

# Advanced Research Infrastructure for Materials and Nanotechnology

文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ

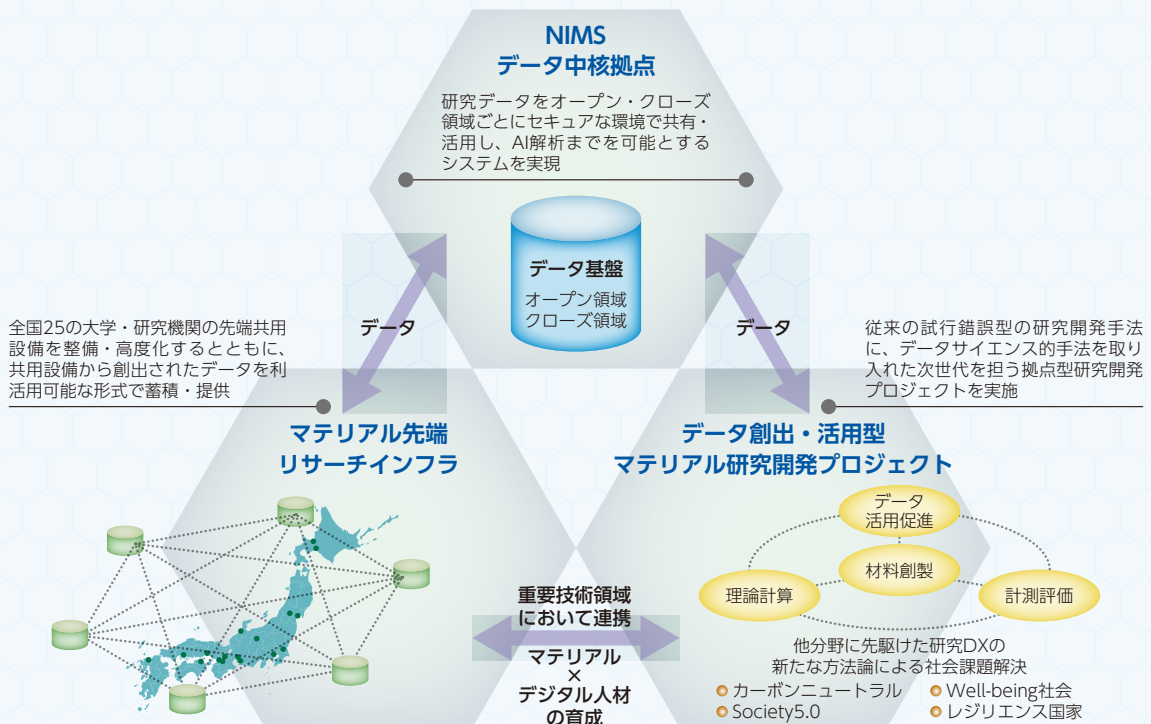
## マテリアル先端リサーチインフラとは

2021年度からスタートしたマテリアル先端リサーチインフラでは、最先端装置の共用、高度専門技術者による技術支援に加え、新たにリモート・自動化・ハイスループット対応型の先端設備を導入し、装置利用に伴い創出されるマテリアルデータを、利活用しやすいよう構造化した上で提供します。また、物質・材料研究機構(NIMS)が構築するデータ中核拠点を通じて、データを全国で利活用できる環境を整備し、2023年度からのデータの全国提供の開始を予定しています。更に、文部科学省の「データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクト」とも連携し、マテリアル先端リサーチインフラ、データ中核拠点、データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクトが三位一体となった『マテリアルDXプラットフォーム』を構築することで、我が国のマテリアル革新力の一層の強化に貢献してまいります。

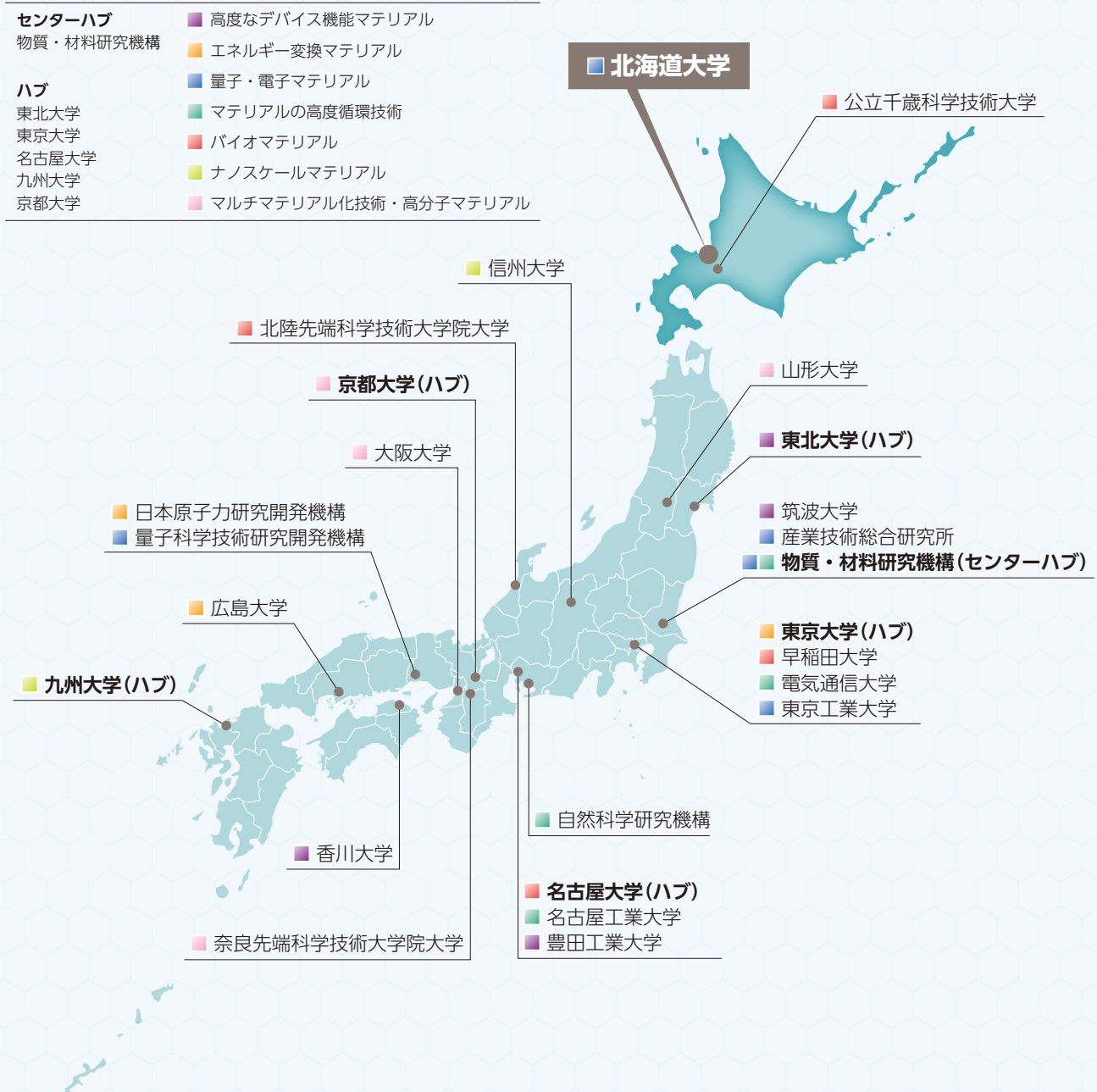
マテリアル先端リサーチインフラを構成する全国25の大学・研究機関は、それぞれに重要技術領域を担います。各領域に強みを持つ先端設備群を提供するハブ機関と、特徴的な装置・技術を持つスポーク機関からなるハブ&スポーク体制を形成し、ご利用いただく皆様の研究開発のパートナーとして貢献してまいります。

