

Aufbau- und Verbindungstechnologien für am Arm tragbare Medizinalgeräte⁺

Etienne Hirt, Michael Scheffler
Art of Technology
Badenerstrasse 734, CH-8048 Zürich, Schweiz
Tel: +41-43-311 77 00, Fax: +41-43-311 77 99
eMail: scheffler@art-of-technology.ch

Zusammenfassung

Die heutige Lebensqualität wird durch medizinische Möglichkeiten erreicht, die noch vor ein paar Jahren nicht verfügbar waren. Diese neuen Möglichkeiten beschränken sich nicht nur auf bisher unbekannte Behandlungsmethoden, sondern finden ebenfalls ihren Ausdruck durch einen Paradigmenprung zur Krankheitsvorsorge und Gesundheitsüberwachung

Besonders kontinuierliche Überwachung (im Gegensatz zu einzelnen diskreten Messungen) erfährt neuerdings ein gesteigertes Interesse, sowohl durch Patienten als auch durch Personen, die einfach nur an ihrem Gesundheitszustand interessiert sind. Der am Arm tragbare Pulsmesser, der gleichermassen von Profis und Freizeitsportlern getragen wird, mag dafür als Beispiel dienen. Die klar ersichtliche Nachfrage und das Potential von miniaturisierten Überwachungsgeräten haben viele Forschungsprojekte und Start-up Firmen dazu inspiriert, solche Geräte entweder neu zu erfinden oder vorhandene Funktionen zu miniaturisieren. Diese Miniaturisierung lässt sich aber nur mithilfe hochdichter Aufbau- und Verbindungstechnologien („high-density packaging“ HDP) erreichen.

Anstelle eines sequentiellen Entwicklungsablaufes verlangt es jedoch die Komplexität, alle Aspekte des neuen Produktes gemeinsam so früh wie möglich in der Spezifikationsphase zu betrachten. Während im späteren Verlauf des Produktlebens, bei hohen Produktionsvolumen, ein ASIC kosten- und grössenmässig die beste Alternative darstellt, helfen HDP-Technologien bereits in früheren Phasen, die Grössenanforderungen zu erfüllen, ohne zuviel Entwicklungsflexibilität zu opfern und dabei gleichzeitig Zeit- und Kostenbedingungen nicht zu verletzen. Dieser Artikel präsentiert Entwicklungsstrategien, Abwägungen und Lösungen für zwei neuartige medizinische Anwendungen im Bereich der Überwachungsgeräte.

Schlagworte: am Arm tragbar, Überwachungsgerät, chip-on-board, biokompatibel

1 Einleitung

Im Allgemeinen kann man Medizinalanwendungen in drei Kategorien einteilen:

- Labor- und Krankenhausegerätschaften;
- (am Arm) tragbare Geräte („(wrist-)wearable devices“ WWDs); und
- Implantate.

Die erste Kategorie beinhaltet grosse, teure Geräte, die für Spitzen-Diagnose und Patientenbetreuung benötigt werden, wie z.B. Computertomographen.

Die zweite Gruppe entstand durch Minaturisierung aus der ersten. Die Idee, die dahinter steht, ist es, die Patienten vom behandelten Arzt unabhängig zu machen, ihnen die Möglichkeit zu geben, einfache Messungen selbst durchzuführen und damit aktiv an ihrer Gesundheitsfürsorge teilzuhaben.

Der nächste logische Schritt in dieser Kette ist die weitere Reduktion von “tragbar” zu “implantierbar”, was wiederum den Komfort für Patienten weiter verbessert. Ein typisches Beispiel für eine Anwendung, die alle Stufen durchgemacht hat, ist der Herzschrittmacher [1].

Eine geraume Zeit haben sich Medizingerätehersteller hauptsächlich auf den Krankenhaus- und Implantatemarkt konzentriert, während nur ganz wenige Produkte im Wortsinne “tragbar” waren. Doch seit kurzem, bedingt durch das mikroelektronische Miniaturisierungspotential, kommen neue Anwendungen mit neuartigen Sensorkonzepten,

⁺ die englische Originalfassung dieses Artikels wurde unter dem Titel “High Density Packaging for wrist-wearable medical devices” in den Proc. IMAPS Symposium, 4-6. September 2002, Denver CO, USA, p. 175ff veröffentlicht.

miniaturisierter Signalverarbeitung und Kommunikationsmöglichkeiten auf den Markt, so z.B. in digitalen Hörgeräten (Watch Pilot/ Claro, von Phonak¹) und Mobiltelefone mit integriertem EKG und GPS (Vitaphone²).

