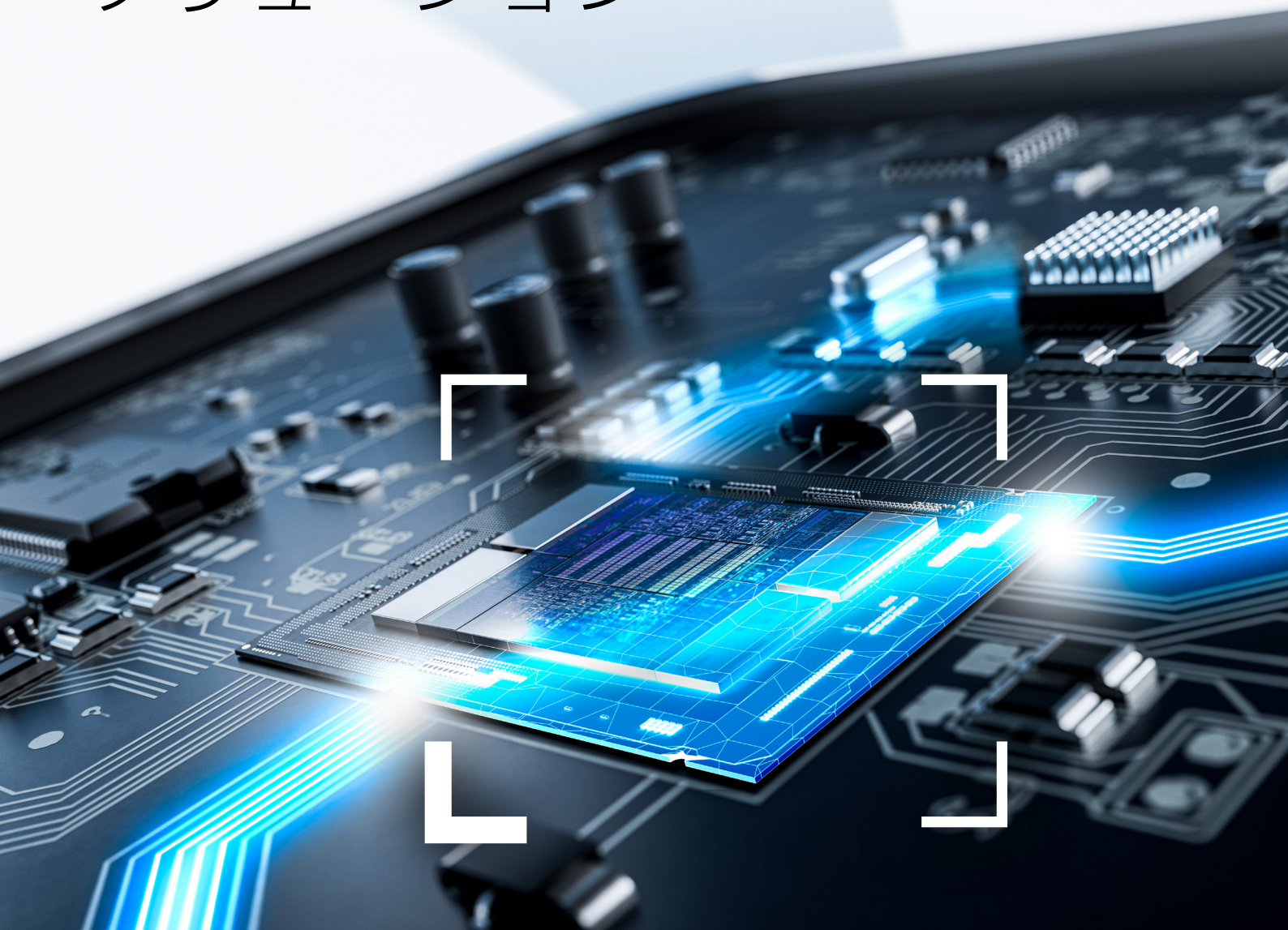


デジタルトランスフォー メーションとイノベーション を加速する 半導体電子機器向け ソリューション



半導体の開発・製造・解析向けの
ZEISS ソリューション



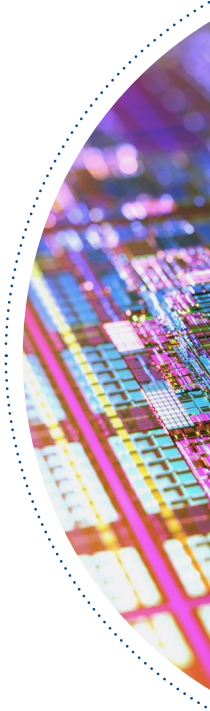
Seeing beyond

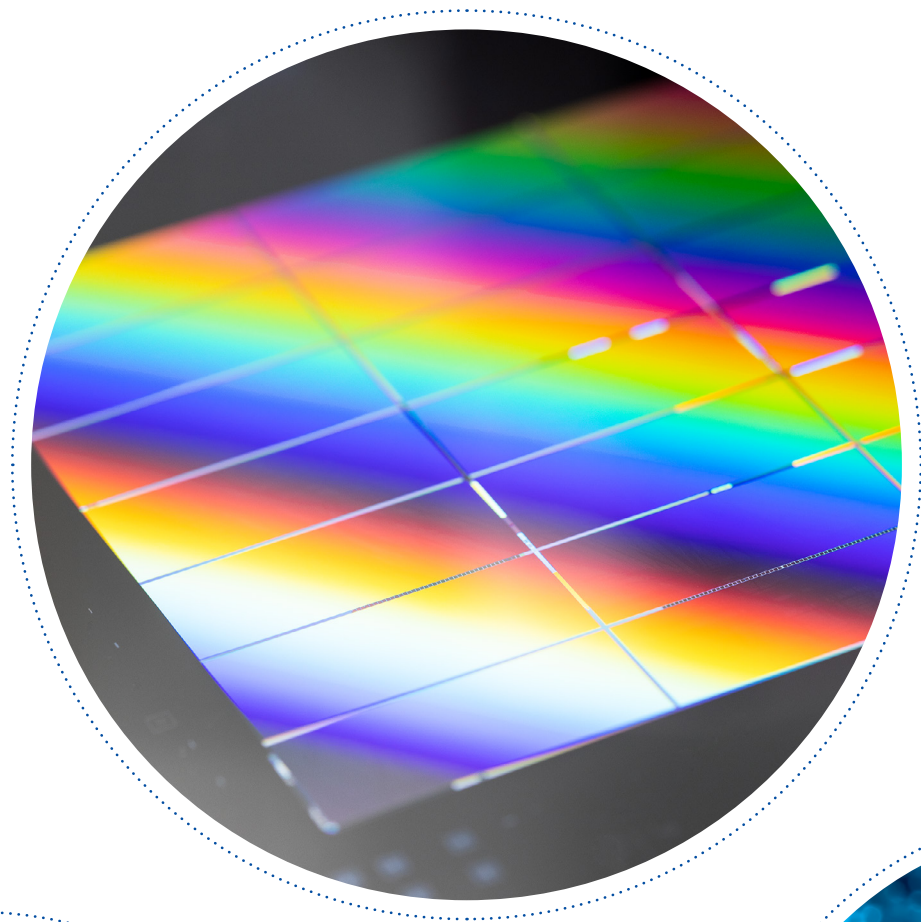
技術の進歩を可能に デジタル化を 牽引する ZEISS

現代の経済活動において、デジタル技術はいたるところで使われています。半導体産業は、これまで以上に小型で高性能、そしてエネルギー効率の高いチップを製造するという課題に直面しています。チップの微細化という課題の鍵を握るのは、先進的な半導体製造の要である極端紫外線（EUV）リソグラフィによってムーアの法則を永続化することです。

