

Adhesive Bonding

Eine zuverlässige Integration von Elektronikmodulen in Textilien

Für viele E-Textiles-Anwendungen (hybride textile Produkte, die durch integrierte Elektronik mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet sind) wie z.B. Heizflächen, Vitaldatenerfassung, Ergonomiemonitoring, Beleuchtung oder für innovative Bedienkonzepte sind textilintegrierte Sensoren und elektronische Bauteile essentiell. Die entstehenden Anforderungen an das E-Textile hinsichtlich Tragekomfort, Waschbarkeit, Designfreiheit, Signalstabilität und kostengünstiger Herstellprozesse sind dabei sehr hoch.

Die Integration von elektronischen Komponenten und Baugruppen in textile Schaltungs-träger ist nach wie vor eine der größten Hürden bei der industriellen Herstellung zuverlässiger E-Textile Produkte. Die dabei involvierten Prozesse und Komponenten aus den Bereichen Textil und Elektronik könnten nicht verschiedener sein. Herstellungs-, Prozess-, und Materialanforderungen unterscheiden sich stark, was die Vereinigung beider Seiten zu einer großen Herausforderung macht. Hohe Prozesstemperaturen beim Löten, welche das Textil bereits degenerieren lassen oder Maschinen, welche die biegeschlaffen Eigenschaften von Textilien nicht handhaben können sind nur einige Beispiele. Konventionelle Integrations-technologien aus der Elektrotechnik wie Löten und Crimpen bieten zwar einen geringen Kontaktwiderstand, passen sich aber der textilen Beschaffenheit nicht ausreichend an und bieten damit keine zuverlässig mechanisch beanspruchbare Kontaktierung. Auch textile Methoden wie das Annähen von elektronischen

Modulen mit leitfähigen Garnen oder das Verbinden mit Druckknöpfen bieten keine dauerhaft stabile elektrische und mechanische Verbindung. Um diese gegensätzlichen Industrien zu vereinen und zuverlässige Kontaktierungen zu realisieren bedarf es einer speziellen Lösung. Eine Möglichkeit bietet eine den physikalischen Eigenschaften von Textilien angepasste Verbindungstechnologie, bei der elektronische Module mittels einer nicht leitfähigen Klebeschicht (non-conductive adhesive, NCA) auf textile Substrate aufgebracht werden [1].

Die an der TU Berlin (am Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik) und dem Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM entwickelte Kleb-technologie bietet große Vorteile für die speziellen Anforderungen textilintegrierter elektronischer Systeme. Während des NCA-Bondprozesses erweichen der nichtleitende Klebstoff und die optionale thermoplastische Leiterisolation und werden im Bereich der Kontaktstellen verdrängt. Nach dem Abkühlen härtet der Klebstoff aus und die Module werden so in einem einzigen Prozessschritt mechanisch und elektrisch verbunden (Abbildung 1). Hierbei werden die hochtemperaturrempfindlichen Textilien nur lokal thermisch belastet. Da sich die Kontaktpads auf der Unterseite der Module befinden, sind die Kontaktstellen vor äußeren Einflüssen besser geschützt und die mechanische Belastung an der Verbindungsstelle von weichem Textil zu starrer Elektronik wird reduziert.

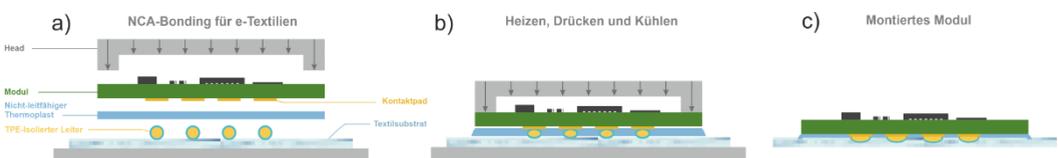


Abbildung 1: Beschreibung des NCA-Bond Prozesses für E-Textiles. A) Die Module werden mit einer NCA-Folie dazwischen zum textilen Substrat positioniert. B) Durch aufgetragenen Druck und Hitze erweicht der Klebstoff und die Kontaktpartner berühren sich. Bei dem anschließenden Abkühlen verfestigt sich der NCA wieder. C) Final realisiertes, mechanisch und elektrisch kontaktiertes Modul