Dieser Artikel stellt Entwicklungs- und Aufbaukonzepte für zwei neuartige tragbare Medizinalgeräte vor, die sich so grundlegenden Anforderungen stellen wie

- Größen-/Höhen-/Gewichtsreduktion, um die Kundenvorstellungen von “am Arm tragbar” zu erfüllen,
- Biokompatibilität der Gehäusehülle,
- dem Gesamtmontagekonzept, bei dem alle Einzelteile zusammengefügt werden müssen.

In den folgenden Abschnitten geben wir zuerst einen Überblick über die Evolution der WWDs, ihrer Anforderungen, Entwicklungsherausforderungen und Technologien. Danach stellen wir zwei Beispiele für WWDs im Detail vor. Zu Vergleichszwecken werden abschliessend noch Anforderungen und Herausforderungen von Implantaten dargestellt

Eine Zusammenfassung schliesst den Artikel ab.

2 Am Arm tragbare Medizinalgeräte („Wrist wearable medical devices WWDs“)

2.1 Evolution der WWDs

Die ersten WWDs waren einfache Messgeräte, die die Fähigkeiten eines Allgemeinmediziners abbildeten, wie z.B. für Blutdruckmessungen Geräte von OMRON³ (**Kat. 1**). Obwohl sie schon einige Zeit auf dem Markt sind, sind sie doch noch relativ sperrig aufgrund ihrer mechanischen Komponenten (Pumpe, Blutdruckmanschette). Ihr Zielmarkt sind zu Hause befindliche Patienten. Diese Geräte sind nicht für den permanenten Einsatz gedacht, sondern nur für einzelne Messungen.

Die nächste Stufe erreicht haben einfache Mess-/Überwachungsgeräte, die vollständig elektronisch arbeiten und schon die Grenze zu sogenannten “life-style gadgets“ überschritten haben. Als solche werden sie auch von “gesunden” Personen, v.a. im Sportbereich eingesetzt (z.B. POLAR⁴ Pulsmessuhr). Sie werden sowohl von Freizeit- als auch von Profisportlern getragen, teilweise auch neben dem Sport, um sich ein sportives Aussehen zu geben -, eine Tendenz, die man schon von den Sportschuhen her kennt (**Kat. 2**).

Wie oben bereits angedeutet, gibt es neuerdings angetrieben durch die Miniaturisierung auch komplexere Mess-/Überwachungsgeräte. Sie bieten jetzt Funktionen wie z.B. EKG an, die bisher Krankenhausgerätschaften oder Diagnosespezialisten vorbehalten waren. (**Kat. 3**). Diese Geräte arbeiten häufig mit Telemedizincentern als Ferndiagnoseunterstützung zusammen und haben Patienten als Zielgruppe, die eine permanente Überwachung ihres Gesundheitszustandes benötigen, z.B. Herzpatienten.

Während man Herzpatienten als “enabler” für WWDs betrachten kann (Stichwort Akzeptanz), lässt sich ein wesentlich höheres Marktvolumen wiederum im „Prophylaxemarkt“ erzielen. Applikationen sind hier permanente Blutsauerstoff- und Blutdruckmessungen (**Kat. 4**).

Speziell der Prophylaxebereich spielt auch wieder in den “life-style” oder Konsumerbereich, für den weitergehende Anforderungen gelten als für ein „einfaches“ Medizinalgerät. Diese Anforderungen werden in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

Biokompatibilität:

Biokompatible Materialien müssen sich vor allem stabil in physiologischer Umgebung verhalten, so dass keine Degeneration auftritt. Sie müssen nicht toxisch gegenüber dem Zellgewebe sein (nicht-cytotoxisch) oder entsprechend mit nicht-cytotoxischem Material als Insulation gekapselt werden. Die Materialien müssen über eine glatte Oberfläche verfügen, um keine Wunden auf Gewebe und Nerven zu erzeugen. Sie sollten weder spröde noch schwergewichtig sein sowie sich flexibel dem natürlichen Gewebe anpassen [2]. Der Test für Biokompatibilität ist festgesetzt durch die ISO 10993 Richtlinie, die aus bisher 16 Teilen besteht [3]. Beispiele für biokompatible Materialien sind chirurgischer Stahl, Gold, bestimmte Typen von Keramiken und Gläsern (*feste Stoffe*), *Beschichtungen* wie Silicon und Parylen, *Spritzgussplastik* wie Makrolon, Polystyren, PMMA, etc.

