Das Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen berichtet über neue Technologien

Formgedächtnispolymere

Formgedächtnispolymere (FGP) gehören zu der vielfältigen Gruppe der sogenannten Intelligenten Materialien und weisen ähnlich wie die metallischen Formgedächtnislegierungen (FGL) einen Formgedächtniseffekt (FGE) auf. Dieser befähigt sie in ihrer einfachsten Ausführung, nach einer starken Formveränderung in einen zuvor festgelegten Zustand zurückzukehren. Als Reiz für diese Rückstellung können beispielsweise Änderungen der Temperatur, der Lichtverhältnisse oder des Magnetfeldes genutzt werden. Die wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet der FGP hat in den letzten zehn Jahren stark zugenommen. Es wird damit gerechnet, dass sie ihr Einsatzspektrum in Zukunft weiter ausdehnen werden. Insbesondere sollten sie die schon seit längerem erforschten und heute auch bereits weiter verbreiteten FGL zunehmend ergänzen und in Teilbereichen auch ersetzen.

Der FGE ist u.a. abhängig von dem molekularen Aufbau der Polymere und der daraus entstehenden inneren Struktur. Das durch Variation dieser Parameter erreichbare Spektrum ihrer potenziellen Eigenschaften und damit Anwendungsgebiete ist groß. Dabei reicht ihr Entwicklungsstand aktuell vom Grundlagen- bzw. Forschungsstadium über prototypische Anwendungen bis hin zu Massenmarktprodukten. FGP sind bereits vielfach in Alltagsanwendungen vertreten. Dazu gehören Ummantelungen von Elektrokabeln, Wärmeschrumpffolien für Verpackungen, Matratzen oder Schuhsohlen. Auch als Dichtungsmassen in Dehnfugen an Brücken und Betondecken finden sie Verwendung. Zu Beginn der Forschung war das Interesse an diesen intelligenten Werkstoffen vor allem im Automobilbereich sehr groß. In den letzten Jahren haben FGP jedoch auch Einsatzgebiete in komplexeren Anwendungsbereichen wie der sogenannten Selbstheilenden Materialien oder der Medizin gefunden. Hier sind z.B. sich selbst zusammenziehendes Nahtmaterial, intravenöse Kanülen oder Kunststoffverbände und -schienen zur Ruhigstellung von Knochenbrüchen seit längerem bekannt.

Das zunehmende Interesse an der Nutzbarkeit in High-Tech-Anwendungen ist auch darin begründet, dass mittlerweile die Herstellung von FGP gelungen ist, die abhängig vom Reiz mehrere Zwischenformen annehmen können oder einen Formänderungseffekt aufweisen. Bei Letzterem wird durch einen Reiz eine Formveränderung ausgelöst, die dadurch wieder rückgängig gemacht und gesteuert werden kann, dass der Reiz entfernt, umgekehrt oder verändert wird. Ein solches Verhalten ist besonders in der Robotik und Mikrosystemtechnik für die Herstellung künstlicher Muskeln von Interesse, die zyklische Belastungen aufweisen. FGP könnten aber auch für kleine, sich selbst faltende Roboter genutzt werden, die z.B. zunächst flach sind und sich auf ein Aktivierungssignal hin (z.B. eine Temperaturerhöhung) selbstständig in die entsprechende Form falten.

Ein potenziell großes Einsatzspektrum besteht in der Medizin bzw. Medizintechnik. FGP eignen sich besonders gut zur Anpassung an organische Konturen wie Haut, Gewebe oder Organe. Daher wird u.a. die Idee verfolgt, sogenannte organische Dünnschichttransistoren (OTFT), die zur Stimulation und Überwachung des Nervensystems sowie zur Kartierung der Herz-Elektrophysiologie eingesetzt werden, auf FGP-Materialien aufzubringen. Durch das enge Anliegen des Materials an den Organen erhöht sich die Genauigkeit der ausgelesenen Daten. Zudem wird an Gefäßstützen und Wirkstofftransportsystemen aus FGP geforscht.

Die Polymere haben eine höhere Flexibilität als entsprechende FGL und würden es ermöglichen, Medikamente punkt- und zeitgenau im Körper freizusetzen. Eine besondere Herausforderung bei medizinischen Anwendungen liegt jedoch in der Sterilisierung der Geräte, da bei Polymeren besonders darauf geachtet werden muss, dass die programmierten Eigenschaften während dieses Prozesses erhalten bleiben.

Ein weiteres großes Anwendungsgebiet von FGP können Membran- und Oberflächen-Technologien sein. Zukünftig ist z.B. die Modifikation verschiedenster Oberflächen oder Membranen mit Hilfe von FGP denkbar. Teilweise umgesetzt ist dies bereits im Bereich atmungsaktiver Textilmembranen. Möglich sind jedoch auch Filtermembranen, die zur Trennung von Flüssigkeits- oder Gasgemischen eingesetzt werden können. Dabei würde die Membran selbstständig auf einen Wechsel des Mediums reagieren und das Filterverhalten ändern oder einen Alarm auslösen. Im Bereich optischer Oberflächen können FGP z.B. für die Herstellung nichtreflektiver Beschichtungen eingesetzt werden, was für Solarzellen oder Displays von großem Vorteil wäre. Verwendungen von FGP an Oberflächen schließen aber auch Prototypen und marktreife Systeme für den Produkt- und Markenschutz mit ein. Dabei werden Hologramme, Bar- oder QR-Codes erst nach dem Erwärmen auf eine bestimmte Temperatur sicht- oder lesbar.

In der Luft- und Raumfahrt ist der Einsatz von FGP in Scharnieren für sich entfaltende Strukturen wie Antennen, Solarzellen oder Sonnensegel von Interesse. Zudem könnten sie einen Beitrag zu verformbaren Flugzeugflügeln oder zur Trimmung von Helikopterrotorblättern leisten. Weitere potenzielle Einsatzgebiete umfassen hier z.B. licht- und/oder temperaturabhängige Sensor-Aktor-Systeme, mit Licht schaltbare Mikroventile sowie reversible Haftsysteme, z. B. für die Füße von Kletterrobotern.

Bei aller Vielfalt potenzieller zukünftiger Anwendungen werden sich FGP möglicherweise nicht in allen Bereichen durchsetzen, da es viele und dabei zum Teil sehr leistungsfähige konkurrierende Technologien gibt. Um z.B. bereits eingesetzte FGL zu verdrängen, müssen sie diesen in den geforderten Eigenschaften zumindest ebenbürtig sein. Das wird insbesondere dann schwierig, wenn eine gewisse mit der Formänderung verbundene zu übertragende Kraft verlangt wird. Zudem gibt es gerade im Bereich Robotik und Mikrosystemtechnik viele Systemlösungen ohne FGE, die FGP je nach Anwendung derzeit noch überlegen sind (z.B. elektroaktive Polymere). Damit sich die Technologie solche komplexeren Anwendungsgebiete trotzdem erschließen kann, gibt es derzeit Entwicklungsbemühungen zur Verbesserung der Eigenschaften von FGP. Dabei konzentriert man sich insbesondere auf die Langzeitstabilität, die Zuverlässigkeit und die Schaltzeiten.

Dr. Diana Freudendahl