



ヘテロジニアスイнтеグレーション
ロードマップ
2019年度版

第4章: 医療、健康、
及びウェアラブル

<http://eps.ieee.org/hir>

HIR は、技術評価のみを目的として考案されており、個々の製品または機器に
関連する商業上の考慮事項とは無関係です。

このロードマップでは、元のソースから抜粋した資料および図の使用に感謝します。

図と表は、元のソースの許可を得てのみ再利用する必要があります。



第4章: 医療、健康、及びウェアラブル

この章は準備中で、2019年末に予定されているバージョン1.1のロードマップに統合されます。その代わりに、次の要約と一連のスライドがあり、フレキシブルハイブリッドエレクトロニクスの医療、健康、ウェアラブルテクノロジーへの応用の現状を示し、今後10~15年間で必要とされる進歩に関連しています。

エグゼクティブサマリー

ワイヤレスの医療および健康モニタリングへの関心が高まっています。フレキシブルハイブリッドエレクトロニクスの採用と継続的なイノベーションは、今後数年間でこの業界を牽引すると予想されます。小型化により、医療グレードおよびコンシューマグレードの両方のヘルスマニターや、埋め込み型およびその他の医療機器に、より薄い、より小さなスペースで優れた機能を提供するパッケージの必要性が高まります。従来医療用電子機器の設計は保守的である可能性がありますが、ウェアラブル向けの柔軟なハイブリッド電子機器の採用は、パッケージングおよびアセンブリ技術を大幅に進歩させています。さまざまなコンポーネントとダイ（薄型および非パッケージプロセッサ、メモリ、センサー、MEMS、RF、光学などを含む）を薄いフレキシブル基板上のプリント回路と統合することで、次世代のウェアラブル医療システムが生まれます。多くの新しい材料、組み立て方法、および用途が文献に示されています。プロトタイプは、さまざまな企業からの評価に利用できます。電源（薄型バッテリー、RF誘導およびエネルギーハーベスティング）、センサー（化学、電気、光学、MEMS）、およびRF（コンポーネントと通信）を薄く、柔軟で快適に装着できる形式で統合する機能が重要になります。この章では、ターゲットアプリケーション、材料、成膜方法、コンポーネント、デバイスの統合、信頼性など、これらのテクノロジーについて説明します。今後数年間に予想される傾向と課題について説明します。



Heterogeneous Integration Roadmap

医療、健康、及びウェアラブル

Mark D. Poliks (Binghamton University), Jan Vardaman
(TechSearch International, Inc.) & Nancy Stoffel (GE)

Wilfred Bair (NextFlex), Jason Marsh (formerly at NextFlex)
and the NextFlex Community

Disclaimer: The material contained herein is biased towards Flexible Hybrid Integration approaches as a consequence of the NextFlex contribution. It is recognized that many rigid and semi-rigid approaches are also widely used and should be part of the HIR.



アプリケーションスペース：ウェアラブルデバイスに焦点を当てる

・階層の精度

- ・臨床（臨床グレード、高精度が重要）
 - ・患者のモニタリング、診断、治療
- ・適用
 - ・工場または過酷な条件
- ・極端なパフォーマンス
 - ・軍事、公共の安全/国土安全保障、プロフェッショナルアスレチックス）
 - ・精神のおよび肉体的に厳しい設定
- ・ウェルネス/フィットネス（重要でない相対精度）
 - ・一般的な個人使用-情報のみ

ウェアラブルベースにCOTSの成分（2016
および前）

- ・脈拍、心拍数、体温（基本的な非医療グレードのバイタル）

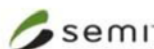
・ウェアラブルベースに非COTS（2017
および後）

・フォームファクター

- ・適合性
- ・伸縮性
- ・透明性
- ・半通気性

・基本的な医療グレードのバイタル

- ・生理：ECG、EEG、SpO2値、BP、RR、温度、その他多
- ・モーション、ひずみ、圧力センサー
- ・統合マルチセンサーシステム
- ・流体およびバイオマーカー分析（マイクロ流体システムを使用）
 - ・汗のサンプリング（吸収と吸い上げ）
 - ・間質液と血液（マイクロニードル）



ウェアラブル 2016

The collage features a variety of wearable devices such as smartwatches, fitness trackers, and sensors. It also includes images of printed circuit boards (PCBs) and a hand holding a small component, likely a sensor or microchip. The devices are arranged in a grid-like pattern, with some larger images and others smaller. The background is white, and the text 'ウェアラブル 2016' is prominently displayed at the top left.

