

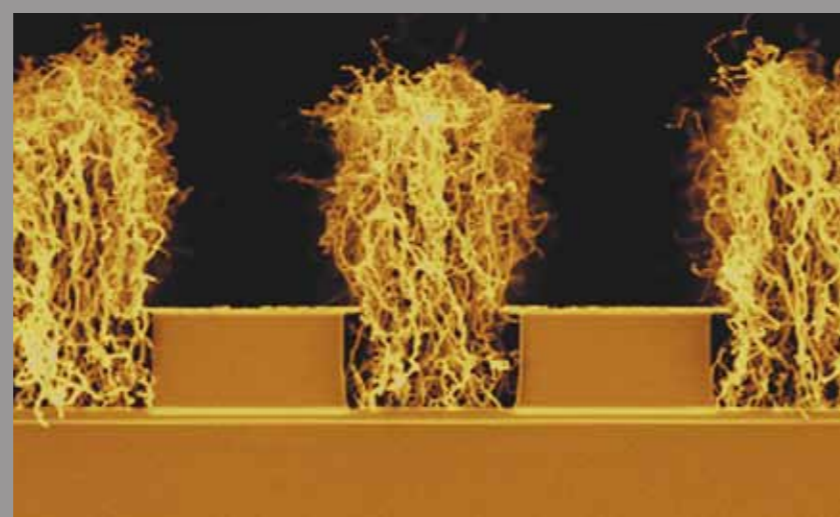
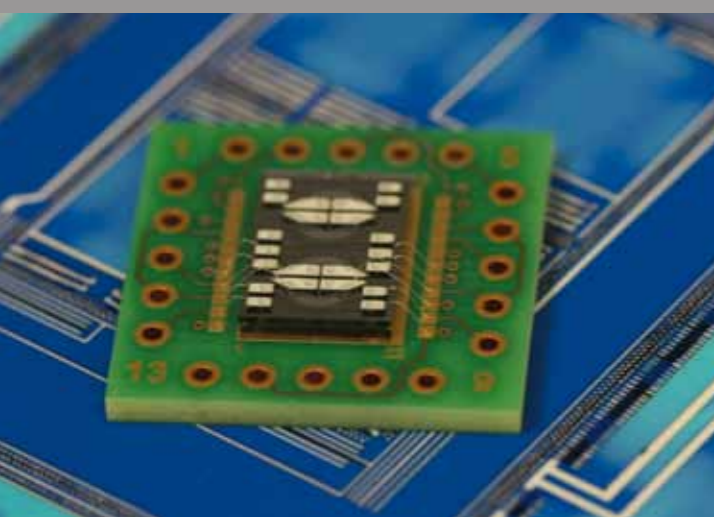
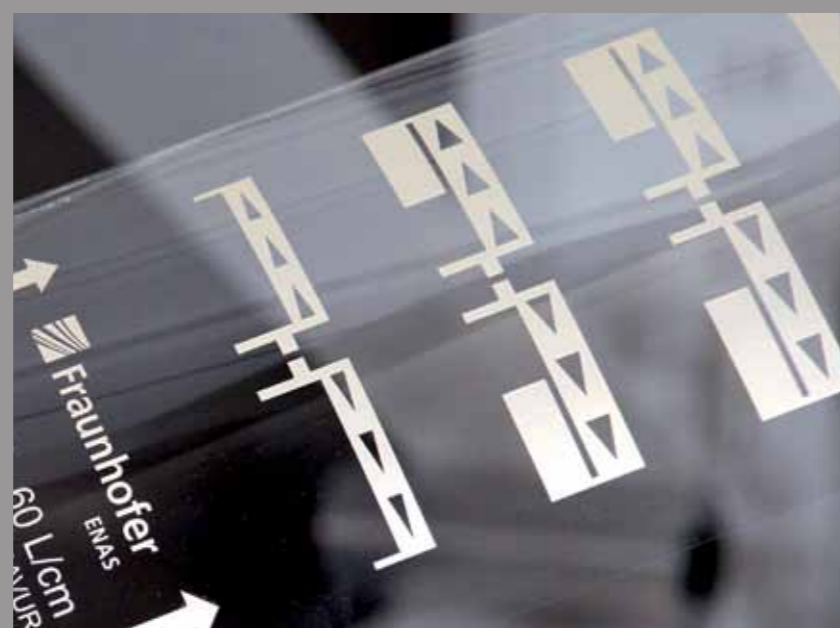
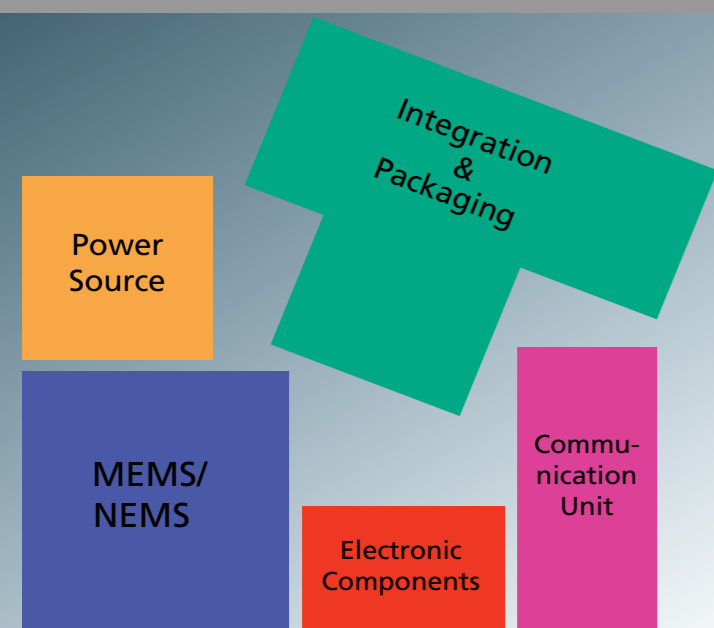
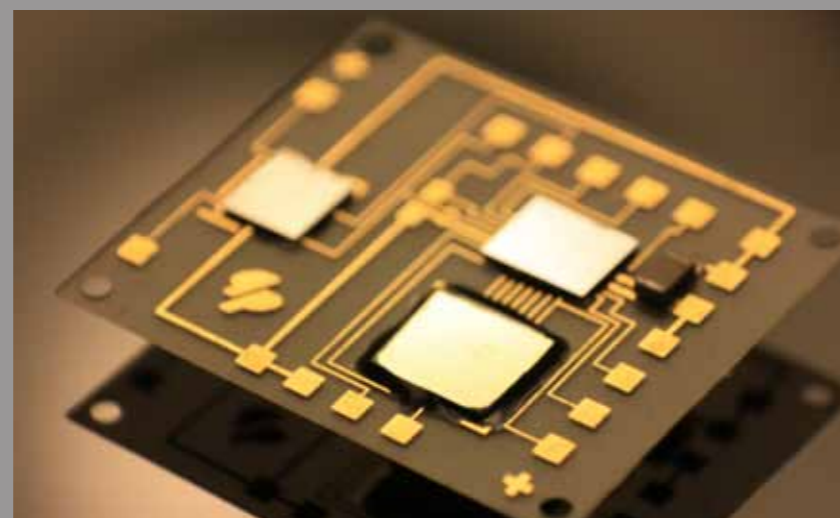
フラウンホーファーENAS (エレクトロ・ナノシステム研究所)

スマートシステム ビジョンから現実へ



マイクロ・ナノテクノロジーによる スマートシステムインテグレーション

目次



フラウンホーファーENAS (エレクトロ・ナノシステム研究所) - プロフィール	4
事業ユニット	6
マイクロ・ナノシステム事業ユニット	6
マイクロ・ナノエレクトロニクス/バックエンド	8
グリーン無線システム	10
コアコンピタンス	12
部品およびシステムの設計と試験	13
シリコンベースのマイクロ・ナノシステム用技術	14
ポリマーベースのマイクロ・ナノシステム用技術	15
機能性層成形および部品製作用印刷技術	16
配線接続技術	17
システムインテグレーション技術	18
部品およびシステムの信頼性	19
コンタクト	20
部門	21
フラウンホーファーENASへの交通アクセス	22



フラウンホーファーENASープロフィール

フラウンホーファー研究機構は、ドイツおよびヨーロッパの屈指の応用研究機関の1つであり、その存在目的は、実用化のための研究を行うことにあります。フラウンホーファーENAS（エレクトロ・ナノシステム研究所）では、マイクロ・ナノテクノロジーを用いたスマートシステムインテグレーションに研究の焦点を当てています。

欧州ナノエレクトロニクス・イニシアティブ諮問委員会（ENIAC）の戦略的研究アジェンダおよび国際半導体技術ロードマップ（ITRS）では、半導体技術／マイクロエレクトロニクス分野での「More Moore」と「More than Moore」による構造寸法のさらなるダウンスケーリングのみならず、技術の多様化も予測しています。このいわゆる「More than Moore」戦略の主な課題は、各種の構成部品を1つのシステムに集積化して、システム自体の多機能性を実現させることです。

この課題は、欧州スマートシステムインテグレーション技術プラットフォーム（EPoSS）での多機能デバイス／スマートシステム分野の方向性としても採用されています。スマートシステムは、物理的、生物学的、または化学的単一パラメータ測定と信号処理および駆動機能と組み合わせたマイクロシステムを遙かに超えるものです。スマートシステムインテグレーションの採用により、小型多機能デバイスおよび特殊接続やインタラクティブなデバイスなどの需要を満たすことが可能です。特に

複合領域でのアプローチは、複雑なソリューションのためのデバイスに適応させたり、共有資源や増えつつある自己組織化資源の利用可能にしたりするための、大きなチャレンジの一つです。

フラウンホーファーENASでは、「More Moore」と「More than Moore」の両領域での研究を進めています。「More Moore」領域では、マイクロエレクトロニクス要素のメタライゼーションや配線接続システムのほか、信頼性にも重点を置いています。スマートシステム、すなわち「More than Moore」領域では、センサー、アクチュエータに加え通信ユニットなど、より多くの機能が1つのシステムに集積されることとなります。

