

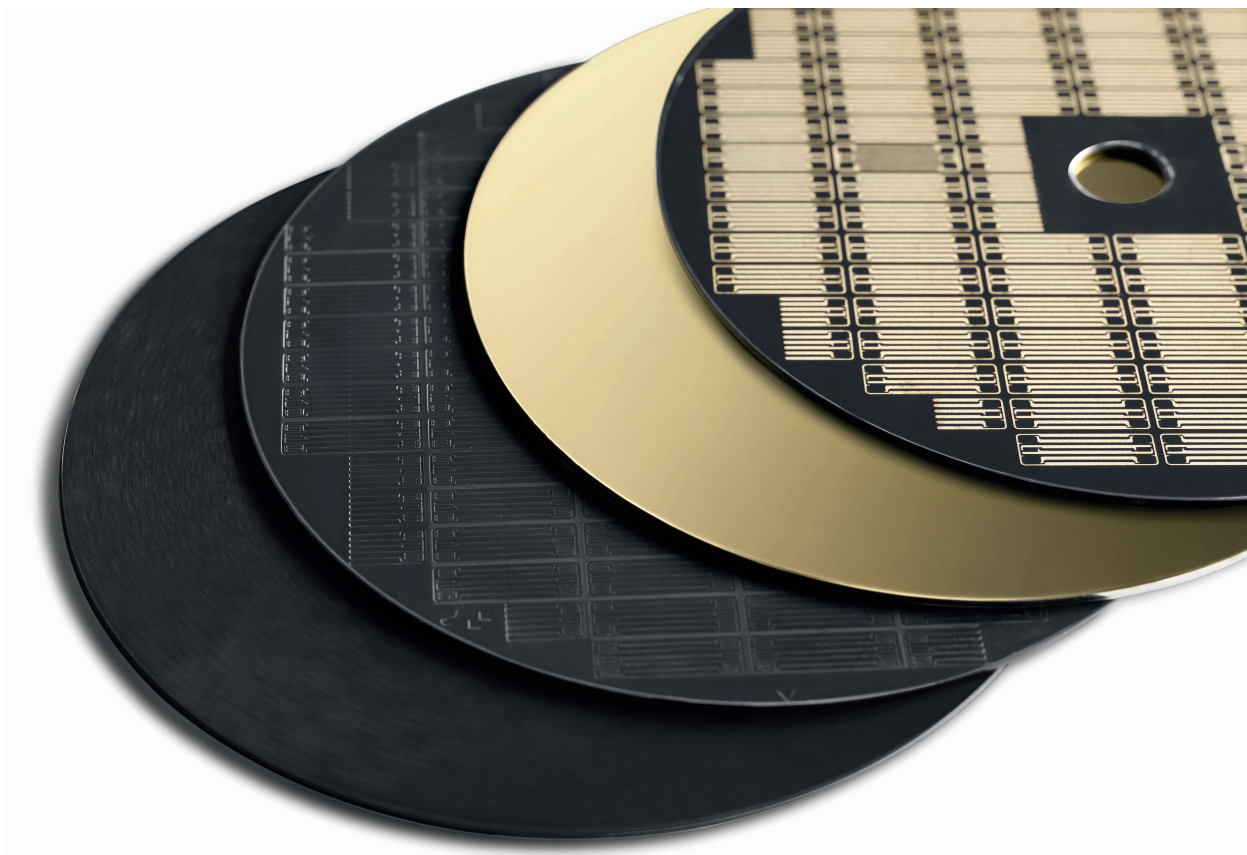
Ein einfacher Weg zur Funktionalisierung, Individualisierung und Integration von MEMS

Mikrosysteme neu gedacht

Substrate für mikroelektromechanische Systeme (MEMS) bestehen bislang meist aus Silizium, Keramik oder Glas. Doch mit der Ensinger Microsystems Technology (EMST) lassen sich die winzigen Helfer deutlich einfacher herstellen. Die Lithografie im Reinraum entfällt. Stattdessen werden beim Spritzgießen des Polymer-Wafers feinste Strukturen eingebracht und metallisch funktionalisiert. So lassen sich individuelle Anforderungen erfüllen – auch bei der Systemintegration.

Vom Kunststoff-Wafer zum funktionalisierten Chip: Das Substrat aus Tecacomp PEEK LDS wird mit Leiterbahnen und Durchkontaktierungen bestückt und ermöglicht zahlreiche Sensorfunktionen auf kleinstem Raum.

