

■ Alarm bei Eindringlingen

Durch die Messung des Erdmagnetfeldes lassen sich Sicherheitszäune überwachen.

Die Kontrolle großer Anlagen wie Flughäfen oder Werksgelände ist personal- und kostenintensiv. Kein Wunder, dass es seitens der Betreiber ein großes Interesse an neuen Sicherheitslösungen gibt. Physiker der Universität des Saarlandes ha-

oder Tiere – unterscheiden. Der Ansatzpunkt der Wissenschaftler sind dabei charakteristische Muster im Fourier-Spektrum der Magnetfeldschwankungen. Gemeinsam mit mehreren Unternehmen wollen die Forscher das Sensorkabel nun zur Marktreife bringen. Es lässt sich prinzipiell nicht nur mit AMR-, sondern auch mit empfindlicheren Riesenmagnetowiderstands- (GMR-) oder Tunnelmagnetowiderstands- (TMR-) Sensoren betreiben. Derzeit sind aber vor allem die TMR-Sensoren dafür noch zu teuer.

■ Mosaikstein für die Polymerelektronik

Halbleiter aus konjugierten Polymeren lassen sich nun auch theoretisch verstehen.

Die Polymerelektronik gilt als eines der künftigen Wachstumsfelder in der Halbleiterindustrie. Da Kenngrößen und Haltbarkeiten oft noch nicht den künftigen Anforderungen entsprechen, werden organische Halbleitermaterialien derzeit intensiv erforscht. Halbleiter auf der Grundlage von konjugierten Polymeren sind eines dieser Forschungsgebiete. Bei konjugierten Doppelbindungen überlappt ein π -Orbital mit einem anderen π - oder einem p-Orbital aus einem sp²-hybridisierten Kohlenstoffatom. Halbleiter auf Basis konjugierter Polymere erreichen inzwischen Ladungsträgermobilitäten, die mit der von amorphem Silizium vergleichbar ist. Das macht sie interessant für Dünnschichttransistoren, wie sie etwa in den Backplanes von Aktiv-Matrix-Displays Verwendung finden. Allerdings sind diese halbleitenden Polymere stark gefärbt

und werden durch Luftsauerstoff dotiert. Ersteres verhindert eine farbechte Bilddarstellung, letzteres führt zu schlechten An-/Aus-Verhältnissen der Transistoren. Inzwischen ist zwar bekannt, wie diesen Problemen prinzipiell durch die Einmischung geringer Mengen der halbleitenden Makromoleküle in eine isolierende Polymermatrix beizukommen ist, aber der Grund für die sehr guten elektrischen Eigenschaften dieser Mischschichten war bislang unbekannt. Ein deutsch-amerikanisches Wissenschaftlerteam konnte dieses Verhalten nun aufklären.¹⁾

Kleine Kristallite des halbleitenden Polymers sind ungleichmäßig über das Schichtvolumen verteilt. Durch eine Dotierung bilden sich leitfähige Pfade für den Transport der Ladungen entlang des Transistorkanals. Durch Verarmung einiger weniger Halbleiterdomänen wiederum lässt sich der Transistor komplett abschalten. Das Forscherteam hat mit diesem Wissen die Mischsysteme optimiert und so nahezu transparente organische Feldeffekttransistoren mit Mobilitäten bis zu 0,3 cm²/Vs und sehr hohen An-/Aus-Verhältnissen (bis zu 60) hergestellt. Die Materialien erwiesen sich an der Luft als stabil.

■ Freie Sicht

Die Miniaturisierung von Radarsystemen ermöglicht völlig neue Anwendungen.

Radarsysteme waren früher teuer und aufgrund der benötigten Hohlleiter sperrig. Das beschränkte ihre Anwendung außerhalb des militärischen Bereichs. Dank des technologischen Fortschritts sind inzwischen selbst Systeme mit hohen Arbeitsfrequenzen zunehmend auf Leiterplatten aufbaubar. Was die Marktreife betrifft, ist sicherlich das Kfz-Radar, das im Bereich um 80 GHz arbeitet, das bekannteste Beispiel. Es ist aus Kostengründen überwiegend aus Silizium-Germanium-Halbleiterbausteinen aufgebaut und ermöglicht die gleichzeitige Messung von Abstand und Geschwindigkeit. Wissenschaftler



Saarbrücker Physiker haben ein Verfahren entwickelt, mit dem sich Schutzzäune lückenlos überwachen lassen.

ben nun in einer Machbarkeitsstudie eine neuartige Überwachungslösung vorgestellt. Das Verfahren nutzt als Referenzsignal für den störungsfreien Zustand das Erdmagnetfeld und funktioniert auch in der Nähe von ferromagnetischen Materialien wie Stahlzäunen.

Für ihre Demonstration verwendeten die Physiker kommerziell erhältliche Magnetfeldsensoren, die auf dem Anisotropen Magnetoresistiven Widerstand (AMR) beruhen. Diese AMR-Sensoren besitzen eine sehr hohe „innere“ Empfindlichkeit, die sich mit ausgeklügelter Messtechnik ausschöpfen lässt: ein bis 100 Nanotesla statt einer Empfindlichkeit im Bereich von Millitesla. Die Sensoren detektieren dadurch noch Verkippungen gegen die Inklination des Erdmagnetfeldes von einem Grad, das ist mehr als genug, um eine Person auszumachen, die über den Zaun klettert.

