum-Umgebung führt zu signifikanten Vorteilen. Die Dämpfung durch Gasmoleküle ist auf ein Minimum reduziert, wodurch hochfrequentes Scannen mit unübertroffenen Scanwinkeln selbst bei niedrigen elektrostatischen Antriebsspannungen möglich wird. Weiter führt die hermetische Verkapselung auf Wafer-Ebene zu einem preisgünstigen und dauerhaften Schutz der Mikroscooperspiegel vor Kontamination aller Art. Somit wird es beispielsweise möglich diese MEMS-Scanner für den endoskopischen Einsatz schadlos einer Dampfsterilisation in einem Autoklaven zu unterziehen.

Weiter wurde am ISIT auf Basis von 2D-MEMS-Scannern eine 3D-Kamera mit einer Tiefenauflösung von nur wenigen Millimetern und einem detektierbaren Objektstand von 2 m realisiert. Neuartige Mikroscooperspiegel mit Aperturen von bis zu 2 cm und speziellen, hochreflektierenden Beschichtungen erlauben sogar eine hochdynamische zweiachsige Laserstrahl-Ablenkung für CW-Laserleistungen bis zu 500 Watt. Neben kapazitiv angetriebenen Mikroscooperspiegeln befasst sich das ISIT derzeit in einem Forschungsschwerpunkt mit piezoelektrisch angetriebenen Mikroscooperspiegeln. Besonders attraktiv ist dieses Antriebskonzept aufgrund seiner hohen Kraft bei gleichzeitig geringem Energieverbrauch. An einzelnen solcher Mikroscooperspiegel konnten für resonante, translatorische Hubbewegungen bereits Auslenkungen von bis zu 1600 µm realisiert werden.

Einen weiteren Schwerpunkt in diesem Geschäftsfeld bilden die akustischen Systeme und die dazugehörigen leistungsstarken Mikroantriebe. Ein Fokus liegt hier auf der Entwicklung von MEMS Lautsprechern. Diese können bei mindestens gleicher akustischer Qualität deutlich preisgünstiger und stärker miniaturisiert hergestellt werden als ihre konventionellen elektrodynamischen Pendanten. Weitere Vorteile liegen in der hohen Energieeffizienz und der hohen akustischen Bandbreite (20 Hz – 20 kHz) dieser Bauteile. Dies



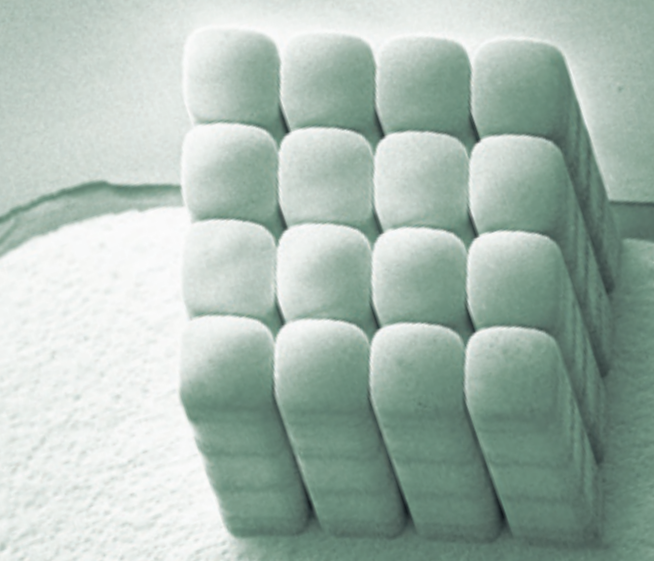
Ihr Ansprechpartner
Geschäftsfeld MEMS-Anwendungen
Dr. Fabian Lofink
Tel. +49 (0) 4821 / 17-1198
fabian.lofink@isit.fraunhofer.de

macht die Chip-Lautsprecher des ISIT besonders attraktiv für mobile Kommunikationsgeräte wie Tablets, Smartphones, Kopfhörer und Hörgeräten, in denen hohe akustische Qualität bei gleichzeitig weiter schrumpfender Baugröße und geringem Energieverbrauch gefordert ist.

