

■ Hochpräzise gemessen

Ein Radarsystem bestimmt Abstände auf einen Mikrometer genau.

Industrielle Anwendungen, bei denen es auf genaue Abstandsmessungen ankommt, stoßen langsam an Grenzen, die mit heutigen Verfahren nicht mehr zu durchbrechen sind. So zählen zum Beispiel Werkzeugmaschinen für die spanende Bearbeitung die Schritte der Schrittmotoren, um die Position ihrer Bearbeitungswerkzeuge zu be-



Tim Jaeschke, RUB

Test des Radarsystems in der Messkammer: In Bochum wurde die Hardware entwickelt, in Karlsruhe der Algorithmus.

stimmen. Wegen des mechanischen Spiels geht das nur bis in den Bereich einiger zehn Mikrometer gut. Das erklärt das Interesse der Industrie an genaueren Verfahren zur Abstandsmessung. Wissenschaftler des Karlsruher Instituts für Technologie und der Ruhr-Uni Bochum haben einen robusten Demonstrator vorgestellt, der mittels Radartechnik Abstände auf einen Mikrometer genau bei Entfernungen von mehreren Metern im Freiraum messen kann. Bislang publizierte Rekordwerte von radarbasierten Abstandsmessungen, die absolute Positionen für das Objekt liefern, liegen zwischen 50 und 200 μm .

Bei dem System handelt es sich um ein FMCW-Radar (Frequency Modulated Continuous Wave): Die Frequenz durchläuft dabei eine linear steigende oder fallende Rampe. Wird das gesendete Signal mit dem vom Objekt reflektierten Signal gemischt, ergibt sich eine Differenzfrequenz, die proportional zum Abstand des Objekts ist. Das FMCW-Verfahren findet bei einem großen Teil der Automobilradare Anwendung. Allerdings erreichen die Fahrzeugsysteme nur eine Genauigkeit im Zentimeterbereich.

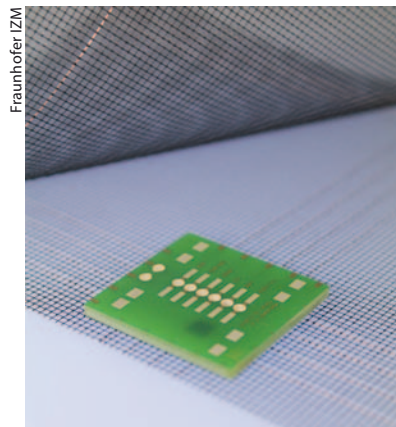
Für Messungen mit höchster Präzision ist eine besonders breitbandige und hoch lineare Frequenzrampe nötig. Hierzu entwickelten die Forscher einen Radarchip. Die Genauigkeit im Submillimeterbereich erreichen sie durch einen Algorithmus, der parallel zur FMCW-Signalverarbeitung die Phase des Signals auswertet und eventuelle Dispersion berücksichtigt.

Neben Werkzeugmaschinen sind verschiedene weitere Anwendungen in der Industrie denkbar. Mit Blick darauf wollen die Forscher ihr System weiter optimieren.

■ Wenn die Plane Alarm schlägt

Mithilfe von technischen Garnen lässt sich eine Diebstahlsicherung aufbauen.

Die Zeiten, in denen Fäden ausschließlich der Herstellung von Kleidung dienten, sind längst vorbei. Selbst manche Brücke ist heute aus einem technischen Garn gefertigt. Mit solchen Anwendungen erschließen hiesige Webereien auf dem Weltmarkt neue Nischen. Wissenschaftler des Berliner Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM und der TU Berlin haben gemeinsam mit der Ettlin Spinnerei und Weberei Produktions GmbH aus Ettlingen ein Textil entwickelt, das zur Diebstahlsicherung dienen kann. Beim vorliegenden Demonstrator handelt es sich um ein 50 cm mal 50 cm großes Modul, in das



Fraunhofer IZM

Smarte Textilien mit leitfähigem Garn und Controllermodul schützen vor Einbrüchen.

silberbeschichtete Nylonfäden eingewoben sind. Die kommerziell erhältlichen Fäden sind mit einem Kunststoff isoliert und gitterförmig im Textil verarbeitet, sodass die Maschenweite etwa 10 cm beträgt. Eine mikrocontrollergesteuerte Elektronik erfasst die Spannungen, die an sämtlichen leitfähigen Fäden anliegen, und erkennt dadurch sofort, wenn das Textil irgendwo durchtrennt wird. Die Maschenweite bestimmt dabei, wie genau sich die beschädigte Stelle lokalisieren lässt.

Die Forscher haben die leitfähigen Garne mit der Auswertelektronik über Kleben und Lötten verbunden. Der Demonstrator zeigte sich in Bewitterungstests ausfallsicher. Für Module im Meterbereich reicht die Leitfähigkeit der silberbeschichteten Nylonfäden aus, bei deutlich größeren Abmessungen müssten an ihre Stelle zum Beispiel dünne Kupferdrähte treten. Letztlich hängt die konkrete Auslegung des Textils von der Anwendung ab: Neben der Modulgröße spielt auch die erforderliche Elastizität der Plane eine Rolle.

