

Abschlußbericht zum Verbundprojekt

APPLAUSE - Advanced packaging for photonics, optics and electronics for low-cost manufacturing in Europe



Teilvorhaben: SmartPatch - Entwicklung intelligenter Patches auf Basis der Heterointegration von diskreten Bauelementen/Halbleitern in flexiblen und dehbaren Materialien

Zuwendungsempfänger:	Förderkennzeichen:
Würth Elektronik GmbH & Co. KG	16ESE0355
Laufzeit des Vorhabens:	
01.05.2019 bis 31.10.2022	

Im europäischen Verbundprojekt APPLAUSE beteiligte sich Würth Elektronik an drei Anwendungsapplikationen – Kostengünstige Wärmebildgeräte / Wärmebildkamera (Use Case 2), Herzüberwachungssysteme / Herzpflaster (Use Case 4) sowie Minimal Invasive Implantate (Use Case 5). Die wichtigsten Ergebnisse sind in diesem Bericht zusammengefasst.

Use Case 2 – Kostengünstige Wärmebildgeräte (Wärmebildkamera)

In Use Case 2 wurde ein hybrides panel-level Packagingverfahren für den Einsatz in einer Wärmebildkamera entwickelt. Dabei bildeten Leiterplatten die Basis für die Aufbau- und Verbindungsstechnik des Systems-in-Package (SiP). Die Leiterplattentechnik, das Drahtbonden sowie die Verkapselung von großen optischen Chips waren Entwicklungsschwerpunkte für Würth Elektronik in diesem Use Case. Es wurden Drahtbondversuche mit unterschiedlichen Lötobерflächen durchgeführt, unterschiedliche Vergussmaterialien evaluiert und eine geeignete Applikationstechnik untersucht.

Für die Entwicklung der Bondtechnologien wurden Testleiterplatten mit unterschiedlichen lötbaren Oberflächen entworfen und gefertigt. Diese Boards konnten sowohl für die Testläufe als auch für die Demonstratoren in UC2 verwendet werden. Das Drahtbonden des ROIC auf das Leiterplattensubstrat konnte mit Aluminiumdrähten (Wedge-Wedge-Prozess) und Golddrähten (Ball-Wedge-Prozess) für weitere Zuverlässigkeitstests durchgeführt werden. Zur Auswertung der Drahtbondtests wurden zwei konventionelle Oberflächen ENEPIG (Electroless Nickel Electroless Palladium Immersion Gold) und ENIG (Electroless Nickel Immersion Gold) als Endoberfläche auf die Leiterplatten aufgebracht. Darüber hinaus wurden drei neue Oberflächentypen für optische Anwendungen - schwarzes Nickeloxid undnickelfreie Goldoberflächen EPIG (Electroless Palladium Immersion Gold) und ISIG (Immersion Silver Immersion Gold) - getestet.

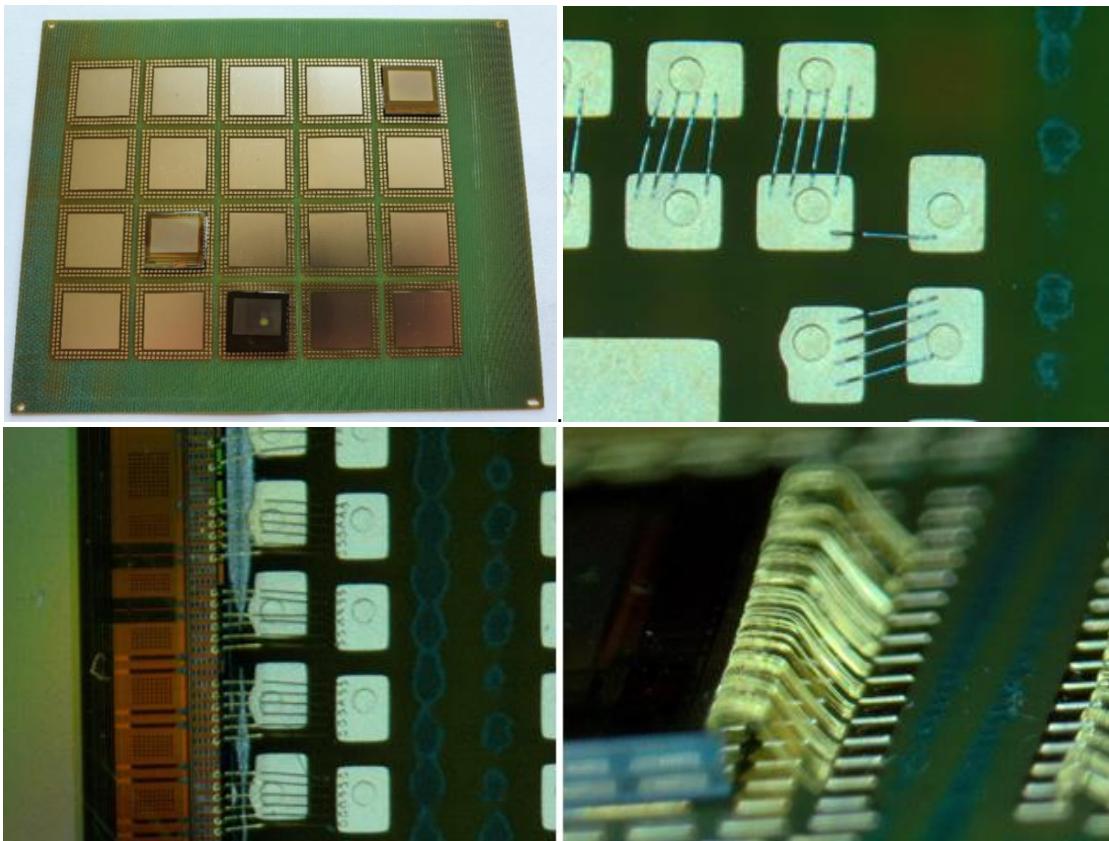


Abbildung 1: Testleiterplatte mit einige ROICs (links oben) und Alu-Draht auf ISIG Oberfläche (rechts oben); Golddraht auf dem ROIC (links unten); Golddraht Großaufnahme (rechts unten)