Neben den MEMS-Lautsprechern stellen miniaturisierte Ultraschallwandler einen Schwerpunkt dar. Je nach Frequenzbereich werden die Wandler am ISIT meist als piezoelektrische Dicken- oder Membranschwinger ausgelegt, wobei als Antriebsmaterialien AlN, AlScN oder PZT verwendet werden. Auf diese Weise lassen sich effiziente Ultraschallwandler mit Mittenfrequenzen von wenigen kHz bis hin zu mehreren hundert MHz realisieren. Zu den entwickelten Bauteilen zählen Ultraschall-Arrays für die Medizintechnik, die zerstörungsfreie Prüftechnik sowie die Gestenerkennung.

Des Weiteren arbeitet das Geschäftsfeld intensiv an Sensoranwendungen, in denen eine hohe Energieeffizienz im Vordergrund steht. Die steigende Nachfrage nach Flexibilität und die steigende Anzahl mobiler Anwendungen erfordern immer öfter drahtlose Lösungen. Hierbei entscheiden oft wenige Milliwatt ob ein bestimmter Sensor für eine Anwendung geeignet ist, insbesondere wenn es sich um Sensorsysteme handelt die 10 Jahre oder länger ohne Wartung funktionieren müssen. Im Fokus unserer Arbeiten am ISIT stehen passive Sensoren basierend auf piezoelektrischen oder pyroelektrischen Materialien, welche ohne zusätzliche Energieversorgung ihr Spannungssignal allein aus dem zu messenden Umweltreiz generiert. Eine zentrale Rolle nimmt dabei gegenwärtig die Entwicklung eines pyroelektrischen Infrarotsensors ein. Da dieser Sensor ausschließlich Temperaturänderungen wahrnimmt ist er besonders geeignet für den Einsatz als Bewegungsmelder, als Personenzähler oder auch für Gestenerkennung. Seine wesentlichen Vorteile sind ein geringer Energieverbrauch sowie eine vergleichsweise einfache Miniaturisierbarkeit. Letzteres insbesondere in Kombination mit einem funktionalisierten Wafer-Level Package wie es im Geschäftsfeld Mikrofertigungsverfahren entwickelt wird.

Fernziel dieser Aktivitäten ist es, solche und ähnliche Sensoren in autarke Sensorknoten für Industrie 4.0, Wearables, IoT oder Heimatomatisierung zu integrieren.



*Ganz links: Mikromagnet-Array
gefertigt mittels
Powder-Technologie
Links: Mit Glasfließtechnologie
gefertigte Opto-Packages
Rechts: ISIT-Reinraum*

TECHNOLOGIE-PLATTFORMEN

Das ISIT verfügt über eine 200 mm Silizium-Technologie für Front-End-Prozesse (MOS und PowerMOS). Spezifische Prozesse für MEMS und NEMS sowie für das Packaging werden in einem separierten und neu errichteten Reinraum (1000 m²) durchgeführt. Hierzu gehören u. a. Nass- und Trockenätzverfahren, DRIE, Abscheidung von nicht IC kompatiblen Materialien, Lithographie mit dicken Lacken, Grauton-Lithographie, Galvanik, Mikroformgebung und Waferbonden. Weitere Reinraumlaborare sind für das chemisch-mechanische-Polieren (CMP) und die Post CMP Prozessierung eingerichtet.

Für die elektrische und mechanische Charakterisierung von Bauelementen, die Aufbau- und Verbindungstechnik und für Zuverlässigkeitsuntersuchungen werden zusätzlich Labore mit einer Fläche von 1500 m² unterhalten.

Das ISIT betreibt weiterhin eine Pilot-Fertigungslinie für Li-Polymer-Akkumulatoren. Die Einrichtungen des ISIT sind seit vielen Jahren nach ISO 9001 zertifiziert.

