

Bild 1 | 3D-Radarscan eines Gehäuses mit Millimeterwellen bei 240GHz und SAR-Fokussierung, direkt durch einen Plexiglasdeckel.

Bild: ©Timo Jaeschke

Alternativer 3D-Blick

3D-Radarbildgebung mit Millimeterwellen-Technologie

Neueste Millimeterwellen-Radartechnologie bietet in vielen Applikationen einen, im Vergleich zu herkömmlichen optischen Kameras, alternativen oder ergänzenden Blick auf herausfordernde Applikationen in einem Bereich des Spektrums, der manch verstecktes Detail offenbart.

Die Fortschritte in der Silizium-Germanium (SiGe) Technologie für Millimeterwellen-Radarsysteme, die in den letzten Jahren durch die Sensorik für das autonome Fahren erzielt wurden, führen mittlerweile zur Verfügbarkeit von günstigen und industrietauglichen Sensoren im Frequenzbereich bis 300GHz mit immer größeren Bandbreiten. Diese ermöglichen es, die dielektrischen Eigenschaften von Materialien sichtbar zu machen. Dabei dringen die Wellen in viele nicht elektrisch leitfähigen Medien ein. Zudem sind Millimeterwellen robust gegen Staub, Dampf/Nebel sowie dielektrische Materialien mit geringer relativer Permittivität, da diese Materialien

durchdrungen werden. Metallbeschichtungen, dicke Wasserfilme oder wasserhaltige Materialien führen allerdings zur Totalreflexion. So ist die Untersuchung durch Papier-/Plastik-Verpackungen möglich (Bild 2). Auch gefrorene wasserhaltige Lebensmittel wie Tiefkühlpipetten lassen sich in der Verpackung auf Fremdkörper untersuchen, wobei neben metallischen auch dielektrische Fremdkörper (z.B. Kunststoff) erkannt werden. Besonders Übergänge zwischen unterschiedlichen dielektrischen Materialien führen durch die unterschiedlichen Reflexionseigenschaften zu starken Phasensprüngen in den Bildern, so dass die Detektion von Fremdkörpern mög-

lich ist. Während bei 80GHz die Wellen bei den meisten Materialien eine gute Durchdringung, aber oft nicht ausreichende Auflösung aufweisen, führen höhere Frequenzen z.B. bei 240GHz in der Radarbildgebung zu einem aufgelösten und detailreicheren Bild mit guter Trennbarkeit der Reflexionen und für viele Anwendungen ausreichender Durchdringung. Die Nutzung des FMCW-Radarverfahrens erlaubt zudem eine präzise Höhen- bzw. Entfernungsmessung von Gegenständen und das Erkennen von Reflexionen an kleinsten Defektstellen in reflektierenden Oberflächen. Die Auswertung von spektralen oder frequenzselektiven Effekten

im Frequenzbereich und die Bestimmung der Permittivität ermöglichen die Gewinnung zusätzlicher Informationen über das Objekt und seine Materialien.

USB-Radarsensor bei 240GHz

In Zusammenarbeit zwischen dem Fraunhofer FHR und der Ruhr-Universität Bochum wurde ein miniaturisierter USB Radarsensor bei 240GHz mit einer spektralen Bandbreite von bis zu 61GHz entwickelt. Durch meanderförmige mechanische Scanbewegungen des Sensors mit einer fokussierten Linse Antenne ist auch die Aufnahme von 3D-Bildern möglich. Der mechanische Scan ist zur schnelleren Abbildung auf Grund der günstigen Sensorkosten auch durch eine vollbesetzte Scanzeile auf einem Förderband machbar. Dabei wird die Fokussierung in Bewegungsrichtung des Bandes mittels Synthetischer Apertur Radarverfahren (SAR) durchgeführt, analog zur Radarbildgebung mittels Satellit oder Flugzeug. Dadurch erreicht man gegenüber einer Fokussierung in allen Höhenebenen. So lassen sich auch größere 3D-Objekte wie ein Gehäuse (Bild 1) in allen Ebenen fokussiert darstellen. Das Objekt wurde dabei direkt durch den Plexiglasdeckel aufgenommen. Dank Millimeterwellen ist dies auch durch gefärbte Plexiglasdeckel möglich, die mit sichtbarem Licht nicht untersuchbar sind. Auch eine Materialcharakterisierung ist möglich: das Fraunhofer FHR setzt im Projekt Blackvalue erfolgreich eine Radar-Scanzeile in