Golddraht auf die ENEPIG- und Aluminiumdraht auf die ENIG-Oberfläche zu bonden, gehört zum Stand der Technik. Für die neuen Oberflächen ISIG, EPIG und schwarzes Oxid gab es noch keine Erfahrungen. Für diese Oberflächen wurden Versuche mit Gold- sowie Aluminiumdraht durchgeführt. Einige Ergebnisse sind in der Abbildung 1 dargestellt. Dabei wurde die Haftung der Drahtbonds auf den jeweiligen Oberflächen ermittelt und bewertet. Zur Bewertung der Haftung wurden Abziehversuche (Pull-Off-Test) und Schertests (Ball-Shear-Test) durchgeführt. In der Abbildung 2 ist die Ausführung der Tests schematisch gezeigt. In der Abbildung 3 ist die Auswertung auf dem Bildschirm dargestellt. Dadurch konnten die verschiedenen Oberflächen hinsichtlich der Zuverlässigkeit des Drahtbondprozesses charakterisiert werden.

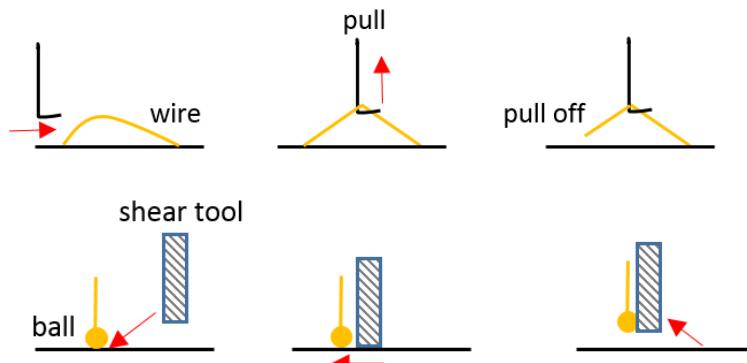


Abbildung 2: Schematische Darstellung von Pull-Off und Ball-Shear Testmethoden

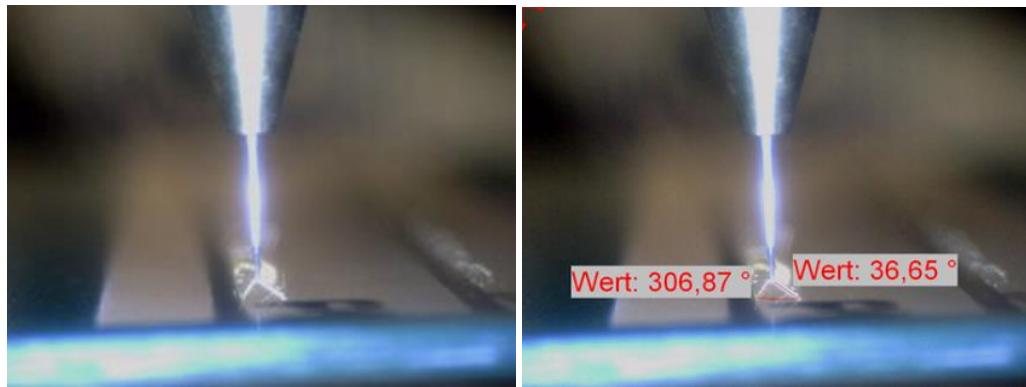


Abbildung 3: Pull-Off Test (links), Messung des Winkels kurz vor dem Bruch (rechts)

In Abbildung 4 werden die Ergebnisse der Golddraht- und Aluminiumdraht-Bondtests zusammengefasst. Wie die Auswertung zeigt, konnten mitnickelfreien ISIG- und EPIG-Oberflächen gute Ergebnisse erzielt werden. Beim Ball-Wedge-Bonding-Verfahren erreichten ISIG und ENEPIG die besten Werte. Beim Wedge-Wedge-Bonding-Verfahren wurden im Vergleich zum Ball-Wedge relativ niedrige Werte erreicht. Die Qualifizierung der Oberflächen erfolgte auf der Grundlage des DVS-Arbeitsblattes 2811 "Prüfverfahren für Drahtbondverbindungen". Die neuen Schwarz-Nickeloxid-Oberflächen erwiesen sich als ungeeignet (Abbildung 5). Es konnte keine zuverlässige Drahtbondverbindung realisiert werden.