¹ www.phonak.com

² www.vitaphone.de

³ www.omron.com

2.2 Marktanforderungen und Entwicklungs Herausforderungen bei WWDs

Klein und leicht: Da die Grösse des Unterarmes begrenzt ist, muss das Gehäuse minimiert werden, um trotzdem die Grössen- und Gewichtsvorgaben zu erreichen. Typische Gehäuseabmessungen bewegen sich bei 60 x 50 x 15mm³, und damit sind die inneren Abmessungen natürlich auch vorgegeben. Diese Vorgabe kann man praktisch nur mit engem mechanisch-elektronischem “codesign“ während der gesamten Entwicklungsphase erreichen. Darüberhinaus sollte das WWD keine Behinderung im täglichen Gebrauch darstellen und es sollte auch (aus verkaufstechnischen Gründen) nicht unbedingt wie ein Medizinalgerät aussehen.

Niedrige Stromaufnahme: Die Stromversorgung sollte eine Autonomie von min. 15h (= 1 Arbeitstag) sicherstellen. Wenn das Gerät nur eine geringe Stromaufnahme hat, ist u.U. eine Einmalbatterie geeignet, ansonsten ist eine wiederaufladbare Batterie erforderlich. Zur Reduktion der Stromaufnahme kann man übrigens neben stromverbraucharmen Komponenten auch die eff. Laufzeit (“duty cycle”) benutzen.

Gerätelebensdauer: Hohe Zuverlässigkeit und mindestens 4 Jahre Gebrauchsdauer sind anzustreben (spezielle Wartung ausgenommen), um für mögliche Kostenrückerstattung durch die Krankenkassen in Frage zu kommen.

Gehäuse: Das Gerät muss stossicher sein, eine Dichtigkeit von min. IP65 aufweisen. Alle Materialien, die mit dem Benutzer in Kontakt kommen können, haben darüberhinaus biokompatibel zu sein (siehe Extrabox).

Kommunikation: Wenn eine Steckerlösung gewählt wird, kompliziert das das mechanische Design sowie die Montage. Bei drahtloser Kommunikation wie Bluetooth, GSM oder IR ist der wesentlich höhere Strombedarf zu berücksichtigen.

Sensoren: Neuartige Anwendungen erfordern auch neue Sensorkonzepte, die u.U. nicht so einfach in Standardelektronik oder Gehäuse integriert werden können. Wenn der Sensor ausserdem in direktem physischem Kontakt mit dem Benutzer steht, kann die Biokompatibilitätsanforderung die Funktionsweise des Sensors beeinflussen – was im Labor funktioniert, muss nicht unbedingt zulassungsfähig sein! Darüberhinaus ist es schwierig, analoge Schaltungen zu miniaturisieren: die Komponenten sind zu klein, als dass mit der Direktmontage ungehäuster Chips Platz gewonnen werden könnte. ASICs auf der anderen Seite sind zu teuer für Prototypen und kleine Volumen.

2.3 Technologien

Um den finanziellen Entwicklungsrahmen für WWDs nicht zu überschreiten, werden in der Anfangsphase nur “normale” chip-on-board (COB) Fabrikationsprozesse eingesetzt. Wenn in späteren Phasen nach einer ersten Integration in ASICs genügend grosse Siliziumblöcke zur Verfügung stehen, können durch weitergehende flip-chip (FC) oder low-profile wire bond (WB) Techniken auf hochdichten, aber dennoch kostengünstigen Substraten weitere Grössenreduktionen erzielt werden [4].

Spezielles Augenmerk muss auf die Gehäuseentwicklung gerichtet werden, um Biokompatibilität zu gewährleisten und die Grössenvorgaben trotzdem einzuhalten, während gleichzeitig die Produktionskosten auf sinnvollem Niveau gehalten werden müssen.