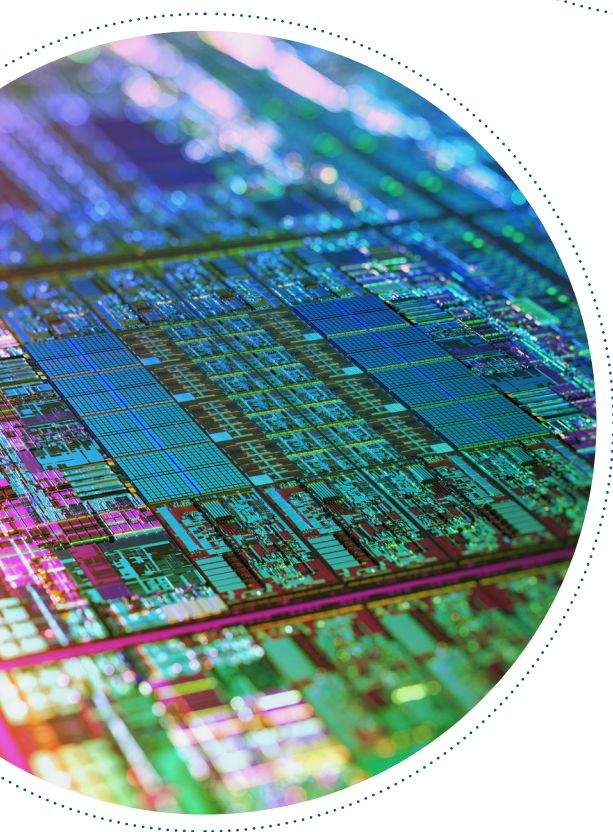
自動車産業から消費者市場まで幅広い分野で多くの部品が適切に機能し、制御されているのは、こういった半導体デバイスのおかげです。そのため、高性能で欠陥のないチップに対する需要が非常に高まっています。市場投入までの時間を短縮するためには、製品開発の加速化も必要です。したがって、歩留まりの高いプロセスを実現するために、非常に複雑なデバイスの設計から製造までの各ステージで立ち上げを迅速に行わなければなりません。

ZEISS は、ナノメートルレベルの高精度光学系とフォトマスク分野で世界中の半導体製造ベンダーをサポートし、未来の技術を支えています。ZEISS が提供するスマートなワークフローでは、最新の顕微鏡ソリューションとソフトウェアを活用して、製造歩留まりとデバイス性能に影響する重要な問題を迅速に解決できます。また、革新的な工業用顕微鏡と計測ソリューションにより、最高レベルの検査と品質保証が実現し、生産性がさらに向上します。