本事業の基礎となる、全国的な最先端共用設備体制と高度な技術支援を提供する専門技術者は、2012年度から10年にわたり実施してきた「ナノテクノロジープラットフォーム」により培ってまいりました。これらの基盤を十分に活かしつつ、データ収集・利活用という新しい視点を加え、これからの10年、新しい取組みに挑んでまいります。

## マテリアルDXプラットフォームの全体イメージ



## マテリアル先端リサーチインフラの推進体制(全 25 法人)



マテリアル先端リサーチインフラでは、装置共用によって得られる高品質なデータを、利用者の許可を得た上で収集し、データ中核拠点へ蓄積します。蓄積されたデータは、利用者ご自身のデータ整理や解析にご利用いただくとともに、グループ間で共有したり、広く公開・共有することで、データ活用型プロジェクトの推進に活かしてまいります。



微細加工に要求される先端機器群の利用提供と、微細構造解析に関するノウハウの提供、データの解析等も含めた総合的な支援を実施

北海道大学では「横断技術領域：加工・デバイスプロセス分野」と、「横断技術領域：計測・分析分野」の2つの領域を中心に研究支援を行います。

さらに、ユニークな装置群と研究者・技術者が長年培ってきた技術・経験・英知を結びつけ、イノベーション創出への研究開発支援・技術相談サービスを提供します。

「横断技術領域：加工・デバイスプロセス分野」ではクリーンルームに設置した加工装置群を用いることでミクロン～ナノメートルスケールの微細加工についての研究支援を、「横断技術領域：計測・分析分野」では種々の顕微鏡を駆使した材料の表面・内部構造分析についての研究支援を行います。

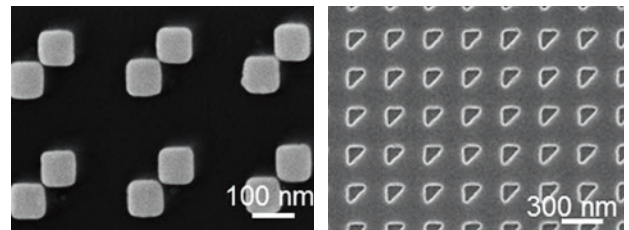


JEM-ARM-1300

## 横断技術領域：加工・デバイスプロセス分野

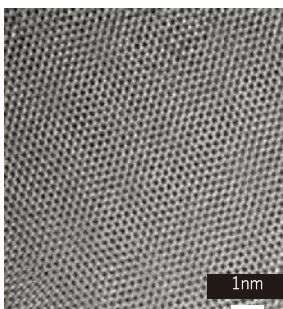
- 加速電圧 130kV 超高速スキャン電子線描画装置、レーザー直接描画装置を含めた多様な描画装置群
- ヘリコンスパッタ、原子層堆積装置、イオンビームスパッタ、パルスレーザー堆積装置 (PLD) などの成膜装置群
- ICP ドライエッチング装置、RIE、イオンミリング装置、NLD ドライエッチング装置などのエッチング装置群
  - (1) クリーンルーム内に集積した微細加工装置群
  - (2) 教員、技術職員、支援員が持つ加工ノウハウの提供
  - (3) 課題解決に向けた技術相談・サポート

新規デバイス創製や研究課題・技術課題解決へ

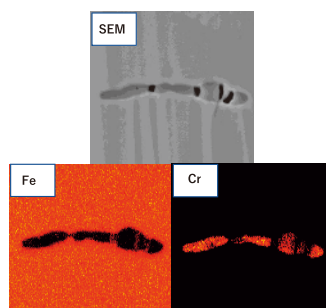


金ナノブロックダイマー(左)  
金ナノ構造を用いたプラズモンリングラフイー(右)

## 横断技術領域：計測・分析分野



収差補正電子顕微鏡で観察した  
グラフェン像(信州大提供)



オージェ電子分光装置を用いた  
材料の組成・化学状態分析

- イオン照射可能な超高圧電子顕微鏡群
  - 原子分解能を有する収差補正電子顕微鏡
  - 表面・及び内部構造を明らかにするための分析顕微鏡群
  - 観察サンプルを作製するための加工装置群
  - XPS、AES、時間分解 PEEM による電子状態解析
    - (1) 表面構造
    - (2) 内部構造・3D 構造
    - (3) 電子状態解析
- ナノ～マイクロメートルオーダーにわたる材料・デバイスの分析・評価に関する研究支援

新機能ナノ物質創出や新規デバイス創製へ

光・電子・スピンを制御する新規ナノデバイス創製、バイオテクノロジーや新規材料開発といったナノテクノロジーにより先端研究を加速することが可能な分野への微細加工支援を行います。高精度加工装置群と独自の加工技術に研究者の経験と熱意を結びつけ、最先端の研究開発支援・技術相談サービスを提供します。

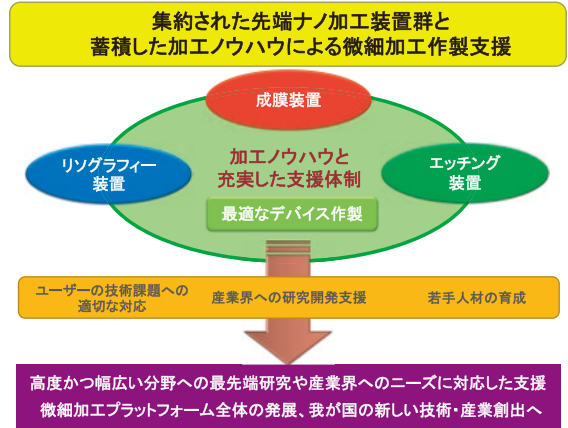
学内2カ所のクリーンルームを開放して幅広いユーザーへの研究開発支援を行います。リソグラフィー・成膜・エッチングなどの装置群を組み合わせる最適なデバイス作製を行うと共に、装置講習などを通じて人材育成も努めることで我が国の新しい技術・産業創出への支援を行っていきます。



クラス 100、クラス 10000 のクリーンルーム



超高精度電子ビーム描画装置 (125kV)