Das ISIT stellt ein großes Portfolio an Einzeltechnologien zur Verfügung, die jeweils qualifiziert zu fünf spezifischen Technologie-Prozess-Plattformen kombiniert wurden. Sie bilden damit einen Baukasten für die Realisierung verschiedenster Anwendungen. Daneben hält das Fraunhofer ISIT weitere Technologieangebote bereit beispielsweise für die Metalloberflächen-Mikromechanik oder für die technische Realisierung von verschiedenen Akkumulatorentwicklungen. Für letzteres besteht eine vollständige Fertigungslinie von der Elektrode bis zur Akkumulatorzelle. Darüber hinaus können auch Komplettsysteme gefertigt werden.

Polysilizium MEMS Technologie-Plattform (PSM-X2)

Die Technologieplattform PSM-X2 verwendet zur Erzeugung von statischen und beweglichen Sensorstrukturen eine stressarme, 10–30 µm dicke Polysiliziumschicht.

Durch Verwendung von hochauflösender Lithographie können minimale Strukturbreiten bis 0.5 µm realisiert werden.

Im Prozess ist eine Verkapselung der Bauelemente auf Wafer-Ebene integriert. Die feste Verbindung von Sensor- und Deckelwafer, das sog. Wafer-Level Packaging, wird hier bspw. durch ein Gold-Silizium Eutektikum bei rund 400°C erzeugt. Hierbei sorgt der metallische Bondrahmen für eine hermetische Abdichtung.

Durch Integration einer Getterschicht kann ein Innendruck von bis zu 10⁻⁶ bar erreicht werden. Die Verwendung der neuartigen Multi Pressure WLP Technology erlaubt die Einstellung von unterschiedlichen Kavitätinnendrücker auf Waferebene.

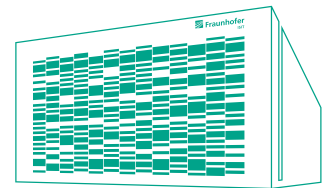
Glasfließen – Mikrostrukturierung von Gläsern

Das Fraunhofer ISIT hat ein Verfahren entwickelt, das auf der heiß viskosen Glas-Mikrobearbeitung bei hohen Temperaturen basiert. Es wird hauptsächlich für die Herstellung von Mikrolinsen und von Glaspackages mit geneigten Fensterflächen für optische Mikrosysteme verwendet. Mit diesem Verfahren ist es möglich, Glaswafer mit hohen Aspektverhältnissen auf Waferebene zu fertigen.

Je nach Anwendung kann der Glaswafer anschließend durch Schleifen und Polieren weiterverarbeitet werden.

Piezo MEMS Technologie-Plattform

Das Fraunhofer ISIT befasst sich mit der Abscheidung von Dünnschichten der piezoelektrischen Materialien Aluminiumnitrid (AlN) und Bleizirkonattitanat (PZT). Momentan sind Sputterprozesse mit Schichtdicken bis zu 4 µm für AlN und bis



zu 3 μm für PZT verfügbar. Die Integration in mikromechanische Bauelemente erfolgt zumeist in Form von Biegeelementen (Unimorph), die aus einer passiven Trägerschicht aus einkristallinem Silizium oder Polysilizium und der darauf befindlichen, zwischen zwei Metallelektroden eingebetteten piezoelektrischen Schicht bestehen.

Für aktuatorische Anwendungen wird vor allem PZT verwendet, da es aufgrund seiner hohen piezoelektrischen Koeffizienten besonders große Auslenkungen und hohe Kräfte bei nur geringen Antriebsspannungen ermöglicht. Im Zusammenhang damit wird am ISIT derzeit vor allem an MEMS-Scannern und -Lautsprechern gearbeitet. Für sensorische Anwendungen wird aufgrund des wesentlich besseren Signal/Rausch-Verhältnisses AlN bevorzugt. Aktuell wird es am ISIT in Ultraschallwandlern, MEMS-Mikrofonen sowie Vibrationsharvestern eingesetzt.

Neben diesen Materialien, wird in Zusammenarbeit mit der Christian-Albrecht Universität zu Kiel zudem an scandiumdotiertem AlN (AlScN) und dessen Integration sowohl in Sensoren als auch Aktoren gearbeitet.