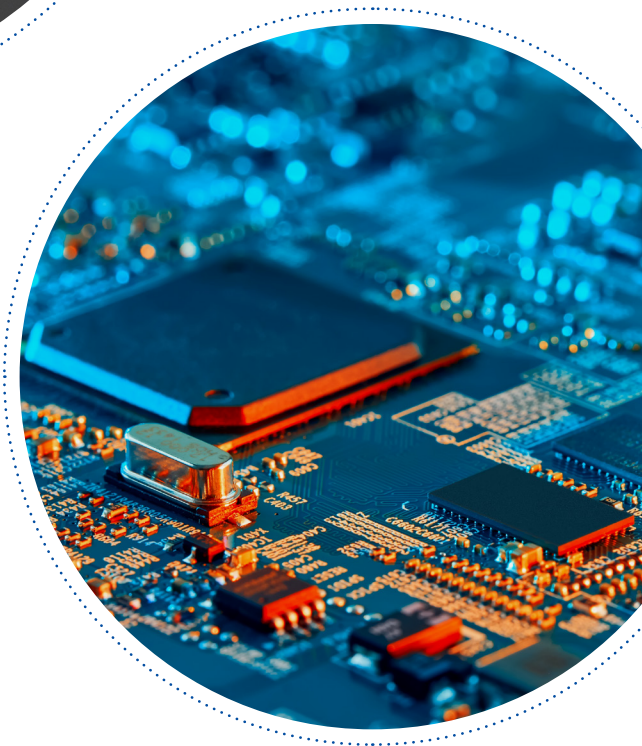




EUV リソグラフィ用
フォトマスク



パターン付きウェハ



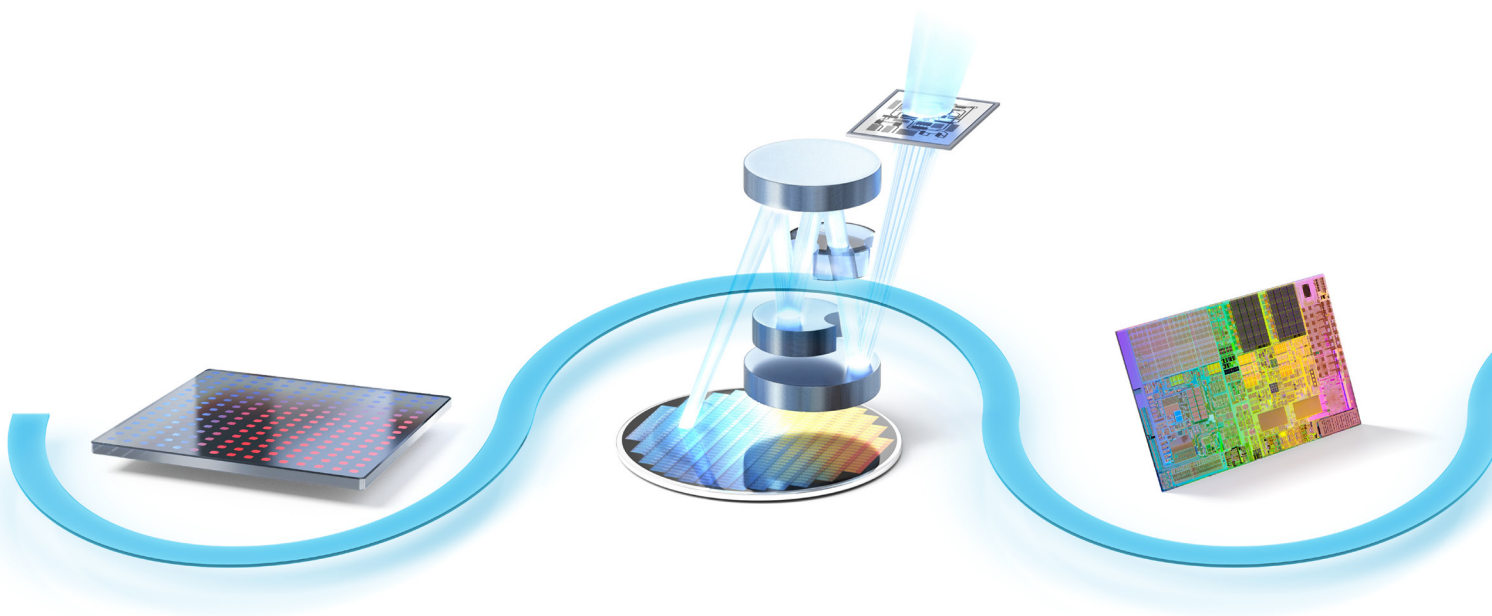
PCB 上の
コンポーネントアセンブリ

半導体の開発・製造・解析

あらゆる工程に対応する ZEISS ソリューション

チップ製造は複雑なプロセスです。どの工程でも、信頼性の高い電子回路の製造に必要な開発・特性評価・プロセス最適化・計測・品質保証をサポートする高度な技術が必要となります。ネットワーク化が進んだ今日の世界において、生活のあらゆる側面に影響を及ぼすデジタル化の需要増大に対応するには、この高度な技術が欠かせません。

ZEISS は、製造工程全体に対応する多くのソリューションを提供しています。その範囲は、リソグラフィ用の最適なフォトマスクや EUV 光学系の製造をはじめ、プロセス制御・検査・特性評価・品質管理のための高度な顕微鏡や計測ソリューションにまで及びます。半導体産業における数多くの企業のパートナーとして、ZEISS は信頼性の高い高性能電子デバイスの製造をサポートしています。