フラウンホーファーENASのこれらの研究重点は、ナノテクノロジーの発展から強い刺激を受けつつ、フラウンホーファー研究機構内でのフラウンホーファーENASが特徴的に持つ以下の専門技術から決定されていきます。

- 高精度MEMSおよびNEMS
- デジタルパイロットステーション（Inkjet-Technikum）、材料開発、および特性試験を含む適応印刷技術
- ナノシステム：システム設計およびナノ信頼性
- 3Dシステム集積用ウエハボンディング
- 配線接続技術、ナノエレクトロニクス、およびナノシステムのバックエンド

フラウンホーファーENASは以下の6部門で構成されています。

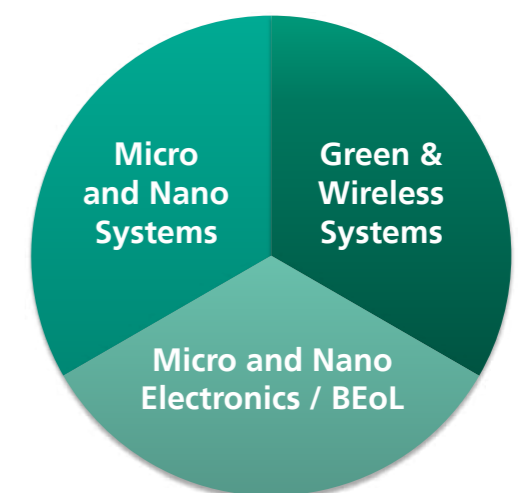
- マルチデバイスインテグレーション
- マイクロマテリアルセンター
- プリンティングによる機能化
- バックエンド
- システムパッケージング
- 高度システムエンジニアリング

フラウンホーファーENASでは、科学的および経済的な長期ビジョンのもと、マイクロ・ナノシステム、マイクロ・ナノエレクトロニクス／バックエンド、グリーン無線システムの3つを重点事業ユニットとし、これらの事業ユニットごとに市場や顧客との繋がりを築いています。

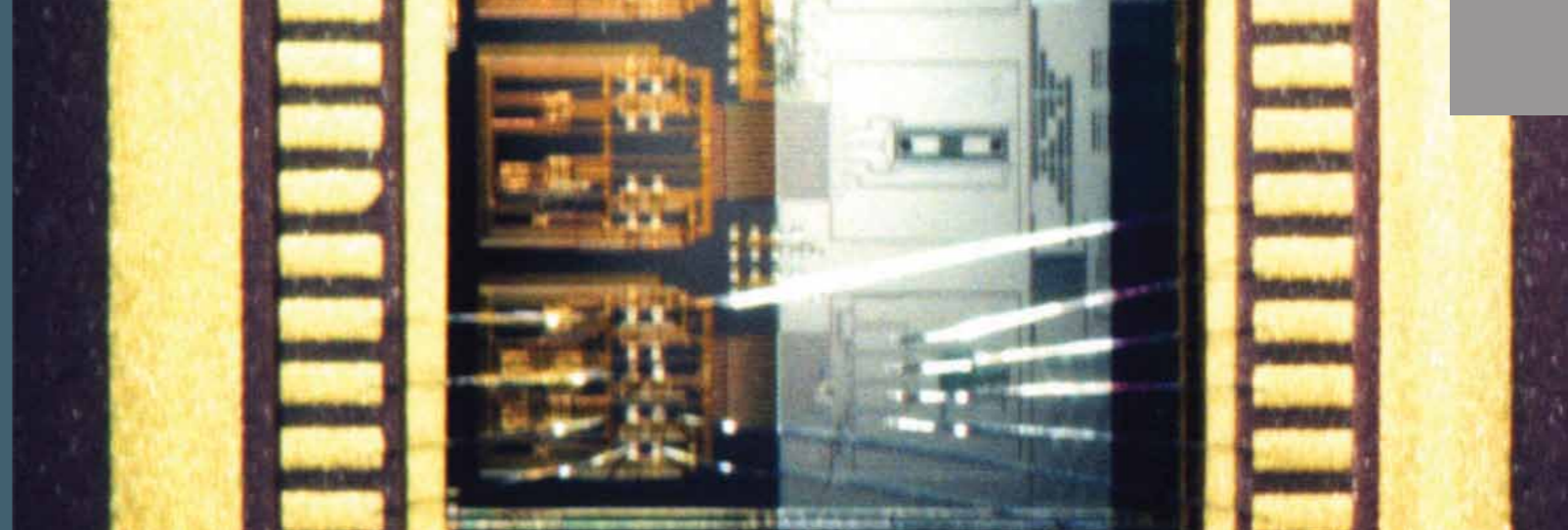
フラウンホーファーENASは、スマートシステムインテグレーションを実現させるための多種多様な技術と手法を手がけており、これらを7つのコアコンピタンスとし、フラウンホーファーENASの技術ポートフォリオの柱としています。

コアコンピタンスのうち、「シリコンベースのマイクロ・ナノシステム用技術」、「ポリマーベースのマイクロ・ナノシステム用技術」、および「機能性層成形および部品製作用印刷技術」は、マイクロ・ナノシステム用部品開発の技術的な基礎となるものです。「配線接続技術」と「システムインテグレーション技術」は、いわゆる分野横断的技術で、共同プロジェクトを通じて他のコアコンピタンスと連携しています。「部品およびシステムの設計と試験」と「部品およびシステムの信頼性」は、他の技術の支援分野であり、他のコアコンピタンスとの多くの接点を持っています。また、信頼性についての設計段階で考慮や、シミュレーションによる寿命予測と実測データとの比較など、コンピタンス相互の協力も多々行っています。

フラウンホーファーENASは、これらの基礎技術、分野横断的技術、および設計、試験、信頼性手法を駆使して完成されたMEMS/NEMSの加工を行い、スマートシステムに統合しています。



事業ユニット



マイクロ・ナノシステム事業ユニット

「マイクロ・ナノシステム」事業ユニットには、シリコンベースおよびポリマーベースのすべてのマイクロ・ナノシステムが含まれ、市場や顧客分野に合わせて、高精度MEMS/NEMS、ポリマーベース低コストシステム、およびRF-MEMSの3つのサブユニットに分かれています。この事業ユニットでは、「部品およびシステムの設計と試験」、「シリコンベースのマイクロ・ナノ技術」、「ポリマーベースのマイクロ・ナノ技術」、「システムインテグレーション技術」、および「部品およびシステムの信頼性」のコアコンピタンスをベースとしています。

サブユニット「高精度MEMS/NEMS」

サブユニット「高精度MEMS/NEMS」では、高精度の微小電気機械システム (MEMS) およびナノ電気機械システム (NEMS) のプロトタイプとシステムソリューションの開発を行い、光学MEMS用高精度アクチュエータと、産業用、ナビゲーションおよび医療用の高精度慣性センサーの開発に焦点を置いています。

フラウンホーファーENASでは、以下のサービスを提供しています。

- MEMS/NEMSの設計とモデリング
- システム設計とモデリング
- 技術開発
- MEMS/NEMSの試験
- システム試験
- 基礎技術および特殊技術を用いたプロトタイプの製作

サブユニット「ポリマーベース低コストMEMS/NEMS」

「ポリマーベース低コストMEMS/NEMS」では、スマートシステムに組み込まれるマイクロ・ナノセンサー/アクチュエータ機能部品の集積化に取り組んでいます。ポリマー系マイクロシステム向けのナノ複合材ベースのセンサーと材料集積化したアクチュエータに焦点を置き、産業工程監視と医学/生命科学の2つの市場をターゲットとしています。特に関心の的になっているのが、ナノ複合材ベースのセンサーを用いた産業工程監視です。これらの目的のために、センサーは以下の条件を満たす必要があります。

- コスト効率に優れた大面積、高感度のセンサー
- 集積化が困難と考えられていたセンサー機能の集積化 (状態監視の集積化)
- 高精度の信頼性監視のための部品およびシステム
- 大量生産によるコスト削減

フラウンホーファーENASでは、以下のサービスを提供しています。

- ナノ複合材を用いたシステム集積機能の開発
- 特殊用途用ナノ複合材の合成 (例、軽量構造物設計など)
- コスト効率に優れたナノ複合材ベースのセンサーを用いた状態監視
- 顧客ニーズに合わせた完全集積化されたセンサー/アクチュエータソリューションの開発
- 分子診断および細胞生物学分野における企業との共同開発

サブユニット「RF-MEMS」

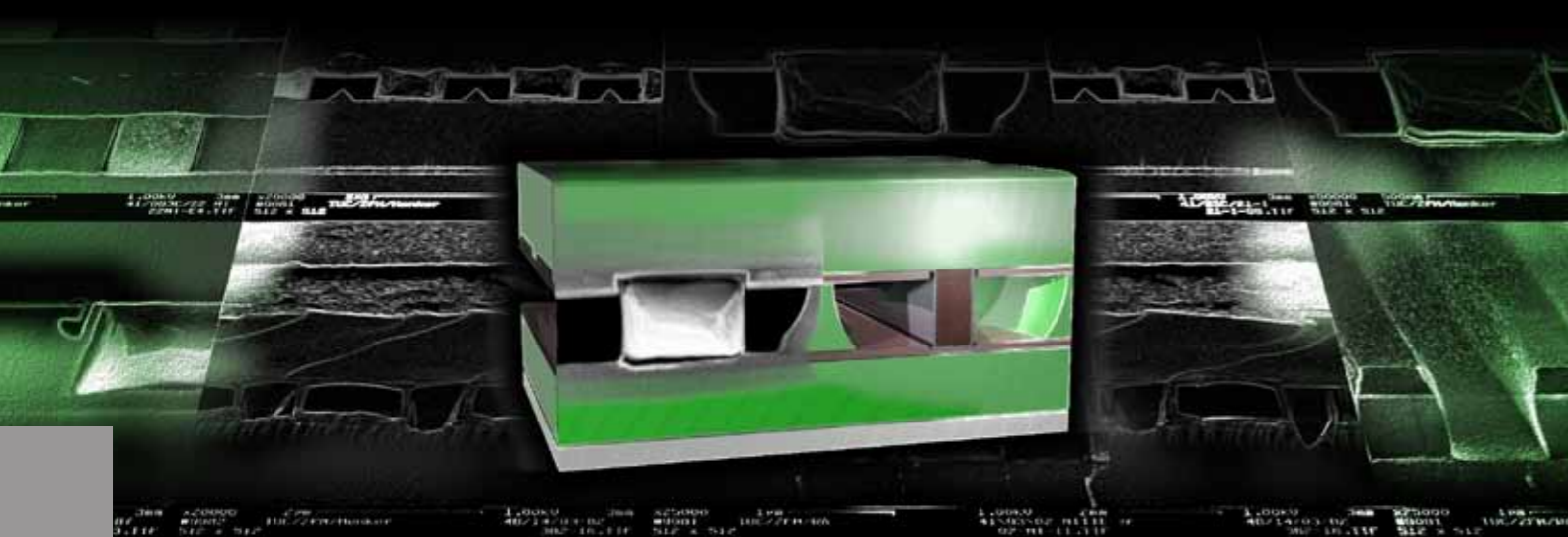
サブユニット「RF-MEMS」では無線周波数用途部品の製造を行っています。この部品の電気特性は微小機械部品の実装により影響を受け、またその機能性は主に機械部品構成によって決定されます。RF-MEMS、特にRF-MEMSスイッチとRFバラクタは、将来的に従来製品の代替として利用したり、電気的性能の向上により応用範囲を広げて適応させたりすることができます。