At the bottom of the collage, there are logos for several organizations: IEEE, IEEE Photonics Society, semi, IEEE Electronics Packaging Society, ASME, and IEEE Electron Devices Society.

センサー&デバイス

- モーショントラッキングセンサー
 - 加速度計
 - ジャイロ
 - 磁力計
 - GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou)
- 身体機能センサー
 - 心拍数センサー
 - パルスオキシメータ
 - 温度センサー
 - ケミカル
 - 電気
 - RFF

At the bottom of the slide, there are logos for several organizations: IEEE, IEEE Photonics Society, semi, IEEE Electronics Packaging Society, ASME, and IEEE Electron Devices Society.

センサクラス

モーショントラッキングセンサ

- 加速度計
- ジャイロ
- 磁力計
- GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou)

身体機能センサ

- 心拍数センサ
- パルスオキシメータ
- 温度センサー














ウェアラブル 2018-2021

フォームファクター

- 適合性
- 伸縮性
- 透明性
- 半通気性

センサー

- ケミカル
- 電気
- RF















人の計測

• バイオマーカの例

- ニューロペプチド (NpY、オレキシンA ..)
- サイトカイン
- カテコールアミン
- コルチコステロイド
- PSMA / Antigens
- グルコノラクトン (グルコースオキシダーゼ)
- 糖 (ボロン酸) cid)

	Measurement	Input Needed	Connection	Continuous
Temperature	Electrical	Voltage	Skin Contact Electrodes	Yes
Electrocardiogram	Electrical	Passive	Adhesive Electrodes	Yes
Photoplethysmograph	Optical	Light	Adhesive Sensor	Yes
Electrolytes	Potentiometry	Wicked Sweat/Blood	Wick	Yes
Blood Gasses	Amperometry	Capillary Blood	Microneedle	Yes
DNA Markers	DNA	Nucleic Acid Amplification/Fluid Sample	Swab/Tissue Sample	No
Protien Markers	Electrochemical/Optical	Swabbed Blood/Sweat/Urine/Sweat	Swab	Maybe

SUNY BINGHAMTON EVAL (MC-10 BIOSTAMP)

プログラマブル

出力電圧
超低消費電力降圧コンバーター

マルチプロトコル SoC
ブルートゥース 32ビットM0
CPUを中心に構築

256 Mbit (32 MB)
不揮発性メモリ

3軸MEMS
加速度計+温度センサー

6軸 (ジャイロおよび
加速度計) MEMS

生体電位測定用の低電力、
2チャンネル、46ビットアナ
ログフロントエンド

リチウムポリマー、
充電式バッテリー
(15mAh)

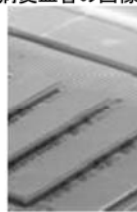
ワイヤレス

13.56 MHzの電力転送を使用
した充電ユニット

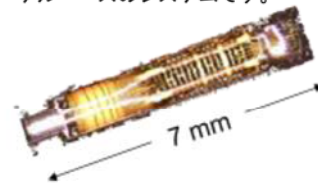


I3、UIC、及びビンガムトン大学

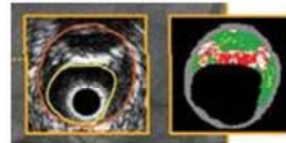
初期 (2010) FHE 製品：
 直径 1 mm の 5 つの ASIC ダイ
 血管内超音波 (IVUS) は、医師が動脈内から病変血管の画像を取得できるようにするカテーテルベースのシステムです。



Transducer ASIC
 die



部品の説明
 説明：トランスデューサー付きの柔軟なポリイミド基板 (受信機/送信機)
 誘電体：ポリイミド、12.5 μm LW / LS : 14 μm / 14 μm
 フリップチップ：22 μm パンプ、70 μm ピッチ



Endicott Interconnect (i3), Universal Instruments &
 Binghamton University



ヘルスケアのためのヘテロジニアスインテグレーション



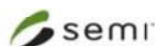
- ・ イメージングモダリティ (HIR
 の他のセクションにかなり従う)
 - ・ CT、X線、MRI、超音波、テラヘルツ
- ・ 人間の健康監視センサー
 - ・ バイタルサインモニター、病状、疲労、水分補給、創傷ケア
 - ・ 感知、アクセス、及びレスポンスする長期的なデバイス
- ・ 埋め込み型デバイス
 - ・ 神経インプラント
 - ・ ペースメーカー
- ・ 診断システム
 - ・ 体内と体内の両方の可能性
 - ・ コンパクトでスタンドアロン
- ・ その他の関連アプリケーション
 - ・ 新生(Neonatal)
 - ・ スマートな創傷ケア
 - ・ スマートPPE
 - ・ その他