フォトマスクの
製造

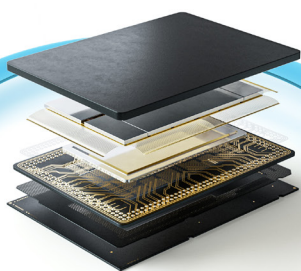
6、7 ページ

リソグラフィ
光学系

8、9 ページ

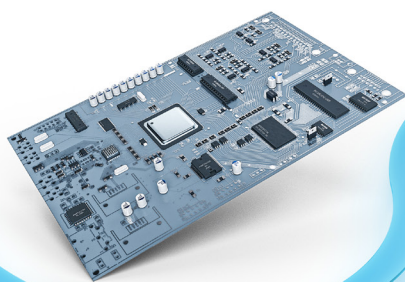
ウェハ／ダイの
特性評価と不良解析

10、11 ページ



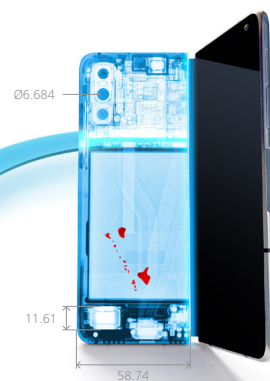
パッケージ
開発と不良解析

12、13 ページ



組立と
集積化

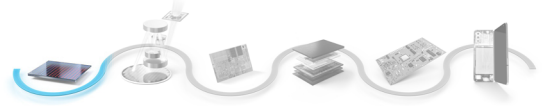
14、15 ページ



計測と
品質保証

16、17 ページ





フォトマスクの製造

集積回路（IC）の継続的な技術進化は、演算能力とデータ伝送の指数関数的成長によってもたらされています。人工知能（AI）の登場により、この流れは今後数年でさらに加速することが予想されます。消費電力と計算性能は、アーキテクチャの改善とパターン密度のさらなる向上を促す重要な原動力になるでしょう。

フォトマスクは半導体製造における重要な要素です。欠陥のないパターンの成形は、幅広いアプリケーションに使用される高性能集積回路を製造するための必須条件です。

課題

- 形状の小型化と EUV などの新しいリソグラフィ技術により、フォトマスクの製品仕様がますます厳しくなっている
- 高性能集積回路の製造に必要なフォトマスクは、欠陥がなく、厳しい仕様を満たさなければならない

ZEISS ソリューション

- ZEISS は、欠陥のないフォトマスクを製造できるよう、マスク製造工程に対応する幅広いソリューションを提供しています。
- ソリューションの一例として、マスク位置合わせの計測（「PROVE」）、マスクの調整（「ForTune」）、ハード欠陥とソフト欠陥の修正（「MeRiT」と「PRT」）、マスクの品質認定（「AIMS」）などがあります。

ポートフォリオ

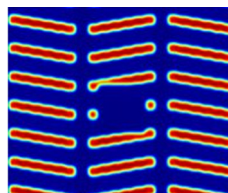
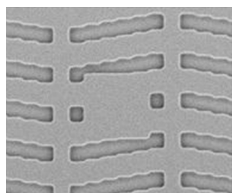
フォトマスクソリューション

ZEISS PROVE
ZEISS ForTune
ZEISS MeRiT
ZEISS PRT
ZEISS AIMS

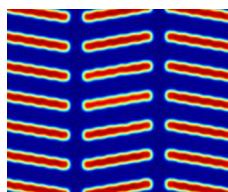
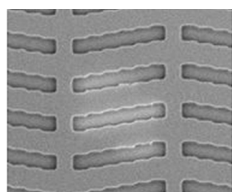
詳細は

18 ~ 21 ページ

アプリケーション例

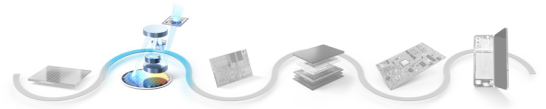


修正前のフォトマスクの欠陥：左：ZEISS MeRiT で取得した SEM 画像。パターンの欠陥を示す。右：ZEISS AIMS を使用した空間像。EUV フォトマスクの欠陥がウェハにどのように反映されるかを示す。



修正後のフォトマスクの欠陥：左：ZEISS MeRiT は、ガスアシスト電子ビームリソグラフィによる信頼性の高いマスク修復と欠陥修正をサポートします。右：ZEISS AIMS で取得した空間像では、欠陥修正後のマスク品質を確認できます。





リソグラフィ光学系

ムーアの法則の永続化により、エンジニアリングや製造技術において、これまで以上に微細なトランジスタの開発が推進されています。EUV リソグラフィは、次世代ロジックデバイスやメモリデバイスの製造における厳しい要件に対応するためのソリューションとして市場に導入されました。EUV 用の様々なコンポーネントの製造に関わる課題に応えるべく、常に技術革新が行われています。

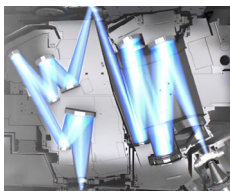
課題

- EUV リソグラフィ装置には、最高の精度と品質を兼ね備えたミラーが必要
- 世界最高レベルの精密なミラーを製造できるのは業界で ZEISS のみ
- ミラーの効率を高めるには、原子レベルの厚さ精度を有する特殊で均一なコーティングが求められる