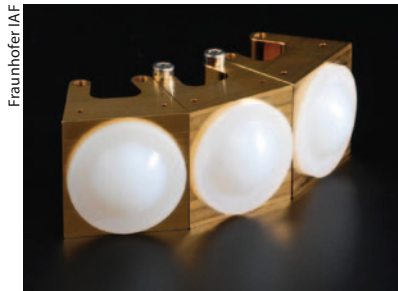
Die Sensoren sind äquidistant in ein Kabel eingebracht und an ein Bussystem angeschlossen. Über einen Algorithmus lassen sich künftig vollautomatisch Sicherheitsvorfälle von Fehlalarmen – ausgelöst zum Beispiel durch Wind



Das rotationsbeschichtete Materialmischsystem auf durchsichtigem Substrat bietet hohe Transparenz.

1) G. Lu et al., Nature Communications, DOI: 10.1038/ncomms2587

2) Q. Zhou et al., arXiv:1303.2391



Fraunhofer IAF

Die Drei-Kanal-Antenne des W-Band-Radars arbeitet mit dielektrischen Linsen.

dreier Fraunhofer-Institute haben nun ein Radar für das W-Band (75 GHz bis 110 GHz) entwickelt. Beteiligt sind die Institute für Angewandte Festkörperphysik (IAF) in Freiburg, für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart sowie für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) in Berlin.

Das Labormuster arbeitet bei 94 GHz, weil die Dämpfung der Atmosphäre bei dieser Frequenz minimal ist. Bei gleicher Sendeleistung und Empfangsempfindlichkeit ist die Reichweite dadurch im Vergleich zu einem Kfz-Radar vier- bis zehnmal größer. Die Schaltkreise bestehen aus einer Indiumphosphid-Galliumarsenid-Heterostruktur, die erheblich rauschärmer als die Silizium-Germanium-Halbleiter des Kfz-Radars sind. Die Bandbreite fällt mit deutlich mehr als 2 GHz ebenfalls sehr hoch aus. Die räumliche Auflösung eines Radars steigt mit der Bandbreite. Da es sich um einen Demonstrator handelt, lassen sich Parameter wie Sendeleistung, Bandbreite und Empfängerverstärkung über eine Software im laufenden Betrieb einstellen.

Das Radar ermöglicht neue Anwendungen; für die meisten ist die erforderliche Sendeleistung mit weniger als 1 mW sehr gering. Die Forscher sehen Einsatzmöglichkeiten als Hubschrauberlandehilfe (freie Sicht trotz aufgewirbeltem Schnee oder Staub), in der Füllstandssensorik (etwa beim Befüllen von Mehlsilos), im Objektschutz (Zaunüberwachung bei Nebel), in der Medizintechnik (berührungslose Überwachung von Atmung und Herzschlag) und in der Qualitätssicherung (Fehlererkennung in Werkstücken).

■ Hörerlebnis dank Kohlenstoff

Graphen eignet sich als Lautsprechermembran.

In Zeiten der mobilen Elektronik – vom MP3-Player über das Smartphone bis zum Tablet und Notebook – scheinen Lautsprecher und Mikrophone fast allgegenwärtig zu sein, Bedarf steigend. Um im hörbaren Bereich zwischen 20 Hz und 20 kHz eine gute Tonqualität zu liefern, müssen die Membranen der Lautsprecher einen möglichst konstanten Frequenzgang aufweisen. Die ideale Membran hat eine geringe Masse, um hohe Frequenzen bestmöglich wiederzugeben, und eine hohe Festigkeit – erlaubt also größere Durchmesser – für die Wiedergabe tiefer Frequenzen. Die Dämpfung sinkt aber drastisch, sobald der Durchmesser kleiner als die Wellenlänge des Schalls ist.

Berkeley-Forscher haben nun einen Lautsprecher aus Graphen gefertigt, der einen beeindruckenden Frequenzgang aufweist.²⁾ Sie haben eine dünne Nickelfolie mit chemischer Gasphasenabscheidung mit Graphen beschichtet, auf einen Rahmen geklebt und in der Mitte die Nickelfolie weggeätzt. Zurück blieb eine etwa 30 nm dünne Graphenschicht als Membran mit 7 mm Durchmesser.

Graphen ist aufgrund seiner Eigenschaften ideal: Es hat eine extrem geringe Masse pro Flächeneinheit, ein großes Elastizitätsmodul und eine große Zugfestigkeit. Als Membran lässt es sich so dünn machen, dass es nicht künstlich gedämpft werden muss wie heutige Lautsprechermembranen, sondern bereits Luft dafür ausreicht – das spart Energie. Die Graphenmembran aus Berkeley kommt mit einigen Nanoampere aus.

Ohne weitere Optimierung ist der Frequenzgang der Membran bereits mit dem eines hochwertigen kommerziellen Kopfhörers gleicher Größe vergleichbar, bei hohen Frequenzen schneidet die Graphenmembran sogar besser ab. Das Prinzip der Graphenmembran sollte sich auch auf Mikrofone übertragen lassen.

Michael Vogel