RF-MEMSの主な市場としては、航空産業、安全保障および防衛産業および測定技術が挙げられます。ここでは、極めて高い (物理的限界までの) 部品性能が要求されます。

また、固定および移動通信技術にもRF-MEMS技術が応用されています。ここでは、所要電力、構成、および機能の改善が開発の主なテーマです。RF-MEMSを、例えば同調フィルタとして適用することにより、並列信号パスなしでも異なる周波数帯で部品を機能させることができます。

このサブユニットでは以下の開発に焦点を置いています。

- RF-MEMSのコンセプトおよび開発
- RF-MEMSの製造および集積化のための技術開発
- プロトタイプおよび少量サンプルの製作



マイクロ・ナノエレクトロニクス/バックエンド

「マイクロ・ナノエレクトロニクス/バックエンド」事業ユニットでは、以下の3つの主要分野での開発に重点を置いています。

- マイクロ・ナノエレクトロニクス、主にバックエンド用の材料、プロセス、および技術
- 技術工程、機器、および完全配線接続システムのモデリングとシミュレーション
- BEOL部品から完全なチップ・パッケージ間相互作用までにわたる特性試験と信頼性評価

バックエンド (BackEndofLine:BEOL) は、接合レベルに始まり、ウエハの全加工工程を経て電気的試験の前まで (すなわち保護膜を含む配線接続システムの全体) の加工工程を指します。高性能/低消費電力/汎用などの製品分野にもよりますが、バックエンドはダウンスケーリング化により過去数年間にわたって大幅に変化し、この過程は今後さらに進んでいきます。寸法の縮小によりトランジスタの動作は高速化しますが、一方でRC積が大きくなるために配線接続システムによる速度向上制限が問題になり、信号の遅延時間が増加します。材料を適切に選択することにより、配線接続システムの抵抗と容量を低減でき、結果として効率の減少を防ぐことができます。過去10年間、この分野では銅や低誘電材の導入が主な発展でしたが、今後はより全体的なアプローチが要求され、技術、材料学、モデリング、およびシミュレーションそれぞれの研究分野を組み合わせる必要があります。フラウンホーファーENASは、ここ数年で、各研究開発分野間で緊密に噛み合った連携方法を確立してきました。

「マイクロ・ナノエレクトロニクス/バックエンド」事業ユニットは、主に「配線接続技術」と「部品およびシステムの信頼性」をコアコンピタンスの柱とし、さらに「システムインテグレーション技術」、「シリコンベースのマイクロ・ナノシステム用技術」、および「部品およびシステムの設計と試験」のコアコンピタンスにより支えられています。

集積電子デバイスのバリューチェーンから見ると、この事業の関連市場分野は以下のように分類されます。

- 材料、化学薬品、および消耗部品
- デバイスの製造と試験、機器製造
- 集積化デバイス (IC) とシステム集積 (SiP)

最終製品 (ICおよびSiP) を応用分野によりさらに区分すると、以下のように分類されます。

- 家庭用電子機器および通信
- 医療
- 自動車
- 航空宇宙および防衛
- 産業および計装

材料、加工、技術、およびシミュレーションの研究開発では、家庭用電子機器と通信への応用のための、高効率であると同時に低寄生容量の導線システムによる最先端CMOS技術に重点を置いています。信頼性の研究は、ほぼすべての応用分野に関わっています。

フラウンホーファーENASは、市場と顧客のニーズに合った研究開発、およびウエハ加工を提供しています。

- デバイスメーカー向け
 - » プロセス開発、プロセス制御の方法論と方法
 - » プロセス統合関連
 - » 分析および信頼性評価
 - » シミュレーションおよびモデリング
- 機器メーカー向け
 - » 特殊機器用のプロセス開発と最適化
 - » プロセスおよび機器のシミュレーションとモデリング
- 化学薬品および材料メーカー向け
 - » 化学薬品および前駆物質の評価、選別、および開発
 - » 分析および特性試験
 - » ウエハ加工および加工最適化

その他の各事業ユニットの研究開発は、国際半導体技術ロードマップ (ITRS) のほか、世界的トレンドである「Beyond CMOS」および「More than Moore」により方向付けられています。

最先端マイクロ・ナノエレクトロニクス分野では、以下のような誘電材料やメタライゼーション、バリアにも重点が置かれています。

- 超低誘電材 ($k = 2.0 \sim 2.3$) のCVDまたはスピノンによる蒸着
- 超低誘電率のための代替手法 (エアギャップ ($k < 1.3$) など)
- CVDおよびALDによる超薄型バリア
- 自己形成バリア
- エアギャップ用バリアおよび超低抵抗率銅層用バリア

「Beyond CMOS」では、カーボンナノチューブ (CNT) のような新しいデザインコンセプトと材料を使用していることが特徴です。フラウンホーファーENASは、ケムニッツ工科大学マイクロテクノロジーセンターと密接な協力のもと、近い将来での応用的発展を目指し、この分野での基礎研究を進めています。

各種機能の2次元および3次元集積は、「More than Moore」の特徴的アプローチです。とりわけ、チップ間接続を考慮した集積化のコンセプトと技術開発を推進しています。さらに、MEMS/NEMSのアプリケーションへの応用として、革新的BEOL材料の機能化や集積化をも目指しています。



グリーン無線システム

「グリーン無線システム」事業ユニットは、その名前の通り、フラウンホーファーENASの無線、定期データ収集および環境や対象物状態の監視に関する研究開発を行う部門です。この事業ユニットでは、顧客ニーズに合ったロジスティクスに関する統合ソリューション、およびMEMS/NEMSを用いた状態監視のためのシステムソリューションに重点を置いており、ロジスティクスとスマート監視システムの2つのサブユニットから構成されています。

サブユニット「ロジスティクス」

サブユニット「ロジスティクス」は、データとエネルギーを最適な質と最小限の生産コストで自動的に無線伝送する新しいスマートラベル製造のための、部品開発および集積化に取り組んでいます。このようなスマートラベルは、サプライチェーンの自動化などに利用されており、この応用のためのアンテナシステムのカスタムデザイン設計、プリント技術による一次電池のほかに近接場結合を用いた無線電源システムの開発も行っています。また必要により、これらの製品は高スループット印刷システムにより低コストで生産可能です。さらに、MEMSセンサーを集積した、データ収集用の複雑RFラベルの開発にも注力しています。RF技術およびセンサーシステムに必要な電子部品は、産業パートナーより購入しています。

アンテナのカスタムデザイン設計では、使用中に印加される誘電環境を事前に解析し、その結果をRFIDソリューションの設計に反映させています。印刷技術のほかにも、UHFおよびSHF領域のアンテナ設計、およびEMC問題についての研究も行っています。

ハイブリッドソリューションの観点から、印刷された要素部品とシリコンベースのチップを集積するために、「マイクロ・ナノエレクトロニクス/バックエンド」事業ユニットと強力で連携し、「配線接続技術」と「システムインテグレーションテクノロジー」のコアコンピタンスを柱として研究開発を行っています。

この戦略は、成長中のパッケージング市場をターゲットにしており、パッケージング市場用の開発だけでなく、測定データ収集、保存、処理用途の薄型ソフトスマートラベルへのMEMSセンサーの集積方法を開発しています。容器のラベル付けなどで利用されている複雑な応答機システムの開発には、誘電率を最適化したアンテナとセンサーシステムのほかに、集積化した無線電源が必要です。単一用途の応用としては、二酸化亜鉛-マンガン式の1.5~6 Vの電圧を供給する、環境に優しい一次電池などがあります。

これらのシステムのため、印刷プロセスをベースにした高効率の生産技術が利用/開発されています。この技術はさらに、任意の形状加工がほぼ可能なフレキシブルな薄型エネルギー貯蔵デバイスを安価に製造するための応用開発に発展しています。また、印刷電池分野での競争力は、研究所内での設計および特性試験/信頼性試験のための研究所所有の設備により、その強さを支えられています。

フラウンホーファーENASでは、以下のサービスを提供していません。

- アンテナ設計とモデリング
- プロトタイプアンテナの製造および計測特性試験
- 無線近接場結合による電源供給システムの設計
- スマートラベルへのセンサー/MEMSの集積
- 印刷素子とシリコン部品の組立およびパッケージング技術の開発
- 印刷生産技術の応用
- 印刷電池の設計とモデリングおよび印刷電池の構成要素の集積
- 電池の小ロット生産および計測特性試験

