

総務委員会資料

所管事務の調査（視察）

新川崎・創造のもりの概要について

資料1 新川崎・創造のもり地区の概要

資料2 新川崎・創造のもり パンフレット

資料3 NANOBIC装置紹介 パンフレット

資料4 新川崎・創造のもり 産学交流・研究開発施設（新施設）整備について

資料5 新川崎・創造のもり 産学交流・研究開発施設（新施設）イメージ図

経済労働局

平成28年8月26日

産学官の連携による創造的研究開発拠点

新川崎・創造のもり





川崎市は、首都圏の中心部に位置し、優れた人材を持つ中小企業が集積するとともに、京浜工業地帯の中核を担う、日本有数の製造業集積都市です。さらに、都市型工業地帯の特色を生かした試作開発・商品開発を担う知能集約型・高付加価値型の産業構造への転換も進み、約400の研究開発機関が集積する研究開発都市でもあります。

マイコンシティ

エレクトロニクス・情報・通信関連産業等の集積を目的とした区域の開発推進活動

明治大学地域産業連携研究センター

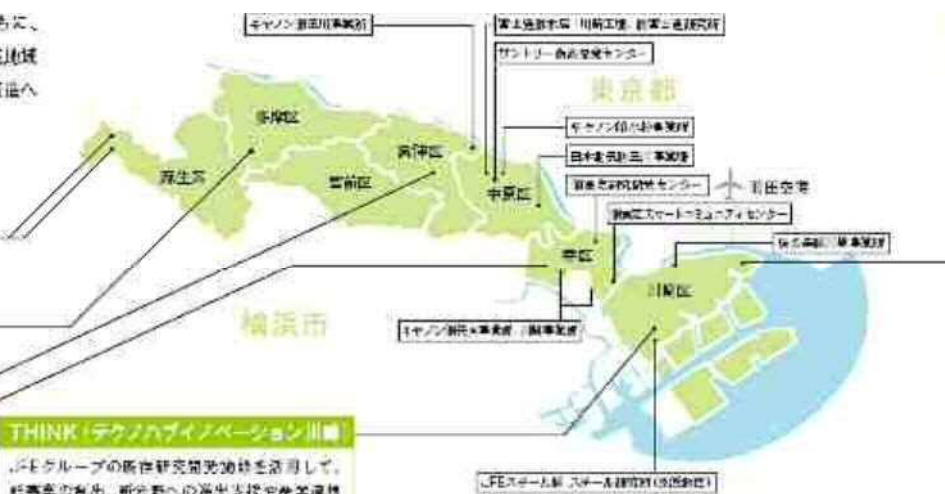
明治大学の技術シーズ・知財資源を有効活用し、産官学・産業界の協働による中小企業の価値向上を図る地域連携の推進活動

KSP (かながわサイエンスパーク)

日本初の都市型サイエンスパークであり、規模は日本最大級(総面積約55,000㎡、就業定数約4,500名)

THINK (テクノハブイノベーション川崎)

JFEグループの産官学連携活動を活用して、新事業の創出、新分野への進出支援や産学連携共同研究の実施を目指すサイエンスパーク



扇町地区キングスカイフロント

扇町地区の中心部に位置する扇町丁を中心としたライフサイエンス分野の研究開発拠点/平成23年12月「京浜臨海型ライフイノベーション国際戦略総合特区」に指定。平成25年5月「東京圏国際戦略特区」に指定



【京浜臨海型ライフイノベーション国際戦略総合特区】扇町キングスカイフロント及び扇町地区の発展の特色・魅力を生かし、特区のさらなる発展を促しています。

新川崎地区

産官学連携による新産業の創出を目的とした新都市の集積拠点/平成25年10月「京浜臨海型ライフイノベーション国際戦略総合特区」に指定

新川崎地区は、このエリア(創設のち)に、企業・大学の進出のほかに新川崎地区行政官庁型型のもつてり企業が進出するから、約8,000人余の従業員が集積して、いると見られています。

- A地区** 4.3% 高度な技術力をもつ製造業の集積ゾーン
- B地区** 3.9% 商業・娯楽、都市型居住ゾーン
- C地区** 2.5% 都市型居住ゾーン
- D地区** 2.1% 最先端・先端ゾーン
官庁型・官庁型
- E地区** 4.1% 産業創出・育成ゾーン
ハイテク企業・ユニバーシティ
- F地区** 0.1% 都市型居住等の複合ゾーン
小規模業



新川崎地区ネットワーク協議会



- 京浜臨海型ネットワーク協議会の3つの重点活動領域
- 産官学・産業界の連携
 - 先端技術・産業創出の推進
 - 企業・成長産業の創出
 - 企業との交流の促進



新川崎地区の産業発展を促進して、平成24年7月に新川崎地区の企業・大学を中心とした産官学・産業界の連携推進(新川崎地区ネットワーク協議会)が設立。産官学連携事業等に積極的に取り組んでいます。

新川崎・創造のもりの概要



新川崎・創造のもりは、産学官の連携による新しい科学・技術や産業を創造する研究開発拠点の形成と、次世代を担う子どもたちが科学・技術への夢を育む場づくりを目指し、段階的な施設整備を推進しています。

これまでの経緯

平成11年2月	「新川崎・創造のもり計画」の策定
平成11年2月	「新川崎・創造のもり計画」の推進への協力に関する川崎市と慶應義塾の協定締結
平成12年7月	【第1期事業】慶應義塾大学の先導的研究施設「K ² タウンキャンパス」の開設
平成15年1月	【第2期事業】ベンチャービジネス創出拠点「かわさき新産業創造センター(KBIC)」の開設
平成17年1月	新川崎地区・地区計画の策定
平成20年9月	新川崎・創造のもり第3期事業用地 土地利用方針の策定
平成21年1月	「4大学ナノ・マイクロファブ리케이션コンソーシアムと川崎市との連携協力に関する基本合意」締結 4大学コンソーシアムの研究成果を地域産業の活性化に生かし、先端科学技術による世界への貢献を目指した連携協力
平成21年11月	川崎市と慶應義塾との連携・協力に関する基本協定の締結
平成22年10月	新川崎・創造のもり第3期事業地区 産学官共同研究施設整備基本計画の策定
平成24年1月	東京大学、日本アイ・ピー・エム株式会社、川崎市による「東京大学社会連携講座の実施に関する基本協定」の締結 「省エネルギーを目指した、次世代ナノ・マイクロデバイスとシステム」をテーマとした研究を実施
平成24年4月	【第3期第1段階事業】ナノ・マイクロ産学官共同研究施設(NANOBIIC)の開設
平成25年10月	「京浜臨海部ライフィノベーション国際戦略総合特区」に新川崎A,D,E地区が追加指定
平成26年5月	【第3期第2段階事業】産学交流・研究開発施設整備基本計画策定



【第1期事業】 K²(ケイスクエア) タウンキャンパス

慶應義塾大学の先導的研究施設

産学官連携による研究開発拠点の形成

建物	研究棟4棟 (K棟、E棟、I棟、O棟)、厚生棟1棟 (K ² ハウス)
構造	鉄骨造2階建
敷地面積	約16,000㎡
延床面積	約3,150㎡
短床面積	約6,301㎡

【第2期事業】 かわさき KBIC

ベンチャービジネス創出拠点

川崎市

創業支援 立ち上げ時の総合サポート/創業資金等の獲得支援	産学連携 大学の技術シーズ提供/産学共同研究開発の支援
販路開拓 顧客開拓等コンサルティング/市内企業とのマッチング支援	技術支援 技術・特許/コンサルティング/VC・金融機関の紹介
情報発信・交流 インターネット等による情報発信支援/異業種交流会	資金調達支援 資金計画のコンサルティング/VC・金融機関の仲介

【第3期事業】 かわさき新産業創造センター新館 NANOBIIC

ナノ・マイクロ産学官共同研究施設

- 環境・ライフサイエンス等様々な分野に活用が期待されるナノ・マイクロ技術の産学官共同研究施設
- 大型クリーンルーム(750㎡)を備え、「加工～試作～計測～評価」の一連の作業が可能
- 4大学(慶應・早稲田・東工大・東大)ナノ・マイクロファブ리케이션コンソーシアムの有する最先端の研究機器を導入し、企業等へ開放
- 4大学コンソーシアム、日本IBM等のナノ・マイクロ技術に関する世界最先端の研究機関やナノテクノベンチャー企業等が集結

※ナノ・マイクロとは…ナノ(10億分の1)メートル、マイクロ(100万分の1)メートルといった「超微細な領域を扱う単位」です。

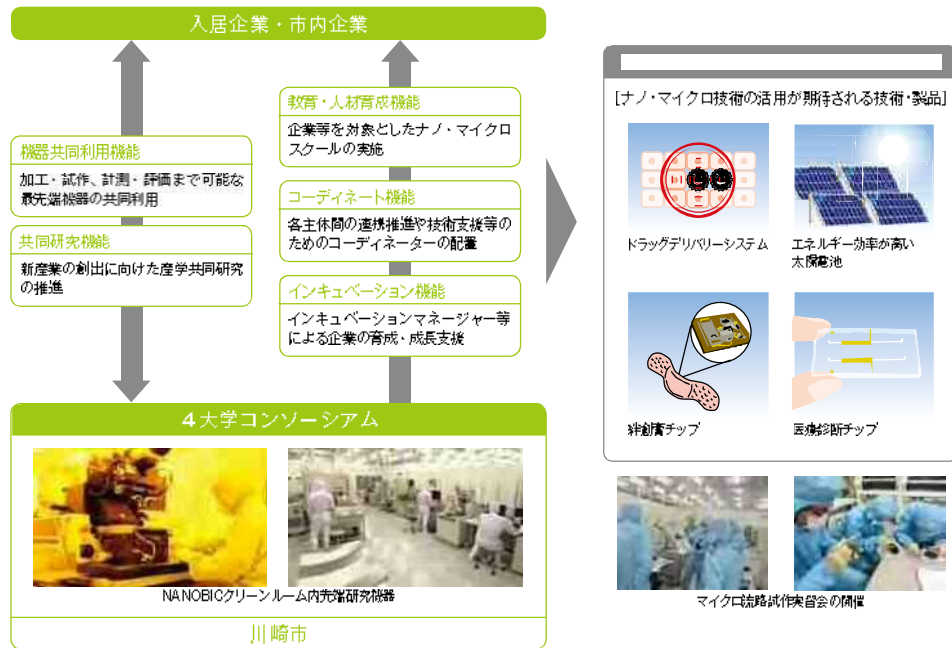
建物	研究棟、クリーンルーム棟
構造	鉄骨鉄筋コンクリート、一部鉄筋コンクリート造2階建
延床面積	本館 約1,854㎡、別棟 約113㎡
短床面積	本館 約3,428㎡、別棟 約212㎡
主な諸室	スモールオフィス(各室15㎡)、ラボ(各室30~200㎡)、打合せ交流コーナー(106㎡)、会議室(50㎡)、アメニティコーナー(78㎡)、ものづくり工房(100㎡)、CAD/CAE研修室(47㎡)等

建物	研究棟、クリーンルーム棟
構造	鉄骨鉄筋コンクリート、一部鉄筋コンクリート造2階建
延床面積	約3,616㎡
短床面積	[研究棟] 約1,174㎡、[クリーンルーム棟] 約2,442㎡
延床面積	約4,618㎡
短床面積	[研究棟] 約1,977㎡、[クリーンルーム棟] 約2,639㎡
主な諸室	ラボ(各室50㎡)、クリーンルーム(750㎡、一部クラス100)、ビジター室2室(各室25㎡)、会議室(100㎡)、交流コーナー、アメニティコーナー等



ナノ・マイクロ技術を活用した研究開発をトータルで支援

平成24年度にオープンしたNANOBIICでは、インキュベーション事業の他、市内中小企業等を対象としたナノ・マイクロ技術支援講座の開催、4大学が保有する最先端の機器を企業等に貸し出す機器共同利用事業を行うなど、市内事業者のものづくり技術の高度化に向けて、トータルで支援を行っています。

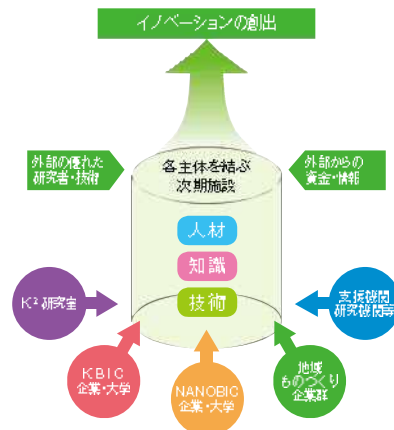


イノベーションの創出に向けた新たな施設の整備

新川崎・創造のもりの第3期第2段階事業(次期事業)として、新たに「産学交流・研究開発施設」の整備を予定しています。新たな施設は、創造のもり地区の企業・大学や周辺の企業等が集い、交流する結節点としての役割を果たし、これまで多数創出してきた「イノベーション」(科学的・工学的な発見)をさらに発展させ、我が国経済をけん引する新たな「イノベーション」の創出を目指します。



産学交流・研究開発施設の整備 計16,000㎡規模を想定



多様な研究環境に対応	
研究開発機能 ・企業・大学等の研究開発スペース ・インキュベーションスペース	約10,800㎡ 7,200㎡ 3,600㎡
多様な利用形態に柔軟対応する可能性豊かな空間	
産学連携・交流機能 ・多目的会議室 ・交流スペース	約670㎡
贈う空間から日常的な交流を推進	
アメニティ機能 ・飲食スペース ・物販スペース	約200㎡
その他共用部 エントランス、交流ラウンジ、廊下・階段、E.L.V・設備室等	約4,330㎡

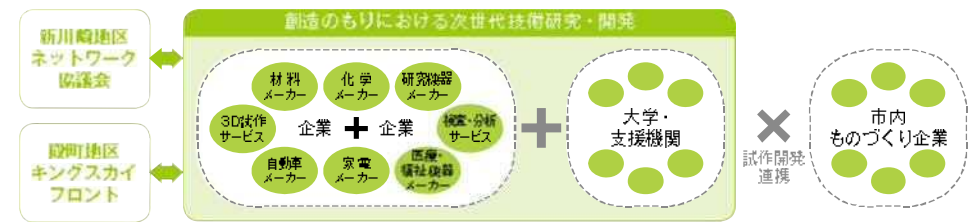
<整備スケジュール> 平成28年度 着工、平成29年度以降供用開始(予定)

オープンイノベーションの推進

新川崎・創造のもりでの研究開発活動は、企業・大学が集い、交流する世界的な研究開発拠点を参考とし、研究開発のオープン化を進めます。また、「新川崎地区ネットワーク協議会」や「殿町地区キングスカイフロント」との連携により、ライフサイエンス分野等での革新的な技術・製品、産業の創出を図るなど、「オープンイノベーション」の実現を目指します。

基盤となる共通技術での共同研究

応用技術では競争による独自開発



オープンイノベーションの推進による新たな技術・産業の創出

創造のもりで展開されている活動

ナノテクセミナー・ナノ茶論(サロン)

「ナノテクセミナー」の定期開催、ナノ・マイクロ技術を活用したアプリケーションの開発や業界の最新動向についてディスカッションする少人数制のサイエンスカフェ「ナノ茶論」の毎月開催など、技術者・研究者の交流機会を多数設けています。