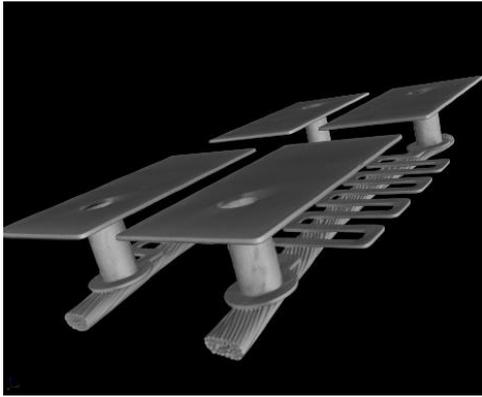


Abbildung 2: CT-Aufnahme eines Bondkontaktes - Interposer auf textilem Leiter.

Abbildung 2 zeigt eine Computertomographie (CT) Aufnahme einer solchen Bond-Verbindung: ein FR4 Interposer mit nach unten ausgeführten Kontaktpads wurde auf einen textilintegrierten Leiter gebondet.

Die gebondeten Kontakte zeigen eine sehr gute Zuverlässigkeit bei zyklischer Temperatur- und Feuchtigkeitsbelastung, sowie gute Waschbarkeit [2].

Weitere Vorteile des Kontaktverfahrens sind der Verzicht auf zusätzliche Additive, wie zum Beispiel Flussmittel oder leitfähige Partikel, sowie eine durch Wiederaufschmelzen des Klebstoffs mögliche Reparatur- und Recyclingfähigkeit. Die NCA-Bonding Technologie eignet sich für metallisierte Garne und Flächenwaren sowie für Litzen, die in das Textilsubstrat gestickt, gestrickt oder gewebt sein können. Zusätzlich wurde validiert, dass die Kontaktierungstechnologie auch mit thermoplastisch isolierten Leitern funktioniert. Im Gegensatz zum Flip-Chip-Lötverfahren ist das Hinzufügen eines Underfillers nicht notwendig, da die bereits am Prozess beteiligten Klebstoffe auch diese stabilisierende Funktion übernehmen.

Bis heute gibt es keine Maschinen, um E-Textiles in größerem Umfang herzustellen. Im Zuge der Prozessentwicklung wurde der E-Textile Bonder konzipiert und aufgebaut (Abbildung 3) [3]. Dieser wurde entwickelt, um die Klebtechnologie bis zum Industriestandard und zu typischen Textilgrößen zu bringen.

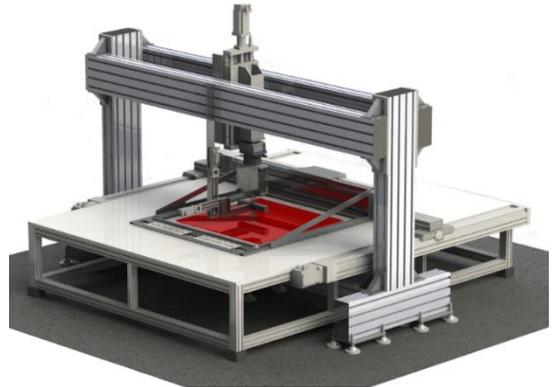


Abbildung 3: Überblick der relevanten Teile des E-Textile Bonders.

Außerdem ist er für einen breiteren Anwendungsfall angepasst und ermöglicht alternative Prozessparameter, neue Materialien und andere Kontaktierungstechnologien wie Sintern auf einer Großanlage zu untersuchen. Der E-Textile Bonder ermöglicht das Verbinden von Multi I/O Modulen von bis zu 50 mm x 50 mm Kantenlänge auf textilen Trägersubstraten von bis zu 1 m x 1 m.

Das textile Bonden konnte bereits erfolgreich in diversen Projekten angewendet werden. Mit Bonden als zuverlässiger Kontaktierungstechnologie für hochleitfähige Litzen in textilen Bändern zusammen mit Aktuatoren und Sensoren lassen sich verschiedene körpernahe Sensoranwendungen mit Feedbackfunktion realisieren. Zum Beispiel das Tracking von Bewegungen über den gesamten Körper mittels Inertialsensorik zur Auswertung von therapeutischen Bewegungstherapien von Hemiparese-Patienten und Patientinnen [4, 5].

