

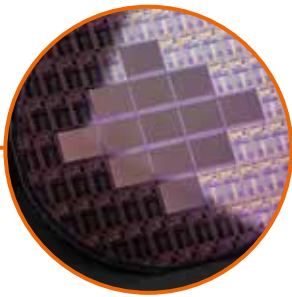
EUROPE'S FIRST LONG-WAVE INFRARED SUPERLATTICE CAMERA

ERSTE EUROPÄISCHE ÜBERGITTERKAMERA FÜR DAS LANGWELLENIGE INFRAROT

ROBERT REHM
robert.rehm@iaf.fraunhofer.de

LWIR type-II superlattice focal plane arrays

- 640 x 512 pixels arranged on 15 μm pitch
- Sensitive up to a wavelength of 10.3 μm
- Excellent thermal resolution (NETD) of 30 mK

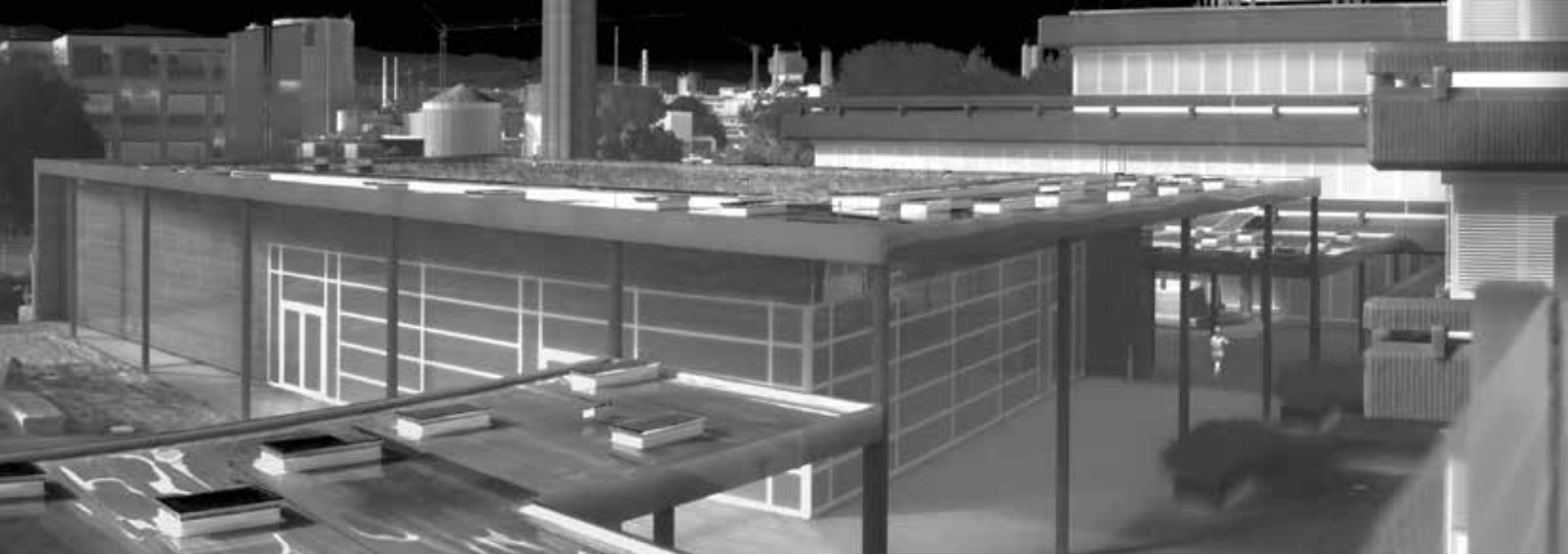


Technology Readiness Level



Particularly, the safety & security as well as the research & development market segments require high-performance infrared imagers for the long-wavelength infrared (8 – 12 μm) spectral region. In this wavelength regime, we have now demonstrated in close corporation with our industrial partner AIM Infrarot-Module GmbH Europe's first infrared imager based on the versatile InAs/GaSb type-II superlattice detector technology. The demonstrator camera with a spatial resolution of 640 x 512 pixels achieves an excellent thermal resolution below 30 mK at an operation temperature of 55 K.