科学とあそぶ幸せな一日

創造のもりで毎年秋に開催される子ども向けの科学体験イベントです。地域の企業・大学・団体の協力により、子どもたちの科学の夢を育む実験教室や工作教室、展示などが行われ、当日は、多くの家族連れで賑わいます。



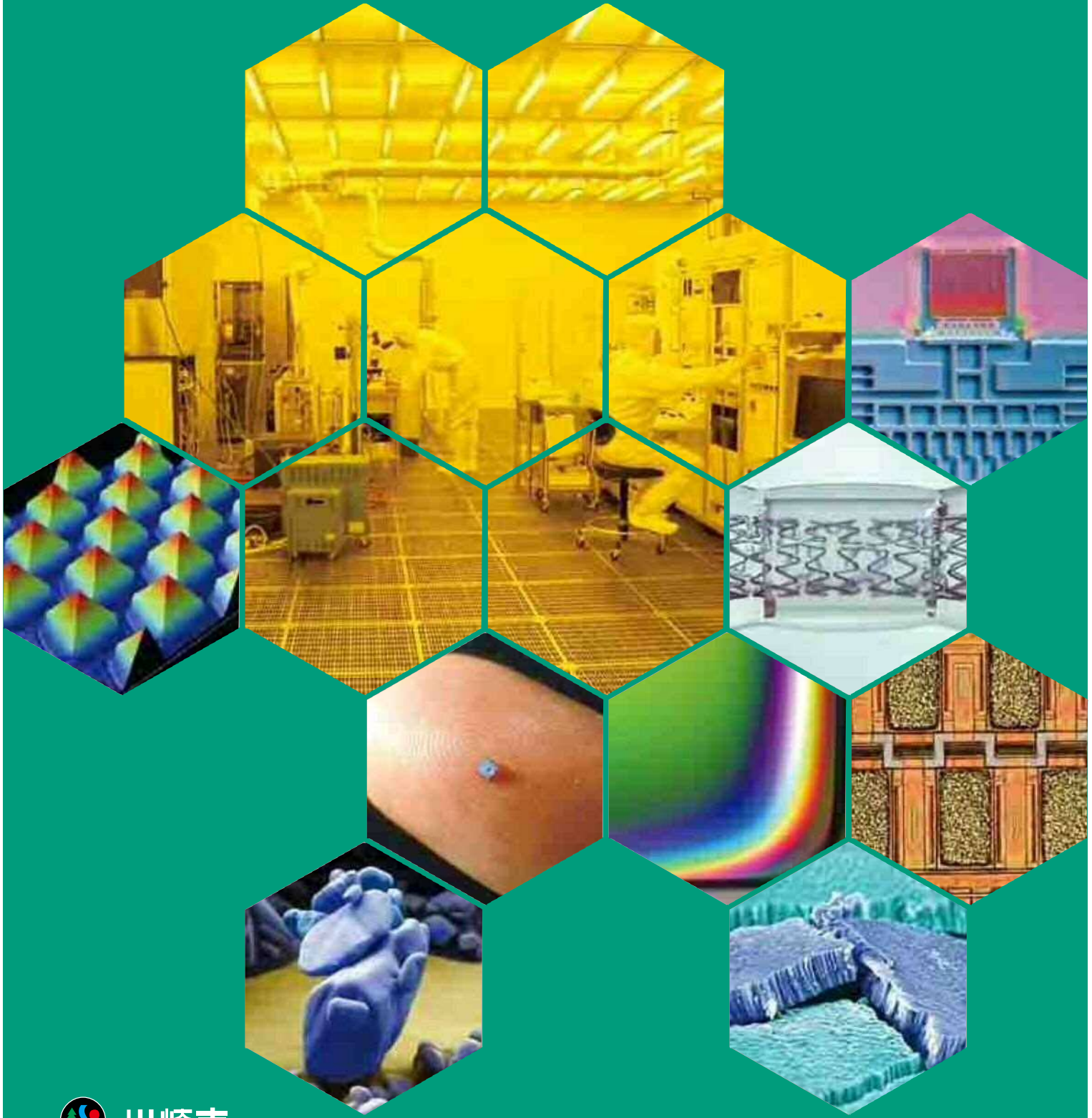
新川崎・創造のもり アクセスのご案内



〒212-0032 川崎市幸区新川崎7-7 TEL:044-587-1105 FAX:044-587-1106

お問い合わせ先
 川崎市経済労働局次世代産業推進室
 〒210-0007 川崎市川崎区駅前本町11-2 川崎フロンティアビル10階
 TEL:044-200-2407 FAX:044-200-3920
 28sozo@city.kawasaki.jp

装置紹介



ナノ世界への招待～技術の高度化と新産業の創造

NANOBIIC

装置紹介

- 03 NANOBIICと4大学
ナノ・マイクロファブリケーションコンソーシアム
- 07 技術開発に新たな視点を
NANOBIIC装置紹介
- 08 #01 成膜：ECRイオンビームスパッタ成膜装置
- 10 #02 成膜：クラスター型コーター・デベロッパ
- 12 #03 パターニング：超高精度電子ビーム描画装置
- 14 #04 パターニング：ナノインプリント装置
- 16 #05 エッチング：高密度プラズマドライエッチング装置
- 18 #06 評価・計測：超低真空走査電子顕微鏡
- 20 #07 評価・計測：マイクロスコープ
- 22 #08 評価・計測：マイクロ・ナノPIV(可視化画像流速計測)システム
- 24 #09 評価・計測：超解像度レーザー顕微鏡
- 26 #10 評価・計測：断面試料作製装置
- 28 #11 評価・計測：原子間力顕微鏡
- 30 NANOBIICユーザーの声を聞く
装置利用の手順
- 32 共用装置一覧
- 35 Information
新川崎・創造のもり

NANOBIIC と4大学 ナノ・マイクロファブリケーション コンソーシアム

新川崎・創造のもりに2012年4月にオープンしたナノ・マイクロ産学官共同研究施設
「NANOBIIC ～ Global Nano Micro Technology Business Incubation Center」



川崎市は、慶應義塾大学、早稲田大学、東京工業大学、東京大学からなる「4大学ナノ・マイクロファブリケーションコンソーシアム」との連携により、ナノ・マイクロ分野の最先端の研究機器の共同利用や研究・教育などの支援に取り組み、川崎市内のものづくり企業の技術力と研究開発力の向上、産学連携による新産業の創出を目指しています。

NANOBIICは、ナノ・マイクロ技術にかかわる基礎研究から試作、計測・評価まで一気通貫で取り組むことができるナノ・マイクロ技術の産学官共同研究開発拠点です。



新川崎・創造のもり NANOBIC が始動

学官共同研究施設「NANOBIC」がオープンしました。

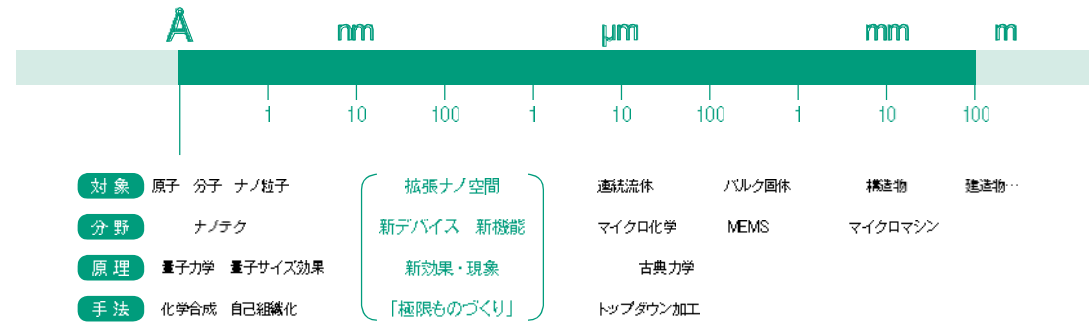
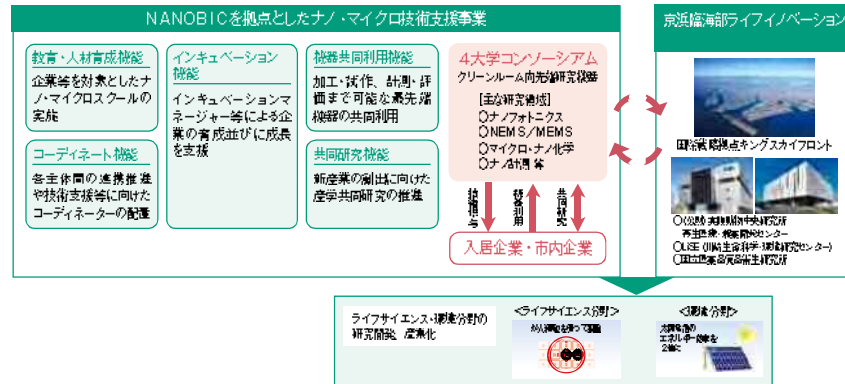
ものづくり企業の技術力向上をめざし、4大学ナノ・マイクロファブリケーションコンソーシアムと連携

次世代のものづくりでは、製品の小型化や精密化の流れがさらに進展し、マイクロ(100万分の1)メートルからナノ(10億分の1)メートルサイズの超微小、超精密な領域での高い精度の加工、計測技術が求められています。こうした、いわゆるナノ・マイクロ技術は、電子機器からナノフォトニクス、MEMS/NEMS、マイクロ・ナノ化学、ナノバイオまで幅広い技術分野への展開可能性を持ち、次世代の産業の発展や人々の生活の向上に貢献するものとして近年、大きな期待を集めています。

川崎市では、「新川崎・創造のもり」地区において、このナノ・マイクロ技術を基盤とし、基礎研究から実用化開発までの一貫した研究開発を同じ施設内で進めるナノファブリケーション施設「NANOBIC」を整備し、企業と大学の連携(産学連携)による研究開発を支援しています。

そして、「NANOBIC」でのナノ・マイクロ技術を核とした産

本合意を締結しました。



加工とは、特殊な特徴を持った部品を作ることですが、これだけではまだ役には立ちません。加工した部品を使い、わたしたちが使えるような機能を備えたものにスケールアップ(デバイス化)すればシステム化が可能になり、ここで初めて実用化や産業化への糸口が生まれます。その上で、デバイスが狙い通りにできているのかを観察し、計測できなくてはなりません。

例えば、ナノ・マイクロ「加工」技術を用いることで、水を弾く蓮の葉の微細な表面構造を再現することが可能です。この技術を、血液がスムーズに流れる身の丈サイズの「デバイス」に応用し、さらにこのデバイスを組み合わせることで人工血管まで作り上げることができます。そして、人工血管での血液の流れを詳細に「計測、評価」することで、より最適な表面構造を見つけだし、これをまたナノ・マイクロ「加工」技術により実現します。このような「加工・デバイス化・計測」の工程を繰り返すことで、ナノ・マイクロ技術が実用化へと近づき、我々の生活を豊かにする産業化へと発展していくのです。

NANOBICは、こうした「加工・デバイス化・計測」の一連の工程を一気通貫できるところに最大の特色があります。

NANOBICは、研究棟とクリーンルーム棟の2棟からなり、クリーンルーム棟には、クラス100[※](約175m²)とクラス10000(約575m²)の2つのクリーンルームが設けられています。

そしてこのクリーンルームに、4大学コンソーシアムの約30種類の機器・装置が設置されています。これらは、まさに基礎

計測を可能にしています。具体的には成膜、フォトリソグラフィ、



※クラス100は、1立方フィートの中に直径0.5μm以上の微粒子が100個以下、クラス10000は1立方フィート以下のクリーン度を示す

エッチング、分析、計測などの装置類です。

例えばCMOS(相補型金属酸化膜半導体)をつくる場合、シリコンやガラスを原材料に、膜をつくる成膜工程、回路図を焼き付けるフォトリソグラフィ工程、回路を削るエッチング工程を経て分析や評価を行います。NANOBICでは、これらの作業が一貫してできる装置が揃えられています。

リソグラフィ工程に用いる装置として、成膜と乾燥、焼き付けの一連のプロセスを自動化できるクラス型コーティング装置、直径2nm(ナノメートル)の電子ビームで線を引く超高精密電子ビーム描画装置などが整備されています。またエッチング関連では、プラズマで高速エッチングができる誘導結合プラズマドライエッチング装置や、シリコン深掘りエッチング装置などがあります。そして、各工程で分析装置や電子顕微鏡、光学形状測定装置などを用いて計測、評価することが可能です。

4大学コンソーシアムの名前が「ナノ・マイクロ」となっているように、ナノサイズからマイクロサイズまでの幅広い領域をカバーする機器・装置類を備えていることもNANOBICの大きな特色です。

流体科学、バイオMEMSが特徴の4大学コンソーシアム

料プロセス・化学プロセス、③加工技術、④計測技術の4つのテーマで協働体制を敷いています。その上で主に、環境・エネルギー、先端デバイス、バイオMEMS(微小電気機械システム)分野を研究しています。

具体的な研究をいくつか紹介すれば、環境・エネルギー分野の研究では流体電池があります。自然エネルギーを利用して発電された電力を大量に貯蔵できる高性能電池の開発をめざしています。

バイオMEMS分野では、ナノ流体システム技術を中心に、絆創膏に組み込んだチップを使って血液や汗などを分析して健康状態をセンシングするデバイスの開発や、ほんのわずかな血液やサンプルで医療診断を可能にする診断デバイスなどの研究が行われています。

地元企業の装置利用に期待 技の深層に迫る

NANOBIICの重要な役割は、川崎市内の企業を中心とする地元企業の技術力の向上と新産業の創造です。具体的には、ナノ・マイクロ技術の教育講座の開催や研究機器の開放利用、4大学コンソーシアムの専門研究者によるアドバイス、共同研究に取り組んでいます。

なかでもNANOBIICで利用できる4大学コンソーシアムの機器や装置には、一企業が自前で備えるには高価であるものの、その機器や装置を利用することで既存の技術を大幅に高度化できるものが少なくありません。物質表面の状況を3次元のカラー写真で確認できる超深度カラー3D形状測定顕微鏡や、空間分解能が80nmの超解像蛍光顕微鏡、さらには精度の高い流体観察ができるマイクロPIV装置など、基礎的なものから最先端までの機器・装置があります。これらを利用することで

これまでのものづくりでは確認できなかった“技”の深層に迫ることができるでしょう。

そこで判明した課題の解消や技術の向上のために4大学の研究者のアドバイスを受けることも可能です。例えば同じように作っている製品でも品質に違いが出るのはなぜなのか、その分析のためのポイントはどこにあるのか等々。

NANOBIICでは、川崎市と4大学コンソーシアムが協力し、「ナノ・マイクロイノベーション川崎スクール」も開催しています。4大学の講師陣が各分野を融合した新しいカリキュラムをつくり、企業の技術者等を対象にした教育活動を通して先端技術の習得や共同研究を支援しています。

NANOBIICの開設により大学と大企業、中小企業が一つ屋根の下で研究開発を進める環境が整いました。開かれた環境に多様な人々が集い、イノベーションの実現に向けて力を合わせていく。NANOBIICは、まさにオープンな研究施設としてのづくり企業を支援しています。