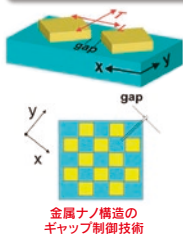


支援装置としては、130kVの超高速スキャン電子線描画装置を含む4台のEB描画装置、レーザー直接描画装置、両面マスクライナーといった微細パターン形成装置群、金属、磁性体、酸化物までを高精度に成膜可能なスパッタ・蒸着装置群、加工素材と精度に合わせて選択できるドライエッチング・イオンミリング装置、作製したデバイスを評価するためのFE-SEMや太陽光シミュレーター等を整備しています。

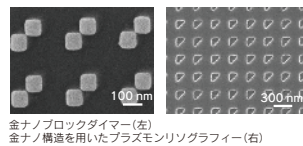
これらの装置群に加え、多くの研究者がもつ最先端の加工ノウハウと技術職員が積み上げたデータを有効に活用し、ユーザーの研究、技術・製品開発が加速されるようなデバイス創出への積極的なサポートを推進します。

### 利用事例

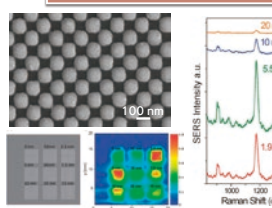
#### ギャップ間距離を高精度に制御した金属ナノ構造の作製技術 (電子線描画装置によるリソグラフィー) ~プラズモニクデバイス作製~



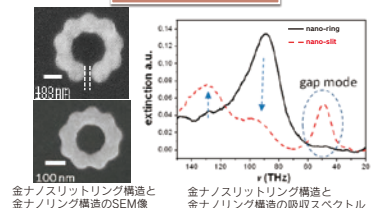
電子線描画装置の描画分解能以下(シングルナノメートル)の精度でギャップ間距離を制御する技術と形状制御技術によるプラズモニクデバイスの作製支援



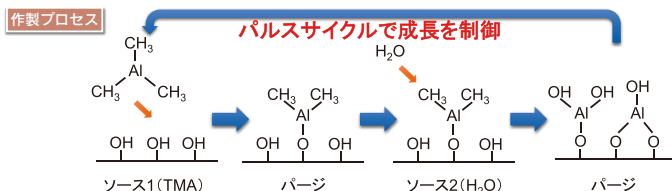
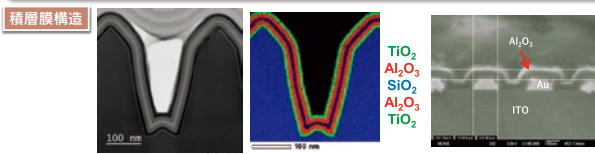
#### 表面増強ラマン散乱検出デバイス



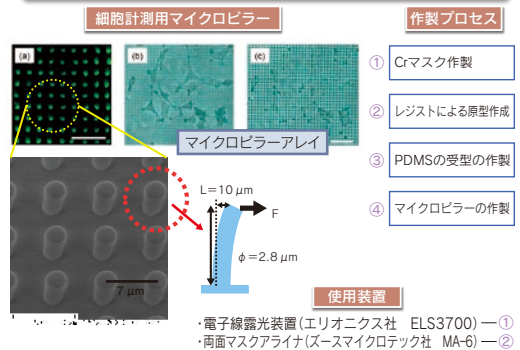
#### テラヘルツ検出デバイス



#### 原子層堆積装置(ALD)を用いた積層膜作製 ~面内均一性が高く、被覆性に優れた酸化薄膜作製~



#### 細胞計測用PDMSマイクロピラーの製作 ~細胞の力学的測定用ツールの作成~





# 北海道大学

## 横断技術領域：計測・分析分野

北海道大学では、多様なナノデバイス・ナノ材料の表面・内部構造またその電子状態について様々な環境下で分析・評価を行える研究支援体制を整えています。ユニークな装置群と研究者・技術者が長年培ってきた技術・経験・英知を結びつけ、イノベーション創出への研究開発支援・技術相談サービスを提供します。

(1) 表面構造 (2) 内部構造・3D 構造 (3) 電子状態分析の観点からナノ～マイクロメートルオーダーにわたる材料・デバイスの分析・評価、に関する研究支援を行います。

(1) 最新の X 線光電子分光装置、オージェ電子分光装置、電子線プローブマイクロアナライザーといった表面分析装置による表面構造解析支援

(2) 2 台の高エネルギーイオン加速器を持つ世界に唯一の超高圧電子顕微鏡や、収差補正走査型透過電子顕微鏡を含めた多種多様な電子顕微鏡群と SEM-FIB などの試料加工装置の組み合わせによる内部構造・3次元構造解析支援

(3) 環境セルホルダーを用いたその場観察 TEM や超高真空・極低温・強磁場 SPM を用いた環境制御下での分析支援、超高速時間分解光電子顕微鏡などを用いた電子状態やナノ材料のリアルタイム動態の解析が可能なシステムを提供、新機能ナノ物質創出や新規デバイス創製への研究、技術、製品開発の支援を行います。



- 各種ナノ計測設備群と計測技術を応用した多種多様な解析技術の提供
- 無機材料から生体材料にいたる多様なマテリアルのナノ構造・状態解析
- 材料の表面・表層から内部に至る一貫した包括的な先進微細構造解析
- ナノテクノロジーを活用した材料研究分野における学問的課題を解決
- 産業界の研究者が有する技術的課題を解決し、イノベーションを加速
- 知の集約による産学官連携による異分野融合と最先端計測人材の育成

### 利用事例

#### 3D環境マテリアル分析システム (電子プローブマイクロアナライザー)

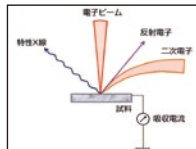
【形番】	JXA-8530F (JEOL)
【仕様】	電子銃 ショットキー FE
X線分光器数	波長分散型4基
分析元素範囲	Be~U
最大分析領域	90 mm×90 mm
最大試料寸法	100 mm×100 mm×50 (H)
加速電圧	1~30 kV
照射電流範囲	10 <sup>-11</sup> ~10 <sup>-7</sup> A
2次電子分解能	3 nm (WD 11 mm, 30 kV)



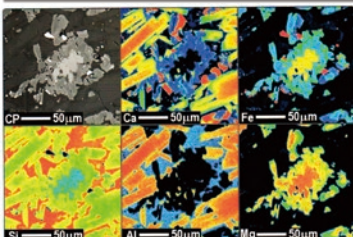
電子ビームを試料の表面に照射し、発生する特性X線や2次電子を測定することで、表面形状、構成元素の種類、組成、分布状態を調べる装置。

#### 主な信号と利用目的

- 二次電子：二次電子像(形態観察)
- 反射電子：反射電子像(組成観察/凹凸観察)
- 特性X線：元素分析(定性/定量/元素分布)



#### カラーマップ分析



FE電子銃を使用していることから、従来型に比べ「短時間での分析が可能」であり、「極微小領域の高精度元素分析」に特化している。

#### 各種超高圧電子顕微鏡によるナノマテリアル評価 ~原子レベルでの微細構造解析と量子ビームによる照射効果の解析~

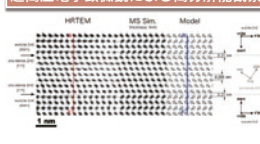


高圧タンクとイオン加速器 (JEM-ARM-1300)