サブユニット「スマート監視システム」

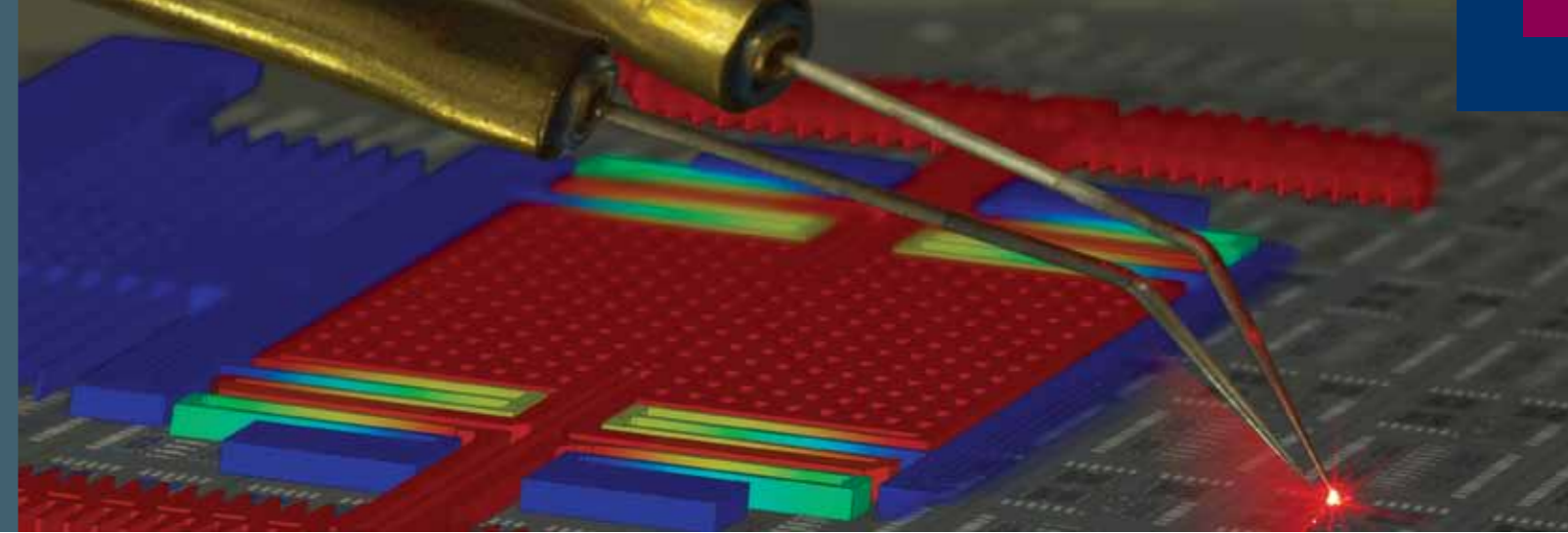
サブユニット「スマート監視システム」では、MEMS/NEMSベースのシステムと最適化されたデータ解析/通信を用いて、状態監視用のシステムソリューションの開発を行い、特にガス分析、環境監視、および医療用小型分光計へのSiベースのMOEMS（透過型または反射型）の応用に重点を置いています。近年の顧客層は、赤外線検知器、分光計、および分析装置の開発者とユーザーまで広がっています。

スマート監視システム自体も、このサブユニットの重点であり、例として、航空業界の部品の高認可基準を満たすための、流量能動制御システム関連の部品監視システムなどの研究も集中的に行っています。

フラウンホーファーENASでは、以下のサービスを提供していません。

- システム設計とモデリング
- 技術開発
- 特殊技術を用いたプロトタイプ製造
- システム試験
- アプリケーションの開発

コアコンピタンス



以下のコアコンピタンスには、フラウンホーファー-ENASの持つ技術のノウハウが表われています。特に、スマートシステムインテグレーションのための様々な技術と手法を持つことが、フラウンホーファー-ENASの強みです。

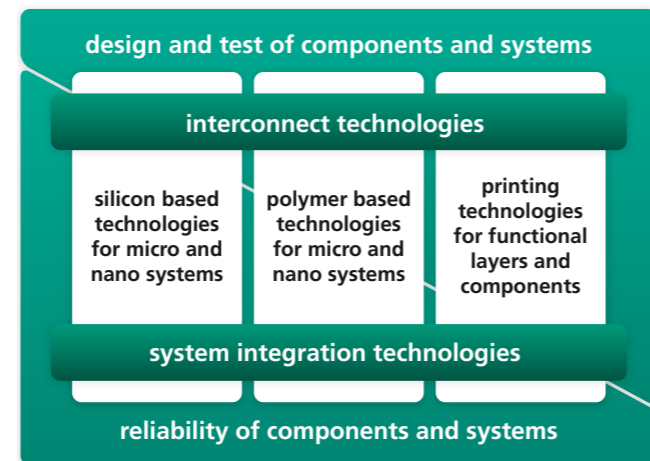
- 部品およびシステムの設計と試験
- シリコンベースのマイクロ・ナノシステム用技術
- ポリマーベースのマイクロ・ナノシステム用技術
- 機能性層形成および部品製作用印刷技術
- 配線接続技術
- システムインテグレーション技術
- 部品およびシステムの信頼性

「シリコンベースのマイクロ・ナノシステム用技術」、「ポリマーベースのマイクロ・ナノシステム用技術」、および「機能性層形成および部品製作用印刷技術」の3つのコアコンピタンスは、マイクロ・ナノシステム用部品開発の技術的基礎です。配線接続技術とシステムパッケージング技術は、スマートシステムインテグレーションの複数の研究開発分野にわたる技術であり、また設計、試験、および信頼性技術が、他のコンピタンスを支えています。

コアコンピタンスは、フラウンホーファー-ENASの6部門の研究員のノウハウに基づいており、各部門がそれぞれ異なるコアコンピタンスを持っています。さらに、これらのコアコンピタンスは、以下のフラウンホーファー-ENASのパートナーの協力を受けています。

- ケムニッツ工科大学マイクロテクノロジーセンター ZfM
- ケムニッツ工科大学機械工学科デジタル印刷・イメージング技術部門
- パーダーボルン大学電気工学科センサーシステム部門

各事業ユニットのコアコンピタンスの関連性は図の通りです。重なり部分は、コアコンピタンスと事業ユニットが相互関連している分野です。



部品およびシステムの設計と試験

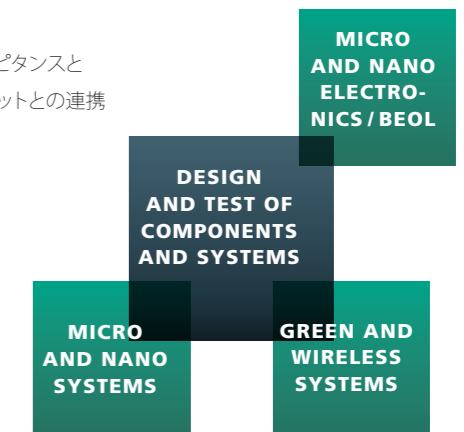
マイクロ・ナノ電気システムには、マイクロメートルおよびナノメートルスケールで成形された素子と機能部品が使用され、マイクロエレクトロニクスと同様、小型化と集積化が行われています。小型化では、機能性だけでなく素子や部品の設計に大きな影響を与えます。さらに、技術の多様化や、異なる機能性の集積化も増す一方です。設計/試験には、部品指向/システム指向での設計方法をより強力に組み合わせる必要があります。機械設計のみならず、静電界と静磁界、マイクロ波およびテラヘルツ領域の電磁波、光放射、電子機能、信号理論とシステム理論も考慮しなければなりません。構成要素の多様性のため、ほとんどの場合、1つのシミュレーションツールのみに基づいて上記の要因を解析することは不可能です。また、測定の間でも、多くの装置や計測器を利用する必要があります。