ZEISS ソリューション

- ASML の EUV スキャナは、「これまでに作られたあらゆる種類の装置の中で、最も技術的に高度な装置」（インテル社フェロー兼リソグラフィ担当ディレクター Mark Phillips 氏）と評されています。
- 25 年以上前に今日の EUV リソグラフィの研究を開始して以来、ZEISS は 2,000 件以上の EUV 関連特許を申請してきました。
- ミラーの製造における極めて高い精度と、コーティング技術における原子スケールの精度は、この驚異的な技術を支える上で非常に重要な要素です。
- ZEISS と ASML はすでに次世代 EUV である High-NA に取り組んでおり、これによりさらに強力な集積回路の開発が可能になります。

アプリケーション例



高精度光学系に 2 つの機能モジュールを組み込んだ EUV 技術

ポートフォリオ

リソグラフィ光学系

DUV（深紫外線）

EUV（極端紫外線）

光学系モジュール

レーザーコンポーネントとモジュール

ウェハ検査用の光学系とモジュール





ウェハ／ダイの特性評価と不良解析

ムーアの法則とトランジスタの微細化の流れは、画期的な技術、プロセスの改善、新素材の登場、デバイスアーキテクチャの複雑化とともに続いてきました。トランジスタと相互接続の微細化が進み、欠陥の位置特定と不良解析がより困難で手間のかかるものになっています。そのため、信頼性、歩留まり、製造サイクルタイムの面でさらなる課題が生じます。

検査、特性評価および試料調製のための顕微鏡ソリューションは、欠陥の特定と根本原因解析において重要な解析ツールとなっています。

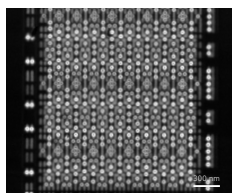
課題

- 微細化するデバイスを最高の分解能と最適なコントラストで検査する必要がある
- 高度なノードデバイスは、トランジスタの特性を変えたり損なったりすることなく電気的特性を評価しなければならない
- 複雑な 3D 積層形状の微細化デバイスや新素材を使用した微細化デバイスには、TEM 解析のための高度な試料調製と 3D 連続断面イメージングが求められる

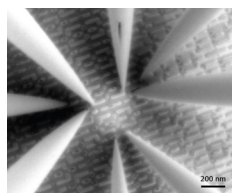
ZEISS ソリューション

- ZEISS GeminiSEM は最も要求の厳しいイメージングと解析タスクに対応した、業界をリードする FE-SEM であり、超低加速電圧での表面イメージングと広い実視野のナノプロービングが可能です。
- ZEISS Crossbeam FIB-SEM は、2D・3D デバイス向けの独自のワークフローにより、高分解能の試料調製、イメージング、解析を効率的に実現します。
- ZEISS Axio Imager 光学顕微鏡では、鮮明なコントラストで高品質なワイドフィールド／共焦点イメージングが可能です。モジュール式アップグレードが可能で、小型コンポーネントから最大 300 mm のウェハまで扱うことができます。クリーンルーム対応。

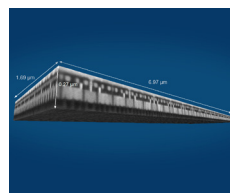
アプリケーション例



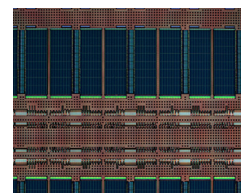
ディレイヤリングされた 7 nm SRAM、0.6 kV での電位コントラスト画像、Inlens 検出器使用



14 nm SRAM デバイス上でのランディングプローブ、80 V でイメージング、Inlens 検出器使用



5 nm SRAM デバイスの FIB-SEM トモグラフィーデータセットの 3D ビジュアライゼーション、ボクセルサイズ 1 nm³、ZEISS Crossbeam で取得



300 mm ウェハの暗視野イメージング、ZEISS Axio Imager Vario で 10 倍対物レンズを使用

ポートフォリオ

電子顕微鏡ソリューション

ZEISS Crossbeam

ZEISS GeminiSEM

光学顕微鏡ソリューション

ZEISS Axio Imager

詳細は

18 ~ 21 ページ





パッケージ開発と不良解析

「More than Moore（デバイスの多機能化）」の時代にあっては、トランジスタの微細化だけでは性能の向上やシステムの小型化にはもはや十分ではありません。ウェハレベルのパッケージング、TSVを用いた異種機能集積化、インターポーザ、ハイブリッドボンディングといった半導体パッケージング分野の技術革新は、コスト削減と機能拡張につながる大きな可能性を秘めています。

同時に、複雑なパッケージングアーキテクチャ、フィーチャの微細化、相互接続の高密度化により、信頼性と不良解析に新たな課題がもたらされています。

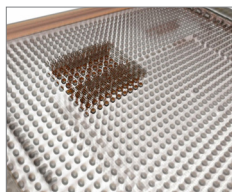
課題

- 故障の切り分けや欠陥の特定は複雑で手間がかかる
- 非破壊技術では、パッケージサイズの大型化に対応できる十分な分解能の広視野を得ることができない
- 3D ボリューム内の欠陥をターゲットとする物理解析技術は時間がかかる
- 従来の不良解析ワークフローでは、スピード、分解能、3D 情報のすべてを十分に得ることができない