Powder MEMS Technologie-Plattform

Am ISIT wurde ein innovatives technologisches Verfahren entwickelt, das die Integration nahezu beliebiger Materialien auf planaren Substraten erlaubt. Es beruht auf der Agglomeration von μm -großem Pulver (Partikeln) mittels Atomlagenabscheidung (ALD). Ähnlich wie bei der Herstellung keramischer Materialien wird zuerst eine Form, in diesem Fall Mikrokavitäten in einem Siliziumsubstrat, mit losem Pulver gefüllt. Anstatt jedoch die Partikel unter hohem Druck bei 800°C bis 1400°C zu sintern, wird das Substrat mit dem losen Pulver einem ALD-Prozess bei wesentlich geringeren Temperaturen ausgesetzt. Dank der extremen Eindringtiefe der sich bildenden ALD-Schicht werden die Partikel über

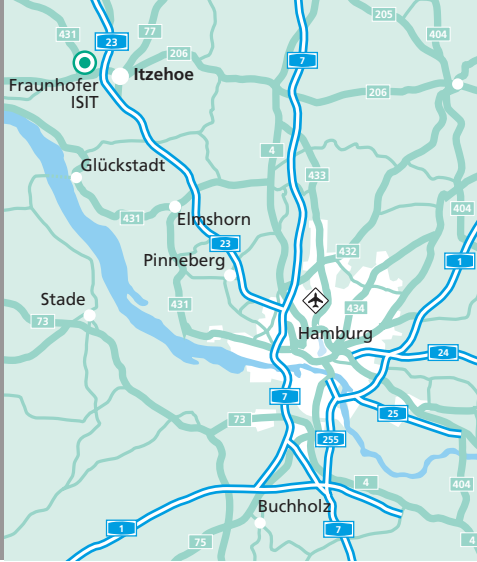
die gesamte Tiefe der Mikrokavitäten (bis zu 700 μm) durch eine nur 75 nm dicke Schicht zu fest zusammenhängenden, porösen 3D-Körpern verbunden. Diese sind schrumpfungsfrei, mechanisch stabil und thermisch beständig. Strukturabmessungen zwischen 50 μm und mehreren mm lassen sich mit hoher Präzision realisieren. Substrate mit eingebetteten porösen 3D-Körpern überstehen Standardprozesse der MEMS- und IC-Fertigung bis zu 400 °C unbeschadet, sodass eine umfassende Nachbearbeitung in einem Reinraum möglich ist.

Die Anwendungsmöglichkeiten sind außerordentlich vielfältig. Zu den bisher betrachteten Anwendungen gehören integrierte Permanentmagnete, hergestellt aus NdFeB-Pulver. Starke magnetische Felder auf kleinstem Raum sind interessant für viele MEMS-Aktuatoren und -Sensoren.

GaN-Technologie

Neben innovativen Hochspannungs-Silizium-Bauelementen entwickelt das Fraunhofer ISIT auch Leistungshalbleiterbauelemente auf der Basis von Galliumnitrid (GaN). Dieses Material zeichnet sich im Vergleich zum Silizium durch eine höhere elektrische Festigkeit und eine höhere mögliche Arbeitstemperatur aus. Diese Eigenschaften ermöglichen die Fertigung deutlich effizienterer Bauelemente mit kleineren Bauelementkapazitäten und schnelleren Schaltgeschwindigkeiten.

Die Forschungsarbeiten des Fraunhofer ISIT zielen deshalb auf vertikale Transistoren auf 8"-Wafern, die eine höhere Leistungsdichte gegenüber lateralen Bauelementen ermöglichen. Als Ausgangsmaterial werden 8"-GaN-on-Si-Wafer mit epitaktisch gewachsenen GaN-Schichten als auch Bulk-GaN-Wafer verwendet. Für die Entwicklungsarbeiten nutzt das Fraunhofer ISIT das Equipment und die Fertigungskennnisse in dem neu gebauten MEMS-Reinraum. Dabei wird die vorhandene Technologie so angepasst, dass sie die Anforderungen des neuen Materials erfüllt.