Die nächsten Abschnitte stellen zwei solcher WWDs vor (eines in Kategorie 3, eines in Kategorie 4), die die vorher beschriebenen Herausforderungen und Bedingungen umsetzen.

3 WWD Anwendungsbeispiele

3.1 AMON

Der “Advanced care & alert portable telemedical MONitor” AMON ist ein EU-gefördertes Forschungsprojekt aus dem 5. Rahmenprogramm, mit Partnern aus drei europäischen Ländern und Israel.

Das Ziel des Projektes ist es, ein Gerät zu entwickeln, das viele verschiedene biologische Werte aufnehmen und verarbeiten kann, aber dennoch wie eine Uhr getragen wird. Die Sensordaten werden via Mobiltelefon (GSM) zu einem Telemedizincenter übertragen, wo sie von Experten und Expertensystemen analysiert werden (siehe Bild 1). Der Benutzer oder Patient bekommt eine Echtzeithilfe, unabhängig davon, wie spät es ist oder wo er/sie sich befindet. Unnötige Besuche von Akuteinrichtungen werden damit vermieden, die Hemmschwelle zur Inanspruchnahme externer Hilfe sinkt aber auch, so dass nötige Schritte weniger herausgezögert werden.

⁴ www.polar.fi

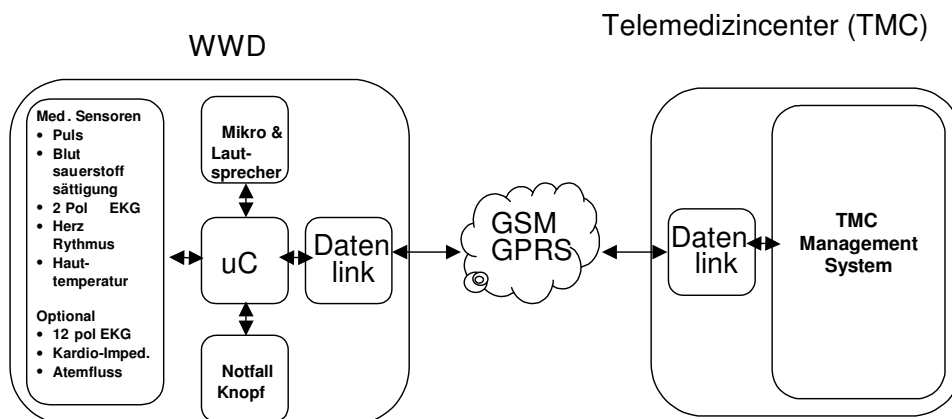


Bild 1: AMON Blockschaltbild: Daten werden auf dem WWD gemessen und vorverarbeitet, dem Benutzer werden bereits erste Informationen angezeigt; nach Datenübermittlung und Bearbeitung durch das Telemedizincenter wird der Patient über die Diagnose informiert, weitere Schritte können besprochen werden.

Das Projekt begann Anfang 2001 mit einer geplanten Dauer von 2 Jahren, die meisten Subsysteme sind nun betriebsbereit, und die klinische Phase hat nun begonnen.

NB: Um sich auf einen funktionalen Prototyp zu konzentrieren, wurden für einige Subsysteme, v.a. das GSM-Modul, Standardkomponenten gewählt und einzelne Sensoren extern dazugekauft.

3.2 Der AMON Aufbau

Aufgrund der Entwicklungsentscheidung, auf externe Module ohne Miniaturisierungspotential zurückzugreifen, ist der aktuelle Prototyp mit $68 \times 60 \times 30 \text{mm}^3$ immer noch recht klobig (siehe Bild 2).

Er besteht aus 10 Baugruppen, die ineinandergefaltet sind, um das Handgelenk umspannen zu können. Alle innerhalb von AMON entwickelten Module wurden in SMD-Technologie aufgebaut, um den Zeit- und Kostenrahmen einzuhalten.