© Ensinger



Als starres Substrat für den Aufbau von Mikrosystemen, wie beispielsweise Sensoren, werden bislang meist Silizium, Keramiken oder Glas genutzt. Denn bei der lithografischen Strukturierung sind diverse chemische Lösungsmittel, Lacke und temperaturintensive Prozessschritte erforderlich. Viele Kunststoffe versagen bei diesen technischen Ansprüchen oder sind preislich lediglich als Folienmaterial erschwinglich. Anders Polyetheretherketon (PEEK), das mit herausragenden Eigenschaften punkten kann.

Multitalent PEEK

PEEK ist ein teilkristalliner Thermoplast mit sehr hoher chemischer Resistenz und Temperaturbeständigkeit. Diese Eigenschaften sind maßgeblich für den Einsatz in der Mikrosystemtechnik. Der elektrisch isolierende und hochgradig inerte Hochleistungskunststoff besitzt darüber hinaus eine hohe Festigkeit, ist strahlenbeständig und erfüllt die Anforderungen der Richtlinie 2011/65/EU RoHS sowie zahlreicher Industrienormen für die Produktion von Lebensmitteln und

Pharmazeutika, die Medizin- und Luftfahrttechnik sowie auch die Öl- und Gasindustrie.

Bei der Ensinger GmbH, Nufringen, wurde der Werkstoff in jahrelanger Entwicklungsarbeit mit Kooperationspartnern weiter optimiert. Wafer aus Tecacomp PEEK LDS (**Bild 1**) unterstützen die für das MID-Verfahren (kurz für Molded Interconnect Devices, spritzgegossene Schaltungsträger) entwickelte Laser-Direktstrukturierung (LDS). Damit lassen sich feinste Leiterbahnen und Kontaktpads präzise realisieren. »

Bild 1. Wafer aus Tecacomp PEEK LDS ermöglichen mithilfe der Laser-Direkt-Strukturierung (LDS) feinste Strukturen von 1 bis 100 µm.

© Ensinger



Mit seiner optimierten Oberflächenrauheit ($< 30 \text{ nm } R_a$) ist Tecacomp PEEK LDS ein äußerst zuverlässig haftendes Substrat für metallische Dünnschichten wie stromlose Metallisierungen, galvanische oder PVD-Schichten (Physical Vapor Deposition). Der thermische Ausdehnungskoeffizient lässt sich an das für die jeweilige Dünnschicht verwendete Metall – zum Beispiel Gold, Nickel oder Kupfer – anpassen. Die hohe Temperaturbeständigkeit (dauerhaft bis 260°C , kurzzeitig bis 300°C) ermöglicht auch das Drahtbonden sowie thermo-kom-

pressives, Reflow- und konventionelles Löten.

Mit Tecacomp PEEK MED LDS grey bietet Ensinger auch eine biokompatible Variante des Compounds an, aus dem speziell für die Medizintechnik geeignete Wafer (Typ: Tecawafer PEEK MT LDS grey) hergestellt werden. Kunststoffe aus dem Ensinger MED- bzw. MT-Standard-Portfolio werden entsprechend ihrer beabsichtigten Anwendung nach ISO 10993 vorzugsweise am Produkt getestet. Sie erfüllen die in der jeweiligen Prüfung spezifizierten Anforderungen. Die Bewertung der Biokompatibilität kann aber auch kundenindividuell angepasst sein.

EMST statt Lithografie

Die Ensinger Microsystems Technology (EMST), die mit dem Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT) der Leibniz Universität Hannover erfunden und patentiert wurde, eröffnet nun neuartige Möglichkeiten der Funktionalisierung,

Integration und kundenspezifischen Anpassung von Mikrosystemen. Im Spritzgießverfahren werden sogenannte Tecawafer aus PEEK LDS vorstrukturiert und bilden ausgesprochen präzise Oberflächenstrukturen ab, die durch mikrometergenau bearbeitete Werkzeugeinsätze übertragen werden. Die Strukturen können Auflösungen im üblichen Bereich der Lithografie für Mikrosysteme von 1 bis $100 \mu\text{m}$ haben. Die Funktionalisierung wird durch PVD-Prozesse ermöglicht.

Dies bedeutet, dass physikalische Eigenschaften des Mikrosystems durch die Eigenschaften verschiedener Metalle oder Legierungen erzeugt werden können. Beispielsweise werden Temperatursensoren mit Platin gefertigt, Magnetfeldsensoren mit Nickel-Eisen-Legierungen oder verschiedene weitere Systeme mit komplexeren Schichtstapeln. Die Strukturen werden nach der Funktionalisierung durch Polierprozesse freigelegt und lassen sich somit schnell und reproduzierbar abbilden (**Bild 2**).