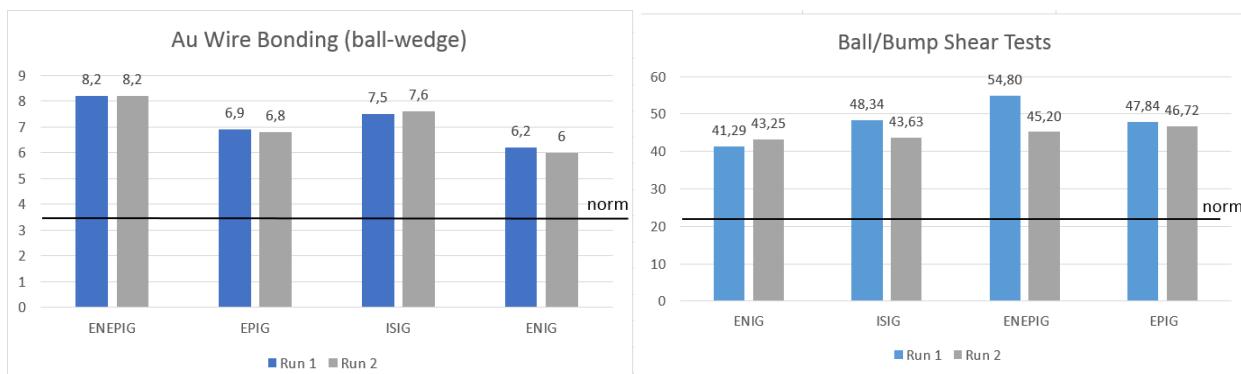


Abbildung 4: Pull-Off Testergebnisse – Abzugskraft von Golddraht auf unterschiedlichen Lötobерflächen (links); Ball-Shear Testergebnisse – Scherkraft zur Ablösung von Golddraht auf unterschiedlichen Lötobерflächen (rechts)

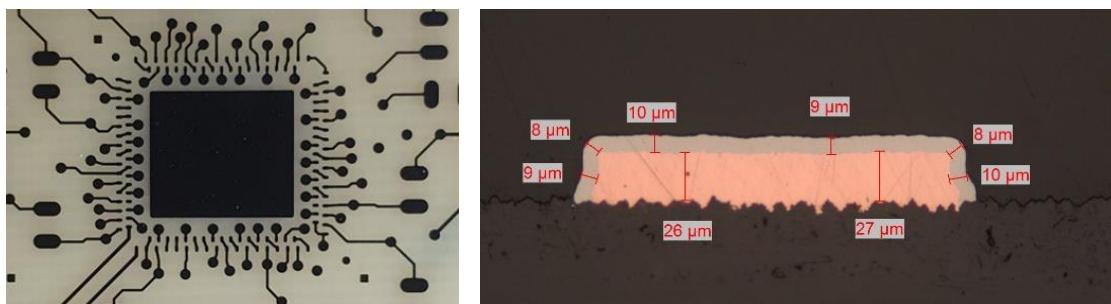


Abbildung 5: Black Nickel Oxide Oberfläche zur Suppression von Licht – Aufsicht (links) und im Schliff (rechts)

In einem nächsten Schritt wurde ein Vergussprozess für die Realisierung eines zuverlässigen Glob Toppings für optische Bauteile optimiert. Oft gelangt die Vergussmasse auf die lichterzeugende Oberfläche der optischen Komponenten (z.B. LED), wodurch die Lichteausbeute verringert wird. Aus diesem Grund wurde an einer Applikationstechnik gearbeitet, die besonders

akkurat um die Bauteilkanten ausgeführt wird. Der Vergussprozess wird derzeit vollständig manuell durchgeführt. Es wurden drei alternative Vergussmaterialien getestet. Die Maschinenausstattung, die Prozessparameter und die Applikationsverfahren wurden variiert.

- 1) Mit der ersten Vergussmasse war es nicht möglich, den gewünschten vollständigen Verguss bis zur Bauteilkante zu erreichen, da das Material auf das Bauteil lief (Abbildung 6, links).
- 2) Mit der zweiten Vergussmasse wurde ein sog. Dreifach-Verguss durchgeführt. Alle reflektierenden Flächen und das Bauteil wurden zunächst mit der transparenten Vergussmasse (Loctite) leicht bedeckt. Dann wurde der Damm mit größerem Abstand aufgetragen, damit die klare Vergussmasse nicht unkontrolliert verlaufen konnte. Abschließend wurde dem Klarlack umspritzt. Dieses Verfahren konnte im Test sehr gut umgesetzt werden und wäre somit das beste manuelle Verfahren (Abbildung 7).
- 3) Im dritten Versuch wurde an drei der vier Kanten eine hochviskose Vergussmasse dicht am Chip angebracht. Dadurch blieben die Drähte frei. Aufgrund der Steifigkeit läuft der Verguss nicht an den Drähten vorbei. Die freie Stelle um den Draht könnte beschädigt werden. Der Füllprozess mit dem klaren Verguss konnte auf das aktuelle Verfahren nicht übertragen werden. Eine Dosierung zu nahe am Bauteil erhöht das Risiko einer Beschädigung des optischen Bauteils. Außerdem klebt das Material aufgrund der hohen Viskosität der Vergussmasse am Equipment und verursacht Schwierigkeiten (Abbildung 6, rechts).

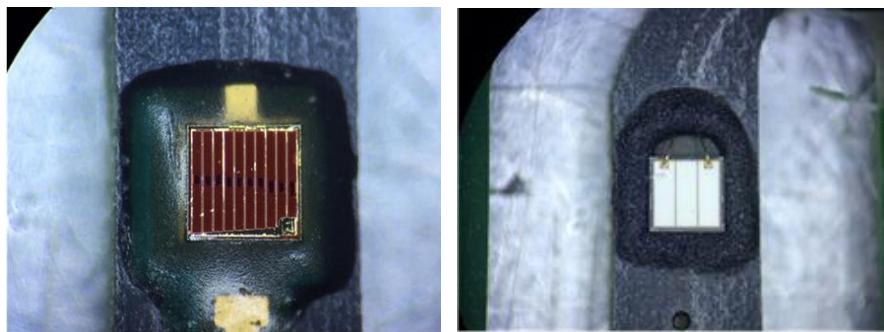


Abbildung 6: Versuch 1 (links) Vergussmasse läuft auf die LED-Oberfläche; Versuch 3 (rechts) hochviskose Vergussmasse und freie Drähte