Das ISIT liegt 40 km nördlich von Hamburg in Schleswig-Holstein
direkt an der A 23 in Sichtweite der Autobahnausfahrt Itzehoe Nord

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie
Fraunhoferstraße 1
D-25524 Itzehoe
Tel. +49 (0) 4821 / 17-4229
Fax +49 (0) 4821 / 17-4250
info@isit.fraunhofer.de
www.isit.fraunhofer.de

Sekretariat
Tel. +49 (0) 4821 / 17-4229
Tel. +49 (0) 4821 / 17-4222
sekretariat@isit.fraunhofer.de

Leitung
Dr. Axel Müller-Groeling
Durchwahl -4211
axel.mueller-groeling@isit.fraunhofer.de

Stellvertreter
Prof. Dr. Bernhard Wagner
Durchwahl -4213
bernhard.wagner@isit.fraunhofer.de

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Claus Wacker
Durchwahl -4214
claus.wacker@isit.fraunhofer.de

Fraunhofer ISIT Hamburg
Anwendungszentrum
Leistungselektronik für
Regenerative Energiesysteme
Steindamm 94
20099 Hamburg
Prof. Dr. Frerk Haase
Tel. +49(0)40 42875 93 11
frerk.haase@isit.fraunhofer.de

GESCHÄFTSFELDER

Leistungselektronik
Prof. Dr. Holger Kapels
Durchwahl -4302
holger.kapels@isit.fraunhofer.de

Hocheffiziente Leistungstransistoren
Prof. Dr. Holger Kapels

Leistungselektronik für Regenerative Energiesysteme Hamburg
Prof. Dr. Frerk Haase
Tel. +49(0)40 42875 93 11
frerk.haase@isit.fraunhofer.de

Batteriesysteme für Spezialanwendungen
Dr. Andreas Würsig
Durchwahl -4336
andreas.wuersig@isit.fraunhofer.de

Mikro-Fertigungsverfahren
Christian Beckhaus
Durchwahl -4621
christian.beckhaus@isit.fraunhofer.de

Waferlevel Packaging und Prozesse
Dr. Wolfgang Reinert
Durchwahl -4617
wolfgang.reinert@isit.fraunhofer.de

Prozessintegration u. Pilotfertigung
Martin Witt, Durchwahl -1437
martin.witt@isit.fraunhofer.de

Modul-Services
Helge Schimanski
Durchwahl -4639
helge.schimanski@isit.fraunhofer.de

MEMS-Anwendungen
Dr. Fabian Lofink
Durchwahl -1198
fabian.lofink@isit.fraunhofer.de

Optische Systeme
Dr. Ulrich Hofmann
Durchwahl -1429
ulrich.hofmann@isit.fraunhofer.de


Akustische Systeme und Mikroantriebe
Dr. Fabian Stoppel
Durchwahl -1455
fabian.stoppel@isit.fraunhofer.de


Hochempfindliche Sensorsysteme
Dr. Thomas Knieling
Durchwahl -1441
thomas.knieling@isit.fraunhofer.de


Fraunhofer ISIT
ist Teilnehmer der

 **Forschungsfabrik Mikroelektronik**
Deutschland

ISIT-KOOPERATIONSPARTNER AM HIGH-TECH-STANDORT ITZEHOE

 **Vishay Siliconix Itzehoe GmbH**
Fraunhoferstr. 1, 25524 Itzehoe
Tel. +49 (0) 4821 / 17-4702
sekretariat.itzehoe@vishay.com
www.vishay.com

 **Custom Cells Itzehoe GmbH**
Fraunhoferstr. 1b, 25524 Itzehoe
Tel. +49 (0) 4821 / 17 19 19
kontakt@customcells.de
www.customcells.de

 **IZET Innovationszentrum Itzehoe**
Fraunhoferstr. 3, 25524 Itzehoe
Tel. +49 (0) 4821 / 778-0
info@izet.de
www.izet.de

 **X-FAB MEMS Foundry Itzehoe GmbH**
Fraunhoferstr. 1, 25524 Itzehoe
Tel. +49 (0) 4821 / 17-1901
info@xfab.com, www.xfab.com

 **Condias GmbH**
Fraunhoferstr. 3, 25524 Itzehoe
Tel. +49 (0) 4821 / 80 40 87-0
info@condias.de
www.condias.de