Künftige Miniaturisierungsanstrengungen können sich auf die Gesamthöhe aller Baugruppen konzentrieren, um die Klobigkeit zu reduzieren. Aktuelle Abschätzungen haben ein Höhenreduktionspotential von ca. einem Drittel ergeben, bedingt vor allem durch die Kombination des DLW- und GSM-Blocks. Auf der Chip-Seite kann die jetzige Gehäusehöhe von 2.4 oder 1.6mm auf eine Höhe von 0.6mm mit COB/Vergossen reduziert werden, wobei die Die-Höhe $175 \mu\text{m}$ oder 7mil beträgt (Die meisten Chip-Lieferanten bieten mehrere Siliziumdicken an).

Da die Größe der einzelnen Baugruppen hauptsächlich durch Komponenten und nicht durch die Leiterbahnen bestimmt wird, wird aber trotzdem ein (zugegebenermaßen dichtes) PCB mit gebohrten Durchkontaktierungen genügen.

Die Elektronik und die Sensoren werden in ein Plastikgehäuse montiert, in dem sich auch eine Blutdruckmessmanschette befindet. Das Gehäuse wurde in Stereolithografie hergestellt, um die Herstellung eines teuren Spritzgusswerkzeugs oder komplizierte Frästechnik zu vermeiden.

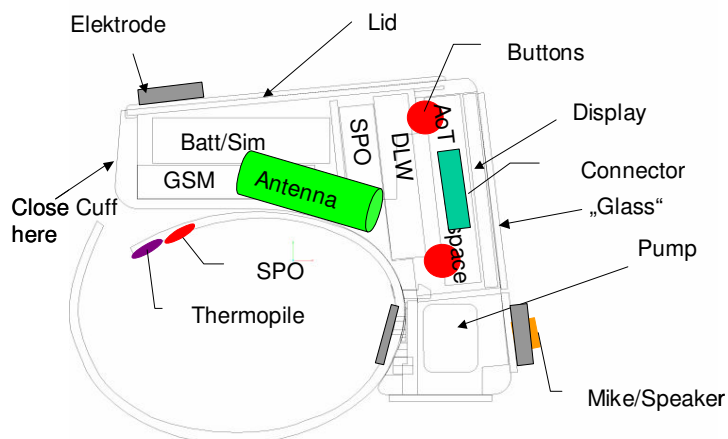


Bild 2: Querschnitt des AMON WWD funktionalen Prototyps.

Der WWD wird auf das Armband montiert, die einzelnen Sensoren sind sichtbar.

Data link (DLW) und GSM sind vollständig in SMD Technologie aufgebaut; in einer Weiterentwicklung könnten sie kombiniert und in COB realisiert werden, was ebenfalls die Höhe reduzieren würde.

SPO und Temperatursensor (thermopile) sind in das Armband integriert.

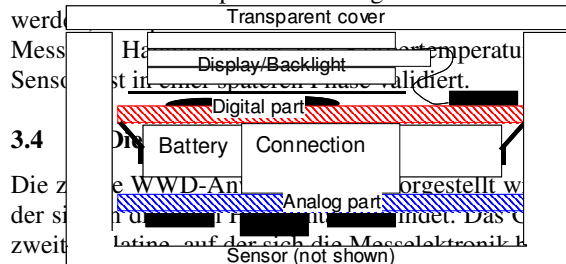


Bild 5: Die Uhr: oben links: Querschnitt, oben rechts: Vergleich des Prototyp 2 (COB) und Prototyp 1 (SMD); unten: Prototyp 1 Endgerät

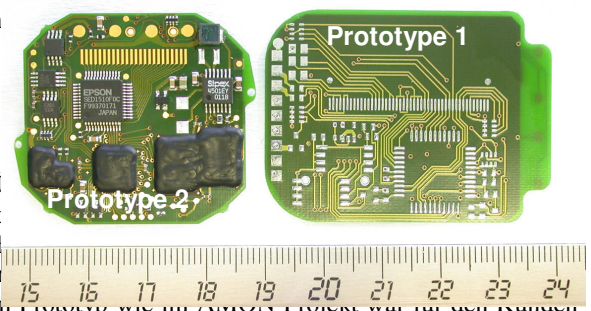
3.3 AMON Sensoren

Für den Blutsauerstoffsättigungs- (SPO₂) Sensor war eine Weiterentwicklung nötig, da er normalerweise nicht am Handgelenk eingesetzt wird. Als Standardsensor sendet er normalerweise Licht durch die Fingerspitze und misst die Reflexion. Das AMON-Konsortium hat erfolgreich einen Forschungsprototypen integriert, eine weitere Entwicklung ist aber noch nötig. Der EKG-Sensor und die Blutdruckmessung sind zwar Standard, wurden aber an die WWD-Anforderungen adaptiert und befinden sich jetzt in der Validierungsphase.