The dominant photon emission of objects with a temperature close to common environmental conditions occurs in the long-wavelength infrared (LWIR) transmission window (8 – 12 μm) of the atmosphere. Hence, a truly passive LWIR camera does not require illumination from sources like the sun, the moon, the »night glow« or other artificial IR illuminators to detect objects with minimal thermal contrast to the surrounding background. Under difficult environmental conditions with fog, dust, or smoke the reduced Rayleigh scattering of long-wavelength electromagnetic radiation allows for much longer detection ranges in the LWIR compared to imaging systems working at shorter wavelengths. Furthermore, the 8 – 12 μm region overlaps with the well-known »finger print region« for chemical sensing, where many characteristic molecular absorption features are located. LWIR focal plane array (FPA) detectors are therefore a core component for modern night vision and hyperspectral imaging systems.



1 *Fraunhofer IAF imaged with a 640 x 512 type-II superlattice camera in the long wave infrared.*

Aufnahme des Fraunhofer IAF mit einer 640 x 512 Typ-II-Übergitter-Kamera im langwelligem Infrarot.

Insbesondere in den Marktsegmenten Sicherheit und Gefahrenabwehr sowie in der Forschung und Entwicklung werden leistungsfähige bildgebende Infrarot-Kameras für den langwelligen Spektralbereich (8 – 12 μm) benötigt. Gemeinsam mit unserem Industriepartner AIM Infrarot-Module GmbH haben wir nun für diesen Bereich auf Basis der flexiblen InAs/GaSb-Typ-II-Übergittertechnologie den ersten europäischen Demonstrator realisiert. Bei einer räumlichen Auflösung von 640 x 512 Bildpunkten erzielt die Kamera eine exzellente thermische Auflösung von etwa 30 mK bei einer Betriebstemperatur von 55 K.

Die dominante Photonenemission von Objekten, die nahezu Raumtemperatur aufweisen, tritt im langwelligen atmosphärischen Transmissionsfenster bei 8 – 12 μm (LWIR) auf. Zur Detektion von Objekten mit geringem thermischem Kontrast zum umgebenden Hintergrund, benötigt eine passive LWIR-Kamera daher keinerlei Szenenbeleuchtung durch Quellen wie die Sonne, den Mond, den »night glow« oder andere künstliche Quellen. Im Vergleich zu bildgebenden Systemen, welche bei kürzeren Wellenlängen arbeiten, erlaubt die reduzierte Rayleigh-Streuung im längerwelligen Regime auch bei schwierigen Umgebungsbedingungen wie Nebel, Staub oder Rauch wesentlich höhere Detektionsreichweiten. Zudem überlappt der 8 – 12 μm Bereich mit der bekannten Region des »chemischen Fingerabdrucks«, in welcher viele spezifische molekulare Absorptionslinien liegen. LWIR-Detektormatrizen stellen daher eine Kernkomponente für moderne Nachtsichtgeräte und bildgebende Hyperspektralsysteme dar. Den Sektor kostengünstiger LWIR-Bildfeldmatrizen besetzen heute ungekühlte Mikro-Bolometerarrays. Das Marktsegment für leistungsfähige, mittels Stirling-Kühler betriebene Geräte dominieren Detektoren auf Basis von Cadmiumquecksilbertellurid (CMT) mit einer typischen Betriebstemperatur um 70 K. Intrinsische Limitierungen, wie etwa die zunehmend scharfe Abhängigkeit der Bandlücke vom Cadmiumgehalt und die sehr schwache Hg-Te-Bindung limitieren jedoch die Leistungsfähigkeit von CMT-Detektoren im langwelligen Bereich.

30 mK

**THERMAL
RESOLUTION /
THERMISCHE
AUFLÖSUNG**

State-of-the-art type-II superlattice devices provide an excellent thermal resolution. Typ-II-Übergitter-Kameras liefern eine exzellente thermische Auflösung.

Bildgebende InAs/GaSb-Typ-II-Übergitter-Detektormatrizen für das LWIR

Mit seinen InAs/GaSb-Typ-II-Übergitterdetektoren (T2SL) entwickelt das Fraunhofer IAF eine kostengünstige Alternative mit vergleichbar hoher elektrooptischer Leistungsfähigkeit. Kurzperiodische T2SL-Detektoren erlauben eine hervorragende Kontrolle über die langwellige Detektionsgrenze bzw. die Bandlücke und können auf großflächigen, kommerziellen Substraten, welche heutzutage bis zu einem Durchmesser von 6" verfügbar sind, hergestellt werden. Die inhärente Designfreiheit in InAs/GaSb-T2SLs wird heutzutage genutzt, um neuartige, Heterostruktur-basierte Bauelementtypen zu realisieren, welche geeignet sind, mehrere Dunkelstromkomponenten zu unterdrücken. Auf diese Art und Weise lassen sich das Signal-zu-Rausch-Verhältnis ebenso wie die Betriebstemperatur steigern, ohne dass hierfür die langwellige Detektionsgrenze geopfert werden müsste.