HI ヘルスケアのセグメント



- この文書の焦点は、新興のウェアラブル医療機器技術
- 画像モダリティ
 - CT、X線、MRI、超音波、テラヘルツ
- 人間の健康監視センサ
 - バイタルサインモニター、病状、疲労、水分補給、ストレス、創傷ケア
 - 感知、アクセス、レスポンスする長期的なデバイス
- 埋め込み型デバイス
 - 神経インプラント
 - ペースメーカー
- 診断システム
 - 体内と体内の両方の可能性
 - コンパクトでスタンドアロン
- その他



精度の階層



- 臨床
 - 患者のモニタリング、診断、治療
- 適用環境 (Occupational)
 - 工場または過酷な条件
- 過度な環境 (Extreme Performance)
 - 精神的および肉体的に厳しい設定
- ウェルネス/フィットネス
 - 一般的な使用

臨床グレードの精度が重要



許容できる相対精度





基板、材料、デバイスのインテグレーション

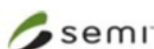
- 剛性があり、柔軟性があり、超薄型
- シリコン、ガラス、セラミック、ポリマー（PI、PET、LCP、TPU）、布、紙
- メッキ金属（Au、Pt、Cuなど）
- 印刷された金属インク/ペースト：（Ag、Cuなど）
- 誘電体、封止材、シーラントなどの印刷および分配された材料。
- デバイスインテグレーション
- 電子（アクティブおよびパッシブ）
- RF（通信）
- オプティカル（エミッタとセンサー）
- マイクロ流体
- その他：MEMS、温度、GPSなど....



文献レビューとサマリー



- 以下のスライドは、初期のテストでプロトタイプハードウェアに実装される明確な傾向と機能を実証する、現在の分野の最新の資料の例です。
- 写真と図が追加されます。
- このドキュメントのナラティブバージョンには、追加の文献が追加されます。





ソフトエレクトロニクスに向けた材料と構造

- 先端マテリアルからの要約
 , 2018, 30, 1801368 by
 C. Wang, C. Wang, Z. Huang and
 S. Xu. (with 656 references)
- ソフトエレクトロニクス用材料
 - ヒドロゲル、液体金属、導電性ポリマー、及びナノ材料。
- ソフトエレクトロニクスの構造設計
 - 波/しわ、アイランドブリッジ、折り紙、切り紙、テキスタイル、クラック、インターロック。



フレキシブルハイブリッドエレクトロニクス：ウェアラブルヘルスマニタリングのためのソフトエレクトロニクスとハードエレクトロニクスの直接インターフェース



- 先端機能マテリアルからの要約
 , 2016, 26, 8764-8775 by Y.
 Kahn, M. Garg,
 M. Poliks, K. Ghose, J. Turner
 and
 A. Arias and others (with
 28 references)
- ウェアラブルセンサーパッチ
- センサーの直接印刷による単一基板統合
- インクジェット印刷されたAu ECG電極
- ステンシル印刷された酸化ニッケルサーミスタ
- WSPの作成
- リアルタイムECG信号モニタリング





Ca²⁺ とpHの非侵襲的同時モニタリングのためのウェアラブル電気化学プラットフォーム

- ACS Nanoからの要約, 2016
- Authors include: H. Hyeon, W. Gao, Z. Shahpar, R. Davis and A. Javey and others (with 43 references)
- フレキシブルPCBと接続された使い捨てでフレキシブルなセンサーのアレイを使用して、イオン化カルシウムと体液のpHを継続的に監視するウェアラブル電気化学デバイスのデモ。



リモートおよび携帯型モニタリング用の非常に柔軟で、ウェアラブルで使い捨ての心臓バイオセンサー



- Nature Partner Journals Digital Medicineからの要約, 2018.
- Authors include: S. Lee, G. Ha, D. Wright, J. Rogers, R. Ghaffari and others (with 49 references)
- 新規ECGの非常に柔軟な表皮デザインと臨床実装、及び低コスト、軽量でエネルギーハーベスティングが可能な、心拍数ロギングウェアラブルセンサー。デバイスは、標準の近距離無線通信アプローチを使用して通信します。