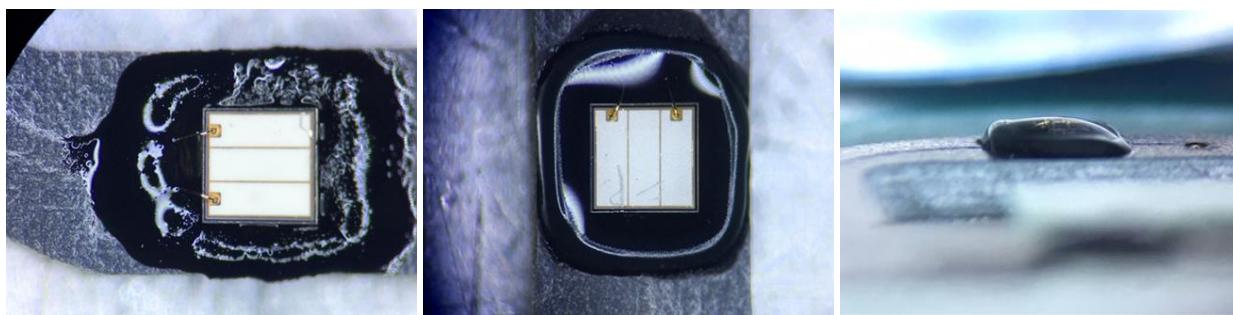


Abbildung 7: Versuch 2 - Dreifach Verguss mit Applikation von Damm (links); Klarlack (mitte); Seitenansicht (rechts)

Use Case 4 – Herzüberwachungssysteme (Herzpflaster)

In Use Case 4 (Herzpflaster) wurde ein Herzüberwachungssystem in Form eines Pflasters entwickelt. Es wurden zwei Systeme – ein Mini-Patch (Drei Elektroden, kurzfristige Überwachung) und ein Maxi-Patch (Sechs Elektroden, längere stationäre Überwachung) aufgebaut. Würth Elektronik fokussierte sich auf das Layouting und die Fertigung der dehnbaren Substrate.

Im finalen Demonstrator wurde die Elektronik in einen miniaturisierten FR4 basierten System-in-Package Modul (SiP) aufgebaut. Elektrische Komponenten werden in konventioneller SMD-Technik platziert und die Module werden in einem weiteren SMD-Prozess beim Partner Fraunhofer IZM auf einem dehnbaren Polyurethansubstrat gelötet. Einige Komponenten, die nicht in das SiP integriert werden können, wie zum Beispiel die Bluetooth-Antenne (muss nach außen gerichtet sein), der Aktivierungsknopf, die Batterie und der Temperatursensor (erfordert engen Hautkontakt und thermische Isolierung) wurden ebenfalls auf der dehnbaren Leiterplatte platziert und im SMD-Prozess kontaktiert. Außerdem beherbergt die Leiterplatte die Elektroden, die die Schnittstelle zum menschlichen Körper bilden und die relativ weit von den SiPs entfernt sein müssen. Der Zweck der Leiterplatte ist es, die Elektroden elektrisch mit den Ausleseschaltungen zu verbinden und gleichzeitig eine weiche, biegsame und dehnbare Basis für das Pflaster zu schaffen. Auf die Elektrodenflächen wurde vom Partner Screentec die Ag/AgCl Paste aufgetragen und der Gesamtaufbau wurde anschließend in eine Schaummasse ebenfalls von Screentec eingebettet. Einige Funktionen (Aktivierungsknopf, Batterie und Bluetooth-Antenne) wurden so konzipiert, dass sie bei der Endmontage zur Körperseite umgeklappt werden.

Als Substrat für die Leiterplatte wurde dehnbares Polyurethan eingesetzt - ein Material, das derzeit in der Elektronikindustrie als Basismaterial für Leiterplatten auf dem Vormarsch ist. Die Verwendung dieses Materials für die Patch-Integration ist neu. Der Schwerpunkt liegt nicht nur auf der elektrischen Leistung, sondern auch auf Eigenschaften wie Flexibilität, Elastizität, Weichheit und Biokompatibilität - sehr interessante Eigenschaften für die Integration von Smart Patches. Die mechanischen Eigenschaften der finalen Schaltung werden im Wesentlichen von dem Kupfer-Layout beeinflusst. Da Kupfer, wie alle Metalle, eine niedrige intrinsische Dehnbarkeit aufweist, müssen die Leiterbahnstrukturen zu einer geeigneten zweidimensionalen Mäandergeometrie geformt werden. Durch dieses spezielle Design kann die Dehnbarkeit der metallischen Leiter realisiert werden. Die biegeschlaffe Polyurethan-Basisfolie und die starren Komponenten bilden zusammen eine instabile Kombination. Die Dehnung im Bereich der Bauteile soll verhindert oder minimiert werden. Hier können unterschiedliche Stützstrukturen die Zuverlässigkeit erhöhen (Vgl. Abbildung 8):

- die „schwächsten“ Schnittstellen zwischen den Bauteilpads und den Leiterbahnen sowie zwischen Elektrodenflächen und den Anschlussleiterbahnen werden durch eine tropfenförmige Geometrie unterstützt. Dadurch werden diese Schnittstellen während des Dehnprozesses nicht so stark belastet.
- rund um die Bauteilpads werden einige Kupferstrukturen platziert, die die Ausdehnung in diesem Bereich verhindern sollen. Diese Stützstrukturen werden zusammen mit dem Layout auf die Leiterplatte aufgebracht.
- auf die Vorderseite der Leiterplatte wird eine zusätzliche Deckfolie mit entsprechenden Freistellungen für die Bauteile und Elektroden aus dem gleichen Polyurethanmaterial laminiert. Diese bietet Schutz vor der Korrosion. Gleichzeitig wird dadurch das Layout in die neutrale Phase des Aufbaus versetzt. Das sollte ebenfalls die Belastung beim Ausdehnen reduzieren.