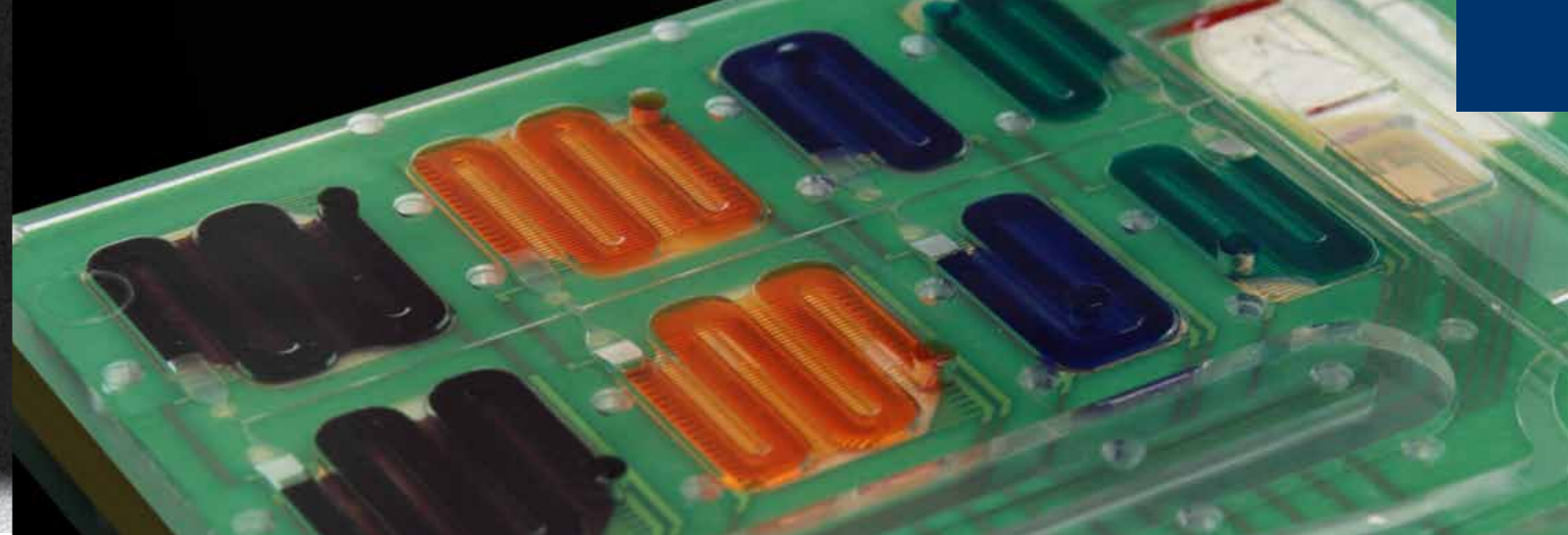
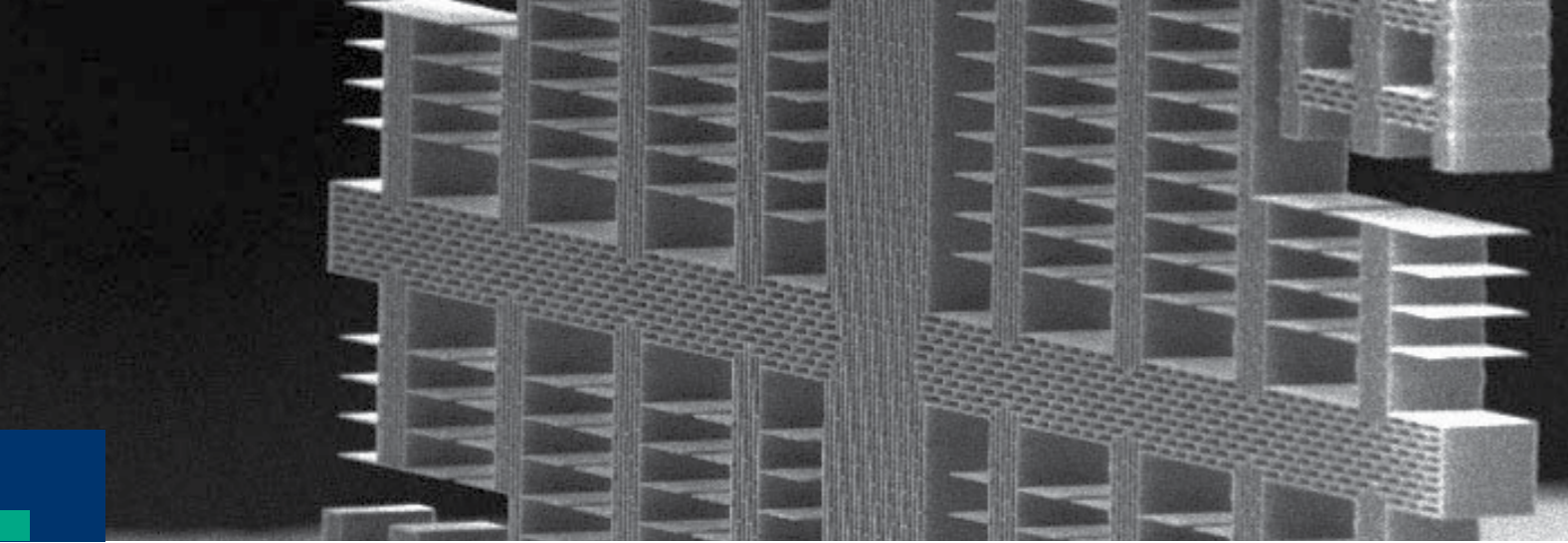
「部品およびシステムの設計と試験」というコアコンピタンスでは、部品やシステム開発のためのシミュレーション、レイアウト、および設計方法と、幾何学的、トポグラフィ、および機能的パラメータの解析/特性試験のための技術を組み合わせる研究開発が行われています。高精度MEMS/NEMSの設計/試験の精度の高さと、高速広帯域の近接場測定技法の開発は、このコアコンピタンスの特徴です。「シリコンベースのマイクロ・ナノシステム用技術」や「ポリマーベースのマイクロ・ナノシステム用技術」のような技術から導かれるコアコンピタンスとその技術プラットフォームとの連携は、別なコアコンピタンス

である「部品およびシステムの設計と試験」に有利に働きかけます。フラウンホーファー-ENASは、高度な技術設備（設計ソフトウェア、モデルのほか、ウエハ、チップおよびシステムレベルでMEMSの機能的特性試験手法、使用状況を模した状態での機能性試験、RF試験、信頼性/許容性解析、ソフトウェアアルゴリズム）と、優秀な研究員たちの経験により、高い評判を得ています。

フラウンホーファー-ENASのマルチデバイスインテグレーション (MDI) 部門と高度システムエンジニアリング (ASE) 部門が、このコアコンピタンスの柱として機能しています。

コアコンピタンスと
事業ユニットとの連携





シリコンベースのマイクロ・ナノシステム用技術

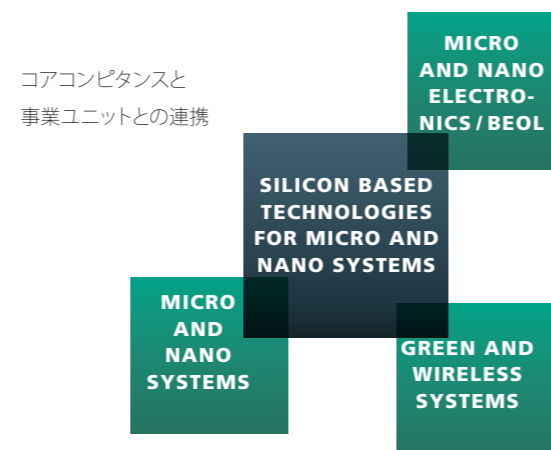
「シリコンベースのマイクロ・ナノシステム用技術」は、システムの製作用の機器と研究員、および技術プロセスの知識により成り立っています。1990年代初めからケムニッツ工科大学マイクロテクノロジーセンターZfMで、シリコンベースの技術開発を始め、ケムニッツのフラウンホーファーIZM（現在のフラウンホーファーENAS）に「マルチデバイスインテグレーション」部門が設立されるとともに、技術ポートフォリオを拡大し、応用開発用のプロトタイプ製作と集積技術へ技術展開をしてきました。

- 高精度静電容量式MEMS (AIM、SCREAM、BDRIE) 用の表面近傍の高アスペクト比技術
- ピッチのnm領域への縮小技術
- 静電容量式およびオーム抵抗RF-MEMS技術
- ウエハの気密封止技術
- カスタムデザインのバルク技術
- 高精度アクチュエータ技術
- 微細機械高精度部品技術
- 光起電力技術プロセス

今後は、新しいタイプのシステム用のナノ構造の開発と集積化に焦点を置いて、研究開発を進めていきます。このコアコンピタンスには、マルチデバイスインテグレーション部門のほか、システムパッケージング部門も一部貢献しています。

これらの技術を組み合わせ、MEMS/NEMSの新技術の社内製造プロセス（設計、技術開発、プロトタイプ製作、試験）、顧客のニーズに合わせたMEMS/NEMSおよびプロセスを開発することができます。また開発の後に、顧客にこれらの技術を移転することも行っています。

フラウンホーファーENASは過去20年間の技術開発で以下の技術を確立し、「マイクロ・ナノシステム」および「グリーン無線システム」事業ユニットでのプロトタイプ製作に応用しています。



ポリマーベースのマイクロ・ナノシステム用技術

ポリマー材料を用いたマイクロ・ナノシステムを開発するための技術的資源と人的資源が、このコアコンピタンスとなります。これはマルチデバイスインテグレーション部門に属し、個々のセンサーやアクチュエータの開発ではなく、センサーとアクチュエータの機能がシステムの一部を構成しているシステムアプローチに重点を置いています。

- システムに集積したポリマーベースセンサー：ナノ複合材を使ったポリマーベースセンサーは、比較的自由に材料を選択して応用できるため、将来的に非常に有望な技術です。センサーの機能は、ポリマーマトリックスに埋め込まれるナノ粒子に依存するため、材料の選択が重要になって来ます。そのためフラウンホーファーENASでは、システムに適合したセンサーの設計、ナノ複合材のポリマーへの埋め込み技術、およびポリマーベースのナノ複合材/センサーの特性試験手法を主な研究テーマとしています。