皮膚のワイヤレス光学特性評価のためのバッテリー不要で 伸縮可能なオプトエレクトロニックシステム

- Science Advances Research Articleからの要約, e1600418, 2016.
- Authors include: J. Kim, G. Salavatore, H. Araki, S. Xu, J. Rogers and others (with 31 references)
- 電池なしで完全にワイヤレスモードで機能するアクティブなオプトエレクトロニックシステムを紹介します。皮膚の多波長光学特性評価用に設計された薄く伸縮性のあるプラットフォームを例にしています。
- 動脈血流、組織酸素化などへの応用。



ウェアラブルセンシングに向けたフレキシブル エレクトロニクス

- ACS Accounts of Chemical Researchからの要約, 2018.
- Authors include: W. Gao, H. Ota, D. Kiriya, K. Takei and A. Javey (with 48 references)
- 物理的および化学的モニタリングのための柔軟な電子機器およびシステムの設計に関する最近の研究の要約。
- 材料革新、センサー設計、デバイス製造、システムインテグレーション、及び継続的で非侵襲的なウェアラブルセンシングに向けた人間の研究について説明します。



フレキシブルエレクトロニクスのコンポーネントアセンブリおよび組み込み電源用のナノパッケージング



- IEEE Nanotechnology Magazine からの要約, 2018.
- Authors include: N. Shahane, P. Raj, C. Nair, V. Smet, C. Buch and R. Tummala (with 56 references)
- 柔軟なシステムのためのヘテロジニアスコンポーネントインテグレーション
- 次世代エレクトロニクスシステム
- フレックスパッケージの構造
- フレックス基板
- 相互接続とコンポーネントアセンブリ
- 柔軟な電源：保管、収穫、会話



ウェアラブル電子機器用の柔軟で伸縮可能な電源



- Science Advancesからの要約, 3, e1602051, 2017.
- Authors include: A. Zamarayeva, A. Ostfeld, M. Wang, J. Duey, I. Deckman, B. Lechene, G. Davis, D. Steingart and A. Arias (with 50 references)
- 機械的に堅牢で本質的に安全な銀亜鉛電池を実証するユニークなアプローチ。
- アプローチでは、構造的サポートおよびすべてのバッテリーコンポーネントのバックボーンとして、らせんばねや蛇行などの機械設計が強化された集電装置を使用します。





運動中の汗電解質の継続的なモニタリングのためのウェアラブルパッチ

- Lab Chipからの要約, 2018, 18, 2632-2641
- Authors include: A Alizadeh, A Burns, R Lenigk, R Gettings, J Ashe, A Porter, M McCaul, R Barrett, D Diamond, P White, P Skeath and M Tomczak. (with 35
- 水分状態の測定基準として中程度から激しい運動中の電解液を目立たず継続的に監視するための、完全にインテグレートされたワイヤレスのウェアラブルで柔軟な汗検知デバイスのデモ。



幅広いマテリアルとデバイス



- 基板
 - 剛性があり、柔軟性があり、超薄型
 - シリコン、ガラス、セラミック、ポリマー (PI, PET, LCP, TPU)、布、紙
 - メッキ金属 (Au, Pt, Cuなど)
 - 印刷および配布された資料
- デバイスインテグレーション
 - 電子 (アクティブおよびパッシブ)
 - RF (通信)
 - オプティカル (エミッタとセンサー)
 - マイクロ流体
 - その他: MEMS、温度、GPSなど...
 - カ



Dressing	Manufacturer	Base Material
Telfa	Medtronic	PET
Tegaderm	3M	PET
ProFore	Smith & Nephew	Si
Dermanet	DeRoyal	Si
Colactive	Covalon Tech	Biodegradeable
Petrolatum	Cardinal Health	Cellulose Acetate
ComfiTel	Dermarite	Si
CutiCell	BSN	Si
Meptiel One	Mölnlycke	Soft Si

- 幅広いサイズ、形状、その他の物理的属性に対応するパッケージ



医療用HIRの目的



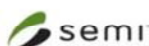
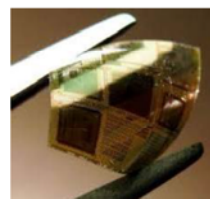
- ・生理学的： ECG、 EEG、 SpO2、 BP、 RR、 温度など
- ・モーション、 ひずみ、 圧力センサー
- ・液面および液バイオマーカーセンサー
- ・スマートな包帯
- ・スマートPPE
- ・インテグレーションマルチセンサーシステム