活用が期待される各種のナノ・マイクロ機器・装置



ナノマイクロ技術を学ぶ各種の研修講座も開催されている

〈4大学コンソーシアムの研究プロジェクト〉

- 1. 拡張ナノ空間を利用した基盤・応用技術の研究開発**
 - ・拡張ナノ流体、化学物性研究
 - ・ナノ構造形成原理探求
 - ・拡張ナノ光学物性研究
 - ・化学、材料、バイオシステムへの応用研究
- 2. ライフイノベーション（高度医療診断分析装置のパーソナル化）研究開発**
 - ・ナノ表面修飾による生体試料分析の高効率、高性能化
 - ・無線通信の集積化、高機能化によるリアルタイム診断
- 3. エネルギーイノベーション（環境負荷低減デバイス材料、システム化技術）研究開発**
 - ・ナノ構造、界面制御による発電、蓄電デバイスの高効率、高性能化
 - ・ナノ流体、反応制御による高効率有害物質処理、浄化
- 4. 拡張ナノ空間を利用した高速、高感度センシング技術の研究開発**
 - ・ナノ界面流動制御による有害物質の分離、計測
 - ・超時空間分解能計測技術



フロー電池のプロトタイプ



絆創膏チップ

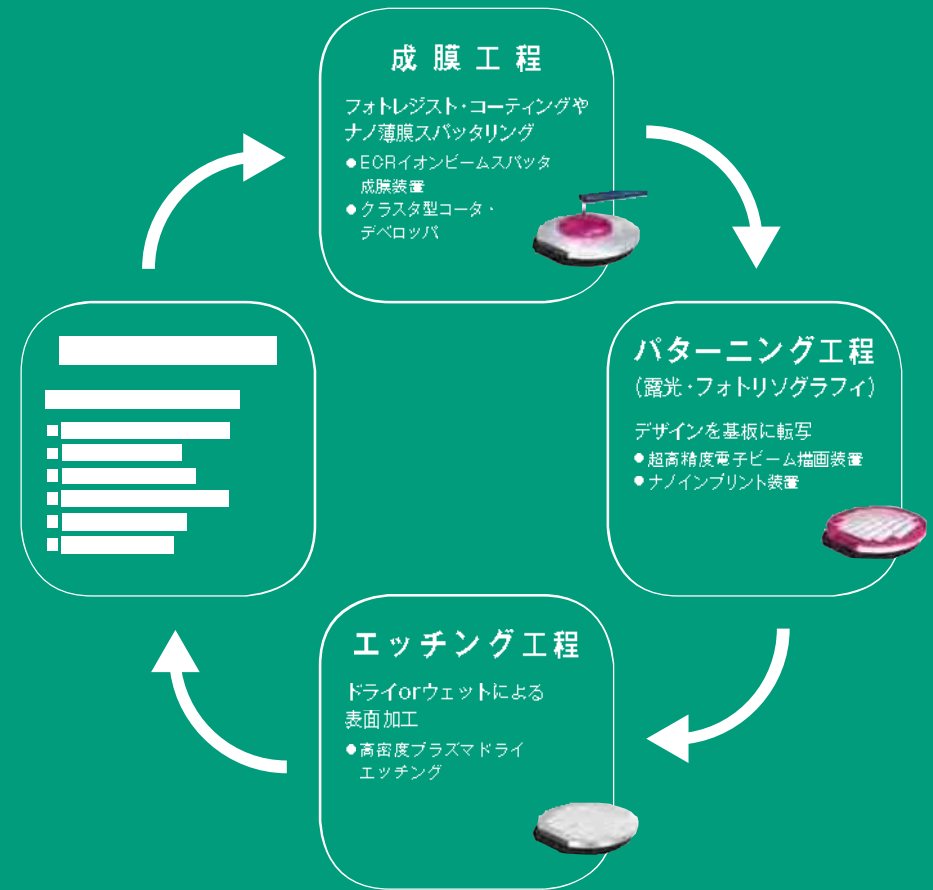


医療診断チップ

技術開発に新たな視点を

NANOBIIC 装置紹介

ナノ・マイクロサイズのデバイス。成膜→パターニング（露光・フォトリソグラフィ）→エッチング→評価・計測という流れで作製されます。NANOBIICには、それぞれの作業に必要な各種装置約30台が導入されています。同じ作業分野でも装置によって機能が異なり、NANOBIICでは、さまざまな技術開発に対応できる研究機器を整備しています。



クラスタ型コータ・デベロッパ

先端研究の期待に応える高精度なレジスト塗布・現像

塗布&ベイク&現像の3ユニットを一体化

この装置は、フォトリソグラフィ工程における「レジスト塗布」「ベイク」「現像」の3つの工程に使用される装置です。

「レジスト塗布」とは、ウエハー上にサブミクロンから数百ミクロンの厚みのフォトレジスト(感光性樹脂)を形成する工程です。次に「ベイク」とはウエハー上に塗布したフォトレジストを固化・定着させる工程です。最後に「現像」とは露光(回路パターン)後にウエハーを現像液に浸し、余分なフォトレジストを取り除く工程です。「クラスタ型」とはこれらの工程ユニットを統合した装置であることを意味しています。

この装置のレジスト塗布部には、スピコートとスプレーコートとの2つの塗布ユニットが搭載されており、ターゲット膜厚、膜厚均一性、またはウエハー表面の形状に応じた塗布手法が選べます。

スピコートとは、ウエハーの中心部にフォトレジストを滴下しウエハーを高速回転させることでウエハー上にサブミクロンから数百ミクロン厚のフォトレジストを塗布する手法です。

一方、スプレーコートとは、微粒子化したフォトレジストをウエハーに噴きつけてフォトレジストを塗布する手法です。スプレーコートは表面に凸凹形状を有するウエハーにフォトレジストを塗布するのに有効です。

スピコートユニットには、ウエハー高速回転時にウエハー

周辺の乱気流の発生を低減させるフタ回転機構を搭載しており、膜厚均一性の向上、フォトレジスト使用量の削減、角形基板に対するフリンジ発生領域を減少させる効果があります。

均一性はターゲット膜厚1 μ mに±1.0%以内

フォトレジストの膜厚は、フォトレジストの特性(粘度)とウエハーを回転させる速度により決定します。またフォトレジストを滴下する位置や滴下する量のばらつきも膜厚均一性に影響を及ぼす場合があります。

この装置には完全に自動化されたレジスト塗布機構が搭載されており、フォトレジストの滴下条件やウエハーの回転条件をレシビ化して登録し、高い再現性を実現する機能が搭載されています。例えばターゲット膜厚1ミクロンの塗布を行う場合、その膜厚バラツキを±1%以内に抑えることが可能です。またMEMSやバイオデバイス分野においては数十から数百ミクロンの厚膜塗布に使用されています。

ベイク部では、ウエハー上のフォトレジストの固化と定着、また露光後のPEB(加熱による露光部分の軟化)、現像後のポストベイク(レジストの密着性向上)を行います。温度は60℃から250℃の範囲において1℃単位で設定可能で、設定温度に対する均一性は±1%程度です。またウエハーと熱源の間に隙間

(この装置の特徴)

- レジスト塗布・ベイク・現像の一体ユニット
- 膜厚の均一性を確保し、角形基板のフリンジ発生領域も減少
- 多様な条件のレシビ化で高い再現性を確保

を設けてベイクするギャップベイクが可能です。

現像部では、露光したウエハーの現像を行います。現像は有機アルカリ現像に対応しており、パドル現像とスプレー現像の2方式が選択可能で、現像液の滴下・保持・乾燥の工程を自動で行います。塗布部と同様に現像条件のレシビ化と登録が可能のため、高い再現性を備えています。

なおこの装置では、こうした一連の工程について、25枚から50枚のウエハーを連続して処理することが可能です。

■基本仕様 (ズース・マイクロテック株式会社 Gamma)

対応基板サイズ:2,3,4インチウエハー(6,8インチウエハーはオプション)/ウエハーのハンドリング:完全自動(カセット対応)
[スピ塗布部]レジスト自動塗布機能/フタ蓋回転式塗布機構GVRSEIT[®]
[スプレー塗布部]XY移動式スプレーヘッド及びベイク機能付ウェハ回転ステージ/スプレーノズル:2ライン【現像部】アルカリ現像およびリン酸(脱水)機能/パドルおよびスプレー現像に対応(温度調整機能付)
【ベイクプレート】温度範囲:60~250℃/プロキシミティベイク:高さ調整範囲0.2-10mm(0.1mm単位で調整可能)

解説は...

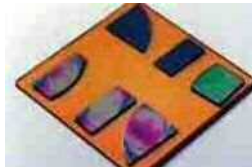


高杉 公計さん
ズース・マイクロテック
株式会社
営業部

■段差構造のスプレーコーティングデータ



■角基板のフリンジ発生状況



NANOBIIC 研究の現場から



田口 良広
慶応義塾大学
理工学部
システムデザイン工学科 准教授

高速で試料構造を分析する マイクロ熱物性センサー

半導体微細加工プロセスにおいてフォトリソグラフィはプロセス上流に位置付けられ、開発するマイクロデバイスの性能を左右する重要なプロセスになります。

クラスタ型コータ・デベロッパはフォトリソグラフィの中でもフォトレジストと呼ばれる有機薄膜をウエハーに高精度に成膜可能な装置です。プロトタイプの開発や小規模な研究所では従来この工程はマニュアルで行われてきたため、再現性や均一性などに問題がありました。クラスタ型コータ・デベロッパを用いることで再現性や均一性が格段に向上し、定量的な評価を要するマイクロセンサーなどの開発が飛躍的に進みました。

我々が開発したマイクロ熱物性センサーの1つを紹介します。図に示したように、マイクロ拡散センサーはシリコンウエハーに作製されたマイクロフレネルミラーと呼ばれる微小光学コンポーネントと、光誘起誘電泳動セルと呼ばれる微小流路によって構成されており、腕時計に内蔵可能なくらい小さな光学式センサーです。

光誘起誘電泳動セルに封入された試料にマイクロフレネルミラーを介してレーザーを照射すると、セル内に結核の濃度分布が形成されます。この濃度分布が観察される様子を観察すれば試料の拡散係数をセンシングすることが可能です。タンバク質などのバイオサンプルやナノマイクロ粒子の拡散係数は試料の構造に依存するため、拡散係数をセンシングすることで試料の構造を分析できます。我々が開発したマイクロ拡散センサーでは1秒以内で分析することができ、時々刻々と構造が変化するような試料の様子を高速にモニタリングすることができます。

こうした定量的な拡散係数測定においては、測定の不確かさが小さい測定条件を見つけなければなりません。ミラーの大きさや角度などデバイスパラメータを繰り返し検討する必要があり、クラスタ型コータ・デベロッパを用いることでデバイス開発の歩留まりが向上し、センサー開発のスピードをアップさせることに成功しました。



マイクロ拡散センサーのイメージ図



■スプレーコータの塗布作業



■デベロッパモジュール部分



超高精度電子ビーム描画装置

最小回路線幅 8 nm サイズでの直接描画を実現

最大加速電圧 80kV、最小回路幅 40nm

この装置は、最新の電子源(負電子源)が導入され、高い電圧高電流も得られる「熱電管放射型」の電子ビームを用い、超微細なパターンを長時間にわたって描ける電子ビーム描画装置です。

電子ビームの加速電圧を高ければ電束の径を細くでき、超微細なパターンを描けるようになります。この装置の加速電圧は最高80kVで、電子ビームの最小径は2nmを実現しています。前方散乱電子による描画装置の広がりや、加速電圧は最小30nmまでの描画が可能です。

これにより、作成されている電子レジストを使って10nm以下の微細なパターンの描画ができることを実現しています。

回路の描画作業は、半導体の製造プロセスで印刷上の位置をしています。従って描画装置で描画を確保できるが、後工程においても精度を維持でき、積層的に集積された製品や研究材料を製造できます。また、回路パターンが細いほど、半導体の電子素子小型化、高性能化を実現することにつながります。

ビームの位置決め精度は最小40.5nmの修正分解能を達成しており、スポットの位置決め精度は分解能が0.6nmのレーザー照射時(干渉計)を装備しています。

描画できる最大フィールドサイズは24mm×24mmで、不定形サイズのものも描画できることを大きな特徴としています。最大では直径が60mmのウェーハ材料が、60mm四方のマスキング材料が設置でき、大面積での描画も可能になっています。

また、レーザー干渉計搭載のステージが、すでに加工済みの部品に対するつなぎ、重ね合わせの精度確保(位置合わせ精度)が最小は0.2nmという高精度を実現しています。

バイオチップやマイクロマシン開発の基礎ツール

超微細なパターンの描画ができることで、さまざまなアイデアの実現をサポートし、多くの活用実績があります。

この装置を用い、CADで設計したデータを基に、マスクレスで電子レジストに直接描画するケースもあります。

最近の汎用機で存在しているのは、バイオチップやマイクロマシンへの応用です。ヒトのDNAの二重螺旋分子の直径は2nmであり、タンパク質のDNAの余剰を付いた「コグネートフォーム」の高さは11nmあります。つまり最小0.8nmの超微細パターンで作られたバイオチップ(網)であれば、DNAをつかまえられるのです。

そもそも超微細な回路形成は、大容量伝送用光デバイスとして広く普及してきました。林檎のアップが立った回路では、光が足り合わないと直進できるだけでなく、分光帯の分光差子として使えば光が漏らさない光を実現できます。

(この装置の特徴)

- 熱電管放射型電子ビームで、マスクレスで電子レジストに直接描画
- 大容量伝送用光デバイスの製造で活躍
- 描画加工や研究で MEMS の製造構築にも活用

実際、高性能のものでは、大容量伝送用光デバイス(レーザー)で光信号を受け入れる人口と出口で異なる長さの圧縮した光損失を長したりする感覚で、この装置加工による部品が提供されています。

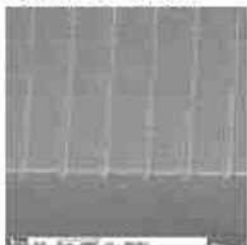
今の上で、マイクロマシンへの応用では、表面加工や研磨に代わり、2つの表面を持つガラスを透過するといった構造構築にも活用されています。先にも紹介したように、加工済みの部品に対する重ね合わせ精度は40nmですから、例えばハードディスクの読みヘッドの先端部分に電子制御で磁気頭を動かすといった活用もされています。

■ 基本仕様
(株式会社エリオンエクス 018-78000)
(1) 電子光学系仕様
電子源: 熱電管放射型電子源(20 / 40 / 60 / 80 / 100kV)
最小電子ビーム径: 2nm以下(最小)
最小回路幅: 8nm以下 / 最大加速電圧: 80kV
(2) 汎用機
移動範囲: X、Y方向=150mm、Z方向=5mm / 最大フィールドサイズ: 4160mm(最大) / 最小フィールドサイズ: 5mm
カーンフィールド幅(最大) / 最小回路幅: 40mm / 最小回路幅: 40nm