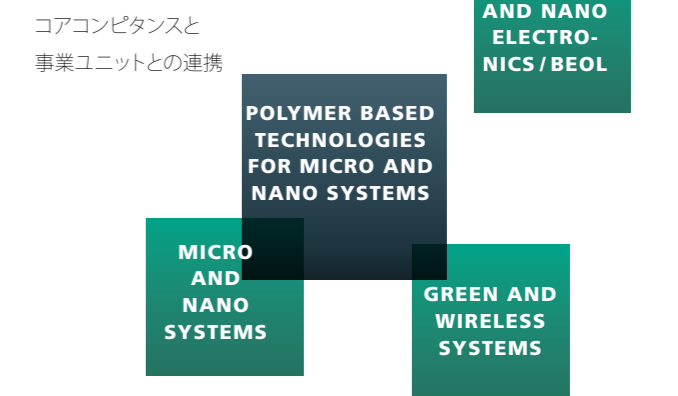
このコアコンピタンスは次のように分類できます。

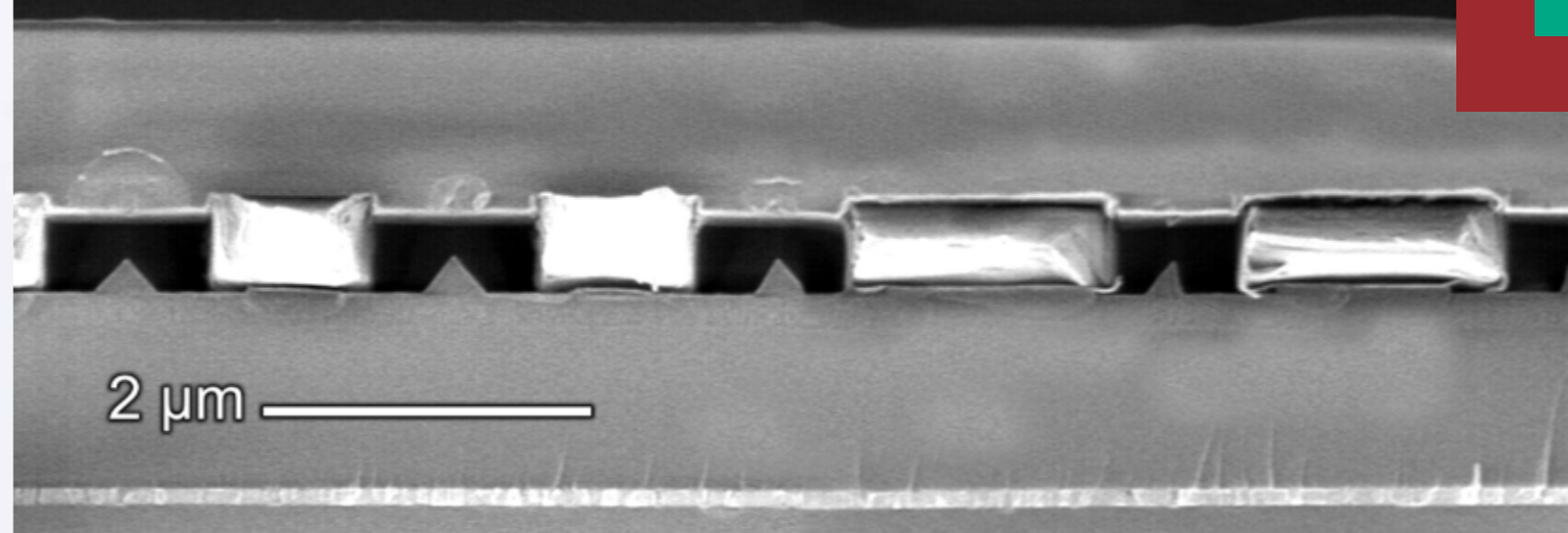
- ポリマーベースで集積された機能の開発
- その製作に付随する主要技術

フラウンホーファーENASでは、主に以下の2つの集積化機能に取り組んでいます。

フラウンホーファーENASでは、ポリマーベースのセンサーとアクチュエータの開発に必要な主要技術、例えば、表面改質、メタライゼーション、マイクロ構造形成、分散技術、ポリマーとナノ複合材のコーティング技術、プラスチックの接着技術、電気化学マイクロアクチュエータを用いたポリマーベースのマイクロシステム組み立てラインなど全てを網羅しています。

- システムまたは材料内に集積したアクチュエータ：ポリマーベースマイクロシステム用に完全集積された低コストのマイクロアクチュエータ技術を開発し、この技術に関する特許を取得しました。この特許技術を用いて、他のフラウンホーファー研究所と共同で完全集積化したin-vitro診断用のモジュール用基盤を開発し、現在市場で大きな注目を集めています。





機能性層形成および部品製作用印刷技術

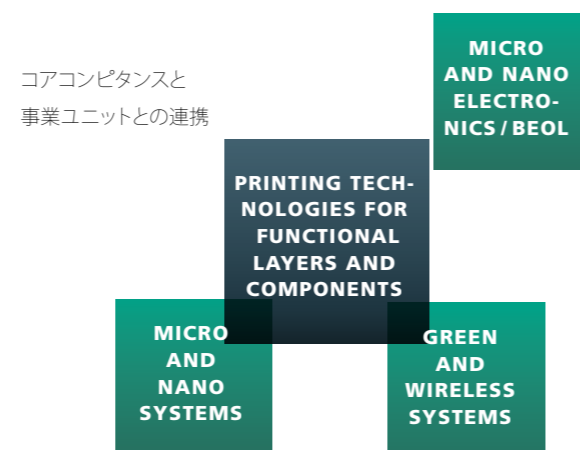
フラウンホーファーENASの設立とともに、「機能性層形成および部品製作用印刷技術」コアコンピタンスのためのプリント機能性部門が創設されました。

「機能性層形成および部品製作用印刷技術」コアコンピタンスには、フレキシブルな基板上に機能性コーティングを画像として塗布するための工業印刷技術（グラビア印刷、フレキソ印刷、スクリーン印刷、およびインクジェット印刷）とその最適化も含まれています。

ケムニッツ工科大学印刷メディア技術研究所のデジタル印刷・イメージング技術部門pmTUCと密接に協力、および研究所内の関連技術の幅広さが、このコアコンピタンスを確固たるものにしていきます。特に、インクジェット、フレキソ、およびグラ

ビア印刷に使用できるロールツーロール印刷機を備えたインクジェットパイロットライン設備が、このコンピタンスをさらに強化しています。基板や印刷材料の印刷技術を柔軟に適用し、各製品の要求に合った、反応性機能層印刷を用いたプリントバッテリーから低コスト無線識別アンテナシステムの印刷まで、広範囲に及ぶ研究開発領域を網羅しています。

個々の条件を考慮して印刷方法を選択し、顧客のニーズと技術実現性を柔軟かつ具体的に検討していきます。基板上の任意の場所へ機能性層材料を効果的に塗布するプロセス（添加技術）では、材料の効率的な使用により顧客のコスト低減も可能です。大量生産も考慮した生産プロセスを実現するため、酸素と湿気に敏感な材料以外は、外界条件下での画像コーティングを実施しています。



配線接続技術

「配線接続技術」のコアコンピタンスは、1979年に「Technikum Mikroelektronik (マイクロエレクトロニクス工業専門学校)」として創設されたケムニッツ工科大学マイクロテクノロジーセンターZfMで、1991年以来行われてきた研究開発の経験により生まれました。フラウンホーファーENASの創設とバックエンド部門の設立により、コンピタンスはフラウンホーファーENASに移転されました。

このコアコンピタンスは、以下の2つの主要素で構成されています。

- 配線接続システムとNEMSのための材料/プロセスの開発およびプロセス統合化
- プロセス、機器、材料特性および材料の挙動や配線接続システムのモデリングとシミュレーション

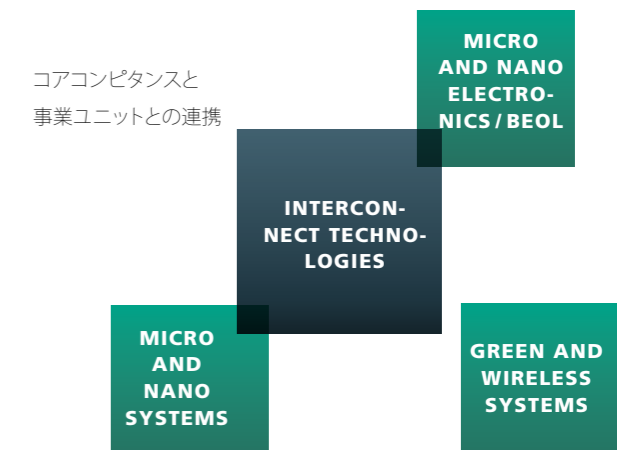
実験研究の焦点は以下の通りです。

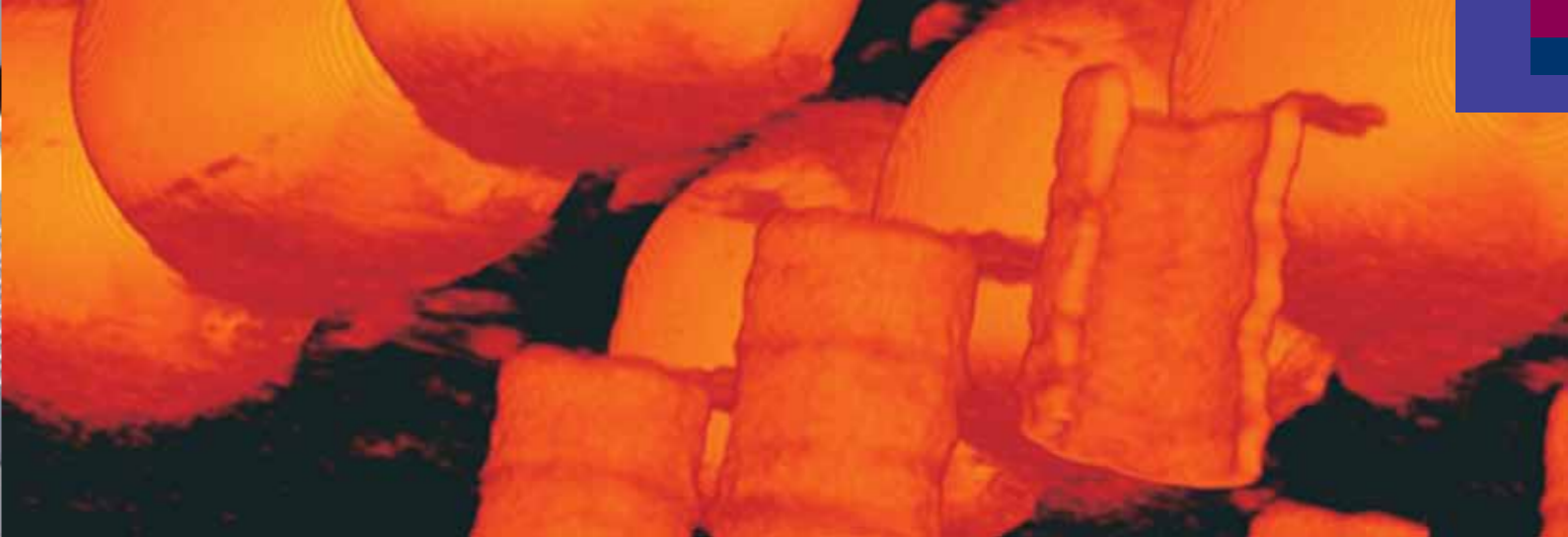
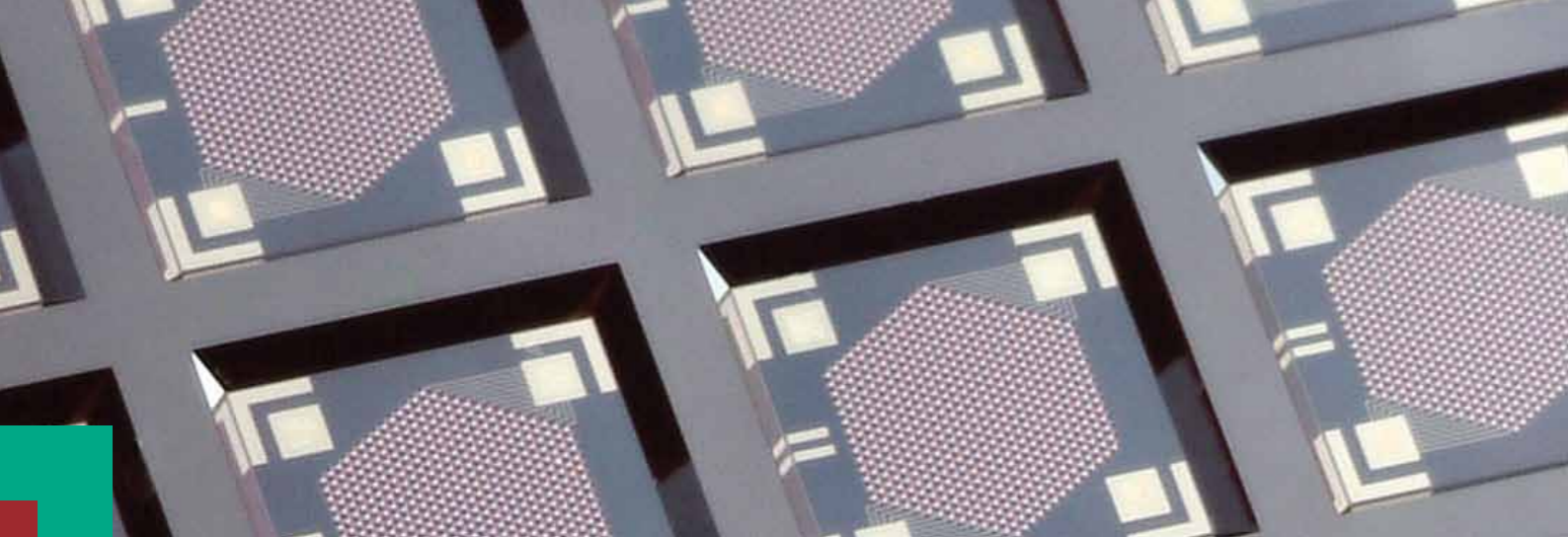
- 低誘電/超低誘電材料—蒸着、パターンニング、集積化、特性試験、および誘電率の復元
- 超低誘導材料の代替としてのエアギャップのコンセプトと技術
- 金属のCVDおよびALD—有機金属前駆体を用いたプロセスの開発、新しい前駆体の評価、メタライゼーションシステム用Cu-CVD一体化方式、およびSi貫通電極(TSV)
- in-situプラズマ診断—プラズマエッチングの開発と最適化