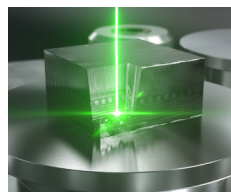
ZEISS ソリューション

- 深層学習ベースの再構成機能を備えた独自の 3D X 線顕微鏡アーキテクチャにより、試料サイズとスループットの制限を克服し、優れたコントラストで高分解能イメージングを実現します。
- フェムト秒 (fs) レーザー内蔵の ZEISS Crossbeam FIB-SEM は、高速・高精度で目的の領域にアクセスできる試料調製を可能にし、結果を得るまでの時間を数日から数時間に短縮します。
- FE-SEM の ZEISS Sigma および ZEISS GeminiSEM シリーズは、優れた低加速電圧性能と材料コントラストにより歪みのない広視野イメージングを実現し、ルーチンのイメージングと解析が容易になります。

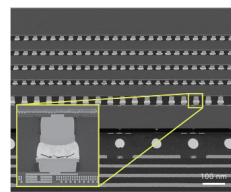
アプリケーション例



IC パッケージのサブミクロン分解能での 3D X 線顕微鏡画像、パッケージ相互接続の欠陥を非破壊でイメージング



2.5D パッケージの奥深くにあるマイクロパンプをターゲットとしたハイスループットの試料調製、ガリウム FIB-SEM と内蔵 fs レーザーを使用



2.5D パッケージ内のマイクロパンプと RDL 層、ZEISS GeminiSEM を使用した高ピクセル分解能による歪みのない広い実視野イメージング

ポートフォリオ

電子顕微鏡ソリューション

ZEISS Crossbeam

ZEISS GeminiSEM

ZEISS Sigma

X 線顕微鏡ソリューション

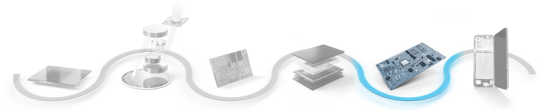
ZEISS Xradia Context

ZEISS Xradia Versa

詳細は

18 ~ 21 ページ





組立と集積化

プリント基板（PCB）から PCB アセンブリ（PCBA）までの製造プロセスは、多くの複雑な手順で構成されています。入荷した基板材料の品質管理や PCB の表面仕上げなど、どの工程でも品質保証の課題が多く生じます。

ZEISS の高品質なワンストップソリューションなら、基板の品質管理、PCB 製造、PCB アセンブリを含むプロセス全体をカバーできます。

課題

- 入荷材料の表面粗さ、形態、および組成の品質管理
- PCB 製造時の線幅やスルーホールを検査と測定
- はんだ接合部の品質検査、表面欠陥の検査、および不良解析

ZEISS ソリューション

- 線幅、溶接品質の光学検査と測定、金属組織断面解析
- ZEISS LSM 900 Mat を使用した表面粗さとスルーホールサイズを解析する共焦点イメージング
- ZEISS EVO を使用した、入荷材料、ドライフィルム、IMC 層、腐食の迅速な SEM 検査と組成解析
- はんだ接合部や積層板の細孔やクラックの X 線 CT 検査

ポートフォリオ

電子顕微鏡ソリューション

ZEISS EVO

ZEISS Sigma

光学顕微鏡ソリューション

ZEISS LSM 900 Mat

ZEISS Visioner 1

X 線顕微鏡ソリューション

ZEISS METROTOM

ZEISS Xradia Versa

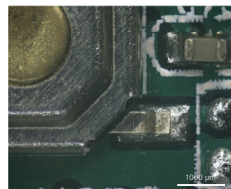
詳細は

18 ~ 21 ページ

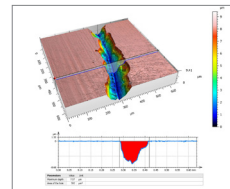
アプリケーション例



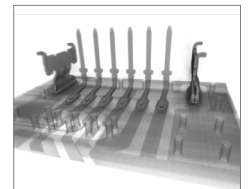
表面実装型受動素子の SEM 検査



ZEISS Visioner 1 を使用した PCB コンポーネントの光学検査

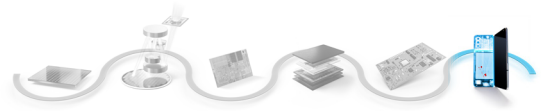


ZEISS LSM 900 Mat を用いた共焦点イメージングによる表面粗さ測定とプロファイリング



ZEISS METROTOM を使用した PCB の非破壊 X 線イメージング





計測と品質保証

生産環境で電子部品や構造部品の製造・組立を行う際は、製品の性能および品質の業界標準を満たす上で、計測と品質保証が欠かせません。重要なタスクには、寸法測定、内部および外部の欠陥検査、表面品質の解析、マスターリファレンスによる検証などがあります。

スピードと生産性には、精度と再現性が伴う必要があります。ZEISS は具体的な製造要件を理解した上で、オーダーメイドの完璧な計測・品質保証ソリューションを提供いたします。

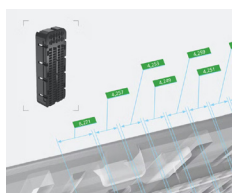
課題

- プロセス制御のための高効率な寸法測定によって、生産ラインの安定化を図る
- コネクタ、携帯電話、ウェアラブルデバイスのレンズモジュールやハウジングを組み立てる際に、コンポーネントを様々な分解能と高スループットで検査・測定する
- 内部アライメント、寸法、表面粗さを検査し、ハウジング部品と最終アセンブリに細孔やクラックなどの欠陥がないか調べる
- 構造部品やハウジングコンポーネントに影響を及ぼす偏差や変形を迅速に検査・検証する