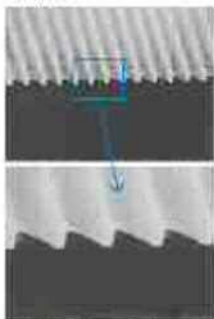


設備部長
池田 剛志
株式会社エリオンエクス
設備開発部部長

■ 超微細描画の例(線幅38nm)

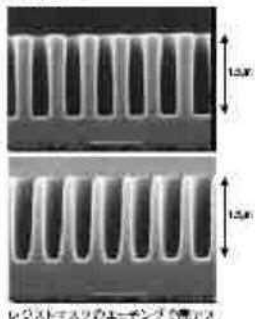


■ 応用事例①



「ブルーレイディスク」光ディスクの製造に採用した、0.3μm径のインテグレーション(線幅0.35μm、ピッチ1.0μm)で描画

■ 応用事例②



レジストマスクのレジスタ(露光マスク)で描画した、0.3μm径のインテグレーション(線幅0.35μm、ピッチ1.0μm)で描画

ナノバターンをそのままガラスにエッチングも

MEMS搭載の基板上のプロセスは、シリコン材料を基としたバターンニング、2Dエッチング(材料非消耗)の3工程で、電子ビーム描画装置は、2Dのバターンニングを担当する装置です。

NANOBIICは、バターンニングのためにレーザー照射装置と電子ビーム描画装置が組み合わされていますが、レーザー照射装置は1μm径までのバターン、電子ビーム描画装置は1μm以下径の小さなバターン(微細)を描画します。本装置は最小径が10nm以下のバターンニングが可能です。これは最先端のシリコン材料の微細加工が可能であることを意味しており、従来のシリコンデバイス製造に代わることのできる新しい装置です。

ただし描画時間がかかるため、本装置でのバターンニングは中容量です。それでも時間をおけば100nm以下の回路に10nm以下のバターンを数ミクロン単位で描画することが可能なシステムを構築しています。このように、インテグレーションを構築するための材料・加工は特定レベルでは実現でき、専用の材料・装置・システムを構築した、NANOBIICの高度なクリーンルームが備わった初めての本業の施設を登場させています。

NANOBIICは、特にマイクロ・ナノ電子デバイスや量子デバイス(シリコン)などの製作に最適な設備がシステム化されています。本装置をその1つで、本装置で開発したナノバターンをそのままガラス専用の「ドライエッチング」装置でエッチングすることにより、ナノ回路構造をナノバターン(シリコン)の微細な回路に構築できるシステムと加工システムが構築されています。

本装置の採用例として、電圧が低減する大容量伝送用光デバイスでは、わずかに光子を透過するような構造を持つシリコンを構築しています。光子は大量に透過するシリコン回路よりも、1μm径程度のシリコンで構成されるシリコン回路を構築する。幅や高さの約10nm以下の回路構造が必要となります。このようにナノバターンニングで電子ビーム描画装置は不可欠なものとなっています。

また、ナノ電子デバイスの集積化プロセスとして、本装置で大量一括にナノ構造を構築できるナノインプリントやナノ印刷技術の研究も進んでいます。ナノインプリントもナノ印刷でも複製が1つあれば、そこから大量にコピーが作れるので非常に生産性が高いですが、最初に複製が必要となります。このような複製技術も、本装置が活躍しています。

(株式会社エリオンエクス 池田 剛志)

ナノインプリント装置

ナノサイズの金型転写による自在なデバイス加工

ナノパターンの一括転写で高精度加工

この装置は、金型の型押し技術を使い、金型で作られたナノサイズの微細な構造を樹脂に転写するための装置です。

「プリント」と名前が付いているので印刷(インクによる画像の再現)技術のように誤解されますが、「インプリント」は刻印、削り込み、転写といった意味を持つ「プリント」とは別の単語で、「インクを使用しない金型の型押しによるパターンの転写」という意味です。

まず電子線ビーム描画装置やEUV(Extreme Ultraviolet lithography=極端紫外線露光)などにより金型を作製します。転写される樹脂には熱可塑性樹脂、紫外線硬化(UV)樹脂などさまざまな種類の樹脂を利用できます。

ナノインプリントの方法は大きく分けて2つ。1つが、金型をフィルム状の樹脂に直接加熱しながら押しつけ、冷却後に離す「フィルムナノインプリント」で、主に熱可塑性樹脂表面加工(熱ナノインプリントプロセス)で使用します。

もう1つが、シリコンや石英などの基板の上にレジストとなる樹脂を塗布し、そこに金型を押しつけてレジストパターンを転写する「レジストナノインプリント」で、UV硬化樹脂加工=UVナノインプリントプロセスで使用します。

この装置では位置制御で加圧力、押し込み深さ、温度設定

などについて精密な接続コントロールを実現しています。押し込み量の保証値は「50nmピッチ」ですが、操作の再現性では理論的には「10nmピッチ」まで可能です。

加工精度は、写真にもあるようにナノパターンが正確に加工されており、そのために金型によりフィルムへ成型した場合には、ナノパターン特有の構造色(干渉色)をきれいに確認することができます。

R&Dからパイロットまで自在の生産能力

樹脂の表面に微細加工を施すので、活用分野に制限はありません。ありとあらゆる分野の微細加工が必要なデバイスで利用が検討されています。

自動車部品などを作る射出成型や押出成型では対応できない、薄膜への微細なパターンにも対応しています。つまりさまざまな用途のデバイスの大量生産が可能なのです。

パターン別の主な通用品種の事例を見ると、「ピラー・ホールパターン」はLEDやOLED(有機発光ダイオード)、太陽電池も含めた光デバイス、いくつかのバイオデバイスなどの用途があります。「レンズアレイパターン」は導光板をはじめとした光学デバイスなどの用途で、「無反射パターン」はレンズ曲面やLED、液晶、ソーラーパネルなどの用途で、「ハニカム・格子パターン」では各種の電子材料、バイオデバイスで活用されて

(この装置の特徴)

- 金型の型押し技術を活用して微細構造を樹脂に転写
- 射出成型や押出成型では対応できない薄膜への微細パターンに対応
- 活用分野は無制限

います。

このパターンを底面とするプレートを利用して、さまざまな細胞を、より生体内に近い形で再現できる3次元細胞培養法も実用化されています。

「ライン&スペースパターン」は電子材料や偏光板などの用途で、「メタル配線パターン」は各種の電子材料での活用が検討されています。その他には、自在な形で作られた「マイクロ流路」などのバイオデバイスが挙げられます。

■基本仕様 (SCIVA株式会社 X-300)

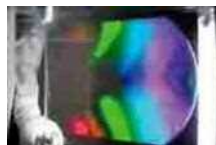
形式:熱式&UV式ナノインプリント装置 / 転写方式:一括転写/機転写材料:UV硬化樹脂/熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂/最高使用温度:650℃/最大荷重力:50kN/最大ワークサイズ:φ150mm / UV機能:波長365nm、有効照射面積100mmφ、最大加圧力2MPa、最大操作温度100℃

解説①...



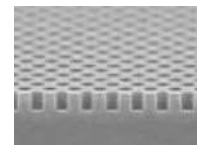
奥田 徳路さん
SCIVA株式会社
取締役副社長

■成型事例(熱式)

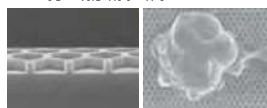


A4サイズ金型によるフィルムへの成型(φ230mmピラー)で、ナノパターン特有の干渉色が確認できる

■φ230nmのホールパターン

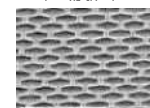


■3次元の細胞培養の様子



底面がナノインプリントでつくられたハニカムパターン(左)の上で細胞を培養する(右)

■メタル配線パターン



NANOBIIC研究の現場から



三木 則尚
慶応義塾大学
理工学部
機械工学科 助教

微生物活性を調べる マイクロ流体デバイスの開発

ナノインプリント装置は、インプリント用のモールドを用意すれば、数10nmオーダーから微細な構造物を常温、常圧、またドライプロセスで(液体の薬品を使わずに)簡単に製作することが可能です。ここではNANOBIICで行われている2つの研究を紹介しましょう。

1つ目の研究は、微生物をナノインプリント装置で加工したマイクロメートルの穴に固定し、微生物活性や薬品に対する反応を評価可能なマイクロ流体デバイスの研究開発です。微生物のサイズはおおよそ1~5μm。そこで、同等サイズの穴を製作し、そこに微生物を固定して反応液を供給することで、固定化された微生物数を定量的に把握しつつ、継続的に評価が可能となります。1つの穴に10個の微生物が固定されるのが理想的ですが、それには1.5~2.0μmの穴が最適なことが実験的に明らかになっています。

しかし、この2.0μmの穴のバターニングが曲者で、UVリソグラフィ装置を用いるには小さすぎるが、電子線描画装置には大きい中途半端なサイズでした。これに、ナノインプリント装置を用いることで、精度良く簡単にマイクロメートルサイズの穴が製作できるようになりました。

2つ目の研究は、ナノインプリント装置がドライプロセスで加工できることを利用する熱塑性ポリマの微細技術の研究開発です。熱塑性ポリマは、水を吸収することでその体積を大きく増加させるものであり、保水剤や身近なところではおせつなどに使われています。本研究では熱塑性ポリマを熱加工し、ポストプロセスとして水を与えることで、例えばアスペクト比を増加させるなどの効果を狙っています。熱塑性ポリマの熱加工中には液体の薬品を用いることができないため、従来のフォトリソグラフィは適しません。ナノインプリント装置を用いることで、数μmオーダーの加工に成功しています。

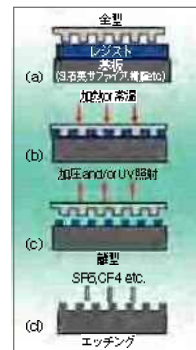
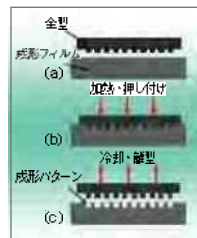
以上のように、ナノインプリント装置は、サイズおよび材料に対して幅広い適応性を有しており、今回紹介した研究以外にも幅広い応用が期待されます。



ナノインプリントで作成した穴に固定化された微生物の蛍光写真



■ナノインプリントの基本パターン



高密度プラズマドライエッチング装置 ガラスなどに高速かつ精密な深掘り(孔・溝)加工

独自の磁気中性線放電プラズマ方式

この装置は、磁気中性線放電プラズマ(magnetic Neutral Loop Discharge=NL D)を使い、ガラスなどをディープエッチング(深掘り)する装置です。

石英やガラス材料、水晶、誘電体、シリコンなどに対する深掘りや精密加工には、高真空域(低圧)での高密度プラズマが不可欠です。この装置が採用している磁場環境でプラズマをつくる磁気中性線放電プラズマ方式は、低圧、高密度、低電子温度プラズマによる加工が可能な世界で唯一のエッチング装置です。

石英の加工速度や加工精度の制御方法には、プラズマの密度や圧力などの調整に加えて、フッ素系ガス(プラズマ)の化学反応と、プラズマによる物理的な反応をマッチングさせて効率を上げます。

この装置では、加工されるガラスやシリコンなどにマイナスの電界をかけて、プラスになっている反応粒子を呼び込んでエッチング反応を加速させます。削られた穴の中に次々と入ってくるプラスの反応粒子は、加工材料表面で反応して物理化学的に削っていきます。

この装置では、反応粒子を引き込むという物理的な技術と、反応性という化学のバランスを取ることで、低圧力なのに毎分

0.5μm以上という速い加工速度を実現しています。また加工の線幅は最小で0.1μm以下、最大で100μm以上。加工深さもシャロウエッチングから最深100μm以上の深掘りまで幅広く対応できます。

MEMSから「NEMS」へと高精細化

この装置で用いられている技術は、光デバイス向け石英深掘りがベースですが、ソーダガラスへの深掘り、マイクロ流路の形成加工も可能な技術であることから、現在では、MEMS 作製プロセスでの活用も進んでいます。

バイオ関連向けでは、基板に直径40nm、深さ800nm程度のナノレベルのエッチング技術を応用し、少量の血液で健康状況を分析できるようにしたり、DNAのナノセンサー技術など多くの研究開発に利用されています。

その他光関連MEMSでは、ナノレベルで表面をつるつるに加工したマイクロレンズの作成に使われているほか、光学機能を有する高誘電体材料の光デバイス製造にも活用されています。

光学素子製作ではチタンやシリコンを多層化した素材をこの装置で深掘りして多層膜デバイスの製造を行っているケースもあります。

いずれにしても微小な幅のフェンスの列を作ったり、1点の深い溝を描いたりし、そのフェンスや溝の表面が滑らかで

〈この装置の特徴〉

- 低圧、高密度、低電子温度プラズマによる加工が可能
- 低圧力下で毎分0.5μm以上の加工速度を実現
- 光・MEMS/NEMSデバイスの製造に活用

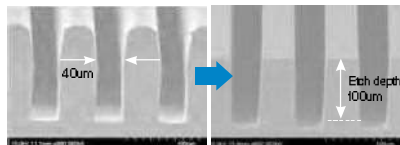
異つすぐに深掘りできているので、さまざまなマイクロマシンの開発につながられます。さらにこの装置ではナノサイズの溝を描いたりすることで、MEMSからNEMS(Nano-Micro Mechanical System)まで幅広い加工技術を備えています。

■基本仕様
(株式会社アルパック NLD-570)
プラズマ源：磁気中性線プラズマ/基板サイズ：φ50～200mm/基板ステージ：ESC α /スカチャック/アンテナ及びバイアス：RF高周波電源搭載/排気系：エッチング室TMP+DRP /制御系：PLC+TFTタッチパネル/ガス導入系：最大8系統/アプリケーション：石英、パイレックス、低膨張ガラス、水晶、誘電体等/装置コンセプト：開発型

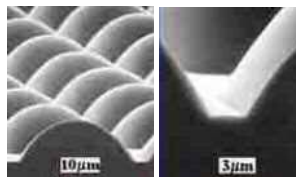


解説は…
森川 泰宏さん
(工学博士)
株式会社アルパック
半導体電子技術研究所
開発部長

■石英深掘り(左)とレジストマスク除去後(右)



■マイクロレンズ加工の例



高さは10μm(左)、底部の溝幅は3μm(右)

NANOBI C 研究の現場から



塚原 剛彦
東京工業大学
原子工学研究所
物質工学部門 准教授

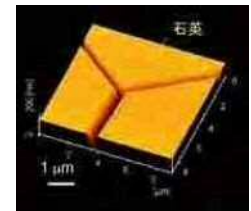
拡張ナノ空間の特性を利用した 次世代分離・分析デバイス研究

NANOBI Cで行われる研究開発の1つに、拡張ナノ化学デバイスがあります。溶液の混合や反応などのさまざまな化学操作を、ガラス基板などに彫り込んだ10～100nmスケールの空間(拡張ナノ空間)に集積化させ、高度な分離・分析システムを構築するものです。この拡張ナノ空間では、マイクロ空間とは全く異なるユニークな溶液・流体特性を発現するため、単一分子レベルでの分離・分析が可能になります。