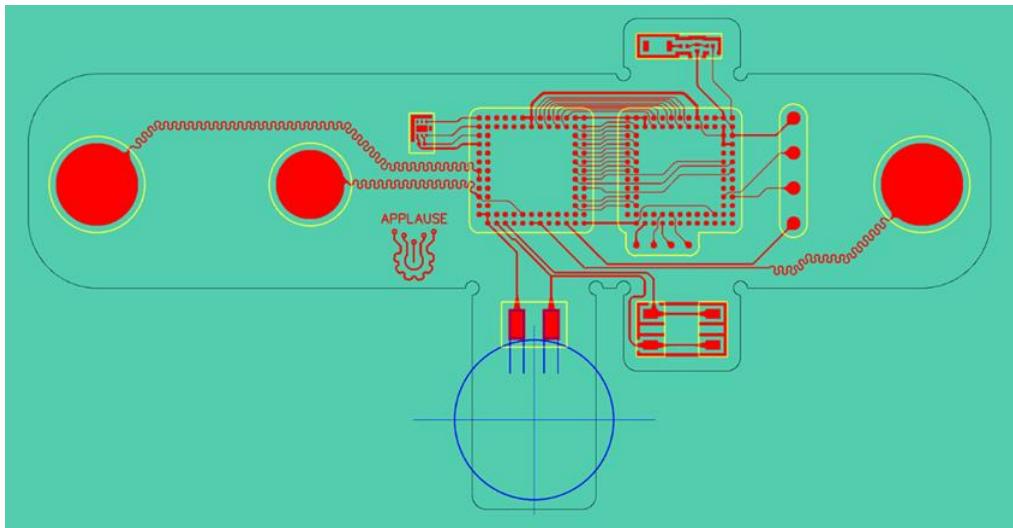


Abbildung 8: Mini-Patch Layout mit Mäanderleiterbahnen, Stützstrukturen um die Bauteilpads sowie Freistellungen in der Deckfolie.

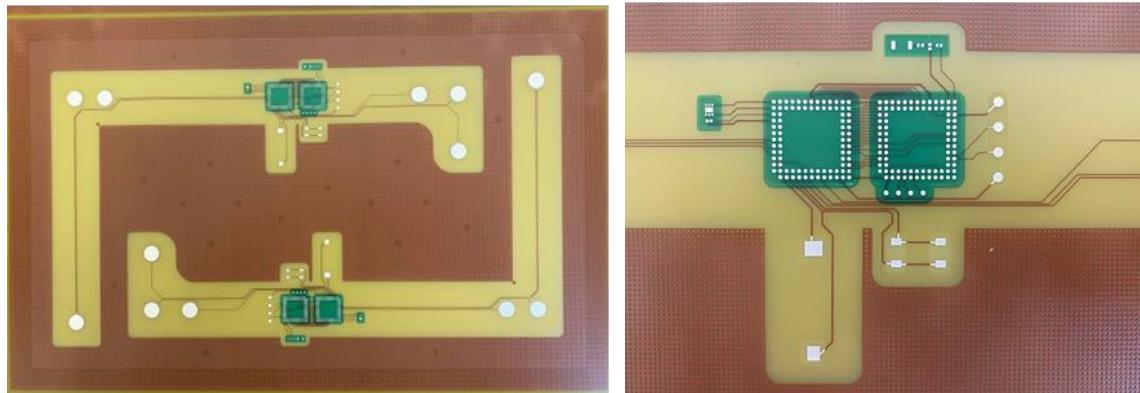


Abbildung 9: Maxi-Patch – Testleiterplatten im Produktionspanel (links); Ausschnitt SiP Bereich (rechts)

Um die Zuverlässigkeit des Montageprozesses zu erhöhen, wurde der Aufbau auf einem starren Träger aus FR4-Material hergestellt, das mit einem Klebstoff auf die Polyurethanfolie geklebt wurde. Für die Herstellung der dehnbaren Leiterplatten wurden konventionelle Leiterplattentechnologien verwendet. Die fertigen PCB Muster für den MAXI-Patch sind in Abbildung 9 zu sehen. Zwei Leiterplatten dieser Größe konnten auf einem Produktionspanel untergebracht werden. Das Bild rechts zeigt eine Vergrößerung des Bereichs für die Platzierung der SiPs. Die Bereiche für die SMD Bestückung wurden mit Lötstopplack (grün) beschichtet.

In diesen neuartigen elektronischen Systemen aus dem Werkstoff Polyurethan sind Eigenschaften wie Flexibilität, Dehnbarkeit und Robustheit vereint. Dadurch passen sich diese Leiterplatten an Freiformflächen an und eignen sich ideal für die Integration in Textilien oder Wearables. Die weichen und hautfreundlichen Eigenschaften von Polyurethan sind auch prädestiniert für den Einsatz in medizinischen Anwendungen.

Alle Komponenten außer der Batterie wurden automatisch platziert und im Reflowprozess gelötet. Die Batterie wurde manuell gelötet. Die Zuverlässigkeit wurde durch das Auftragen eines kapillaren Underfills unter dem SiP, das bei 135°C ausgehärtet wurde, erhöht. Die Platine nach dem Zusammenbau ist in Abbildung 10 dargestellt. Die letzten Prozessschritte bestanden aus dem Auftragen von Hydrogel auf die Elektrodenpositionen sowie das Aufbringen eines Hautklebers und einer schützenden Vliesstoffschicht. Einen Überblick über die Endergebnisse

gibt die Abbildung 11 - das Maxi-Pflastersubstrat nach der Montage der Komponenten, aber vor der endgültigen Integration des Pflasters. Das eingefügte Foto zeigt den Maxi-Patch nach der endgültigen Integration und auf einem Torso angebracht.