Für die Hauttemperaturmessung wurde eine Thermopile ausgewählt. Dieser Ansatz muss noch weiter untersucht



einfach jedoch



3.4

Die zweite WWD-Anforderung ist ein Ü...

ist ein Ü...

Von der kundenseite her war es eine grundlegende Anforderung, dass der Prototyp wie im AMON-Projekt war für den Kunden nicht akzeptabel. Um diese Anforderung zu erfüllen, war HDP die einzig mögliche Alternative!

3.5 Aufbau der Uhr: Produktphasen

Der **erste Prototyp** wurde vollständig in SMD/PCB Technologie aufgebaut (siehe Bild 5 oben rechts), bestehend aus einem μC , zwei Speicherbausteinen, einem Spannungskonverter. Die resultierende Platinengröße war $45 \times 50 \text{ mm}^2$, mit einem Gehäuse von $60 \times 50 \times 12 \text{ mm}^3$.

Der **zweite Prototyp** benutzte bereits eine gemischte COB/SMD Technologie, wobei zwei weitere Speicherbausteine, ein Displaycontroller, Hintergrundbeleuchtung, ein Summer und eine Batterieschutzschaltung

⁵ Contract development of Art of Technology under NDA.

hinzugefügt wurden. Insgesamt wurden acht Komponenten mit COB aufgebaut. Trotzdem konnte die Platinengröße auf $35 \times 41 \text{ mm}^2$, und das Gehäuse auf $45 \times 45 \times 12 \text{ mm}^3$ reduziert werden.

In der aktuellen **Vorserie** verwenden zusätzliche Komponenten COB, wobei weitere Funktionen in das WWD integriert wurden. Durch Benutzen eines besseren Steckverbinders konnte sogar das Höhenbudget entlastet werden. Diese Anstrengungen waren erforderlich, um alles in ein designtes Gehäuse mit abgerundeten Ecken einzupassen, das das vorhandene Volumen für Elektronik, Batterie und Display zusätzlich reduziert hat.

Produktionsoptimierung für Serien: Sobald die Produktionsvolumen es rechtfertigen und die Entwicklung vollständig angeschlossen ist, kann auch der analoge Anteil durch Transfer in einen ASIC miniaturisiert werden. Momentan kann eine kompakte Elektronik nur durch Auswahl der kleinstmöglichen Gehäuse erreicht werden. Der Platzgewinn durch Chip-on-board würde aufgrund der geringen I/Os pro Bauteil durch den hohen Montageaufwand kompensiert.

3.6 Zusammenfassung WWDs

Das Handgelenk selbst begrenzt die Gesamtgröße eines WWDs. Mit Hilfe von HDP sogar bereits in der Prototypenphase, lässt sich die Bauteilfläche und ihre Höhe reduzieren (ca. 0.5 bis 1mm pro Ebene durch Direktverbindungstechnologien und dünne Substrate), so dass diese Grössenvorgaben erreicht werden können. Ausserdem kann durch Weglassen des Gehäuses auch das Gesamtgewicht reduziert werden.

Spezielles Augenmerk muss immer auf Sensoren gerichtet werden, die noch nicht standardmässig am Handgelenk eingesetzt wurden; hier sind häufig Neuentwicklungen oder zumindest Anpassungen nötig, vor allem wenn direkter Hautkontakt erforderlich ist. Es ist deshalb wichtig, die Zulassungsanforderungen (CE/FDA) bereits in der Entwicklungsphase einfließen zu lassen, um eine schnelle Überführung vom Prototyp zum Produkt zu ermöglichen.

4 Ein Ausblick: Implantate

4.1 Anwendungsgebiete

Wir haben bereits den Herzschrittmacher als *das* typische Implantatebeispiel erwähnt. Es gibt auch noch zahlreiche weitere Diagnose- und „Therapie“-geräte, an denen momentan geforscht wird (z.B. ein Retinaimplantat von FhG-IBMT [2]), der sich in der klinischen Phase befinden (z.B. Nervenlektroden, ebenfalls FhG-IBMT [2]), oder bereits im Markt befindliche Geräte (z.B. halbinvasive Glucosemeter, Minimed).