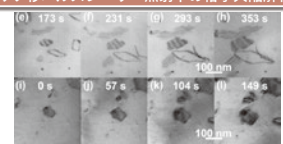


マルチビーム超高圧電子顕微鏡(操作・観察部)

#### 超高圧電子顕微鏡による高分解能観察



#### ナノ秒/パルスレーザー照射下の格子欠陥解析



デュアルイオンビーム/電子線の同時照射が可能な超高圧電子顕微鏡群による材料のミクロ構造解析支援

# 支援装置一覧《横断技術領域：加工・デバイスプロセス分野》

## 1 リソグラフィ技術

### 1. 超高精度電子ビーム描画装置 (125kV) ELS-F125(エリオニクス)

ARIM 装置番号：HK-602  
GFC 装置番号：AP-200001

- 仕様**
- 電子銃：ZrO/W 熱電界放射型
  - 加速電圧：125kV、75kV、25kV
  - 描画最小線幅：5nm (125kV)
  - 試料サイズ：最大 6 インチ
  - 最小ビーム直径：1.7nm
- 特徴** レジスト材料等に対し、電子ビーム照射によるナノレベル微細パターン(最小線幅 5nm)の描画が可能。



### 5. レーザー直接描画装置 DDB-201(ネオアーク)

ARIM 装置番号：HK-605  
GFC 装置番号：AP-200004

- 仕様**
- 光源：375nm 半導体レーザー
  - 描画エリア：最大 50mm
  - 試料サイズ：最大 6 インチ
  - 最小線幅：1μm
- 特徴** 基板上に塗布されたレジスト材に、レーザー光線で直接ミクロン単位の描画をする露光装置。



### 2. 超高速スキャン電子線描画装置 (130kV) ELS-F130HM(エリオニクス)

ARIM 装置番号：HK-603  
GFC 装置番号：AP-200059

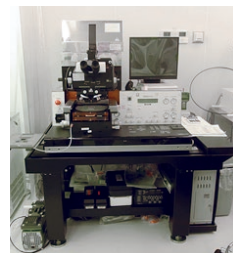
- 仕様**
- 電子銃：ZrO/W 熱電界放射型
  - 加速電圧：130kV
  - 基板サイズ：最大 8 インチ・マルチピース試料ホルダにより小片サンプルにも対応
- 特徴** クロック数の向上により、ELS-F125 よりも高速に描画が可能。



### 6. 両面マスクアライナー MA-6(ズース・マイクロテック)

ARIM 装置番号：HK-702  
GFC 装置番号：AP-200020

- 仕様**
- 両面、露光精度 0.6 ミクロン
  - 試料サイズ：最大 6 インチ
  - 基板サイズ：不定形小片～150mm 角
- 特徴** 厚いレジストにも対応可能な高性能手動両面マスクアライナー。



### 3. 超高精度電子ビーム描画装置 (100kV) ELS-7000HM(エリオニクス)

ARIM 装置番号：HK-601  
GFC 装置番号：AP-200002

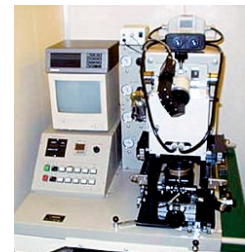
- 仕様**
- 電子銃：ZrO/W
  - 加速電圧：25、50、75、100kV
  - 最小線幅：8nm (5nm 可能)
  - 基板サイズ：最大 6 インチ
- 特徴** レジスト材料等に対し、電子線ビーム照射によるナノレベル微細パターン(最小線幅 8nm)の描画が可能。



### 7. マスクアライナー MA-20(ミカサ)

ARIM 装置番号：HK-606  
GFC 装置番号：AP-200003

- 仕様**
- コンタクト露光
  - 基板サイズ：最大 4 インチ
  - マスクサイズ：最大 5 インチ
- 特徴** 光源にマルチミラーランプハウスを用い、均一性の高い照度分布特性を持った露光装置である。



### 4. 電子ビーム描画装置 ELS-3700(エリオニクス)

ARIM 装置番号：HK-701  
GFC 装置番号：AP-200018

- 仕様**
- 電子銃エミッター：LaB6
  - 加速電圧：1~30kV
  - 最小線幅：100nm
  - 試料サイズ：最大 4 インチ
  - 円弧スキャン可
- 特徴** 基板上に塗布されたレジスト材に、電子線で直接描画する露光装置。



### 8. スピンコーター MS-A150(ミカサ)

ARIM 装置番号：HK-707

- 仕様**
- 試料サイズ：最大 6 インチ
  - 回転数：0~8000rpm
- 特徴** 平坦な基板に、フォトレジスト等を滴下し基板表面に数ミクロン程度の均一な膜を形成させることが可能。



## 9. レーザー描画装置 DWL66+ (ハイデルベルグ)

ARIM 装置番号 : HK-604  
GFC 装置番号 : AP-200080

- 仕様**
- 光源 : 405nm 半導体レーザー
  - 描画エリア : 最大 8 インチ角
  - 最小描画線幅 : 0.3 ミクロン (HiRes)、0.8 ミクロン (WMI)
  - 255 階調グレースケールモード搭載
  - バックアライメント機能
- 特徴** マスク作製やグレースケール露光による 3 次元構造作製が可能なレーザー直接描画装置。



## 2 成膜技術

### 1. 真空蒸着装置 ED-1500R (サンバック)

ARIM 装置番号 : HK-608  
GFC 装置番号 : AP-200005

- 仕様**
- 蒸着源 : 抵抗加熱 3 元、EB3 元
  - 基板加熱可
  - 水晶振動子式膜厚計
- 特徴** 3 つの蒸発源と電子銃を備えた真空蒸着装置で、金属、半導体、無機絶縁物の蒸着ができる。多層膜も成膜も可能。



### 4. プラズマ CVD 装置 PD-220ESN (サムコ)

ARIM 装置番号 : HK-613  
GFC 装置番号 : AP-200006

- 仕様**
- 試料種類 :  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$
  - 基板サイズ : 最大 8 インチウェハー
- 特徴**  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  絶縁膜を基板上に形成することができる。



### 2. EB 加熱・抵抗加熱蒸着装置 EBX-8C (アルバック)

ARIM 装置番号 : HK-703  
GFC 装置番号 : AP-200027

- 仕様**
- 蒸着源 : EB4 元・抵抗加熱 2 元
  - 蒸着材料 : Ti、Au、Al、Pd、Co 等
- 特徴** 金属や半導体化合物を真空中で加熱蒸散させ、基板、薄膜試料等の表面に電極膜、絶縁薄膜を形成する蒸着装置。



### 5. パルスレーザー堆積装置 PAC-LMBE (パスカ)

ARIM 装置番号 : HK-615  
GFC 装置番号 : AP-200060

- 仕様**
- 光源 : エキシマレーザー 248nm
  - 試料種類 :  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SrTiO}_3$  など
  - 基板サイズ : 2cm 角
  - 基板加熱機構あり
- 特徴** RHEED を装備し、リアルタイムで成膜状態をモニタリング可能。