While the commercial, low-cost sector of the market for LWIR focal plane arrays today is occupied by uncooled microbolometer arrays, Stirling-engine cooled Mercury Cadmium Telluride (CMT) detectors with a typical operating temperature around 70 K presently dominate the high-performance sector. However, intrinsic limitations like the increasingly sharp dependence of the bandgap on the cadmium content and the very weak Hg-Te bond limit the performance of CMT detectors in the very long-wavelength range.

Europe's first InAs/GaSb T2SL imager for the LWIR

In cooperation with our industrial partner AIM Infrarot-Module GmbH we have recently realized Europe's first InAs/GaSb T2SL imager for the LWIR, which already delivers a high image quality. The active region of the demonstrator device is based on an early version of a heterojunction design developed in a common project funded by the German Ministry of Defense. The T2SL-FPA with a spatial resolution of 640 x 512 pixels

» Realizing high-performance focal plane arrays for the long-wavelength region and beyond is considered the most demanding challenge in infrared detector technology.«

Robert Rehm, Head of Business Unit »Photodetectors«.

InAs/GaSb Type-II superlattice focal plane array imagers for the LWIR

With InAs/GaSb type-II superlattice (T2SL) detectors Fraunhofer IAF develops an affordable alternative with a comparably high electro-optical performance. Short-period T2SL detectors offer excellent control of the long-wavelength cut-off, i. e. the bandgap, and can be realized on large-area commercial substrates, that are available with up to 6" diameter today. The freedom of design inherent to InAs/GaSb T2SLs is nowadays used to realize novel device types based on heterojunction concepts suppressing several dark current components. In this way, the signal-to-noise ratio of the detector as well as the operation temperature can be raised without sacrificing the long cut-off wavelength.

(15 μm pitch) detects IR photons up to 10.3 μm , where the long-wavelength cut-off is determined by the bandgap of the T2SL absorber. Operated at a temperature of 55 K with f/2-optics, the demonstrator camera achieves a noise equivalent temperature difference of 30 mK for a 300 K background scene, which is an excellent value in the LWIR.

The latest refinements of the vertical device design that are under development in the on-going project are expected to lead to further improvements of both the operation temperature and the electro-optical performance. In addition, the development efforts for the reduction of the pixel pitch and the increase of the spatial resolution into the megapixel regime are also underway. Combined with epitaxial growth on large area GaSb substrates, T2SL-FPAs for the LWIR regime are emerging to develop into a serious alternative to CMT-based modules within the next few years.

Erste europäische InAs/GaSb-Übergitterkamera für das LWIR

In Zusammenarbeit mit unserem Partner AIM Infrarot-Module GmbH haben wir vor kurzem die erste europäische InAs/GaSb-Übergitterkamera für das LWIR realisiert, welche bereits eine hohe Bildqualität erzielt. Der aktive Bereich des Demonstrators basiert auf einer frühen Heterostruktur-Version, welche in einem durch das Bundesministerium der Verteidigung geförderten Projekt gemeinsam entwickelt wurde. Die T2SL-Bildfeldmatrix mit einer räumlichen Auflösung von 640 x 512 Bildpunkten auf 15 µm Rastermaß detektiert Photonen bis zu einer Wellenlänge von 10,3 µm, wobei die langwellige Grenze durch die T2SL-Bandlücke bestimmt ist. Bei einer Betriebstemperatur von 55 K erzielt die Demonstratorkamera mit F/2-Optik eine thermische Auflösung von etwa 30 mK bei einem Szenenhintergrund von 300 K. Dies stellt im LWIR einen hervorragenden Wert dar.

Wir erwarten, dass die jüngsten Weiterentwicklungen des vertikalen Bauelementdesigns im Rahmen des laufenden Forschungsprojekts zu Verbesserungen der Betriebstemperatur und der elektrooptischen Leistungsfähigkeit führen werden. Des Weiteren arbeiten wir an der Reduktion der Pixelgröße und der Erhöhung der räumlichen Auflösung in das Megapixel-Regime. Zusammen mit der Epitaxie auf großflächigen Substraten werden T2SL-Bildfeldmatrizen für das LWIR in den kommenden Jahren zunehmend zu einer ernsthaften Alternative für CMT-basierte Module entwickelt werden.

55 K

**OPERATION
TEMPERATURE /
BETRIEBS-
TEMPERATUR**

***Type-II superlattice
flexibility offers head
room for improving the
operation temperature.***

*Das flexible Material-
system der Typ-II-Über-
gitter-Kamera wird
künftig noch höhere
Betriebstemperaturen
als bisher erlauben.*