通信

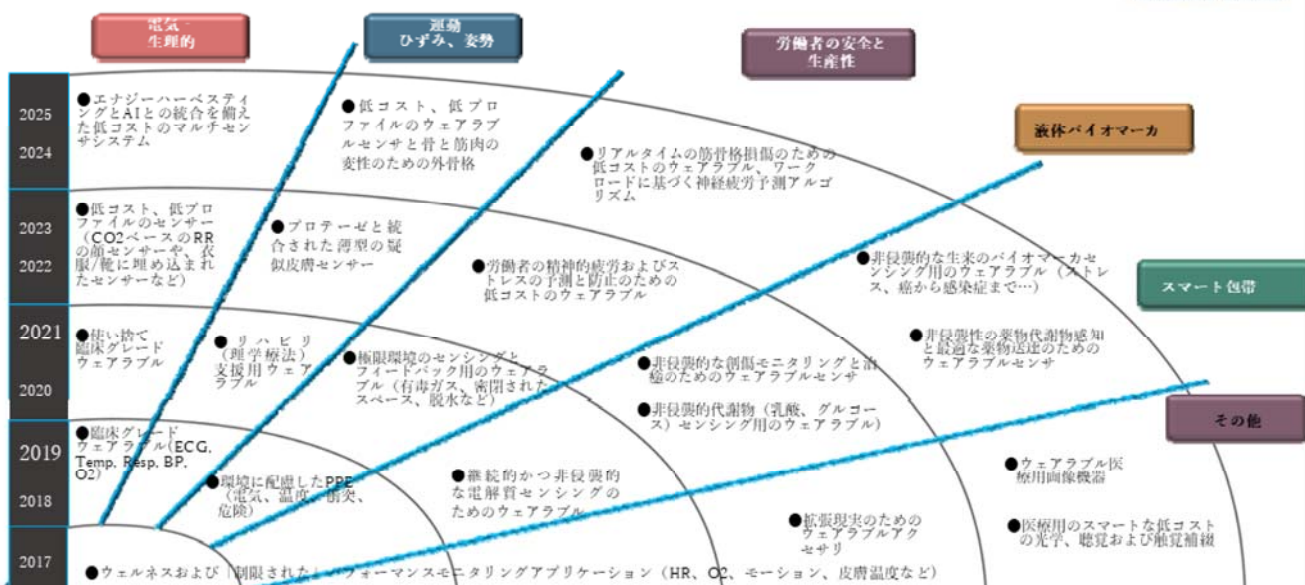
- ・デバイスインテグレーションアンテナ (Bluetooth)
- ・マルチセンサーオンボディアプリケーション向けの高度なプリントアンテナソリューション