### 3. 液体ソースプラズマ CVD 装置 PD-10C1 (サムコ)

ARIM 装置番号 : HK-614  
GFC 装置番号 : AP-200007

- 仕様**
- 試料種類 :  $\text{SiO}_2$  他
  - キャリアガス :  $\text{N}_2$ 、 $\text{He}$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{H}_2$
  - 基板サイズ : 最大 3 インチ
- 特徴** 基板上に  $\text{SiO}_2$  膜を形成することが可能である。



### 6. ヘリコンスパッタリング装置 MPS-4000C1/HC1 (アルバック)

ARIM 装置番号 : HK-609  
GFC 装置番号 : AP-200008

- 仕様**
- 試料種類 : 3 元、Au、Ag、Cr、Ti、 $\text{SiO}_2$ 、他
  - カソード搭載数 : 3 基
  - ターゲットサイズ : 2 インチ 2 元、4 インチ 1 元
  - 基板サイズ : Max.  $\phi$  100mm
- 特徴** 基板上に金属等の薄膜を形成させることが可能。

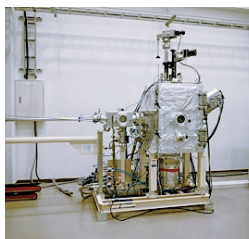




## 7. イオンビームスパッタ装置 IBS-6000(アルバック)

ARIM 装置番号：HK-612  
GFC 装置番号：AP-200009

- 仕様**
- 試料種類：4元、Ni、Cr、SiO<sub>2</sub>、W-Si 他
  - 基板サイズ：通常φ50mm×厚さ最大20mm
  - 基板加熱：最大600°C±25°C
- 特徴** Ar イオンの照射により金属等を成膜する装置。



## 11. 多元スパッタ装置 QAM-4-ST5(アルバック)

ARIM 装置番号：HK-611  
GFC 装置番号：AP-200072

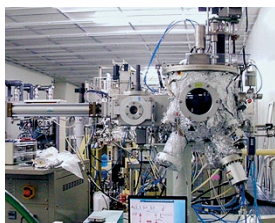
- 仕様**
- 試料種類：Au、Cr、Pt、Cu、Ag 等
  - 基板サイズ：最大4インチ(対向成膜では1インチ角まで)
  - 7元カソード(DC、RF)うち2元はDCヘリコン可能
  - ラジカル銃搭載(N、O、H)
- 特徴** 基板上に金属等の薄膜を形成することが可能。



## 8. コンパクトスパッタ装置 ACS-4000-C3-HS(アルバック)

ARIM 装置番号：HK-610  
GFC 装置番号：AP-200066

- 仕様**
- 試料種類：SiO<sub>2</sub>、Au、Cr 等
  - 基板サイズ：10mm~4インチ(リフトオフ仕様では25mm角まで)
  - 基板加熱機構有り(~550°C)
- 特徴** 同時成膜、多層成膜に対応可能なCOスパッタ方式。



## 12. 原子層堆積装置(粉末対応型) R-200 Advanced(ピコサン)

ARIM 装置番号：HK-617  
GFC 装置番号：AP-200078

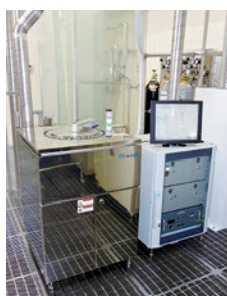
- 仕様**
- 試料種類：TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
  - 基板サイズ：最大8インチ、粉末試料(1g~15g)
- 特徴** 粉体成膜が容易にできる。8インチ基板への成膜が可能。



## 9. 原子層堆積装置 SUNALE-R(ピコサン)

ARIM 装置番号：HK-616  
GFC 装置番号：AP-200010

- 仕様**
- 試料種類：SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 他
  - 基板サイズ：6インチウエハ対応
  - 成膜温度範囲：最大600°C、コンピュータ制御
- 特徴** 高精度(オンストロームオーダー)に膜厚を制御して薄膜を作製することが可能。



## 13. プラズマ原子層堆積装置 AD-230LP(サムコ)

ARIM 装置番号：HK-618  
GFC 装置番号：AP-200083

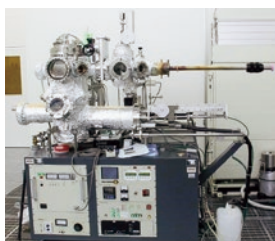
- 仕様**
- 成膜材料：Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 他
  - 使用可能ガス：H<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、Ar 等
  - キャリアガス：N<sub>2</sub>、Ar
  - 試料サイズ：最大8インチ
  - ステージ温度：~500°C
- 特徴** 原子レベルの膜厚制御が可能なALD装置。ロードロック室を有し、反応室を大気開放することがないため、再現性に優れた成膜が可能。プラズマによる低温成膜に対応。



## 10. EB 蒸着装置 EB-580S(エイコー)

ARIM 装置番号：HK-607  
GFC 装置番号：AP-200074

- 仕様**
- 蒸着源：Au、Ti、Al、Cu、Nb
  - 基板加熱可(600°C程度まで)
  - 基板サイズ：最大30mm角程度
- 特徴** 多元蒸着源によるEB蒸着装置、金属を高真空状態で蒸着するのに適する。



## 3 エッチング技術

### 1. ICP高密度プラズマエッチング装置(フッ素) RIE-101iPH(サムコ)

ARIM 装置番号：HK-620  
GFC 装置番号：AP-200012

- 仕様**
- 使用ガス：SF<sub>6</sub>、Ar、O<sub>2</sub>、CHF<sub>3</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>
  - 基板サイズ：最大4インチ
- 特徴**
- シリコン及び各種金属薄膜、化合物半導体などの高精度のエッチングが可能。



### 4. 反応性イオンエッチング装置 RIE-10NRV(サムコ)

ARIM 装置番号：HK-621  
GFC 装置番号：AP-200013

- 仕様**
- 使用ガス：CF<sub>4</sub>、Ar、O<sub>2</sub>、CHF<sub>3</sub>
  - 基板サイズ：最大8インチ
- 特徴**
- SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>絶縁膜のドライエッチングが可能。



### 2. ICP高密度プラズマエッチング装置(塩素) RIE-101iHS(サムコ)

ARIM 装置番号：HK-619  
GFC 装置番号：AP-200067

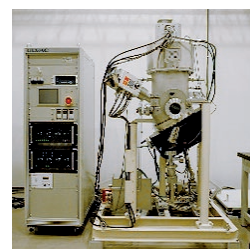
- 仕様**
- 使用ガス：Ar、O<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>、BCl<sub>3</sub>
  - 基板サイズ：最大4インチ
- 特徴**
- シリコン及び各種金属薄膜、化合物半導体などの高精度のエッチングが可能。



### 5. イオンミリング装置 IBE-6000S(アルバック)

ARIM 装置番号：HK-623  
GFC 装置番号：AP-200015

- 仕様**
- 使用ガス：Ar
  - 基板サイズ：最大3インチ  
厚さ最大20mm
- 特徴**
- Arイオンの照射により金属やセラミックスを微細加工する装置。