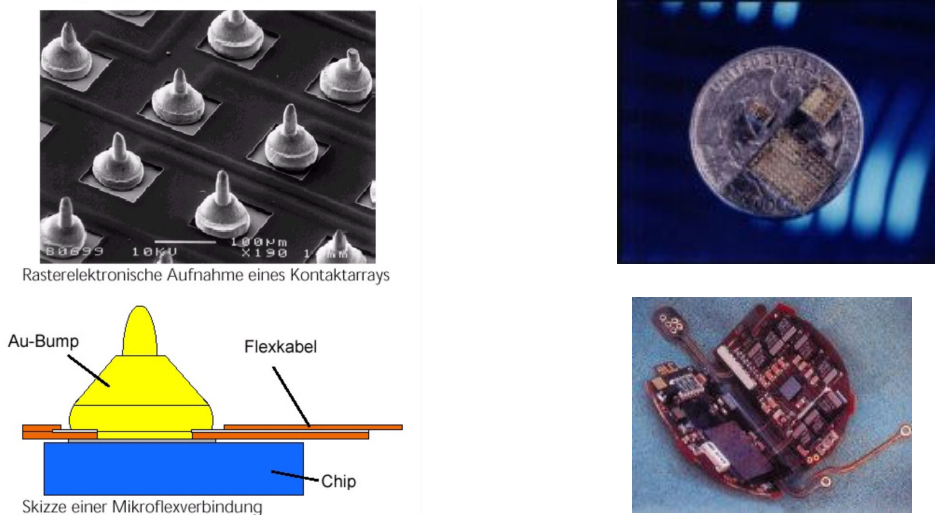


Bild 6: links: Microflexverbindung FhG-IBMT [2]

rechts: miniaturisierter Herzschrittmacher, MSE Berg, Dyconex und FHG-IZM [5][6]

4.2 Besondere Anforderungen und Herausforderungen für Implantate

Klein & anpassungsfähig: jedes Implantat ist immer noch ein “Fremdkörper”, und sein störender Einfluss sollte so klein wie möglich sein. Die Elektronik hat sich ihrer Umgebung anzupassen, nicht umgekehrt, wie es normalerweise der Fall ist.

Minimaler Leistungsverbrauch: wenn das Implantat eine Einmalbatterie benötigt, bedeutet jeder Wechsel eine Operation! In der Zukunft könnte induktives Laden eine Alternative sein, aber dieser Vorgang ist von der Zuverlässigkeit des Patienten abhängig, was ein inherenter Risikofaktor ist.

Dichtigkeit: Das Gehäuse hat hermetisch zu sein, aus biokompatiblen Materialien zu bestehen, die auch „rauen“ Umgebungen widerstehen müssen (eher “industrial” als “consumer”). Allerdings wird heutzutage immer mehr die Möglichkeit der Datenkommunikation zur Pflicht, zur Parameterkalibration und zum Herunterladen von Mess- oder Steuerdaten. Eine Steckverbindung widerspricht der Dichtigkeitsanforderung, eine drahtlose Lösung darf aber keinesfalls den Stromverbrauch über Gebühr belasten.

4.3 Technologien

Im Allgemeinen werden für Implantate ebenso Standardmontage und –substratechnologien eingesetzt (z.B. für Herzschrittmacher Hybride mit SMD). Aber diese Technologien bieten nur eine begrenzte Verbindungsdichte und erfordern ein 100% dichtes Gehäuse, meistens aus Metall.

Eine mögliche Verbesserung ist die **Microflexverbindung** (microflex interconnect MFI) vom Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik FhG-IBMT [2]: MFI benutzt ein gelochtes biokompatibles hochdichtes PI2611 Substrat mit Ti/Pt Metallisierung. Die Chips werden über die Löcher positioniert und “gewirebump” (siehe Bild 6 links) mit Hilfe von Golddrahtbonden. Das MFI wurde benutzt, um einen Multiplexer für eine miniaturisierte Nervenlektrode aufzubauen. Nur durch diese Miniaturisierung war die Anwendung möglich.