Kombination mit Kamerasystemen und Deep-Learning Algorithmen zur sortenreinen Trennung von schwarzen Kunststoffen im Recyclingprozess ein.

Millimeterwellen MIMO-Kamera

Bei Applikationen die keine Bewegung des abzubildenden Objektes erlauben, ist zur Erzeugung eines 3D-Bildes eine technisch aufwändige mit vielen Sende- und Empfangskanälen besetzte 2D-Radarapertur notwendig. Neueste Forschungen ermöglichen die Nutzung von teilbesetzten MIMO-Arrays mit z.B. 32 Kanälen, die durch den Einsatz der kostengünstigen SiGe-Chip-Technologie die Realisierung von 3D-Radarkameras ermöglichen. Bild 3 zeigt einen ersten Prototypen einer Achtekanal MIMO-Radarkamera des Fraunhofer FHR zur Bildgebung. Diese erlaubt die Navigation von Search- & Rescue-Robotern nach Katastrophenfällen in verrauchten Umgebungen, kann aber auch in anderen Applikationen in denen optische Systeme versagen, z.B. Stahlwerken in denen es besonders im Winter zu starker Dampfbildung kommt, zur Bildgebung eingesetzt werden. ■

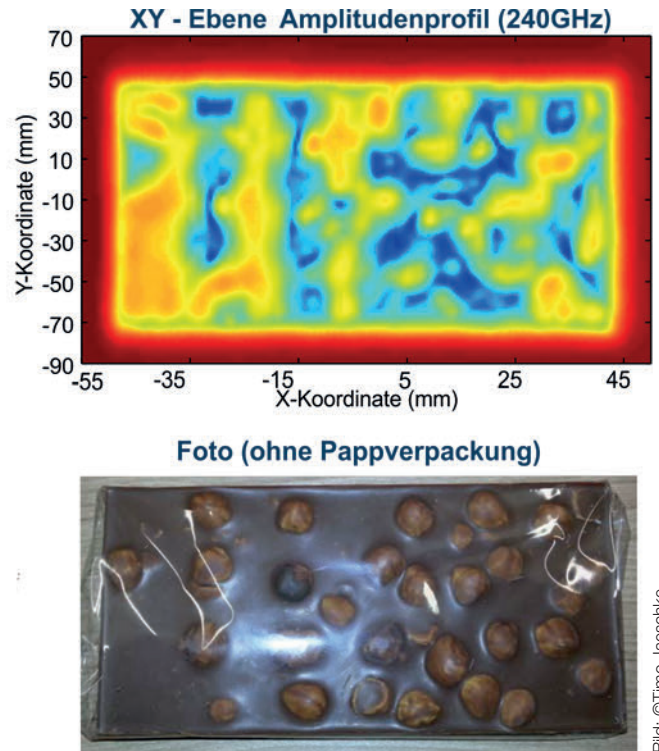


Bild 2 | 3D-Radarscanner bei 240GHz: direkt durch die Verpackung aufgenommene Nusschokolade

www.fhr.fraunhofer.de
www.insys.rub.de

Autoren: Dipl.-Ing. Timo Jaeschke und Prof. Dr.-Ing. Nils Pohl, Lehrstuhl für Integrierte Systeme, Ruhr-Universität Bochum
Dirk Nüßler, Abteilungsleiter Integrierte Schaltungen und Sensorsysteme (ISS), Fraunhofer FHR