### 3. NLDドライエッチング装置 NLD-500(アルバック)

ARIM 装置番号：HK-622  
GFC 装置番号：AP-200014

- 仕様**
- 使用ガス：CHF<sub>3</sub>、SF<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、O<sub>2</sub>、Ar、He、N<sub>2</sub>、Air
  - 基板サイズ：最大4インチ
- 特徴**
- ICPプラズマによって主に酸化物を高速にエッチングする装置。ナノメートルオーダーの深さ方向制御が可能。



### 6. シリコン深掘りエッチング装置 APX-Pegasus-Polestar(SPPテクノロジーズ)

ARIM 装置番号：HK-624  
GFC 装置番号：AP-200073

- 仕様**
- 使用ガス：SF<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、Ar
  - 基板サイズ：最大4インチ
  - エッチングレート：5μm/min
  - レジスト選択比：50以上可能
- 特徴**
- ボッシュプロセスに対応。プロセス状況に応じて段階的にエッチング条件を調整する機能を有している。



## 4 評価技術

### 1. 高分解能電界放射型走査型電子顕微鏡 JSM-6700FT(日本電子)

ARIM 装置番号：HK-625  
GFC 装置番号：AP-200017

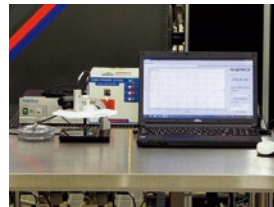
- 仕様**
- 加速電圧：0.5~30kV
  - 倍率：×25~19,000(LM mode) ×250~650,000(SEM mode)
  - 2次電子分解能：1.0nm(at 15kV)、2.2nm(at 1kV)
- 特徴** 試料表面を集束電子線で走査し、放射する電子を画像化する装置。表面構造の解析に用いる。



### 3. 光学干渉式膜厚計 F20-UV(フィルムトリクス)

ARIM 装置番号：HK-626  
GFC 装置番号：AP-200077

- 仕様**
- 膜厚測定範囲：1nm~40μm
  - 測定波長域：190~1100nm
- 特徴** 光干渉法を基に、透明もしくは半透明膜の膜厚を簡単に測定が可能。



### 2. エリプソメータ M-500S(日本分光社)

ARIM 装置番号：HK-706  
GFC 装置番号：AP-200058

- 仕様**
- Xe 光源
  - 測定波長：350~800nm
  - 試料水平置き
- 特徴** 反射した偏光ビームの相対的な位相の変化を測定することで、薄膜や表面、物質の微細構造を解析する装置。



### 4. 微細形状測定機(段差計) ET200A(株式会社 小坂研究所)

ARIM 装置番号：HK-630  
GFC 装置番号：6月頃確定予定

- 仕様**
- 最大サンプルサイズ Φ160×厚さ52mm
  - 再現性  $1\sigma$  0.3nm 以内
  - 測定範囲 Z：600μm X：100mm
  - 分解能 Z：0.1nm X：0.1μm
  - 測定力 10μN~500μN
- 特徴** 二次元表面粗さ解析及び段差を測定する装置。



## 5 その他加工技術

### 1. 真空紫外露光装置 PC-01-H(エヌ工房)

ARIM 装置番号：HK-627  
GFC 装置番号：AP-100058

- 仕様**
- 試料サイズ：最大1インチ
- 特徴** エキシマランプによる真空紫外露光とエキシマアッシングを行うことが可能。



### 3. 卓上型ランプ加熱装置 MILA-5000(アドバンス理工)

ARIM 装置番号：HK-628  
GFC 装置番号：AP-200084

- 仕様**
- 温度範囲：RT~1200°C
  - 試料寸法：角 20mm×厚 2mm
  - 加熱雰囲気：大気中、真空中、不活性ガス中
  - 到達真空度：6.5Pa(RP\*1使用、室温無負荷)
- 特徴** 温度コントローラと雰囲気可変チャンバが一体化した赤外線ランプ加熱装置。



### 2. ガラスインプリント装置 GMP-415V(芝浦機械株式会社)

ARIM 装置番号：HK-629  
GFC 装置番号：AP-200086

- 仕様**
- 温度範囲 0°C~800°C(室温~800°C)
  - 温度制御時間：0~999sec
  - 軸ストローク：0~85mm
  - プレス力：0~40kN
  - 軸速度：0~15mm/sec
  - 真空到達度：0.001~100Pa
  - サンプルサイズ：25mm 角
- 特徴** 光学ガラスや石英ガラスなどの材料を加熱、プレス、成形する。



# 支援装置一覧《横断技術領域：計測・分析分野》

## 1 表面構造解析

### 1. 電界放出形走査電子顕微鏡 SEM JSM-6500F (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-302  
GFC 装置番号：AP-200034

- 仕様**
- 電子銃：電界放射型電子銃 (FE)
  - 加速電圧：0.5~30kV
  - 倍率：×10~×500000
  - 2次電子分解能：1.5nm(15kV)  
5.0nm(1kV)
  - 分析機能：EDS (C~U)、EBSD
  - 試料ホルダー：32mmΦ×20mmH, 12.5mmΦ×10mmH



**特徴** 試料表面を収束電子線で走査し、放射する電子線を画像化する装置。表面構造の解析に用いる。

### 2. オージェ電子分光装置 AES JAMP-9500F (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-202  
GFC 装置番号：AP-200052

- 仕様**
- 加速電圧：0.5~30kV
  - 倍率：×25~500,000
  - SEM 空間分解能：3nm
  - その他分析機能：EBSD、Li 以上の元素分析が可能



**特徴** Ar イオンスパッタリングによる深さ方向分析/中和電子銃による絶縁物分析なども可能な表面分析装置。

### 3. X線光電子分光装置 XPS JPS-9200 (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-201  
GFC 装置番号：AP-200053

- 仕様**
- X線源：Al/Mg ツインアノード
  - 分解能：0.65eV (モノクロ X線源)
  - 最大耐負荷：500W (Mg) / 600W (Al)
  - 標準試料：10×10mm、厚さ 4mm 以内 (最大 6 個)
  - 大型試料の場合：最大 90mmφ、厚さ 1.5mm 以内
  - 入射レンズ：視野制限及び角度制限絞り組込 磁界・電界形インプットレンズ



**特徴** X線の照射により、試料表面の構成元素や化学結合状態を分析する装置。

### 4. 電界放出形電子プローブマイクロアナライザー FE-EPMA JXA-8530F (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-303  
GFC 装置番号：AP-200045

- 仕様**
- 加速電圧：1~30kV
  - 走査倍率：×40~300,000
  - 分析機能：WDS
  - 分析元素範囲：WDS：(Be)B~U、  
反射電子像：組成像、凹凸像