Eine weitere Alternative ist das wohlbekannt **wafer-level CSP**, das zusammen mit einem **Starrflexsubstrat** benutzt werden kann, um sowohl Bauteilgrößen als auch Anschlussflächen zu verkleinern (siehe Bild 6 rechts) [5][6]. Diese Platzersparnis im Bereich der Elektronik kann entweder zu einer weiteren Verkleinerung der Anwendung oder zu einer Vergrößerung der Batterie (und damit der Lebensdauer) benutzt werden.

4.4 Zusammenfassung Implantate

Viele künftige Implantate werden erst durch HDP möglich. Und es ist das erklärte Ziel weiterer Forschung, den “Fremdkörperereffekt” durch verbesserte Kapselung, Miniaturisierung und Biokompatibilität abzuschwächen .

Dabei gilt es aber, wann immer neue Technologien verwendet werden, besonders auf die Zuverlässigkeit zu achten, da „Feldversuche“ verständlicherweise nicht in Frage kommen. Die Biokompatibilitätsanforderung zwingt dabei, alle Elektronikproduktionsverfahren sowie altbekannte und künftige Materialien im Hinblick darauf zu untersuchen.

5 Schlusswort

In diesem Artikel haben wir Herausforderungen und mögliche Lösungen für am Arm tragbare Medizinalgeräte vorgestellt. Zwei WWDs wurden gezeigt, eines für den klinischen Bereich, und ein zweites, das sich eher der Gesundheitsfürsorge widmet.

Wir haben ebenso den wichtigen Begriff der “Biokompatibilität” angesprochen und einige Beispiele gegeben; es liegt im Verantwortungsbereich der Aufbau- und Verbindungstechnik, sie sicherzustellen.

Von den Technologien her können bereits einfache HDP Techniken wie COB frühzeitig in der Entwicklungsphase eingesetzt werden; sie helfen dem Kunden dabei, sich das Produkt in seiner endgültigen Form besser vorstellen zu können, ohne dabei zeit- und geldmässig das Entwicklungsbudget zu sprengen.

Etwaige höhere HDP-Produktionskosten sind vernachlässigbar verglichen mit den Gesamtkosten für die Entwicklung, klinische Tests und Zulassung.

Mit Hilfe von HDP war es also möglich, bisherige klinische Anwendungen „auf den Arm“ zu portieren.

Danksagung

Das Schweizerische Bundesamt für Bildung und Wissenschaft (BBW) hat das Projekt AMON teilweise gefördert. Die Autoren bedanken sich beim BBW, ihren Kollegen des AMON Projektes und allen Mitgliedern des „Uhrenteam“ für ihre Unterstützung.

Abkürzungen

CE	Consumer Electronics Security Convention
CSP	Chip Scale Package
COB	Chip on Board
DCA	Direct Chip Attach
ECG	Electro Cardio Gram
FC	Flip Chip
FDA	Food and Drug Administration
GPS	Global Positioning System
HDP	High Density Packaging
HRM	Heart Rate Monitor
IR	Infrared
PI	Polyimide
SMD	Surface Mount Device
SPO ₂	Blood Oxygen Saturation
WB	Wire Bond
WWD	Wrist Wearable Device

Referenzen

- [1] http://www.medtronic.com/corporate/more_history.html
- [2] “High density interconnects and flexible hybrid assemblies for active biomedical implants”, J.-U. Meyer, T. Stieglietz, O. Scholz, W. Haberer, and H.-J. Beutel, IEEE T-Advanced Packaging, 24 (3), p. 366-374, 2001.
- [3] <http://www.iso.ch/iso/en/ISOOnline.frontpage>
- [4] “Esprit project 26261: LAP, Low cost large area panel processing of MCM-D substrates and packages,” <http://www.ife.ee.ethz.ch/mcm/lap>, 1998-2000.
- [5] “High Density Packaging of Medical Devices”, E. Hirt, 2nd MEDICS Workshop on Micropackaging and Interconnection Technologies for Innovative Biomedical Devices, Sulzbach; Germany, Dec 5th, 2000.
- [6] „Biotronik“, M. Töpfer, www.izm.fhg.de , 1999.