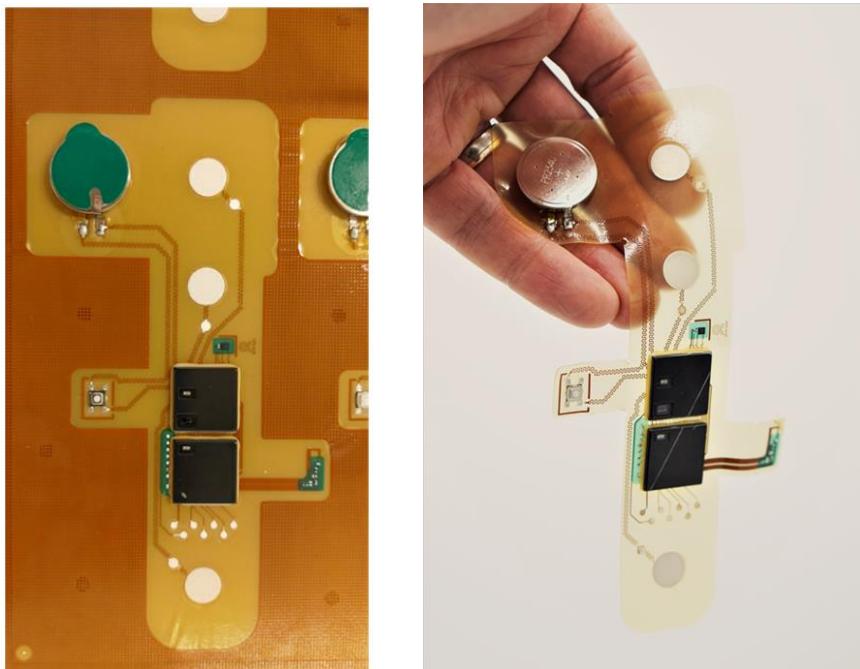


Abbildung 10: Mini-Patch:
bestückt im Produktionspanel
(links) und nach dem Lasern der
Kontur (rechts)



Abbildung 11: Pflaster, mit
eingefügtem Foto eines Maxi-
Pflasters nach der Endmontage
und Anbringung auf dem Torso.

Die meisten auf dem Markt erhältlichen intelligenten Gesundheitspflaster werden mit Hilfe einer herkömmlichen Leiterplattenintegration hergestellt, die in einem mechanischen Gehäuse untergebracht sind und über gedruckte Leiterbahnen mit dem textilen Teil des Pflasters verbunden sind. In dieser Arbeit wurde ein völlig neuer Integrationsansatz gezeigt. Die Basis bildet eine auf TPU-basierte flexible und dehnbare Leiterplatte, die mit Standard-Leiterplatten Produktionstechniken hergestellt werden kann und viele der Vorteile der traditionellen PCB-Techniken, einschließlich der Montage von Komponenten mit Pick-and-Place-Maschinen mitbringt. Dieser Vorteil wurde durch die Integration der Erfassungsschaltungen in ein duales System-in-Package-Design (SiP) genutzt, das direkt auf der flexiblen/dehnbaren Leiterplatte montiert werden kann. Der hohe Grad der Miniaturisierung und dichten Integration führt zu einem sehr unauffälligen Formfaktor, während die dehbare Leiterplatte ein hochgradig

nachgiebiges und biokompatibles Substrat darstellt, in der Regel kaum Unannehmlichkeiten wie z.B. Hautreizungen, verursachen dürfte.

Use Case 5 - Minimal Invasive Implantate (Katheter)

In Use Case 5 (invasiver Herzsensor) wurde ein Katheter mit Beschleunigungssensoren ausgestattet, um Kontraktionen am Herzen zu messen. Hierzu werden biokompatible Substrate benötigt. Würth Elektronik hat das Design der Leiterplatten mitbegleitet sowie den Lagenaufbau und die Fertigung der Substrate realisiert. Dazu wurden verschiedene flexible und starfflexible Aufbauvarianten mit dem Projektpartner Osypka konzipiert und die Leiterplatten hergestellt.

Für die erste Variante musste ein geeignetes flexibles Leiterplatten Material evaluiert werden. Die Folienleiterplatten mussten bei der Montage des Katheters der mechanischen Belastung standhalten. Sie mussten auch für das geplante ALD-Verfahren geeignet sein, damit eine zuverlässige Verkapselung realisiert werden konnte. Würth Elektronik fertigte eine Polyimid-basierte und eine LCP-basierte Variante. Beide Varianten wurden beim Partner Fraunhofer IMS auf Eignung für das ALD-Verfahren getestet.