**特徴** FE 電子銃により 0.1 ミクロンオーダーの高精度元素分析が可能。

### 5. 超高分解能電界放出形走査電子顕微鏡 Regulus8230 (日立ハイテック)

ARIM 装置番号：HK-404  
GFC 装置番号：AP-200071

- 仕様**
- 加速電圧：0.5~30kV
  - 分析機能：EDS
  - STEM 機能
  - 試料サイズ：6 インチまで
  - 遠隔画面共有

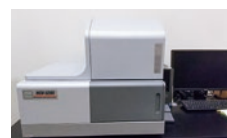


**特徴** コールド FE 電子銃を搭載し、収差が小さく低加速電圧での高分解能観察が可能。

### 6. 顕微紫外近赤外分光装置 MSV-5200 (日本分光)

ARIM 装置番号：HK-409

- 仕様**
- 反射、透過測定
  - 光電子増倍管、冷却型 PbS 光導電素子
  - 測定波長域：200nm~2700nm
  - カセグレン対物 32 倍
  - 自動 XYZ ステージ



**特徴** 光源に重水素ランプ (紫外域)、ハロゲンランプ (可視・近赤外域) を使用し、波長範囲 200~2700nm の透過・反射スペクトルの測定が可能。微小領域 (~μm) の測定とマッピングが可能。

### 7. X線光電子分光装置 XPS JPS-9200 (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-406  
GFC 装置番号：AP-200082

- 仕様**
- 標準 X線源 Mg/Al ツインアノード
  - モノクロ X線源
  - エネルギー分解能：0.65eV (モノクロ X線源)
  - アルゴンイオンエッチング銃
  - 分析径：3μmφ~3mmφ
  - 最大 20 点まで連続分析可、分析エリア：20mm×50mm



**特徴** X線を物質に照射し、中からでてくる光電子の速度を測定し、得られたスペクトルを解析して原子・分子の化学状態分析する。

## 2 内部構造・3D 構造解析

### 1. 電界放射型分析電子顕微鏡 TEM JEM-2010F (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-102  
GFC 装置番号：AP-200039

- 仕様**
- 加速電圧：200kV
  - 粒子分解能：0.19nm
  - 分析機能：EDS、EELS、GIF、STEM
  - 二軸傾斜分析ホルダー、二軸傾斜加熱ホルダー付属

**特徴** 各種分析機器を搭載した電界放射銃搭載透過型分析電子顕微鏡。各種材料のミクロ組成・状態解析支援装置。



### 2. 走査型透過電子顕微鏡 STEM HD-2000 (日立ハイテック)

ARIM 装置番号：HK-402  
GFC 装置番号：AP-200041

- 仕様**
- 加速電圧：200kV
  - 格子分解能：0.24nm
  - 倍率：×100~5,000,000
  - 分析機能：EDS、EELS
  - SEM 観察像：2次電子観察、STEM 観察、明視野像暗視野像(Z コントラスト)
  - 大気非暴露対応

**特徴** 観察用として明・暗視野透過電子検出器と二次電子検出器、分析用としてエネルギー分散型特性 X 線検出器を備えている、微細構造観察が可能な装置。



### 3. マルチビーム超高圧電子顕微鏡 HVEM ARM-1300 (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-103  
GFC 装置番号：AP-200036

- 仕様**
- 加速電圧：400~1300kV
  - 倍率：×200~1,500,000
  - イオン加速器二基接続：400kV 系、300kV 系
  - 粒子分解能：0.118nm
  - その他機能：試料加熱・冷却ホルダー

**特徴** 点分解能 0.12nm。電子線の試料透過能が高いため“その場観察”や 3次元観察にも適している。高エネルギー電子線を試料に長時間照射することにより、原子炉材料などの損傷過程のシミュレーションが可能。



### 4. 環境セル対応透過電子顕微鏡 TEM JEM-2010 (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-301  
GFC 装置番号：AP-200043

- 仕様**
- 加速電圧：200kV
  - 倍率：×1,000~1,500,000
  - 分析機能：EDS
  - 環境セル加熱ホルダー付属

**特徴** 透過してきた電子を結像して観察を行う電子顕微鏡。

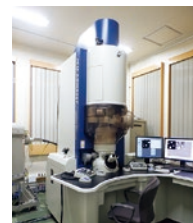


### 5. 収差補正走査型透過電子顕微鏡 JEM-ARM200F (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-401  
GFC 装置番号：AP-200062

- 仕様**
- 加速電圧：80kV、200kV
  - 分析機能：EDS、EELS

**特徴** 球面収差補正機能を持ち、原子分解能を有する STEM 像を含めた観察・分析が可能。

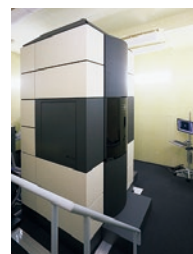


### 6. ダブル球面収差補正走査透過型電子顕微鏡 Titan3 G2 60-300 (日本エフイー・アイ)

ARIM 装置番号：HK-101  
GFC 装置番号：AP-200061

- 仕様**
- 加速電圧：60kV~300kV
  - 分析機能：EDS、EELS、トモグラフィ機能

**特徴** TEM・STEM 共に収差補正機能を持ち、高分解能像の取得が可能。モノクロメーターを搭載し、高エネルギー分解能での分析、トモグラフィ機能等による 3 次元的な像観察・分析が可能。



### 7. 集束イオンビーム加工・観察装置 FIB-SEM JIB-4600F/HKD (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-304  
GFC 装置番号：AP-200046

- 仕様**
- 加速電圧 (SEM)：1~30kV
  - 加速電圧 (FIB)：1~30kV
  - 倍率 (SEM)：20~×300,000
  - 倍率 (FIB)：20~×300,000
  - 像分解能 (SEM)：1.2nm (30kV)、3.0nm (1kV)
  - 像分解能 (FIB)：5nm (30kV)
  - 分析機能：EDS、EBSD、3D 観察

**特徴** FE-SEM による高分解能観察や断面作成及び分析、TEM 試料作製、に加え、FIB 加工、EDS 分析、EBSD 解析を同時に行うことができ、SEM、EDS、EBSD の 3次元構築 (3D 化) が可能。



### 8. 量子・電子制御ナノマテリアル顕微物性測定装置 JEM-ARM200F NEOARM (日本電子)

ARIM 装置番号：HK-107  
GFC 装置番号：AP-200085

- 仕様**
- 加速電圧：200kV、80kV
  - 分解能：  
STEM HAADF 像 70pm (200kV)、  
100pm (80kV)、  
TEM 情報限界 100pm (200kV)、110pm (80kV)、
  - 電子銃：冷陰極電解放出形電子銃
  - オプション：EDS、加熱・バイアス印加 TEM 二軸傾斜ホルダー

**特徴** 冷陰極電界放出形電子銃 (Cold-FEG) と球面収差補正装置を搭載し、原子分解能での量子・電子制御ナノマテリアルの観察と EDS による元素分析が可能。

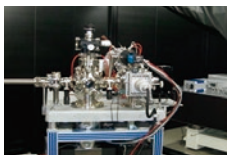


## 3 電子状態分析

### 1. 時間分解収差補正光電子顕微鏡システム AC-PEEMIII(エルミテック)

ARIM 装置番号：HK-405  
GFC 装置番号：AP-200056

- 仕様**
- 空間分解能：4nm以下
  - エネルギー分解能：150meV以下
  - 視野範囲：2~100 $\mu$ m
  - 時間分解能：7fs以下
  - レーザー波長：400nm、800nm
  - 5軸ステージ・サンプル加熱機構あり