拡張ナノ化学デバイスを実現するには、複雑な幅と深さを持つ拡張ナノサイズのパターンを、ガラスやシリコン基板上に高精度に彫り込む必要があります。通常のドライエッチングでは、フッ素系ガスをプラズマ化し、プラズマ中に生成するフッ素イオンとラジカルによってガラスやシリコン基板が彫られます。一方、NANOBI Cに設置されている高密度プラズマエッチング装置はイオンの直進性が高く、イオン性の強いエッチングが可能で、高速でアスペクト比(幅に対する深さの割合)の大きな溝を形成できます。

例えば、石英基板に塗布したレジスト上に、Y字形状のナノパターンを描画・現像した後、この基板をエッチング容器内に CHF_3 と O_2 の混合ガスを用いてエッチングすると、数分で幅・深さ共に100nmスケールのY字型拡張ナノ流路を製作することができます(図)。この時のエッチングレート(単位時間当たりのエッチングされる深さ)は100nm/分程度。この加工基板と上板を貼り合わせた後、Y字型ナノ流路の2方向からそれぞれ異なる溶液を導入し、ナノ流路内で高速・高効率な化学反応が実現され、その有用性が実証されます。

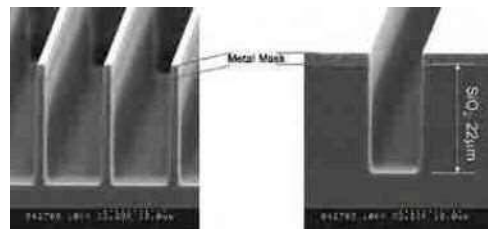
このエッチング装置は、ガスの種類、エッチング時間、電流値などの条件を変えるだけで、簡単にマイクロから拡張ナノスケールまで幅広いサイズを加工できるという点で、非常に魅力的なツールです。



Y字型拡張ナノ流路の原子間力顕微鏡像



■深掘りの1例



極深掘りの深掘りができている

超低真空走査電子顕微鏡

低真空モードで、前処理なしの効率的観察

前処理なしで含水試料の観察が可能

本装置は、細く絞った電子線を試料上で2次元的に走査し、試料から得られる2次電子や反射電子などを用いて拡大像を得ることができる走査電子顕微鏡 (SEM=Scanning Electron Microscope) です。

試料表面の凹凸情報や組成情報を得るだけでなく、X線検出器を用いることで元素の定性・定量分析も行えるため、異物分析など品質管理用途で用いることも可能であり、幅広い分野に応用可能な顕微鏡です。

本装置の大きな特徴の1つが、含水試料を観察できることです。通常、走査電子顕微鏡で試料を観察する際には、試料室内を真空環境にする必要があり、通常は、試料室内を大気圧の1,000,000,000分の1 (10⁻⁹Pa) にまで高い真空度にして観察します。そのため水分や油分が付着している場合は蒸発してしまいます。しかし本装置では、大気圧の約100分の1 (最大で2600Pa) まで真空度を落として観察ができる真空モード (ESEM) があり、水分や油分を保持できる環境 (液相領域) を試料室内につくり出すことができます。

これにより、微生物や細菌、植物といった含水試料でも前処理する必要がなく、そのままの状態を観察が可能です。

また、温度と真空度を調節することで、試料付近の湿度を制御できます。これにより加湿 (湿潤)、除湿 (乾燥) といった湿度

を変化させながら試料が変化する様子を観察することができますので、例えばゲルが湿気を吸収して体積を増す膨潤の過程を観察したり、水滴液に溶け込んでいる薬剤結晶が乾燥過程において新たな結晶表面を見せる様子を観察することも可能です。

高温加熱観察や動的観察も

本装置のもう1つの大きな特徴として、試料を加熱したり冷却しながら表面構造の変化を観察できる機能があります。

通常、試料を加熱していくとアウトガスが発生し、これによって電子銃部分の真空度が下がってしまい、装置の故障を招くことがあります。しかし、この装置は、発生したガスを外部に逃す特殊な排気構造を備えており、アウトガスの影響を極力抑えて観察できます。NANOBIQに導入されている装置仕様では、最大1,000℃までの加熱観察が可能です。

この機能を活用することで、例えば結晶Si系太陽電池の電極部の焼結の過程を観察できます。焼結時の結晶の大きさや大ききの違いは電極としての性能を左右するパラメータの1つであり、性能評価手法の1つとして用いることも可能と考えられます。

逆に-20℃まで冷却しながらの観察も可能であり、氷点下以下での低温環境で材料が劣化しないかを評価したり、糖液を凍らせて表面構造の変化を観察することで従来にない気感

〈この装置の特徴〉

- 低真空下で含水状態の試料の観察が可能
- 加熱・冷却しながら表面構造変化を観察
- 幅広い用途での観察ニーズに活用できる

のアイスキャンディーを開発するといったアイデアも広がるでしょう。

さらに取得した静止画をつなげて動画ファイル (avi) として保存、再生できますので、変化の過程をよりリアルに確認することができます。

- 基本仕様 (FE社製 Quanta250)
 - 電子銃: タングステン方式
 - 分解能: 高真空 (高加速電圧) 3.0nm (30kV) / 高真空 (低加速電圧) 8.0nm (3kV) / 低真空 (高加速電圧) 3.0nm (30kV) / 低真空 (低加速電圧) 10.0nm (3kV) / ESEM 3.0nm (30kV)
 - 試料室真空度: 高真空 6×10⁻⁴ / 低真空 10⁻¹ ~ 130Pa / ESEM 10⁻¹ ~ 2600Pa
 - 加速電圧: 0.2 ~ 30kV
 - 照射電流: 2 μA
 - 倍率: ×6 ~ ×1,000,000
 - 試料ステージ: X-Y 50mm / 傾斜-15 ~ 75° / Z 50mm / 回転 360° 連続

解説は…



宮本 丈司さん
株式会社島津製作所
分析計測事業部
グローバルマーケティング部
電子顕微鏡開発担当 主任

(慶應義塾大学 三木准教授)

NANOBIQ 研究の現場から

固体から液体、液体から気体への相変化の直接観察も

研究開発の成功には、製作した微細加工物の詳細な評価が不可欠です。

通常の走査電子顕微鏡 (SEM) による観察は高真空下で行われますが、そのため、ポリマや生体材料など水分を含むものは特殊な処理をしなければ観察できず、またその処理による影響も無視できません。

しかしNANOBIQにある雰囲気制御型のSEMでは、サンプルに合わせて雰囲気圧力を設定して使用することができ、上述したようなサンプルを直接観察することが可能です。

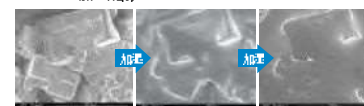
また観察中に基板温度や雰囲気圧力を変化させることが可能なので、材料の固体から液体、液体から気体への相変化を直接観察することも可能です。

もちろん、通常のSEM観察やEDS (エネルギー分散型 X線分光透過電子顕微鏡) 観察も可能であり、汎用性の高い装置なので、ぜひ活用していただきたいと思います。

■オイル中の金属



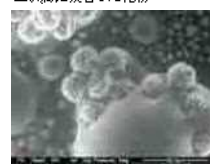
■NaClの加湿観察



■加熱ステージ



■水滴に吸着した花粉



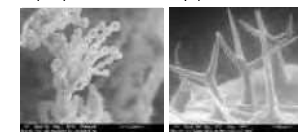
■はんだの溶融過程観察



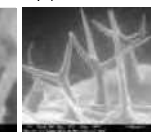
■ミクروسフェアの膨張過程観察



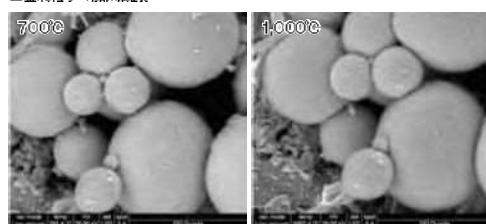
■チーズのカビ



■藻類



■金属粒子の加熱観察



マイクロスコープ

光学顕微鏡・SEM・粗さ計の課題をレーザーで解決

この装置は、観察サンプルの表面や立体的な形状を、レーザーを照射することによって観察する顕微鏡で、光学顕微鏡とSEM(走査電子顕微鏡)、粗さ計の3つの機能を兼ね備えています。

測定の原理は次のようなものです。

装置は、短波長レーザー光源と白色光源の2つを備えています。この2つの光によりカラー超深度、レーザー超深度、高低画像を構築するために必要な色、光量、高さの情報を得ます。超深度とは、高さが違う対象物でも、どのポイントにおいてもすべてピントが合っているということです。

レーザー光源は点光源のため、XYスキャン光学系を介してサンプルを1024×768ピクセルに分割してスキャンし、各ピクセルごとの反射光を受光素子で検出します。次に、対物レンズをZ軸方向に駆動してスキャンを繰り返すことでZ軸位置ごとの反射光量を取得します。こうして反射光量が最も大きいZ軸位置を焦点位置として、高さ情報と反射光量を検出します。これにより全体に焦点の合ったレーザー光量超深度画像と高低画像が得られます。

なお、この装置は、ピンホール共焦点方式を採用しており、焦点位置以外からの光を完全に排除するほか、明暗感度を装置側が自動調節するため、高精度で高解像度の観察が可能に

なっています。

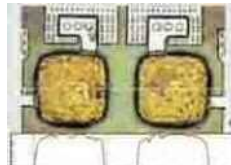
とができます。



■レーザー顕微鏡の画像



■高さ・幅・断面積計測の結果画像



半導体全パンプの形状測定例

〈この装置の特徴〉

- レーザーで、対象物表面を超深度、カラー、非接触で観察
- 角度や表面積、体積の状態も把握
- 測定したデータを3次元データとして可視化し、あらゆる方向から視覚的に解析

も使えます。

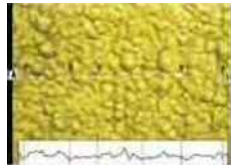
また、測定したデータをもとに3次元画像を作成することができるのも、この装置の大きな活用ポイントです。具体的な測定データでの評価だけでなく、対象物の表面の「かたち」を3次元画像で可視化することで、例えば良品と不良品の違いを視覚的に把握することができます。製品に「へこみ」や「傷」といった不具合があった場合、数値にこよりそのへこみが限定的範囲内か否かを正確に把握することはできても、「かたち」まではわかりません。「かたち」が分かれば、例えばへこみがどの方向からついたかなども理解することができます。

■基本仕様
(株式会社キーエンス VK-8510)
光源：685nm半導体レーザー/レーザー走査：1024×768ピクセル/観察倍率：200～1600倍/光学ズーム機能：2X 3X/高さ測定範囲：7mm/高さ方向最小測定分解能：0.01μm/高さ方向繰り返し精度σ：0.03μm/最大試料サイズ：高さ28mm 直径318mm/透明体の観察測定あり

解説は…

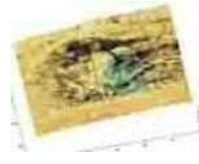
秋山 雄一さん
株式会社キーエンス
マイクロスコープ事業部
販売促進グループ

■線粗さの計測結果画像



網目の線粗さ測定例

■粗さ計として使用した場合の同じ観察箇所での2D画像(上)と3D画像(下)



NANOBIIC 研究の現場から

ガラスの流路加工とプロセスと電気浸透流の関係研究

この装置は、サンプルステージにサンプルを置き、焦点を合わせて観察するだけで、微細構造の3次元観察及び表面粗さや段差の計測が可能です。

電子顕微鏡のように真空環境下にする必要がなく、また原子間力顕微鏡のようにプローブの取り付けの手間もありません。さらに装置のユーザーインターフェースが優れており、使い勝手が極めてよい装置なので、さまざまな分野で活用していただければと思います。

NANOBIICでは、マイクロ・ナノ流体デバイス開発のための基礎研究として、ガラスの流路加工プロセスと電気浸透流の関係を探る研究が行われています。

ガラスは、フッ酸によるウェットエッチング、NLCDによるドライエッチング、さらには機械加工による加工が可能です。それぞれの手法により加工後のガラス表面の特徴が異なります。

本研究では、図1に示すように、加工後のガラスをレーザー顕微鏡で観察し、表面粗さ情報を取得した後、マイクロ粒子画像計測法を用いて計測した電気浸透流を関連付けることに成功しています。

また図2は、ステンシルマスクを通して、エレクトロスプレー法によりガラスナノ粒子を基板に析出させたもので、レーザー顕微鏡により簡単に観察することができます。

(慶應義塾大学 三木准教授)

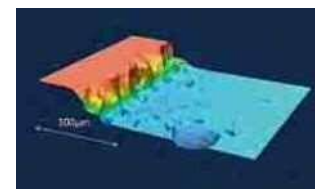


図1. 機械加工されたガラス表面形状



図2. ガラスナノ粒子で塗られた微小な文字

マイクロ・ナノPIV (可視化画像流速計測) システム 微小流動の流速計測と分布解析のために観察を可視化

PIVの最先端の仕様

この装置は、マイクロ・ナノレベルでの微小流動(マイクロフルイデイクス)の流速計測と分布解析のためのシステムです。

PIVとは、「Particle Image Velocimetry (粒子像流速計)」のことで、一般的には風洞実験などでよく使われている計測技術です。ある流れの中に粒子マーカーを注入し、流れにレーザー光をシート状に照射して実際の流れを可視化した上で、断面を高解像度カメラで撮影します。これを繰り返して時間的に連続した2画像を比較分析し、粒子の位置と時間の変化(時間平均)から流速を計算します。

このシステムはマイクロ・ナノレベルでの微小流動用なので一般のPIVシステムとは機器構成が異なります。超高感度高速カメラ、連続発振レーザー、高速共焦点スキャナー、対物レンズスキャナーなどの機器類に加え、画像情報を分析して表示するソフトウェアから構成されます。ソフトウェアは、機器類の制御だけでなく画像撮影、画像解析(速度、濃度、混合、拡散、温度、形状解析、ブラウン運動量測定)などを行います。

PIVにおける流速計測の基本は2枚の画像の粒子の位置変化を捉えることです。一般に顕微鏡によるマイクロPIVでは焦点深度が厚いために(10 μm程度)粒子画像が不鮮明になるため、複数の画像を撮影し時間的に平均して精度を確保します。しかし、この装置では高速共焦点スキャナーと超高感度高速

度カメラの組み合わせにより、焦点深度が非常に薄い鮮明な画像を高速で撮影することができます。

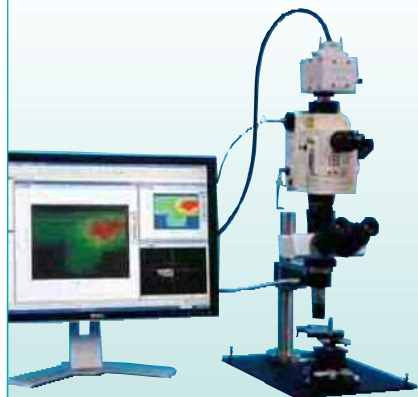
通常、マイクロPIVでは測定深度は対物レンズの設計上の焦点深度よりも厚くなっています。そのために測定深度内に異なる速度成分が混在してしまっ測定誤差が生まれやすくなるだけでなく、撮影画像もぼんやりしてしまいます。

共焦点スキャナーを用いることにより、測定深度のピーク部分だけを取り上げることができるために、測定深度内の異なる速度成分は排除され、高精度の計測が可能となります。撮影画像も鮮明で、粒子をしっかりと確認することができます。