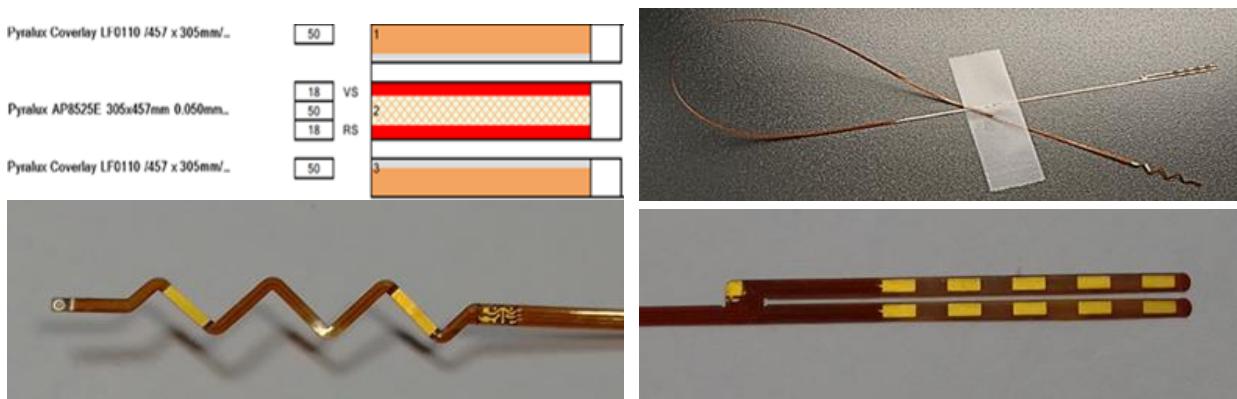


Abbildung 12: Polyimid-PCB – Lagenaufbau und PCB komplett (oben); Elektrodenstrukturen (unten)

Die Polyimid-Leiterplatte wurde aus 50 µm dickem Kernmaterial und 50 µm dicker Lötstopffolie (beidseitig) aufgebaut. Der Lagenaufbau sowie die beiden Elektrodenbereiche sind in der Abbildung 12 zu sehen. Dieser Aufbau wird standardmäßig für unterschiedliche Anwendungen eingesetzt. Die Leiterplatte erwies sich als unzuverlässig. Cu-Leiterbahnen, die für den Einbau in einem Katheter gebogen werden müssen, wurden beim Biegen gebrochen. Bei den Implantationstests beim Partner Osypka wurde außerdem festgestellt, dass die scharfen Kanten des Polyimids das Gewebe beim Einfügen beschädigen. Im weiteren Projektverlauf konnte auch die LCP nicht mehr eingesetzt werden, da die Folien nicht mehr in Europa beschafft werden können.

Um die Installation in einen Katheter zu erleichtern und damit die Zuverlässigkeit zu erhöhen, hat Würth Elektronik ein Konzept für eine neuartige Rigid-Flex-Leiterplatte auf TPU-Basis inklusive Seitenmetallisierung und TPU-Abdeckfolie erarbeitet. Der Layer-Stack-Up ist in der Abbildung 13 zu sehen.

- Der starre Bereich in diesem Aufbau hat eine Dicke von ca. 600 µm, welches dem inneren Katheter Durchmesser entspricht. Dadurch muss die Leiterplatte nicht mehr gebogen werden und die Leiterbahnen werden nicht mehr gebrochen.

- Durch die Kantenmetallisierung im starren Bereich wird ein direkter elektrischer Kontakt im Inneren des Katheters mit notwendigen Anschlussflächen realisiert. Das Löten und das Verkleben der Leiterplatte entfallen.
- Zusätzlich wurde die Lötstopfmaske für die Bestückung der Sensoren appliziert.
- Um die Beschädigung des Gewebes zu vermeiden, wurde der flexible Bereich mit Polyurethanfolie von beiden Seiten abgedeckt. Polyurethanfolien weisen hautfreundliche Eigenschaften auf und sind aufgrund der Mikroschaumstruktur sehr weich. Neben der unkonventionellen Prozessreihenfolge liegt die Herausforderung beim Lasern durch zwei Folientypen.

			Material description	Assembly/connection types			Viatypes	
				1	2	3	4	5
Coverfoil	100 µm		TPU					
Soldermask	15 µm		parallel					
TOP	35 µm		Cu					
	50 µm		PI					
L2	18 µm		Cu					
Coverfoil	100 µm		TPU					
L3	18 µm		Cu					
	300 µm		FR4					
BOT	35 µm		Cu					

Abbildung 13: Lagenaufbau einer Rigid-Flex-Leiterplatte mit TPU Deckfolie

In der Abbildung 14 sind die Bilder der finalen Starrflex Leiterplatte für minimal invasive Implantate dargestellt. Die Polyurethanfolie deckt den Polyimid Kern von beiden Seiten ab. Die seitlichen Flächen sind jedoch offen.