- 特徴**
- フェムト秒パルスレーザーと光電子顕微鏡(PEEM)の組み合わせによる時間分解光電子イメージング。収差補正機能あり。

### 2. 大気中紫外光電子分光装置 AC-3(理研計器)

ARIM 装置番号：HK-408  
GFC 装置番号：AP-200070

- 仕様**
- 測定エネルギー範囲：4.0eV~7.0eV
  - 測定スポットサイズ：2×5mm
  - サンプルサイズ30×30mm MAX(厚さ10mm MAX)

- 特徴**
- 最高被占軌道近傍の状態密度や仕事関数、イオン化ポテンシャルを大気中で簡単に測定。ナノメートルオーダーの極表面の情報や極薄被膜の膜厚(0~20nm)を測定可能



## 4 試料作製装置

### 1. 集束イオンビーム加工装置 FIB FB-2100(日立ハイテック)

ARIM 装置番号：HK-403  
GFC 装置番号：AP-200042

- 仕様**
- 加速電圧：Ga 10kV~40kV
  - 最大倍率：×2,400,000(基本倍率：300k、Zoom：×8)
  - SIM 分解能：6.0nm
  - 3次元ホルダー及びコントローラー、マイクロサンプリング機構付属
  - 大気非暴露対応

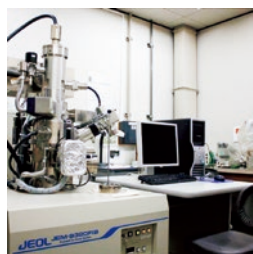


- 特徴**
- イオンビームにより試料の微細加工を行う装置。10~40kVの可変加速電圧により、粗加工、及び仕上げ加工の両方が可能になっている。

### 2. 集束イオンビーム加工装置 JEM-9320FIB(日本電子)

ARIM 装置番号：HK-105  
GFC 装置番号：AP-200081

- 仕様**
- イオン源：Ga 液体金属イオン源
  - 加速電圧：5~30kV(5kVステップ)
  - 倍率：×50(視野探し)、×150~300,000
  - 像分解能：6nm(30kV時)
  - 稼働絞り5段(モーター駆動)
  - イオンビーム加工形状：矩形、ライン、スポット
  - 試料ステージ：TEM試料サイドエントリーゴニオメータステージ



- 特徴**
- 30keVのGaイオンを照射することによって試料の表面や内部の任意の10~20 $\mu$ m四方の領域の薄膜し透過電子顕微鏡観察用試料を作製することが出来る。タングステンやカーボンを試料の表面に任意の形状にデポすることも可能。

### 3. イオンスライサー (日本電子)

- 仕様**
- 加速電圧：2kV~8kV
- 特徴**
- 断面TEM試料作製が可能。

### 4. 精密イオン研磨装置 PIPSII(ガタン)

ARIM 装置番号：HK-407  
GFC 装置番号：AP-200079

- 仕様**
- イオン加速電圧：1~6kV
  - イオン入射角：最大±10°
  - 液体窒素冷却装置
  - TVカメラ

- 特徴**
- 試料表面に加速したアルゴンを当て、スパッタリングすることで試料表面を削る。高精度なTEM用の試料作製が可能。



### 5. 試料作製装置群

- 仕様**
- 切断装置
  - 機械研磨装置
  - 電解研磨装置(Struers Tenupol-5)
  - FIB加工装置(JEM-9320FIB)
  - ピックアップシステム

- 特徴**
- 電子顕微鏡観察用試料を作製するための装置類。



# サポート内容とご利用の流れ

支援形態は以下の通りです。どの形態が適当であるかなど、不明な点がある場合は、北大ナノテクノロジー連携研究推進室、あるいはセンター機関に電話またはメールでお問合せ下さい。

## 技術相談

### 専門技術でアドバイス

技術的な問題解決に向けて、各ハブ・スポーク機関の技術スタッフが様々な問題に応じます。

## 機器利用

### 利用者自身で操作

機器は利用者自身が操作し、実験します。データ解析や考察も利用者が行います。

## 技術補助

### 補助スタッフが補助

利用者は操作方法などについて、技術スタッフの補助を受けながら機器を使用します。

## 技術代行

### 利用者に代わり操作

依頼に基づきハブ・スポーク機関の技術スタッフが実験・測定・評価・解析を行います。

## 共同研究

### 利用者とハブ・スポーク機関が共同で実施

データの解析や学術的な議論を含めて、利用者とハブ・スポーク機関とが共同で行います。

## データ利用

### 蓄積したデータの利活用

蓄積したデータはデータベースとして用いる他、新たな情報を導き出す利活用が可能です。(予定)

## ご利用の流れ

支援を受けようとお考えの方は、**北大ナノテクノロジー連携研究推進室**にご連絡、ご相談下さい。

事前打合せを経て、Webにて支援申し込みをして頂きます。支援が決定しましたら、契約、支援の実施となります。支援後、利用料金課金、成果報告書提出となります。

## 1 利用相談

希望する試料が実験・測定可能かどうか、技術スタッフにお問い合わせください。

## 2 申請

申請書を北海道大学の窓口申請していただければ、審査の結果をお知らせします。

## 3 予約

ご希望のスケジュールに合わせて予約して下さい。

## 4 設備利用

申請内容に基づいて設備・機器を利用します。

## 5 報告

終了後、利用報告書を提出していただきます。

## 6 利用料支払

ご利用に応じて利用料をお支払いいただきます。

一般的な申し込みから実施へのプロセスは、**利用相談、お申し込み、課題審査、マシンタイムの割り当て、実施、支援成果報告書提出**となります。課題は、随時受け付けております。詳しくは、お電話またはメールにてお問い合わせください。

## 周辺地図・アクセス



### 新千歳空港から

- JR(快速エアポート)：40分 または高速バス



### JR札幌駅から

- タクシー：約10分  
(JR札幌駅北口より「北20条東門」経由)
- 中央バス(西51)約16分乗車+徒歩5分  
(「北21条西15丁目」下車)
- 地下鉄：約3分乗車+徒歩20分  
(南北線「北18条」駅下車)
- 構内循環バス(無料)：約10分乗車
- JR札幌駅より北海道大学正門まで徒歩約10分  
北海道大学正門(事務局前)より乗車  
→「創成科学研究棟前」下車



### 創成研究機構

- 構内循環バス  
(8:30~20:00の間、10分~20分間隔で運行しております)

## 連絡先



ARIM  
 北海道大学  
 HOKKAIDO UNIVERSITY HOKKAIDO UNIVERSITY  
**ナノテクノロジー連携研究推進室**  
 札幌市北区北21条西10丁目 創成科学研究棟内  
 TEL : 011-706-9340  
 FAX : 011-706-9376  
 E-MAIL : material-dx@cris.hokudai.ac.jp  
**URL : <https://arim.cris.hokudai.ac.jp/>**

北大ナノテク