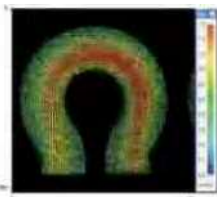
空間平均法で解析するアルゴリズムも搭載

さらにこの装置には、慶應義塾大学の荻田・佐藤研究室によって開発された「SAT-PTVマイクロPIV解析アルゴリズム」も搭載されています。

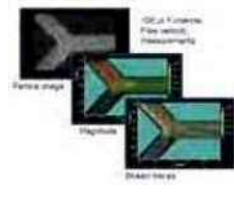
マイクロ流体デバイスのスケールダウンが進むにつれて計測に必要な粒子マーカーもまたサブミクロンオーダーになります。しかし、極小の粒子マーカーで高精度な計測を行うためには、粒子が不規則に運動してしまうブラウン運動の影響を排除しなければなりません。そうでなければ不規則な運動がノイズとなり、間違ったデータを導き出すからです。そこで2枚の粒子画像の時間的な変化ではなく、空間平均法で粒子のランダムな動きを平均化して瞬間速度を計測します。



■共焦点スキャニングマイクロPIVによる100μmマイクロチャンネル内の流速分布



■内径100μm Y字型の流路を粒子が流れる画像



(この装置の特徴)

- 高速共焦点スキャナーなどで焦点深度の深い鮮明画像
- 100μmサイズの液滴の内部流動も観察
- ラボ・オン・チップでの観察などで威力を発揮

こうした技術により、この装置は、マイクロレベルの流路における流速の計測に威力を発揮します。100μmサイズの液滴の流れだけでなく、その液滴内部の流れまで捉えることができます。

この装置は、化学やバイオサイエンス分野での活用が期待できます。たとえば、さまざまな化学実験が1枚の微細チップ上で行える「ラボ・オン・チップ」によりDNAの動き、細胞の外周部分の流れ、毛細血管中の赤血球の流れなどを観察できます。また、複数の液体を分子レベルで混合した時に分子構造や界面の変化を観察したり、混合の途中でレーザーなどを照射して化学反応を制御したときの流れの変化を観察したりできます。

実用化研究では例えば、人工心臓をつくらうとする際、細い血管の中を血液が流れると血管と血液の間で剪断力という擦れる力が発生し赤血球が壊れてしまいます。これを的確に計測して剪断力が発生しにくいポンプ構造や、流路(血管)を設計するといったケースも報告されています。

■基本仕様
(導入装置はオーダーメイド)
各種機器を西華産業株式会社コーポレート

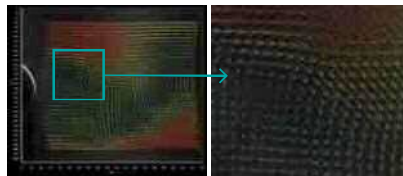
測定項目: 速度分布(蛍光粒子使用)、濃度分布(蛍光剤使用)、PH分布(蛍光剤使用)、ブラウン運動量(蛍光粒子使用)、温度分布、粘性分布等) / フレームレート: ~2000fps(共焦点画像) / 計測可能流速: 使用する対物レンズによるx10で~5mm/sec程度、x50で1mm/sec程度 / 時間分解能: 2KHz / 測定焦点深度: Min 1μm程度(使用する対物レンズによる) / 焦点スキャンストローク: 100μm / 焦点スキャン分解能: 1μm

解説は...



安本 政史さん
西華産業株式会社
東京営業第二本部
営業第一工 学計測グループ テクニカルアドバイザー

■粒子の動きの解析画面



部分毎の細かな流れの違いを観察できる

NANOBIIC 研究の現場から



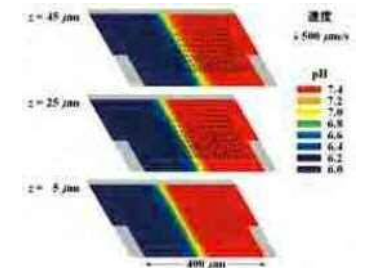
佐藤 洋平
慶應義塾大学
理工学部
システムデザイン工学科 教授

化学チップ内の化学反応を時空間で捉え、 精緻な制御技術を創製する

化学チップ内にはマイクロチャンネルに沿って薬品(液体)が流れ、反応、混合、分離、抽出等を微量かつ短時間で行う研究開発が多くの研究者によって行われています。目に見えないからといって、今までの経験ばかりに頼って開発しても時間とコストの無駄です。見えないからこそ、流れている液体の速度、温度、pHや濃度を3次元元的に、しかも時系列にて定量的に把握することが必要不可欠です。

NANOBIICに整備されたマイクロPIVシステムは、主に高速共焦点スキャナー、ピエゾシステムおよび超高感度高速CMOSカメラから構成されており、マイクロチャンネル内液体の速度ばかりでなく、温度やpH時のスカラー量のイメージングにも適しています。本システムの開発段階において汎用性を確保するため、マイクロチャンネル内薬品の化学反応過程における速度・pHの同時計測を行い、下回に示すように速度・pH3次元分布の取得に成功しております。さらに、計測の際に混入する微小蛍光粒子の電気泳動移動度さえ把握できれば、本システムを用いて電気泳動速度の計測も可能です。

現時点での研究者の利用状況を鑑みると、電気泳動速度の計測結果を用いたマイクロチャンネルを構成する材質のゼータ電位の評価、イオンインジケータを用いた細胞周りのイオン分布の計測、異相界面近傍の速度・濃度分布計測等に利用されています。



T字型マイクロチャンネル内の速度・pH3次元分布

超解像度レーザー顕微鏡

蛍光色素・蛍光タンパクで80nmの高解像観察

誘導放出抑制で光回折の限界を超える

光学顕微鏡は、16世紀末に発明されて以来、細胞や結核面の発見など、生命科学の発展に多大な貢献を続けてきました。光を用いて観察する手法には、試料が持っている情報を非侵襲的に比較的容易に観察できるメリットがあります。このメリットを最大限に生かすために、レンズ性能の向上が図られる一方、「共焦点方式」や蛍光を利用した観察技術も開発されました。

共焦点方式は、光源と試料の像の焦点位置を同じにすることで、より高い解像度を得ます。実際には、スポット(点)が並んでいくように試料をスキャンします。一方、蛍光の利用では、試料に蛍光性を持たせ、レーザー光などで蛍光物質を励起させて状態を観察します。

共焦点方式では、スポットの径を小さくすれば解像度を上げられますが、レーザー光源でも光の回折限界である200nmの分解能を超えることはできませんでした。

光学顕微鏡で共焦点方式をベースにしなが、観測の限界を乗り越えたのが「超解像レーザー顕微鏡Leica TCS STED CW」です。TCSはTrue Confocal Scanner(共焦点スキャナー)、STEDはStimulated Emission Depletion(誘導放出抑制)、CWはContinuous Wave(連続波)を意味します。STEDとは、蛍光色素の励起した電子を、蛍光を発する前の基底状態に戻すことで発光を抑制することを言います。

具体的には、通常の共焦点顕微鏡に用いられる励起レーザーに加えて、より波長が長く出力の調整可能な第2のレーザーを用います。まず励起レーザーによって試料の蛍光色素を励起させますが、続いて第2レーザーから出されたリング状のレーザーが、試料スポットの周縁部の励起を基底状態に戻します。こうすることで、試料スポットは小さくなり、より高い解像度が実現されます。本装置では、光回折の限界を超えた80nmの解像度が得られます。観察できる範囲は、150 μ m四方です。

「生きたままの状況の変化」を観察できる

超解像度レーザー顕微鏡を使うことで、例えば細胞内の微小管で1本に見えていたものが実は2本であることが分かったり、細胞内の分子の偏在が分かったり、細胞間の相互作用の実態などが分かったりしています。

高い解像度だけを望むのであれば電子顕微鏡を活用すればよいのですが、電子顕微鏡では試料の前処理が必要で、そのために試料の性質が変化してしまう恐れがあります。つまり、「形状を見る」ことに力点が置かれます。これに対して光学顕微鏡は、生きたままのリアルな状態を捉えられ、例えばターゲットの遺伝子がいつどこで発現するかといった「状況の変化を見る」ことができます。また厚みのあるサンプルでは、高さ位置(10~15 μ m)を変えることで断面観察も可能です。

(この装置の特徴)

- 光学式ベースで超解像を実現
- 一般的な蛍光色素、蛍光タンパクを利用可能
- 生細胞の実態を超解像で観察可能

Leica TCS STED CWは、標準的な蛍光タンパクを利用できること、ソフトウェアの操作性が容易であること、動画ファイルが作成が可能であることなど多くの特徴を備えています。共焦点レーザー顕微鏡を使った経験のある方ならば、難なく利用できるでしょう。

■基本仕様

(ライカ マイクロシステムズ株式会社
Leica TCS STED CW)
励起方法: Arレーザー (488nm, 514nm)
STED=ファイバーレーザー (592nm)
XY方向の分解能80nm(サンプル・包埋方法・染色方法により異なる)
記録速度: 1~20フレーム/秒

解説は…



田中 晋太郎さん
ライカ マイクロシステムズ株式会社
ライフサイエンス事業本部
チームマネージャ

NANOBIIC 研究の現場から



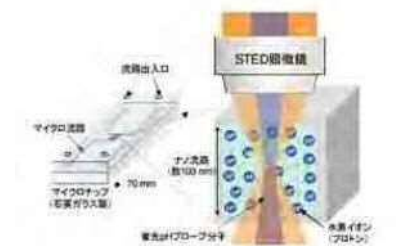
嘉副 裕
東京大学
工学系研究科
応用化学専攻 助教

ナノ閉空間における溶液中の プロトン濃度分布計測

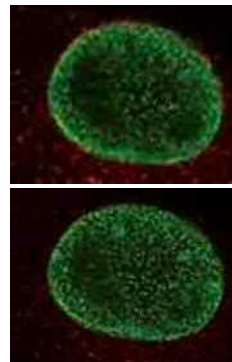
我々のグループでは、蚊の針よりもはるかに細い数10nm~数100nmの超微小空間の研究を行っています。このようなナノ空間は生体の細胞内組織や岩盤中の多孔質など自然界にありふれているにも関わらず、科学としては未踏の領域でした。その原因として、空間のサイズが光の波長と同等かそれより小さいため、有効な実験ツールがなかったことが挙げられます。

そこで我々は、超解像顕微鏡(STED顕微鏡)を用いてナノ空間におけるイオン挙動の計測を行いました。STED顕微鏡といえど神経細胞ネットワークなど生体観察への応用が主流ですが、我々はこれをガラス基板上に加工した流路内の観察に用いています。空間の形状・サイズを制御したナノ流路を用いることで、ナノスケールの諸現象を定量的に解明することができます。

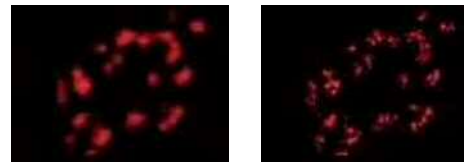
溶液の水素イオン(プロトン)の濃度、即ちpHによって蛍光が変化する分子プローブを用いて測定したところ(下図参照)、400nmの開空間では水に含まれる水素イオンの濃度が通常の20倍にもなることが見出されました。また、流路の壁近傍で水素イオン濃度が特に高いことが判りました。超微小空間であるため体積に対する表面の割合が圧倒的に大きく、さらに水分子個々の挙動が顕在化するため、通常の溶液と異なる性質が発現していると考えられます。これは、水素燃料電池におけるプロトン伝導機構や生物のエネルギー生成を理解する上で非常に重要な知見といえます。



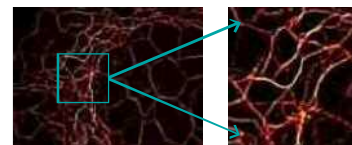
■真核生物の核膜孔複合体の共焦点顕微鏡画像(上)とSTED画像(下)



■ショウジョウバエ神経筋接合部の共焦点顕微鏡(左)とSTED(右)の画像。STEDの方がより詳細な画像が得られている



■YFPで蛍光標識されたケラチンフィラメントのSTED画像。全体画像(左)からズームアップされたSW-13細胞のケラチンフィラメント(右)。



断面試料作製装置

金属から有機物まで精緻な試料断面を作製

スパッタリングによる試料を研磨

断面試料(アルゴンイオン試料)作製装置「クロスセクションリッシャー」は、走査電子顕微鏡(SEM)や電子プローブマイクロアナライザー(EDMA)、オーグメントマイクロプローブ(Auger)などのための断面試料作製装置です。

試料の断面を見ることで物の作業を確認できますが、試料を削ったり削きすぎると断面の状態がかわり、試料のあるがままの状態を保つことができません。例えば、硬い素材と柔らかい素材が存在している物質では、断面を機械で研磨してしまうと構造が崩れ、2つの素材の正確な姿を見ることができなくなります。試料断面の作業には研磨が必要であり、仕上げ工程は個人差も大きく出てしまいます。

断面試料(アルゴンイオン試料)作製装置は、アルゴンイオン銃と送電機を使うことによる大きな特徴があります。アルゴンイオン銃から高圧を印加したアルゴンイオンビームが射出され、試料の構成原子(元素)を蒸発、構成原子を試料外に弾き出す「スパッタリング」。

本装置では、試料の真上からスパッタリングをしながら、送電機を動かして、アルゴンイオンビームを照射します。すると、送電機から発生した電圧でスパッタリングされ、試料の断面が露出されます。本装置の処理速度は500µm以上と早く、加工位置は10µmの精度で設定できます。

また、アルゴンには不活性化するので、試料に化学的な変化が起きることがありません。ですから金属から有機物まで断面試料を作製することができます。

ものづくり現場の多様な用途に対応

スパッタリング装置を使用して研磨したり加工したりする装置として「Focused Ion Beam(聚焦イオンビーム)」があります。FIBは10µm以下の微細な加工精度なので、アルゴンイオン試料作製装置は1mm以下から数十µmの加工精度と変わります。この加工精度の粗さに対して、「機械研磨」>「アルゴンイオン試料作製装置」>「FIB」という関係にあります。

また本装置の加工がFIBよりも処理速度が格段に大きく、化学的変化がないので硬い素材と柔らかい素材が存在している試料や金属、有機物などあらゆる試料に対応できます。そのため、ものづくり現場における初加工、断面観察用試料の作製では極めて実用性が高いとも言えます(サブプロセスでは、機械研磨などで試料を研磨してから、正しい加工精度でアルゴンイオンビームを照射して仕上げ研磨を行う「イオンミリング」も可能です)。

試料の作製時間、試料によって異なりますが、早いもので数時間、遅いものでも数週間ほど。

用途は主に分析に使われます。硬い材料では脆性材料の脆弱方位の解析、柔らかい素材ではオキシドーム、柔らかい素材

〈この装置の特徴〉

- 柔らかい材料、硬い材料、もろい材料も幅広い材料の断面試料を作製
- 出来映えモニターで、加工状態をリアルタイムに確認
- 機械研磨表面の仕上げエッチングも

では金属ボンディング、溶接部、鉛フリーはんだ、ウレタンゴム、紙などの断面試料を作製できます。また、印刷物のトナーの付着状況の確認や、モーター歯やインクジェットなどの構成部品に着色している塗料の構造解析などにも使われています。