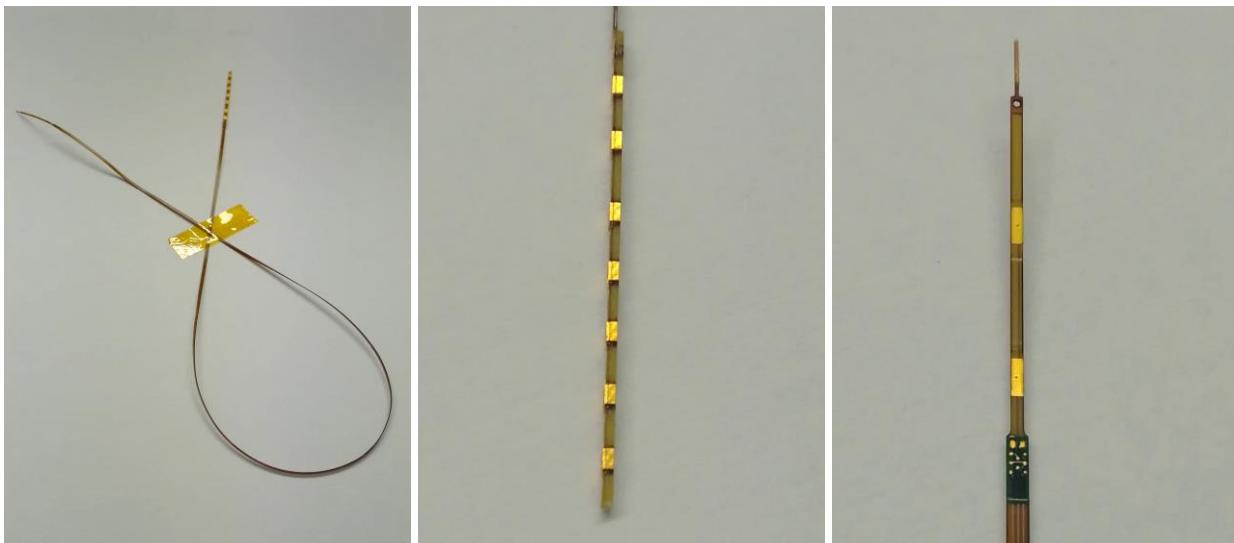


Abbildung 14: Starrflexible Leiterplatte mit Polyurethaneckfolie und Kantenmetallisierung für minimal invasive Implantate: Leiterplatte komplett (links), Starrer Bereich mit Kantenmetallisierung (mittig) und Flexbereich mit Lötstopfmaske für die Komponenten (rechts).

Im Rahmen des Projekts wurde eine mögliche Lösung für ein kostenreduziertes Herzimplantat zur temporären Beobachtung und Stimulation auf Basis der PCBA-Technologie entwickelt, aufgebaut und getestet. Die Ergebnisse werden den Anwendern präsentiert, und es herrscht Zuversicht, dass das gesamte Gerät oder einzelne Lösungen in zukünftigen Produkten zum Einsatz kommen werden.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel APPLAUSE - Advanced packaging for photonics, optics and electronics for low-cost manufacturing in Europe		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Schreibvogel, Alina		5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.10.2022
		6. Veröffentlichungsdatum 30.04.2023
		7. Form der Publikation Bericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Würth Elektronik GmbH & Co. KG An der Wiese 1 79650 Schopfheim		9. Ber. Nr. Durchführende Institution
		10. Förderkennzeichen 16ESE0355
		11. Seitenzahl 9
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn		13. Literaturangaben -
		14. Tabellen
		15. Abbildungen 14
16. Zusätzliche Angaben		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzfassung Im europäischen Verbundprojekt APPLAUSE beteiligte sich Würth Elektronik an drei Anwendungsapplikationen – Kostengünstige Wärmebildgeräte / Wärmebildkamera (Use Case 2), Herzüberwachungssysteme / Herzpflaster (Use Case 4) sowie Minimal Invasive Implantate (Use Case 5). In Use Case 2 wurde ein hybrides panel-level Packagingverfahren für den Einsatz in einer Wärmebildkamera entwickelt. Dabei bildeten Leiterplatten die Basis für die Aufbau- und Verbindungstechnik des Systems-in-Package (SiP). Es wurden Drahtbondversuche mit unterschiedlichen Lötoberflächen von großen optischen Chips durchgeführt, unterschiedliche Vergussmaterialien evaluiert und eine geeignete Applikationstechnik untersucht. Für Use Case 4 wurde ein Herzüberwachungssystem in Form eines Pflasters entwickelt. Es wurden zwei Systeme – ein Mini-Patch (Drei Elektroden, kurzfristige Überwachung) und ein Maxi-Patch (Sechs Elektroden, längere stationäre Überwachung) aufgebaut. Würth Elektronik fokussierte sich auf das Layouting und Fertigung der dehnbaren Substrate. In Use Case 5 wurde ein Katheter mit Beschleunigungssensoren ausgestattet, um Kontraktionen am Herzen zu messen. Würth Elektronik hat das Design der Leiterplatten mitbegleitet sowie den Lagenaufbau und die Fertigung der biokompatiblen Substrate realisiert.		
19. Schlagwörter Leiterplatten, dehnbare Leiterplatten, flexible Leiterplatten, Drahtbonden, Medizinische Pflaster, Patches, Katheter		
20. Verlag	21. Preis	

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report	
3. title APPLAUSE - Advanced packaging for photonics, optics and electronics for low-cost manufacturing in Europe		
4. author(s) (family name, first name(s)) Schreibvogel, Alina Dr.		5. end of project 30.10.2022
		6. publication date 30.04.2023
		7. form of publication Report
8. performing organization(s) (name, address) Würth Elektronik GmbH & Co. KG An der Wiese 1 79650 Schopfheim		9. originator's report no.
		10. reference no. 16ESE0355
		11. no. of pages 9
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn		13. no. of references
		14. no. of tables:
		15. no. of figures: 14
16. supplementary notes		
17. presented at (title, place, date)		
18. Abstract In the European research project APPLAUSE, Würth Elektronik contributed to three Use Cases - low-cost thermal imaging devices / thermal imaging camera (Use Case 2), cardiac monitoring systems / cardiac patches (Use Case 4) and minimally invasive implants (Use Case 5). In Use Case 2, a hybrid panel-level packaging process was developed for use in a thermal imaging camera. In this case, printed circuit boards provided the basis for the assembly and interconnection technology of the system-in-package (SiP). Wire bonding tests with different solder surfaces of large optical chips were performed, different potting materials were evaluated, and suitable application technologies were investigated. For Use Case 4, a flexible patch for cardiac monitoring system was developed. Two variants - a Mini-Patch (three electrodes, short-term monitoring) and a Maxi-Patch (six electrodes, long stationary monitoring) were set up. Würth Elektronik focused on the layouting and manufacturing of the stretchable substrates. In Use Case 5, a catheter was equipped with accelerometers to measure contractions on the heart. Würth Elektronik was involved in the design of the printed circuit boards as well as the layouting and manufacturing of the biocompatible substrates.		
19. Keywords Printed Circuit Boards, Stretchable Printed Circuit Boards, Flexible Printed Circuit Boards, Wire Bonding, Medical Band Aids, Patches, Catheters		
20. publisher	21. price	