Einen anderen therapeutischen Ansatz verfolgt das Projekt Ghost-Feel-it [6]. Hier wird ein direktes haptisches Feedback an die E-Textile tragende Person zurückgegeben. Durch Integration von Modulen mit Vibrationsmotoren können irreparable Nervenschädigungen und der damit einhergehende Gefühlsverlust von z.B. Händen an andere Körperregionen übertragen werden. Über einem speziellen Handschuh wird die Greifbewegung und das Kraft-

profil der sich schließenden Hände mittels eines speziellen Vibrationsmuster an den Rücken weitergeleitet und ermöglicht den Nutzenden somit ein neu erlerntes Feedback über Bewegungen. Auch in weiteren Bereichen wie Sport- und Schutzbekleidung, Mode (Abbildung 5), textile Innenausstattung, Fahrzeuginnenraum, Beleuchtung, textile Fassaden oder Hochleistungssegel kann die Bonding Technologie erfolgreich eingesetzt werden.

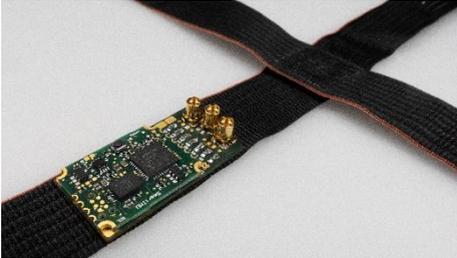


Abbildung 4: TheraTex Modulares E-Textile zur Hemiparese-Therapie; ZiM-Projekt mit futureTEX



Abbildung 5: EU-Projekt: Re-Fream „Second Skin“ Malou Beemer; <https://www.maloubeemer.com/project/second-skins-re-fream/>

Referenzen

- [1] Linz, T.; von Krshiwoblozki, M.; Walter, H.; Foerster, P. Contacting electronics to fabric circuits with nonconductive adhesive bonding. *J. Text. Inst.* 2012, 103:10, 1139-1150. DOI: 10.1080/00405000.2012.664867
- [2] von Krshiwoblozki, M.; Linz, T.; Neudeck, A.; Kallmayer, C. Electronics in Textiles - Adhesive Bonding Technology for Reliably Embedding Electronic Modules into Textile Circuits. *Adv. Sci. Technol.* 2013, 85, 1–10. DOI:10.4028/www.scientific.net/AST.85.
- [3] Garbacz, K.; Stagun, L.; Rotzler, S.; Semenec, M.; von Krshiwoblozki, M. Modular E-Textile Toolkit for Prototyping and Manufacturing. *Proceedings 2021*, 68, 5. <https://doi.org/10.3390/proceedings2021068005>.
- [4] Brunner, B.; Dils, C.; Garbacz, K.; Stagun, L. Elektronik in e-textiles: wie verbindet man

- Elektronik und Textilien. Im Tagungsband 3. Symposium Elektronik und Systemintegration (ESI), Landshut, Deutschland, 06. April 2022, pp. 10-21.
- [5] Betz, G.; Danckwerth, J.; Brunner, B.; Dils, C.; Garbacz, K.; Leher, I.; Sesselmann, S. Knitted e-textiles for Innovative Prevention and Therapy Systems. Im Tagungsband Aachen Dresden Denkendorf International Textil Conference (ADDITC), Aachen, Deutschland, 02. Dezember 2022.
- [6] Buecheler, L.; Hillmer, I.; Reimer, V.; Jiang, Y.; Angelmahr, M.; Schade, W.; von Krshiwoblozki, M.; Pawlikowski, J.; Garbacz, K.; Stagun, L.; Fischer, M.; Guttowski, Nicht-invasives Rehabilitationssystem für irreparable Nervenschädigungen im Handgelenksbereich. Im Tagungsband MikroSystemTechnik Kongress (MST), Berlin, Deutschland, 28.-30. Oktober 2019.