Kleine Strukturen, große Freiheiten

Die Größe, Struktur und Form der Mikrosysteme ist durch den Spritzgießprozess nun deutlich freier, als dies bisweilen mit Lithografie möglich wäre. Individualisierte Mikrosysteme werden zudem viel kosteneffizienter und flexibler – sowohl hinsichtlich der Größe des einzelnen Sensors oder Sensorarrays als auch mit Blick auf die Stückzahl, das Wafer-Format oder die Wafer-Anzahl.

Da die Form des Substrats sich ebenfalls frei gestalten lässt, können die Anwender nun neue Möglichkeiten für die

Info

Text

Dr. Sebastian Bengsch leitet seit 2022 den Aufbau des Start-ups Ensinger Microsystems Technology (EMST) bei der „New Business Factory“, dem Innovationsmotor der 1966 gegründeten Ensinger Gruppe; sebastian.bengsch@ensingerplastics.com

Im Profil

Die **Ensinger Gruppe** befasst sich mit der Entwicklung, Fertigung und dem Vertrieb von Compounds, Halbzeugen, Composites, Fertigteilen und Profilen aus technischen Kunststoffen. Zur Verarbeitung der thermoplastischen Konstruktions- und Hochleistungspolymere setzt Ensinger eine Vielzahl von Herstellungsverfahren ein, unter anderem Extrusion, mechanische Bearbeitung, Spritzgießen, Formguss, Sintern und Pressen. Mit insgesamt 2700 Mitarbeitern an 34 Standorten ist das Familienunternehmen in allen wichtigen Industrieregionen weltweit mit Fertigungsstätten oder Vertriebsniederlassungen vertreten.

www.ensingerplastics.com

www.ensingerplastics.com/en/microsystems

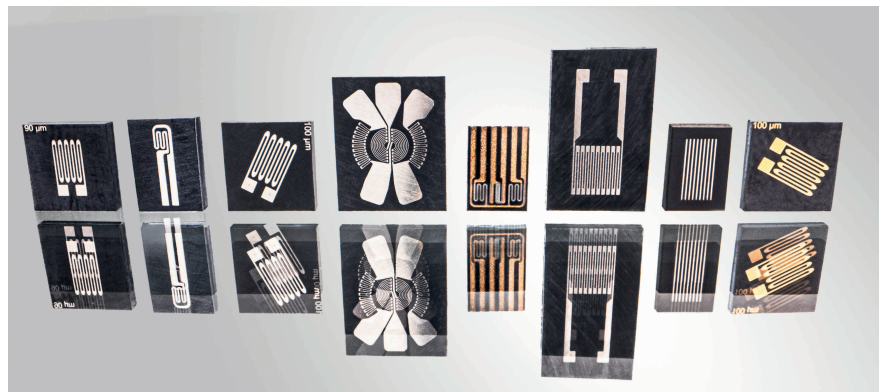


Bild 2. Die EMST ermöglicht die Herstellung individueller MEMS auf Basis von Wafern aus einem Hochleistungskunststoff. Die physikalischen Eigenschaften des Mikrosystems werden durch die Eigenschaften der aufgetragenen Metalle realisiert. © Ensinger

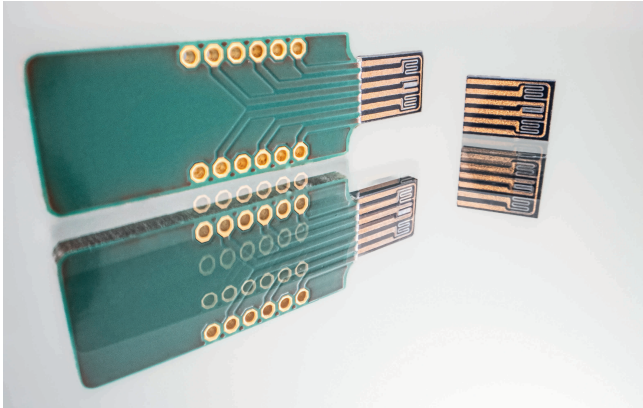


Bild 3. Dieser kompakte Durchflusssensor für Atem- und Dialysegeräte misst sowohl die Strömungsrichtung als auch die Temperatur präzise.