Denkbare Anwendungen sind Diebstahlsicherungen für Lkw-Planen, weil beladene Fahrzeuge immer wieder ausgeraubt werden. Aber auch im Gebäudeschutz ließen sich solche Textilien einsetzen – etwa in Fabriken, Museen oder Banken. Ein Patent auf die gewebte Struktur des Textils ist beantragt.

■ Laser-Chamäleon

Ein integrierbarer Halbleiterlaser lässt sich auf verschiedene Wellenlängen übertragen und in einem weiten Bereich durchstimmen.

Durchstimmbare chipbasierte Halbleiterlaser sind eine wichtige Technologie für die Datenübertragung in optischen Netzen und für die Spektroskopie. In der Telekommunikation erspart man sich dadurch die Herstellung und Integration mehrerer Laser, die für die Übertragung auf verschiedenen Kanälen erforderlich sind. In der Spektroskopie lässt sich damit ein

1) C. Gierl et al., Opt. Express 19, 17336 (2011)

weiter Wellenlängenbereich mit nur einer kompakten Laserdiode abdecken. Wissenschaftler der TU Darmstadt und der TU München haben nun gemeinsam mit Kooperationspartnern nachgewiesen, dass sich ein von ihnen entwickelter oberflächenemittierender Halbleiterlaser dafür bestens eignet.

Bei dem Laser handelt es sich um einen VCSEL (Vertical-Cavity Surface Emitting Laser), der über eine angekoppelte Faser eine maximale Ausgangsleistung von 3,5 mW erreicht; mit mehr als 2 mW über den gesamten durchstimmbaren Bereich von 100 nm.¹⁾ Vergleichbare Laser lassen sich über einen Bereich von maximal 55 nm abstimmen. Die Forscher haben den Laser an der Oberfläche mit einer Membran als zweiten Resonatorspiegel bestückt, die sie auf Wafern mit Niedertemperaturverfahren gefertigt haben. Sie lässt sich kontrolliert verformen. Die in den Laser integrierte Blende und der Krümmungsradius der Membran müssen aufeinander abgestimmt sein, damit sich nur die Grundmode ausbildet.

Diese Technologie lässt sich auf den gesamten Wellenlängenbereich zwischen 0,8 und 2,7 μm übertragen. Inzwischen hat der irische Kooperationspartner Tyn-dall einen auf die Telekommunikationswellenlänge von 1,55 μm ausgelegten Laser dieser Bauart in einem optischen Netz eingesetzt und die Durchstimbarkeit erfolgreich getestet. Das Schweizer Unternehmen Leister, ebenfalls ein Kooperationspartner, will einen auf 2 μm ausgelegten Laser für die Gasspektroskopie testen. Hier genügt ein einziger Laser, um verschiedene Gase gleichzeitig nachzuweisen.

■ Zuckermessung ohne Stich

Ein integrierter Biosensor bestimmt die Glukosekonzentration in der Tränenflüssigkeit.

Diabetes ist eine chronische und oft lästige Krankheit. Die Betroffenen, vor allem Typ-1-Diabetiker, müssen sich regelmäßig Blut abnehmen, um ihren Insulinpiegel zu kontrollie-



Der dünne Biosensor für die Blutzuckermessung lässt sich im unteren Augenlid tragen.

ren. Lässt sich der Piekser von der Insulinspritze schon nicht vermeiden, dann vielleicht zumindest der Einstich fürs Blutnehmen. Denn Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS in Duisburg haben im Auftrag der niederländischen Medizintechnikfirma Noviosense BV einen Biosensor entwickelt, der die Insulinkonzentration elektrochemisch in der Tränenflüssigkeit misst.

Der Sensor ist chipbasiert und vollintegriert. Er besteht aus einem Nanopotentiostaten und einem Transponder. Eine der Elektroden des Potentiostaten ist mit einem Enzym, der Glukose-Oxidase, funktionalisiert. Die Glukose-Oxidase wandelt den Blutzucker unter anderem in Wasserstoffperoxid um, dessen Konzentration das Messsignal liefert: Die zwischen Arbeits- und Referenzelektrode anliegende Spannung ändert durch die elektrochemische Reaktion ihren Wert, der über eine dritte Elektrode mithilfe der Stromregelung wieder auf den ursprünglichen, konstanten Wert eingestellt wird. Die Stromstärke dient als Indikator für die Blutzuckerkonzentration und wird über den Transponder ausgelesen.

Früher verbrauchten solche Systeme rund 500 μA bei 5 V, im vorliegenden Fall sind es weniger als 100 μA . Der Chip ist 0,7 mm breit und 10 mm lang und steckt in einer hydrophob beschichteten Kapsel. Dank der Beschichtung lässt sie sich angenehm im unteren Augenlid tragen. Der Biosensor liegt als Demonstrator vor. Gemeinsam mit dem Fraunhofer-IMS will Noviosense den Blutzuckersensor nun zu einem Produkt weiterentwickeln.

Michael Vogel