企業、自動車、電気、電子、製薬などの業界や、大学、自治体、研究機関で利用されています。

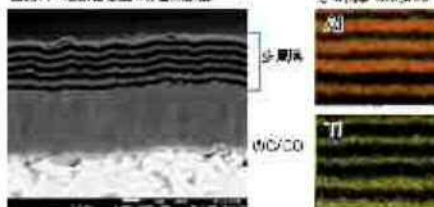
■納入事例

(日本電子株式会社 SM-09020)
イオン加速電圧: 0~9kV
イオンビーム径: 500µm(φ調整)
ミリングスピード: 100µm/s
最大加工試料サイズ: 幅10mm×長さ100mm×高さ20mm



中野 淳平氏
日本電子株式会社
SM事業ユニット
SMエンジニア

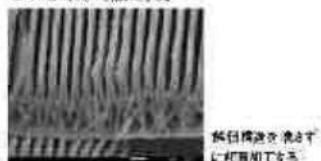
■試料: 樹脂合金上の多層膜断面



■金ワイヤーボンディング部断面観察



■モトロイ鉄の断面観察



NANOBIIC 研究の現場から



田井 将司
大阪大学
大学院工学研究科
材料工学専攻教授
NANOBIIC 専任講師
大学院工学研究科 助教

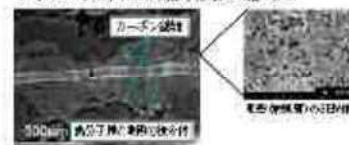
ありのままの断面をつくる 燃料電池電極の断面作製

燃料電池電極の断面観察は、走査電子顕微鏡(SEM)や電子プローブマイクロアナライザー(EDMA)などの分析装置を用いて行われます。しかし、燃料電池電極の断面観察には、従来の機械研磨による断面作製では、硬い材料と柔らかい材料が存在している場合、断面が歪んでしまうことが多くあります。そのため、燃料電池電極の断面観察には、従来の機械研磨ではなく、NANOBIICの「ありのままの断面作製」が有効です。

NANOBIICで導入されているクロスセクションリッシャー(CS)は、このように歪みに発生しない断面試料を作製できます。エネルギー分散型蛍光分析(EDS)により試料を分析することで、ドーパントの分布や組成がわかります。また、セラムックス、ガラスチップ、高純度銅など、硬い材料や脆い材料、燃料電池電極の断面観察にも対応しています。従来の「ありのままの断面」を観測することができます。断面観察には、従来のイオン銃(IE)を用いた装置が多く知られていますが、電極材料のように異なる層状の試料の観察には、異なる層を削る必要があり、断面が歪んでしまいます。加えて、IEでは10µm程度の粗い精度で一度に削ることができるのも、また500µm程度の粗い精度で削ることができるのも利点の一つです。また、500µm程度の粗い精度で削ることができるのも利点の一つです。また、500µm程度の粗い精度で削ることができるのも利点の一つです。

燃料電池電極の断面観察は、物に「やわらかい材料」と「硬い材料」が存在した試料において、硬い材料の断面を削ることができると、さまざまな用途の応用がある、硬い材料の断面観察などがあります。

CPICで観察された燃料電池電極の断面



原子間力顕微鏡

試料の3次元形状だけでなく物性も測定可能

2nmの針先で、試料を叩いて計測

原子間力顕微鏡 (AFM=Atomic Force Microscope) は、小さな針(プローブ)を用いて、試料表面の形状や硬さを高次元で計測できる顕微鏡です。プローブを試料表面と接点となる試料に近づけておき、試料の凹凸に依りてプローブの姿勢や加わる力が変化します。この変位量を検出することで試料の形状だけでなく、物性についても測定することが可能です。「非接触型プローブ顕微鏡」とも呼ばれています。

典型的には本装置は、先端径が2nm～10nm程度のシリコン製プローブと、高振動数で回転されて試料の表面を軽く叩きながらスキャンしていきます。これは、軽く叩くことから、「タッピングAFMモード」と呼ばれています。

本装置の大きな特徴の一つは、タッピングに際しての加圧が、従来装置よりも10分の1に低減されていること(バイブレータ・フォーカス・タッピングモード)にあります。タッピングのための振動周波数は25kHzで、試料に一定の力が加わるとプローブを自動的に高圧制御機構を備えています。この特徴により、柔らかい材料、例えばゴムなどの計測も可能になりました。

もう1つの大きな特徴は、「スキャンアシスト」と呼ばれる測定条件の自動制御機能です。試料に対するタッピングの加圧、

計測に必要なゲインなどを装置が自動的に最適化しています。このため、初心者の方でも高品質なイメージングを得られます。

さらに、大気中だけでなく真空中での計測も可能です。例えば培養中にある細胞を計測し、形状や生息を窺うことができます。

試料を置くステージは、直径100mm(8インチ)の大きさのものが、大型ステージの両面で原子レベルの分解能を全世界で初めて実現しています。一度に計測できる範囲は、XYZ方向がそれぞれ90μm、Z方向が10μmで、XYZの同時計測が可能です。また軸へのドリフト(ずれ)は、0.2nm/分なので、イメージに歪みがない。ミクロンオーダーからナノレベルまで捉えられます。

部位別の機械特性(弾性率や粘弾力)の差を計測

原子間力顕微鏡は、実際にプローブが試料表面に接触しているが故に、試料の3次元像を捉えることができるだけでなく、試料表面の弾性を計測できます。それはつまり、試料の機械特性のイメージ化(マッピング)ができることを意味しており、部位別の弾性力の差や粘弾力の差をイメージのコントラストの差として捉えることが可能です。

高圧側では、シリコンウェハーの表面や金属表面の研磨後の粗さを計測し、トレンド(溝)形状の深さを計測したり膜厚を計

(この装置の特徴)

- 表面形状、3次元形状、物性の計測が可能
- 大型ステージで原子/分子レベルのイメージング
- 自動測定機能で莫大な試料の計測が可能

の痕跡を検出したりしています。加圧力、電流、表面電位の計測ができるので、電気プローブやハードディスクの磁化状態の検出にも使われています。

また複数の測針を溶かかせることで、表面の凹凸具合を分子レベルで弾性特性の量として検知できます。さらに真空中での計測もできるため、細胞の形状、生きたままの状態での計測もできます。

こうしたことから電気・電子分野に加え、ポリマー系、バイオサイエンス(細胞、DNA検出)、化粧品(髪の毛の弾力特性)の検出(粘弾力)、食品などの幅広い分野でも活用されています。

■ 基本仕様

- メーカー: エーエックス株式会社
- 原子間力顕微鏡(Dimension Icon)
- ステージ: XZY 300-200mm
- ステージ: スクエア
- ステージサイズ: X/Y 90mm、Z 10mm
- Z方向分解能: $\leq 0.05\text{nm}$
- 最大Zスキャン: 最大200nm、最大100nm
- ドリフトレート: 0.2nm/分(XYZ)
- 最大Zスキャン速度: 100nm/150nm

■ 担当



阿部 英昭 さま
エーエックス株式会社
営業部長
〒260-0802 大阪府堺市東区
八木5丁目1番地

■ 高圧の弾性測定



PEPE上のアルカン(C₁₈H₃₈)のラメラ構造体(膜厚)の測定

■ ポリマーゲルの弾性測定(材料分析)



ポリマーゲルの弾性測定。試料は円柱で、弾性率や粘弾力特性を計測可能。

サンプル名: S. Shead, University of North Carolina, Chapel Hill

■ DNA測定(ライブバイオイメージング)



マイカ上のDNAの測定

NANOBIIC 研究の現場から



高橋 孝輔 さま
東京工業大学
大学院理工学研究科
材料工学専攻

液体中におけるゴムやプラスチックの歪み観察

4次元コンピュータシミュレーションを用いた原子間力顕微鏡 (AFM)、「Dimension Icon」は、高圧ステージを統合するための特製ユニットが用意されています。また、超高分解能の測定に必要となる「ピコ」単位での計測を実現していることで、試料利用時にじっくり時間をかけて高圧データを取得することが可能です。

高圧のグループでは、液体中にあるゴムやプラスチックの歪みを観察するための「Dimension Icon」を利用しています。従来の計測では、ゴムやプラスチックといった材料の中に針を刺さるようなダメージを伴って、そこにアルコールなどの液体を流し込む工程が必要でした。また、使う材料の種類や流し込む液体によっては、針が折れてしまったり汚れの原因があります。この針が折れ具合が顕微鏡に伝達できる、高圧計測に耐えられる特殊なステージに組み込むことができます。

下の図は実際に「Dimension Icon」を用いて、エタノール中に浸した高圧測定を記録した様子で、高圧をかけた時にコンクリート上の構造で、右側にその構造を記録した部分の歪みを捉えたものです。この部分に高圧をかけたことで、歪み測定や観察による歪みの影響を抑制することが可能です。材料の歪みが小さい場合には、高圧ステージで作った歪み測定装置を併用して歪みの測定が可能です。

今回は、Dimension Iconを用いた大気中・液体中の高圧計測の現場から、高圧計測の現場で高圧計測の現場や高圧計測の現場を説明していきます。



シリコン基板、ゴム材料



■ PSS測定(LED分析)



酸化シリコンPSS (Patterned Sapphire Substrate) の弾性率測定

■ 半導体のシリコン測定(半導体分析)



シリコンウェハーのシリコン測定。プローブを使用して測定

NANOBIIC ユーザーの声を聞く

株式会社協同インターナショナル

「マイクロナノ化学反応分析チップの開発に挑んでいます」

NANOBIICの装置を活用して新世代技術の開発に挑むユーザーの声を聞いた。

NANOBIICの装置をフル活用

(株)協同インターナショナル(本社・川崎市宮前区、池田謙伸社長)は、電子MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems=微小電気機械素子)やバイオ、食品関連の事業を展開しているが、電子MEMSのイノベーションセンターをNANOBIICに隣接するかわさき新産業創造センター KBCに置いている。

現在、イノベーションセンターが取り組んでいるのが、慶應義塾大学理工学部の田口良広准教授との共同研究「超高速・高精度光学式マイクロナノ化学反応分析チップの開発」。

チップは光学式センサーを用いて血液や分泌物を分析し、健康状態の変化を測定するというもの。具体的には、血液や分泌物に化学反応状態や分子構造によって固有の光拡散の特質(係数)があることに注目。ナノサイズで加工された「鏡」を使ってセンシングし、反応を分析する。将来的には、チップをデバイス化して腕時計のように体に装着し人の健康状態をオンラインでモニタリングしたり、医薬品開発のスピードアップに役立てる計画だ。

現在は、採取されたサンプルを分析する機構の確立に取り組んでいます。共同研究では、理論の確立と基本設計を田口研究室が担い、具体的なセンサーの開発を協同インターナショナルが担っています(三田正弘・協同インターナショナル

電子部技術次長)。

センサー開発を支援しているのが、NANOBIICに用意されている各種の装置だ。センサーは、幅が5μmの流路を備えている。ここを血液や分泌物が流れることが測定の大前提になる。そのためまず、5μmの流路を正確かつ滑らかに形成しなければならない。さらに鏡構造部分も数mmオーダーの滑らかさが求められる。「どちらも、表面がさらさらしては目詰まりを起こしたり、光拡散の違いを正確に捉えることができない」(三田次長)のためだ。

そのために協同インターナショナルではまず、ウェハーに樹脂膜を形成する「スピンコート」や「コートディベロップ」を、フォトリソグラフィのために「マスクアライナ」や「レーザー直接描画装置」を、エッチングのために「シリコン深掘りエッチング装置」を、さらに評価・計測のために「原子間力顕微鏡」や各種のレーザー顕微鏡などをフル活用している。

「これだけ最新鋭で多様な装置を揃え、産学官協力の上で運用・利用されている施設はまれであり、それをリーズナブルな料金で利用できるメリットは計り知れない」と三田次長は言う。その上で、「装置には固有のクセがあり、実験計画をきちんと組み立てた上で、装置への条件設定を変えながら結果を得ていくことが重要だ」と語る。

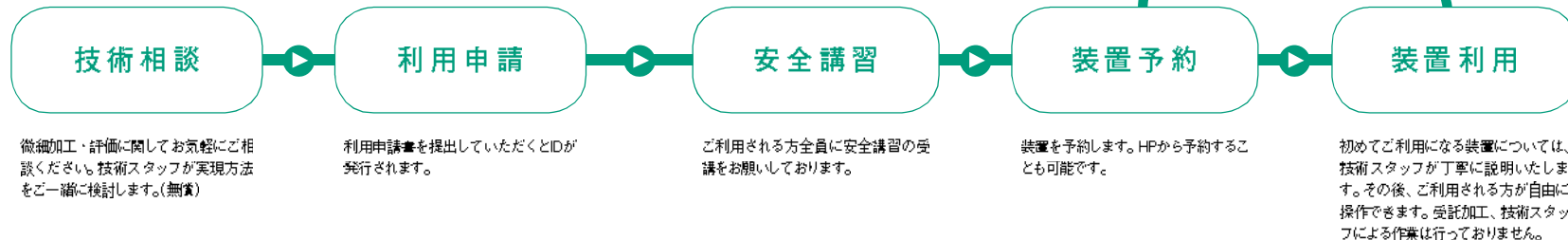


装置利用の手順

〈技術支援〉

4大学ナノ・マイクロファブリケーションコンソーシアムでは、ナノ・マイクロ産学官共同施設NANOBIIC内に最先端の微細加工装置および評価装置を有し、大学や企業からの技術相談～試作・評価まで一貫した支援を提供します。

〈利用手順〉



三田 正弘さん
株式会社協同インターナショナル
電子部
技術次長

Q NANOBIICを活用しようと考えた理由は?

三田 我々のような従業員70人規模の中小企業では、これだけの装置を自前で持つことは不可能だし、持ったとしても費用対効果は悪い。中小企業におけるR&Dの効率化とリスク削減には、NANOBIICのような施設の利用が極めて合理的なのです。

Q 4大学との交流の場などもできているのですか?

三田 NANOBIICでは、4大学の研究者と企業の人間が少人数で意見交換を行う「茶話会」という交流会ができ、今は定例化しています。大学の先生と私たち企業の技術者が、「ぶっちゃけ」で意見を交換しています。私たちは技術シーズを知り、先生たちは「そんな加工もできるのですか」などと驚いている。先生たちと意見を交換できる場があるだけでも嬉しいが、さらに茶話会に参加した企業同士のコラボレーションも生まれています。
どんなに優れた技術を持っていても、特定の分野にとどまっていたら限界があります。異業種、異分野、学問と交流することで、思わぬ応用展開が開けてくる。そこにこそNANOBIICの装置を活用する継続的なメリットがあるのではないかと考えています。

原理と基礎理論が分かれば
ものづくりは変わり、
大学や異業種との学際交流が、
技術に应用をもたらします

Q 大学の持つ基礎研究の知見は、 中小企業にも有用なものでしょうか?

三田 その通りだと思います。2000年前後の大企業を中心とした基礎研究ブームが消え去って以後、基礎研究を支えているのは大学であり、中小企業ではできない基礎研究の知見を大学から学ぶ場が必要です。なぜなのかが分かれば、それはものづくりに必ず展開できます。

Q NANOBIICの機器や4大学の知見を どのように活用されていますか?