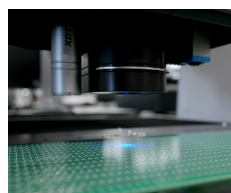
ZEISS ソリューション

- ZEISS CONTURA は、高い効率・精度・再現性を備えた触覚式寸法測定を実現します。
- ZEISS O-INSPECT を用いたマルチセンサー計測により、アセンブリ内の様々な部品を触覚式・光学式で最適に測定できます。光学計測に最適な ZEISS O-DETECT は、優れた光学系、高速イメージング、多彩な照明オプションを備え、あらゆるアプリケーションに対応可能です。
- ZEISS METROTOM を使用した非破壊 X 線コンピュータ断層撮影検査では、従来の光学式・触覚式の計測ソリューションでは到達できなかった内部のフィーチャを含むコンポーネントの完全なデータ解析が可能です。

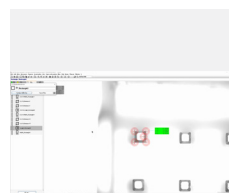
アプリケーション例



ZEISS METROTOM によるベースプラグの X 線コンピュータ断層撮影と測定



ZEISS O-DETECT による光学測定



ZEISS CALYPSO で結果をさらに詳細に解析

ポートフォリオ

CMM と計測ソリューション

ZEISS CONTURA

ZEISS O-DETECT

ZEISS O-INSPECT

X 線顕微鏡ソリューション

ZEISS METROTOM

詳細は

18 ~ 21 ページ

ZEISS ソリューション ポートフォリオ

ZEISS は世界の半導体業界を牽引するプロバイダーとして、多様なソリューションからなる包括的なソリューションポートフォリオを提供しています。画像処理、精密工学、計測分野のコアテクノロジーを駆使したこれらのイノベーションは、半導体産業が次世代デバイスの課題に対応できるようサポートします。

ZEISS は、欠陥ゼロ操業、インダイ計測、クリティカル・ディメンジョン（CD）／位置合わせ、オーバーレイ向けに独自のフォトマスクソリューションを提供しています。当社の光学、X 線、電子、イオンビーム顕微鏡システムは、ウェハ製造からパッケージング、組立に至るまで半導体製造を支援します。これらの各工程は、CMM、CT、光学テクノロジーを用いた計測と品質保証によって補完されるため、組立と集積化における製造監視、信頼性、体系的な品質管理が強化されます。

ZEISS の精緻なソフトウェアスイートは、同じネットワーク上に接続された機器同士のデータ相関を可能にし、ワークフローを合理化します。また、AI と機械学習ツールによって高度な画像解析を実現し、効率性・生産の向上と所要時間の短縮を可能にする実用的なインサイトを提供します。

フォトマスクソリューション



ZEISS PROVE

フォトマスクの計測

サブナノメートルレベルの再現性と精度で画像配置を測定。パターンジェネレータの較正、マスクプロセス制御、インダイ計測が可能。



ZEISS MeRiT

フォトマスクの修正

単一プラットフォームで、あらゆるフォトマスク材料の残留欠陥および欠落欠陥を最高の精度で修正。コンタミネーションを発生することなく、優れた分解能と精度を実現。



ZEISS ForTune

フォトマスクの調整

最も厳しいマスク位置合わせ仕様に適合。高い歩留まりを達成し、偶発不良の発生を防止するとともに、ウェハ上のプロセス欠陥発生率を低減させる。



ZEISS AIMS

空間像の測定

現在および将来の世代にわたるフォトマスクに対して、欠陥レビュー、プリントビリティ解析、修正検証を実行できる独自のシステム。

電子顕微鏡ソリューション



ZEISS EVO

不良解析と品質解析用の
従来型の SEM

PCB、受動素子、モジュールのルー
チン検査と不良解析。



ZEISS Sigma

不良解析と検査に対応し
たミッドレンジの FE-SEM

優れた操作性と高い生産性を提供
し、低加速電圧で高分解能を実現。
解析データを 2 倍の速さ・高精度
で取得可能。



ZEISS GeminiSEM

イメージングと解析にお
ける最高レベルの要求に
応える FE-SEM

サブナノメートルスケールの分解
能と高い検出効率によりイメージ
ングを効率化。低加速電圧が求め
られる材料のナノプロービングや
特性評価に最適。



ZEISS Crossbeam

ハイスループットで試料
調製を行うための FIB-SEM

高分解能の試料調製、イメージ
ング、解析に最適。2D および 3D デ
バイス用に独自のワークフローを
提供。内蔵 fs レーザーにより、不
良解析が数時間で完了。

光学顕微鏡ソリューション



ZEISS Stemi 実体顕微鏡

日常の点検が容易に

広視野・最大 50 倍の倍率を実現。
品質保証と不良解析のための PCB
や電子部品の検査に最適。



ZEISS Visioner 1

画期的な技術を搭載した
デジタル顕微鏡

100 倍の焦点深度で PCB アセンブ
リや電子部品を視覚化。いつでも
対象にピントが合った状態で検査
が可能に。



ZEISS LSM 900 Mat

3D 表面解析のための
共焦点レーザー走査
顕微鏡

検査、品質保証、不良解析のため
のウェハ、PCB、電子部品の表面
粗さ検査と 3D プロファイリング
に最適。



ZEISS Axio Imager Vario

クラス最高の光学系によ
るウェハ検査

300 mm までのウェハと大型 PCB
の検査に対応したモジュール式ブ
ラットフォーム。アップグレード
可能なハードウェアとソフトウェ
アモジュールにより、多様な検査
機能が利用可能。