研究所内の多様な機器を用いて、最大直径200mmのウエハ上に、Cu/低誘電材による完全なダマシアーキテクチャとエアギャップベースのメタライゼーション方式を実現することが出来ます。さらに、以下の新研究領域にも取り組んでいます。

- MOSTランジスタ中の電荷キャリア移動性の向上を目指したストレスの開発
- 配線接続システムおよびNEMSへのカーボン・ナノチューブ(CNT)のウエハレベルでの集積
- センサー材料(GMRセンサー用スピントロニクス膜システムなど)の集積

モデリングおよびシミュレーション分野では、PVD、CVD、CMPなどのプロセスを中心に研究開発を行うとともに、デバイスとナノ構造のモデリングとシミュレーション、およびナノスケールでの材料特性にも重点を置いています。「モデリングとシミュレーション」と「材料とプロセスの開発および集積化」の間の密接な連携が、フラウンホーファーENASの研究開発の特長です。





システムインテグレーション技術

システムインテグレーションとパッケージングの技術は、マイクロ技術製品の付加価値連鎖において極めて重要です。製品特有のニーズにより、集積技術は部品価格の20~95%を占めています。フラウンホーファー-ENASは、ゼロレベルおよび第1レベルのパッケージングに焦点を当て、MEMS/NEMSと電子部品とのハイブリッド、一体化、および垂直集積のための技法と技術を開発しています。システム/パッケージング部門のほか、バックエンド部門もこのコアコンピタンスを支えています。

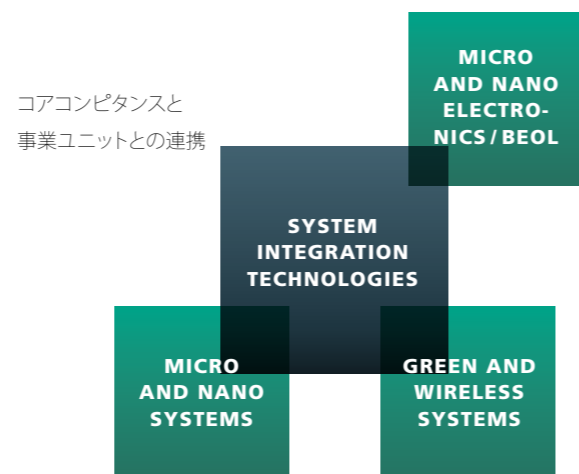
1990年代初め以来、フラウンホーファー-ENASでは、シリコン直接接合や陽極接合などの初期のウエハ接合技術が開発されてきました。最近では材料と構造の複雑化に伴い、特性の異なる材料の接合と表面形状のブリッジが難しくなり、ガラス、ポリマー、金属などの異種中間層を設けることによる共晶接合、ガラスフリット接合、接着接合などの新しい接合技法の研究開発が進んでいます。

集積度を向上のため、Si貫通電極 (TSV) 形成技術やTSVメタライゼーションの開発に平行して、バリアと絶縁技法の新たな開発も行われました。現在フラウンホーファー-ENASは、長年の経験からハイブリッド集積から垂直システム集積への切り換えを可能にし、この両方の技術を提供しています。

ケムニッツ工科大学マイクロテクノロジーセンターと協力した基礎研究部門との密接なつながりは、このコアコンピタンスの大きな強みとなっています。また、このコアコンピタンスは、フラウンホーファー-ENASのMEMS/NEMSおよびTSV開発との連携、さらにフラウンホーファー-IZM/ASSIDとの協力関係によって強化されています。

フラウンホーファー-ENASの研究開発では、MEMS/NEMSと電子部品を4、6、および8インチ基板上で接合する多様な技術を利用しています。さらに低温接合、反応性ナノ層との接合、開始層蒸着とTSVの完全充填に使用するCu-CVDおよびCu-ECDなどの開発にも注力しています。

フラウンホーファー-ENASのこのコアコンピタンスは、システム/パッケージング部門とバックエンド部門により支えられています。



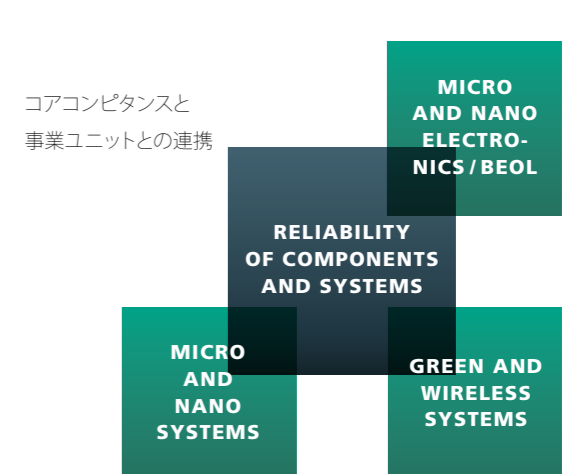
部品およびシステムの信頼性

過去20年間、フラウンホーファー-ENASは信頼性分野で知識と経験を蓄積してきました。旧ケムニッツ機械学研究所内での寿命予測、破壊力学、および損傷力学分野の研究を受け継ぎ、1990年代に「マイクロマテリアルセンター」の電子部品およびシステム分野研究へ技術移転、さらにフラウンホーファー-ENASの設立とともに、マイクロ/ナノ遷移領域の部品とシステムの信頼性に焦点を置き、継続されてきました。

今日では、蓄積された技術と経験に基づいて、ドリフトや機能パラメータの劣化など、最終的に部品やマイクロ/ナノシステム全体の故障の元となる影響と相互作用を特定、解析、および評価することが可能です。この「故障の物理」アプローチには、実験的試験と解析によるモデル修正、シミュレーション結果の厳密な検証が含まれ、このアプローチに基づいて信頼性リスクを定量化し寿命モデルに変換するために、メカニズムと結果の徹底的研究を行っています。これらのモデルは、新しいスマートシステムと技術の設計/開発（製造実現性と信頼性ための設計）に直接利用されています。最終的には、新製品設計での最適化に多大な時間/労力を要する予備実験を完全になくすことを目標としています。代替として利用される「仮想プロトタイピング」は数値シミュレーションの完全検証によって行うもので、必要とされる労力は実験作業のより遥かに少なくなります。しかし、仮想プロトタイピングを用いるソリューションや設計は、従来のサンプルテストに基づく方法と同じ信頼性を持ち合わせている必要があります。この仮想プロトタイプ

グにより、新製品を物理的に具体化したものを直接最終確認試験に持ちこみ、評価することが可能です。マイクロエレクトロニクス回路設計や自動車産業での今日の応用によって、近い将来このようなビジョンを複雑なマイクロ・ナノシステム分野にも導入出来るであろうという見方も生まれています。

この研究開発分野でのフラウンホーファー-ENASの専門技術は、主として「マイクロマテリアルセンター」(MMC) が担い、また「高度システムエンジニアリング」(AES) 部門と「マルチデバイスインテグレーション」(MDI) 部門により支えられています。この専門技術は、長年にわたる体系的な開発と一貫した実現化を通じて、フラウンホーファー全体の中でのこの研究所の特長となっています。フラウンホーファー-ENASが先駆けとなって発展させてきた、実験研究と現実的な数値シミュレーションをシームレスに組み合わせるという方式は、その卓越したレベルゆえ、産業界から広く認知されています。