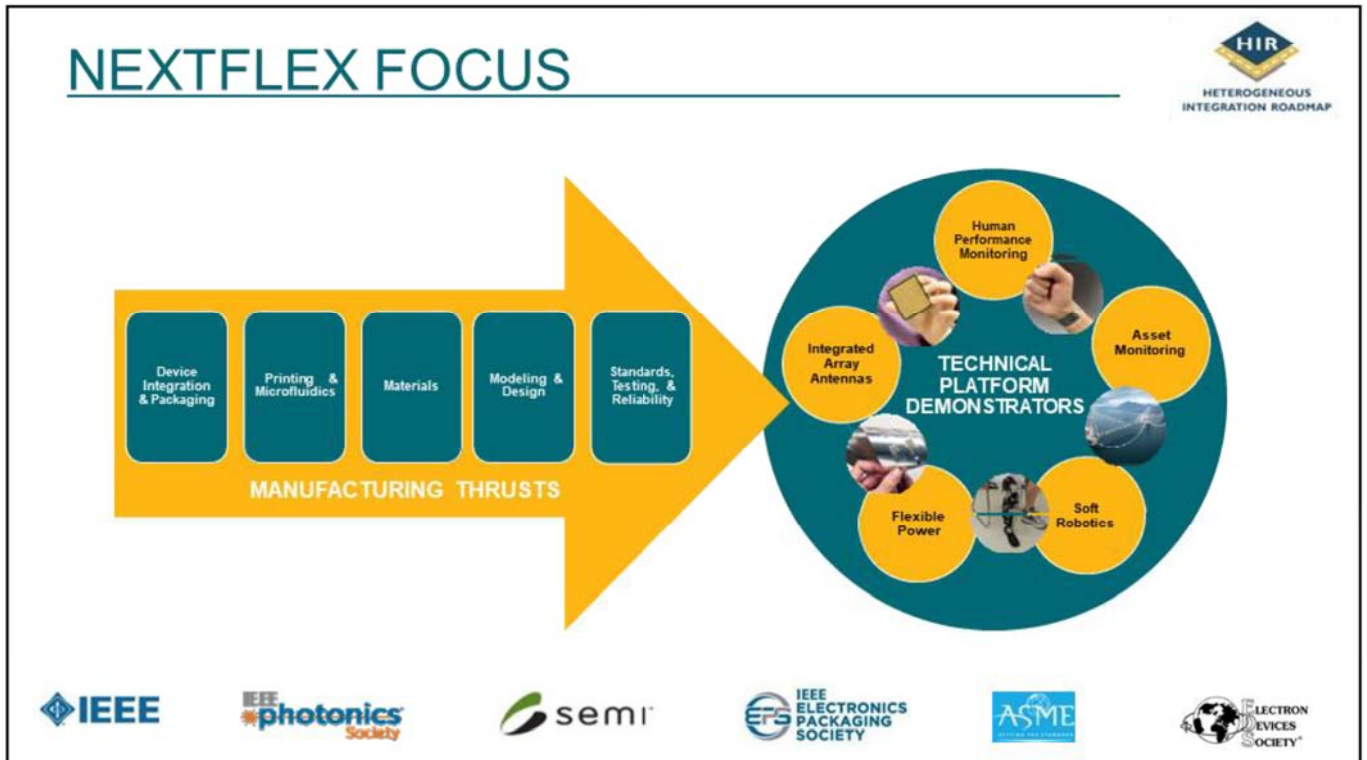
エネルギーマネジメント

- ・バッテリー、収穫されたエネルギーへの誘導充電
- ・コンパクトで安全な高エネルギー密度バッテリー



FHEアプリケーションビュー





データ処理

マイクロプロセッサ
メモリ
A / Dコンバーターとフィルタ
通信のインテグレーション (オプション)

This slide is titled 'データ処理' (Data Processing). It lists several key components: 'マイクロプロセッサ' (Microprocessors), 'メモリ' (Memory), 'A / Dコンバーターとフィルタ' (A/D converters and filters), and '通信のインテグレーション (オプション)' (Communication integration (optional)). The HIR logo is in the top right corner, and the same set of logos from the previous slide is at the bottom.



コミュニケーション

- 有線（ケーブルを使用する従来のプロトコル）
- ワイヤレス（Bluetooth、WiFiおよびそれ以降）
 - デバイスインテグレーションアンテナ
 - マルチセンサーオンボディアプリケーション向けの高度なプリントアンテナソリューション
 - 近接場電力および通信がインテグレーションされたアプリケーション



電力およびエネルギー管理

- 有線
- バッテリー、ハーベストされたエネルギーへの誘導充電
 - コンパクトで安全な高エネルギー密度バッテリー
 - コイン電池と従来の電池
 - 「柔軟な」パッケージされていないバッテリー
 - ワイヤレス充電（従来）
 - 無線近接場作動低電力システム
 - ハーベストされたエネルギーベースの電力（熱または機械）





インテグレーション

- 幅広いサイズ、形状、その他の物理的属性に対応するパッケージ
 - 従来のパッケージ化されたコンポーネントと相互接続
 - パッケージされていないベアダイ
 - パッケージされていない薄いベアダイ
 - 印刷された相互接続



マニファクチャリング

- ピック/プレース、組み立て、及びリフロー
 - はんだアセンブリを備えた従来のピック/プレース
 - 低温はんだアセンブリ
 - 高度に局所化されたレーザーベースのリフロー
 - フォトニックベースのリフロー
 - その他の印刷された相互接続（エアゾールジェットプリント）
- シンダイハンドリング、ピック/プレース
- 直接印刷相互接続
- 薄い基板の取り扱い（フレーム、固定具、R2R）
- 伸縮性のある基板の取り扱い（フレーム、固定具、R2R）



医療FHEの要素

NEXTFLEX



・回路

- ・ダイ<100 I / O&ピッチ> 200 μm
- ・柔軟で伸縮性のある素材
 - ・シングルレイヤからマルチレイアメ
- ・印刷導体とメッキ導体

・非印刷コンポーネント

- ・柔軟なインターポーザ
- ・薄いダイ（フリップチップ）ボンディング
 - ・50 μm～10 μmのウェハ
 - ・パッケージされていないダイが必要

・デバイスアセンブリ

- ・厚さ50～10 μmのダイのメソッド（PnP）
- ・組み込みのパッシブおよびアクティブコンポーネント
- ・ロールするパネル

・カプセル化

- ・単一から複数のダイ
- ・柔軟性/適合性