X 線顕微鏡ソリューション



ZEISS BOSELLO 卓越した欠陥検出

自動または手動の非破壊 2D X 線検査に最適。高い生産性、迅速なローディングとアンローディング、高速サイクルタイム、および柔軟なアプリケーションが可能に。



ZEISS METROTOM あらゆる部品に対応

1 回の 3D コンピュータ断層撮影スキャンで品質保証検査が可能。システムのトレーサビリティのための標準受入れ検査、高精度エンジニアリング、および高度な校正を実現。



ZEISS Xradia Context パッケージと部品用の ハイエンドマイクロ CT

高品質のイメージングとアップグレード可能なモジュール式プラットフォームによる不良解析と 3D 検査。



ZEISS Xradia Versa 業界最高レベルの分解能 とコントラスト

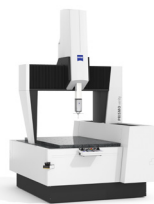
半導体パッケージングの優れた不良解析。3D X 線イメージングにより、分解能とコントラストの限界が広がる。

CMM と計測ソリューション



ZEISS MICURA 小型部品に対応したトップ クラスの精度

精度要件の高まりに対応可能。特に公差が厳しい、複雑な小型部品に最適。



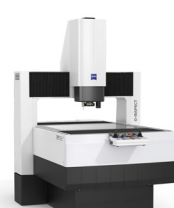
ZEISS PRISMO 精度が最優先される用途 に最適

測定ラボにおける最高精度の高速スキャン、ISO 品質基準への完全準拠、精度に対する妥協なし。



ZEISS CONTURA 今と未来のあらゆる課題 に備える

接触式センサーと光学センサーを同じシステムで使用でき、多様な測定タスクに最適。



ZEISS O-INSPECT あらゆる分野に対応できる 万能機器

高い精度の接触式と繊細な表面のための光学の両方が求められる場面に最適なモデル。その都度最適なセンサーで測定が可能。

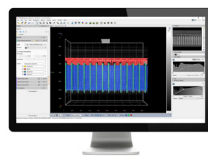
ソフトウェアとデジタルソリューション



ZEISS ZEN core

コネクテッドマイクロスコプのためのソフトウェアスイート

材料研究開発から生産現場まで対応。マルチモーダル顕微鏡検査向けのイメージング、セグメンテーション、解析、データ統合ツールを備えた最も包括的なスイート。



ZEISS arivis

包括的な画像解析プラットフォーム

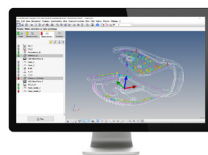
すべての画像解析パイプラインを統合・接続する、マルチモーダルな多次元顕微鏡データのためのソフトウェア製品シリーズ。



ZEISS Quality Suite

計測ソフトウェアなどのためのプラットフォーム

ZEISS の 3D ソフトウェアにアクセスできるシングルプラットフォーム。最新情報の確認、幅広いソフトウェアトレーニングコースの予約、お使いの計測ソフトウェア用アドオンの検索が可能。



ZEISS CALYPSO

寸法計測のための万能ソフトウェア

素早く、簡単に、信頼性の高い幾何学的特徴量の測定が可能。ZEISS の測定システムやセンサと組み合わせることで、強力なワンストップソリューションを実現。

上記ポートフォリオは、電子機器・半導体産業の将来的な成長をサポートすることを目的としています。ZEISS ソリューションは技術の未来を形成し、光学および関連分野の絶え間ない進歩に貢献しています。

Carl Zeiss 財団は、科学の振興に尽力するドイツ最大の財団の 1 つであり、持株会社 Carl Zeiss AG の単独所有者です。当社の研究開発への持続可能な投資は、その技術的な成功と市場でのリーダーシップをさらに高めるための基盤となっています。

お客様の グローバルパートナー 世界中の地域で事業を展開

60

セールス・サービス
組織の数

30

製造拠点の数

ZEISS は約 50 か国でグローバルに事業を展開しており、約 60 のセールス・サービス会社、30 の製造拠点、30 の研究開発拠点に 38,000 人以上の従業員を擁しています。高度な訓練を受けた当社のアプリケーションスペシャリストとサービスエンジニアは、半導体産業が最新の要件を満たすことができるよう、高い水準のサービスを提供します。また、専門のアプリケーションサポートもあらゆるステージでご利用いただけます。世界的に広がるスペアパーツのハブ拠点ネットワークにより、応答時間の短縮とサプライチェーンのロジスティクスの迅速化を実現し、装置性能の最適化、および、装置稼働時間の最大化を最優先に取り組んでおります。



30

研究開発施設

50

か国

今すぐ最適なソリューションを見つけましょう。
まずは ZEISS のエキスパートに
お気軽にご相談ください。



zeiss.com/corporate/en/contact.html





Carl Zeiss Microscopy GmbH
Carl-Zeiss-Promenade 10
07745 Jena, Germany

Carl Zeiss Co., Ltd.
2-10-9 Kojimachi, Chiyoda-ku
Tokyo, 102-0083, Japan
Phone: + 81-570-02-1310

電子メール : microscopy@zeiss.com
www.zeiss.com/semiconductor-microscopy
www.zeiss.com/semiconductor-manufacturing-technology