コンタクト



フラウンホーファー-ENAS

所長

Prof. Dr. Thomas Geßner

Phone: +49 (0) 371 45001-100

Fax: +49 (0) 371 45001-101

Email: thomas.gessner@enas.fraunhofer.de

副所長

マルチデバイスインテグレーション部長

Prof. Dr. Thomas Otto

Phone: +49 (0) 371 45001-231

Fax: +49 (0) 371 45001-331

Email: thomas.otto@enas.fraunhofer.de

マイクロマテリアルセンター長

Prof. Dr. Bernd Michel

Phone: +49 (0) 371 45001-220

Fax: +49 (0) 371 45001-320

Email: bernd.michel@enas.fraunhofer.de

マイクロマテリアルセンター長

Dr. Sven Rzepka

Phone: +49 (0) 371 45001-421

Fax: +49 (0) 371 45001-521

Email: sven.rzepka@enas.fraunhofer.de

プリント機能性部門長

Prof. Dr. Reinhard Baumann

Phone: +49 (0) 371 45001-234

Fax: +49 (0) 371 45001-334

Email: reinhard.baumann@enas.fraunhofer.de

バックエンド部門長

Prof. Dr. Stefan E. Schulz

Phone: +49 (0) 371 45001-232

Fax: +49 (0) 371 45001-332

Email: stefan.schulz@enas.fraunhofer.de

システムパッケージング部門長

Dr. Maik Wiemer

Phone: +49 (0) 371 45001-233

Fax: +49 (0) 371 45001-333

Email: maik.wiemer@enas.fraunhofer.de

高度システムエンジニアリング部門長

Dr. Christian Hedayat

Phone: +49 (0) 5251 60-5630

Fax: +49 (0) 5251 60-5621

Email: christian.hedayat@enas-pb.fraunhofer.de

管理部長

Gottfried Höppner

Phone: +49 (0) 371 45001-210

Fax: +49 (0) 371 45001-310

Email: gottfried.hoepfner@enas.fraunhofer.de

所長補佐／広報部

Dr. Martina Vogel

Phone: +49 (0) 371 45001-203

Fax: +49 (0) 371 45001-303

Email: martina.vogel@enas.fraunhofer.de

マイクロテクノロジーセンター

副センター長

Dr. Karla Hiller

Phone: +49 (0) 371 45001-400

Fax: +49 (0) 371 45001-500

Email: karla.hiller@zfm.tu-chemnitz.de

バターニング・リソグラフィ部門長

Dr. Andreas Bertz

Phone: +49 (0) 371 45001-402

Fax: +49 (0) 371 45001-502

Email: andreas.bertz@zfm.tu-chemnitz.de

薄膜蒸着部門長

Dr. Christian Kaufmann

Phone: +49 (0) 371 45001-401

Fax: +49 (0) 371 45001-501

Email: christian.kaufmann@zfm.tu-chemnitz.de

技術顧問

Norbert Zichner

Phone: +49 (0) 371 531-33650

Fax: +49 (0) 371 531-833650

Email: norbert.zichner@zfm.tu-chemnitz.de

プロジェクトマネージャ nanett

Dr. Danny Reuter

Phone: +49 (0) 371 531-35041

Fax: +49 (0) 371 531-835041

Email: danny.reuter@zfm.tu-chemnitz.de

パーダーボルン大学

パーダーボルン大学、センサー講座

Prof. Dr. Ulrich Hilleringmann

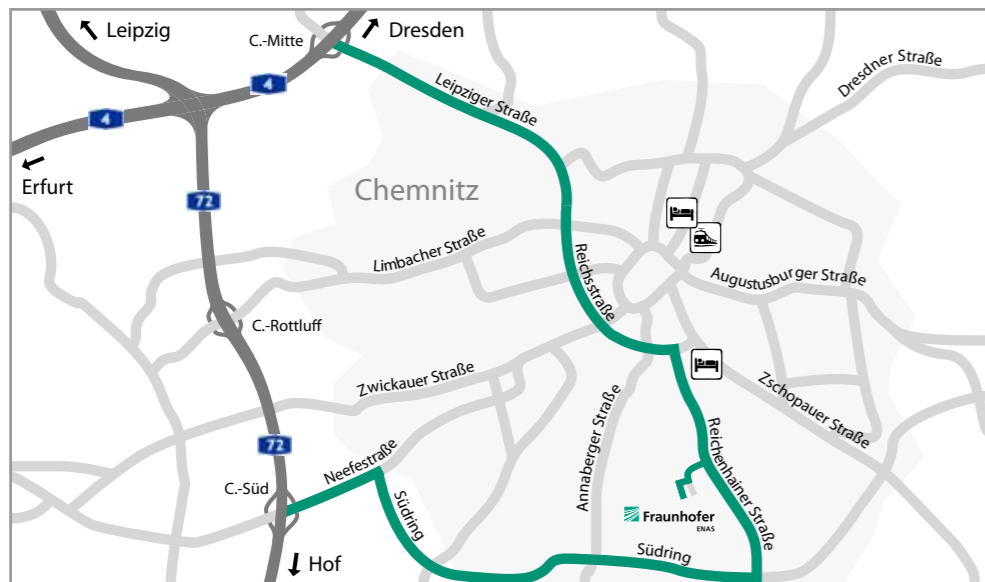
Phone: +49 (0) 5251 60-2225

Fax: +49 (0) 5251 60-5913

Email: hilleringmann@sensorik.upb.de



フラウンホーファーENASへの交通アクセス



フラウンホーファーエレクトロナシステム研究所は、ケムニッツのスマートシステムキャンパスの一部で、ケムニッツ工科大学(Reichenhainer Straßeキャンパス)に隣接しています。テクノロジーキャンパスがまだ登録されていないナビゲーションシステムの場合、テクノロジーキャンパスではなくRosenbergstrasseを目的地にしてください。

車をご利用の場合

アウトバーンA4のCHEMNITZ-MITTEから

国道B95を市内中心部まで直進します(標識:TUC、Campus Reichenhainer Strasse)。Leipziger StrasseをReichsstrasseとGustav-Freytag-Strasseの交差点まで直進します。右折してReichenhainer Strasseに入ります。約1km直進し、右折してRosenbergstrasseに入ります。200m直進するとスマートシステムキャンパスに到着します。中央通りを進み(右側の3D-Micromac AGを通り過ぎ)、右折してTechnologieCampus(テクノロジーキャンパス)に入ります。フラウンホーファーENASは左側にあります。無料駐車場が、フラウンホーファーの建物の外とStart-Upビルの前にあります。

アウトバーンA72のCHEMNITZ-SUEDから

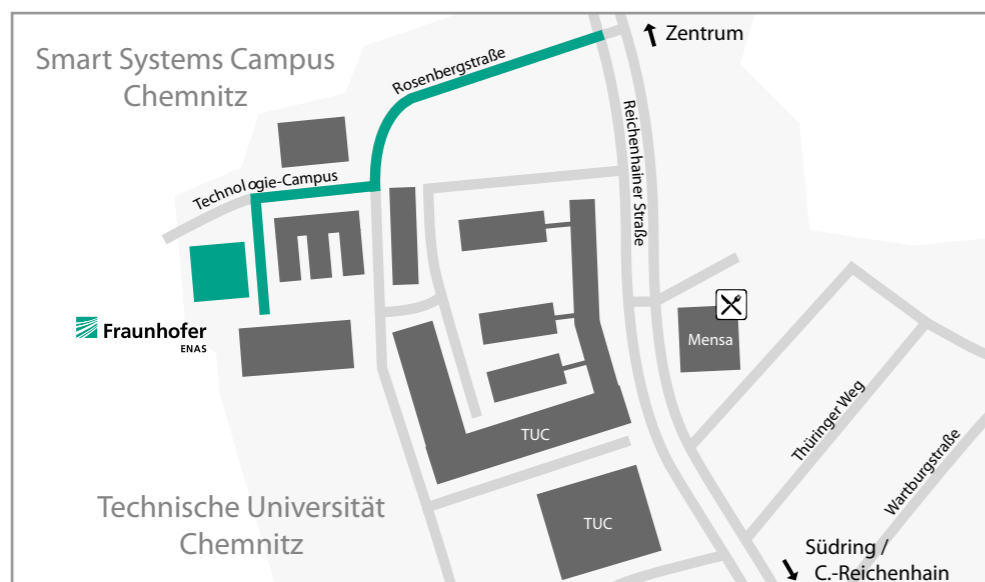
アウトバーンA72をドレスデン方面に向かって進み、Chemnitz Sued出口で下ります。高架橋(Neefestrasse)を渡って右折し、South beltway(Suedring)に入ります。直進してAnnaberger方面への標識に従って進みます。South beltway(Suedring)をReichenhainer Strasseまで進み(出口は右側)、左折してReichenhainer Strasseに入ります(標識:TUC、Campus Reichenhainer Strasse)。約1km直進し(墓地、火葬場、ケムニッツ工科大学TUCを通り過ぎて)、左折してRosenbergstrasseに入ります。200m直進するとスマートシステムキャンパスに到着します。中央通りを進みます(右側の3D-Micromac AGビルと左側のStart-Upビルを通り過ぎます)。フラウンホーファーENASは左側にあります。無料駐車場が、フラウンホーファーの建物の外にあります。

電車をご利用の場合

中央駅からフラウンホーファーENASまで、タクシーまたはバスをご利用ください(バスターミナルまで徒歩5分です)。バス路線51 Altchemnitz/Reichenhain行きに乗車し、Ebertstrasseで降車します。バスと同じ方向にReichenhainer Strasseを100m進むと、Rosenbergstrasseと交差します。右に曲がってRosenbergstrasseに入ります。200m直進するとスマートシステムキャンパスに到着します。中央通りを進みます(右側の3D-Micromac AGビルと左側のStart-Upビルを通り過ぎます)。フラウンホーファーENASは左側にあります。

飛行機をご利用の場合

ドレスデンおよびライプチヒの空港からケムニッツに入ることができます。



お問い合わせ

Fraunhofer ENAS

フラウンホーファーENAS (エレクトロ・ナノシステム研究所)

Technologie-Campus 3

09126 Chemnitz

Germany

Phone: +49 (0)371 45001-0

Fax: +49 (0)371 45001-101

Email: info@enas.fraunhofer.de

www.enas.fraunhofer.de/EN

表紙写真:

Gebäude des Fraunhofer ENAS

(フラウンホーファーENASの建物)

写真: フラウンホーファーENAS