© Ensinger

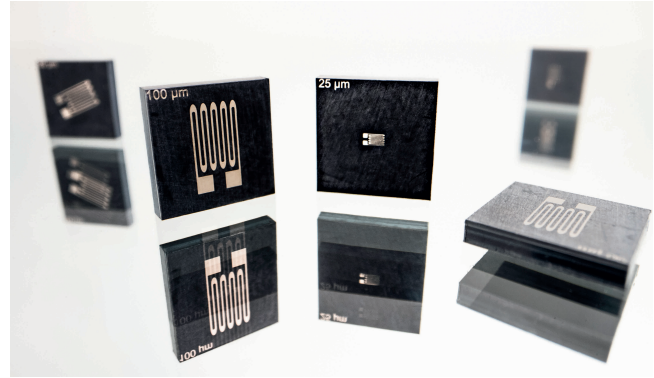


Bild 4. AMR-Sensoren lassen sich zum Beispiel zur Drehzahlmessung in Dentalbohrern, in 3D-Lokalisierungssystemen mit „Smart Pill“-Technologien oder zur Positionierung in der roboterassistierten Chirurgie einsetzen. © Ensinger

Systemintegration nutzen. Der Einbindung von Mikrosystemen in Baugruppen oder in die gezielte Anwendung wird somit eine neue Tür geöffnet. In Kombination mit der Laser-Direktstrukturierung, die Tecacomp PEEK LDS erlaubt, können durch die neuen Freiheitsgrade bezüglich der Substratgeometrien nun Sensorarrays oder Sensorträger direkt als Komponente verbaut werden und müssen nicht mehr eingehaust oder durch aufwendige Kontaktierungstechnologien verbunden werden, um überhaupt in der Zielapplikation verbaut werden zu können.

Individualisierte Sensoren für die Medizintechnik

Sensoren kommen in einer wachsenden Zahl medizinischer Anwendungen zum Einsatz. Sie ermöglichen dank hoher Energieeffizienz und Miniaturisierung neue tragbare Anwendungen und immer kompaktere Endgeräte. Mit der EMST lassen sich auf kleinstem Raum ein oder mehrere Sensoren integrieren. So entstanden zum Beispiel Durchflusssensoren (**Bild 3**) für Atem- und Dialysegeräte, die sowohl die Strömungsrichtung als auch die Temperatur präzise messen.

Vielfältige Einsatzmöglichkeiten bieten magnetische Sensoren, insbesondere AMR-Sensoren (**Bild 4**), die auf dem anisotropen magnetoresistiven Effekt basieren. Sie dienen beispielsweise zur Drehzahlmessung in Dentalbohrern, ermöglichen die Lokalisierung und 3D-Navigation von sogenannten „Smart Pills“ im Magen-Darm-Trakt oder die exakte Positionierung der Instrumente

bei der roboterassistierten minimalinvasiven Chirurgie (MIRC).

AMR-Sensoren sind anspruchsvoll hinsichtlich ihres PVD-Dünnschichtsystems auf dem PEEK-Substrat, der Strukturgeometrie der eingepägten Mikrostruktur sowie der anschließenden Aufbau- und Verbindungstechnik in der Einsatzumgebung. Hierfür bietet Ensinger eine individualisierte, funktionalisierte und integrierte Lösung. Die Sensoren werden auf dem PEEK-Substrat aufgebaut, das direkt in einem Format mit Halterungspunkten für den späteren Einbau entworfen wurde. Die Leiterbahnen und Durchkontaktierungen werden mittels LDS- und PVD-Verfahren hergestellt. Der Controller und der Analog-Digitalwandler werden mittels Reflow-Löten direkt auf das funktionalisierte Substrat aufgebracht.

Da das Substrat die Sensoreigenschaften aufweist, müssen keine weiteren Komponenten außer dem Controller und dem Wandler aufgebracht werden.

Die Stromversorgung und der Displayanschluss werden über USB-C gewährleistet. Der AMR-Sensor kann selbstlernend in verschiedensten Anwendungen eingesetzt werden und zeigt alle kombinierten Vorteile der EMST auf.

Fazit

In Summe bietet die Ensinger Microsystems Technology eine große Bandbreite an Innovationen für die Fertigung von MEMS. Die neuen Gestaltungsfreiräume haben bereits eine Vielzahl von Anwendungen hervorgebracht, die bei Ensinger für die Serie industrialisiert werden. Dazu zählen zum Beispiel Druck-, Temperatur-, Durchfluss- und Magnetfeldsensoren (AMR, GMR und Wirbelstrom), Dehnmessstreifen, Stromsensoren sowie Transformatoren. Die Fertigung ohne Lithografieprozesse ermöglicht dabei eine signifikant effizientere und flexiblere Produktion. ■