三田 私が、NANOBIICの利用や4大学コンソーシアムとの関係で最も実感し、訴えたいのが「匠の技」「職人芸」を超える道筋が、ここにはあるということです。
匠の技、職人芸と言っても、原理や基本的な理論を理解していないと本当の技術にはならない。「なぜ上手くいったのか」「なぜ仕上がりが安定しないのか」といった課題は、匠の技だけでは解消できない。
やはり原理や基本的な理論を学び、それが分かってくればテストの仕方が変わります。それを学べるのが、NANOBIICと4大学コンソーシアムの大きなメリットです。

NANO BIC 共用装置一覧

NANO BICでは、最先端の微細加工装置や計測・評価装置等を利用することができます。

※各装置は、貸し出し状況やメンテナンス状況等により、利用できない場合がございますので、機器利用を希望される場合は、事前にお問い合わせください。



装置 スパッタ成膜装置
3元マグネトロンサイドスパッタ装置 CFS-4EP-LL
製造：芝浦メカトロニクス㈱
[主な用途・特徴]
●コンバクトで操作が簡単。豊富なオプションを揃えたロードロック式タイプのスパッタリング装置
●広範囲に分布の良いスパッタ膜を搭載(±5%以内(SiO₂でφ170mm以内))



装置 スパッタ成膜装置
ECR イオンビームスパッタ成膜装置 EIS-230W
製造：閉エリオニクス
[主な用途・特徴]
●イオン銃：スパッタ用2本、アシスト用1本、計3本搭載
●多層膜の形成や異種ターゲット構成原子の蒸ざり合った混合膜の形成が可能
●薄膜形成時にイオンビームミキシングや薄膜形成原子の表面での脱離、結晶化の促進等が可能



装置 バキューム 露光装置
手動前マスクアライナ SUSS MA6BSA
製造：ズース・マイクロテック㈱
[主な用途・特徴]
●両面露光装置
●目視露光を修正するよう高度化された光学系によりサブミクロンレベルの露光・形成可能
●ソフトコンタクト、ハードコンタクト、バキュームコンタクトなどが可能
●表面・裏面露光アライメント精度、表面・裏面アライメント精度ともに、サブミクロンの精度を有する



装置 バキューム ナノインプリント装置
ナノインプリント装置 X-300
製造：SCIWAX ㈱
[主な用途・特徴]
●微細構造成形



装置 エッチング ドライエッチング装置
高応度プラズマドライエッチング装置 NLD-570
製造：閉アルバック
[主な用途・特徴]
●石英・ガラス・金属膜(物)などのドライエッチング
●低中性性プラズマ(NLD)による低圧・低電子温度・高応度プラズマを搭載したドライエッチング装置
●バイレックスやホウケイ酸ガラスなど不純物の多いガラス加工も形状や表面平滑性に優れたエッチングが可能



装置 エッチング ドライエッチング装置
誘導結合プラズマドライエッチング装置 PlasmaPro100ICP-180
製造：オックスフォード・インストルメンツ㈱
[主な用途・特徴]
●InP, InGaAs, InAlAs 等の III-V 化合物のドライエッチング



装置 成膜装置
バリレン酸着装置 PDS-2010
製造：日本バリレン合同会社
[主な用途・特徴]
●バリレンコートニング



装置 クラスター型コーティングロボット
クラスター型コーティングロボット GAMMA
製造：ズース・マイクロテック㈱
[主な用途・特徴]
●フォトレジストのスピコート、スプレーコート、現像、ベーク、ペーパーブライムを全自動でプロセス可能
●高い均一性、再現性
●25~50枚までのウェハーを連続処理可能



装置 スピコーター
スピコーター MS-A100
製造：ミカサ㈱
[主な用途・特徴]
●レジスト塗布



装置 スピコーター
スピコーター MS-A200
製造：ミカサ㈱
[主な用途・特徴]
●レジスト塗布



装置 エッチング 美素イオンビーム加工装置
美素イオンビーム加工観察装置 FB-2200
製造：閉日立ハイテク/ロジーズ
[主な用途・特徴]
●TEM試料作製、大面積加工
●低加速電圧による低ダメージ試料作製
●マイクロサンプリングによるピンポイント薄層試料作製



装置 エッチング シリコン深掘り DRIE 装置
シリコン深掘り DRIE 装置
製造：住友精密工業㈱
[主な用途・特徴]
●ボッシュプロセスを用いた高アスペクト比シリコンエッチング



装置 評価・計測 逐次制御型電子顕微鏡
真空制御型熱電子銃出力型走査電子顕微鏡 Quanta250/EDS
製造：日本 FEI ㈱
[主な用途・特徴]
●水分子コントローラー(ウェット観察)、高真空熱観察、高真空 SEM 観察



装置 評価・計測 原子間力顕微鏡
原子間力顕微鏡 Dimension Icon
製造：ブルカー・エイエックスエス㈱
[主な用途・特徴]
●大型試料用電圧型プローブ顕微鏡
●高分解能(低ドリフト)を実現
●ScanAsyst 機能や PeakForce QNM 機能を実現



装置 洗浄装置
スピンドライヤー SPD-160RN
製造：閉コクサン
[主な用途・特徴]
●基板の洗浄・乾燥
●冷水での構内洗浄、N₂による仕上げ乾燥が可能



装置 アッシャー
プラズマ装置 PR510
製造：ヤマト科学㈱
[主な用途・特徴]
●フォトレジストの除去、部品の洗浄、界面活性処理
●コンバクトタイプのバレル型プラズマ処理装置



装置 バキューム 電子線描画装置
超高精度電子ビーム描画装置 ELS-7800K
製造：閉エリオニクス
[主な用途・特徴]
●高精度・高安定、加速電圧80KVにより、10nm以下超ファインパターンを実現



装置 バキューム レーザー描画装置
レーザー直接描画装置 DWL66fs
製造：Hedberg Instruments Mikroelektronik
[主な用途・特徴]
●フォトマスク作製、直描



装置 評価・計測 電子顕微鏡
3Dリアルサーフェスビュー顕微鏡 VE-8800
製造：閉キーエンス
[主な用途・特徴]
●SEM観察
●低加速電圧観察対応で、非導電性試料でも非蒸着で観察可能
●2枚の帯理画像から高精度に3D像を構築



装置 評価・計測 断面試料作製装置
断面試料作製装置 SM-09020
製造：日本電子㈱
[主な用途・特徴]
●表面に対して垂直な断面作製
●銅、アルミ、金、白金、高分子、セラミック、ガラスなどの材料加工
●EDS、WDS分析用の試料、多層膜の形状観察や膜厚測定、結晶の方位解析(EBSD) などのための試料作製



装置 評価・計測 超解像度顕微鏡
超解像度顕微鏡 STED-CW
製造：ライカマイクロシステムズ㈱
[主な用途・特徴]
●蛍光観察
●生細胞の超解像イメージングへの応用が可能



装置 評価・計測 比表面積/細孔分布装置
自動比表面積/細孔分布装置 アップ 2020
製造：閉島製作所
[主な用途・特徴]
●ナノ・サブナノ領域の細孔分布測定



評価・計測 表面形状計測装置
超高精度表面形状計測装置
WYKO NT9100A
製造：ブルカー・エイエックスエス㈱

【主な用途・特徴】
●3次元表面形状計測
●サンプル表面の形状や粗さを非接触で、三次元的に測定することが可能
●測定面内において、傾度差が大きいものや、低反射率材料、透明材料でも問題なく計測が可能



評価・計測 表面張力接触角計
表面張力接触角計
Drop Master DM500
製造：協和界面科学㈱

【主な用途・特徴】
●接触角、表面張力測定



評価・計測 ガス透過率測定装置
ガス透過率測定装置
GTR-21 AXKU
製造：GTR テック㈱

【主な用途・特徴】
●単一ガス、混合ガスの透過率の測定



評価・計測 膜厚測定装置
光干渉式膜厚測定装置 VM-1200
製造：大日本スクリーン製造㈱

【主な用途・特徴】
●膜厚計測
●最大4層膜までの膜厚膜同時測定が可能
●膜厚率測定が可能（最大4層膜サンプルの1層）



評価・計測 レーザー顕微鏡
レーザー顕微鏡 VK-8510
製造：キーエンス

【主な用途・特徴】
●顕微鏡計測



評価・計測 高速カメラ
高速カメラ FASTCAM SA2
製造：簡ファトロン

【主な用途・特徴】
●高速撮影



評価・計測 フェムト秒ストリークカメラ
フェムト秒ストリークカメラ
FESCA-200
製造：浜松ホトニクス㈱

【主な用途・特徴】
●ナノ～マイクロスケールは観察：分子系におけるエネルギー緩和ダイナミクスや構造変化ダイナミクスの観察



評価・計測 マイクロELISA
マイクロELISA IMT-501
製造：マイクロ化学研究所

【主な用途・特徴】
●自動免疫分析
●サントイッチ法、露合法など各種イムノアッセイに対応可能
●超微量 検体 1μL～、低ランニングコスト、迅速測定 8分～、超高精度測定：検出感度 3 × 10⁻⁸ Abs.



評価・計測 熱レンズ顕微鏡
熱レンズ顕微鏡
製造：マイクロ化学研究所

【主な用途・特徴】
●生体材料の高精度測定

【その他の装置】
●紫外可視分光光度計
●バイオ実験装置 等



産学公民の連携による創造的研究開発拠点 「新川崎・創造のもり」とは



「新川崎・創造のもり」は、産業界、大学、行政及び市民の連携により、21世紀を支える新しい科学・技術や産業を創造する研究開発拠点の形成と、次代を担う子どもたちが科学・技術への夢を育む場づくりをめざしています。

第1期事業

K²(ケイスクエア)タウンキャンパス (H12.7開設)

- 4棟の研究棟に約10の研究プロジェクトが入居し、未来社会を拓く先端的な研究を展開(約400名の登録研究者が活動)
- 市民や地域企業等を対象としたオープンキャンパスやセミナーを開催し、先端的研究の成果を社会に還元

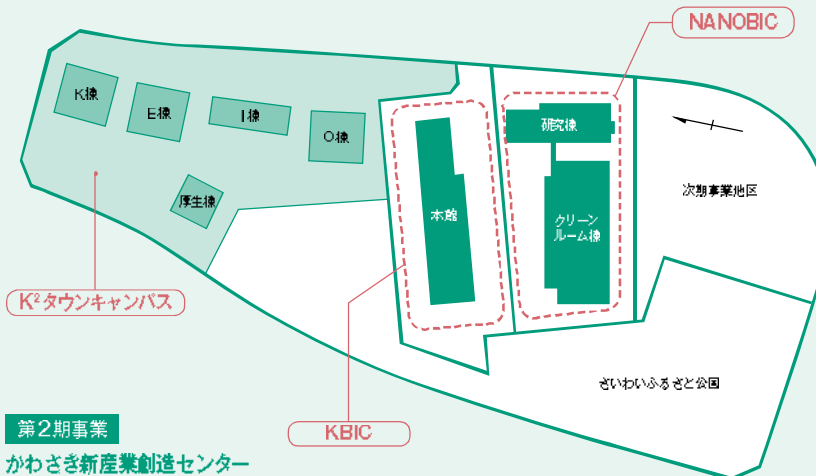


第3期事業

かわさき新産業 創造センター新館 NANOIC (H24開設)



【研究棟】 新事業研究室約50m²×20室
一時利用研究室約25m²×2室ほか
【クリーンルーム棟】 クリーンルーム約750m²
(クラス100：約175m²、クラス10000：約575m²)
新事業研究室合計約780m²



第2期事業

かわさき新産業創造センター KBIC (H15.1開設)

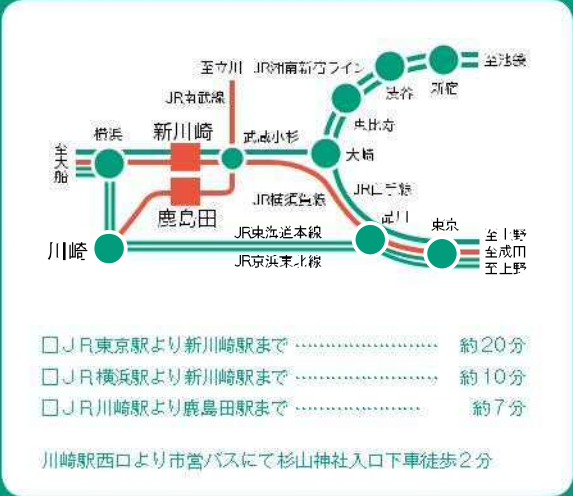
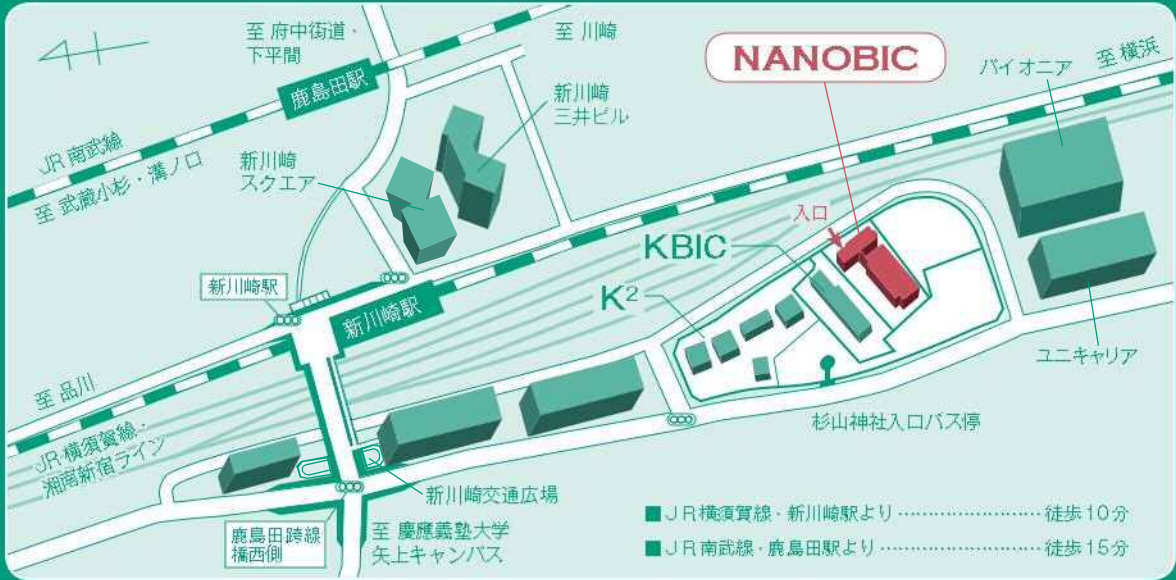
- ものづくり企業・研究開発型企業を支援するインキュベーション施設
- 市内ものづくり企業の基盤技術高度化を支援



**さいわい
ふるさと公園**
(H22.7開設)



新川崎・創造のもり



〒210- _____

TEL : 044-200- _____ -200-3920

外観イメージ図（鳥瞰）



外観イメージ図（新川崎駅方向から）

