

ヘリウムイオン顕微鏡 (Helium Ion Microscopy : HIM)

ヘリウムイオン顕微鏡 (HIM) は、ヘリウムイオンビームの照射により発生する二次電子を用いることで、高分解能、表面構造に敏感、熱ダメージが小さい、絶縁体試料にも有効といった特徴を持ち、10nm 以下のナノ加工も可能な装置です。

産総研の共用施設として公開しており、共同研究以外にも、約款等により広く一般に利用いただけます。

<https://unit.aist.go.jp/tia-co/orp/index.html>

ヘリウムイオン顕微鏡の特徴

冷却イオン源先端 1 原子から電界イオン化したヘリウムイオンビームを加速後試料表面へ照射し、発生する二次電子を用いて SEM と同様に二次電子像を得る。

- 高分解能：0.35nm (加速エネルギー：10kV-35kV、検出器：二次電子、反射イオン、ルミネッセンス)
- 極表面形状・構造に敏感：単一光源となるため焦点深度が深く、SEM に比べ二次電子のエネルギーが低い。平均自由行程が 1nm と非常に短く (SEM では 5~10nm)、SEM では得られない像を高コントラスト差で得られる。
- 熱ダメージが小さい：ヘリウムイオンは電子に比べて試料の内部深くまで入るため、試料への負荷エネルギーが SEM より 3 桁以上小さい (単位体積当たり)。ナノエレクトロニクス材料だけでなく、熱ダメージに弱い有機材料、バイオ材料 (細胞など) などの観察に有利。
- 絶縁体試料にも有効：ヘリウムイオン照射で正に帯電した試料表面を電子線照射で中和することができる。
- ナノ加工や材料評価：強くヘリウムイオンを照射することで、二次元膜中の格子欠陥形成による材料物性・機能制御や、10nm 以下のナノ加工などが可能。ルミネッセンスによる材料評価や、電位、温度を制御した状態での評価、加工も可能。



ヘリウムイオン顕微鏡装置外観

ヘリウムイオン顕微鏡技術の特徴を活用した展開分野例

極表面高分解能観察

深い焦点深度
高コントラスト、低ダメージ
低チャージアップ (絶縁体可能)

超微細領域物性制御

二次元材料
超伝導材料

超微細加工 (10nm 以下)

センサー

フォノニクス

ナノエレクトロニクス

有機高分子材料

生体試料

細胞
昆虫

産総研の HIM 技術

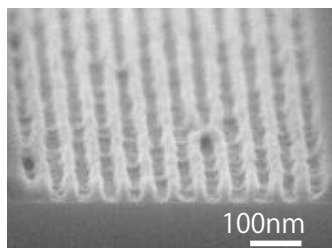
絶縁物に埋もれた
微細構造観察

ルミネッセンス
半導体
生体試料
鉱物

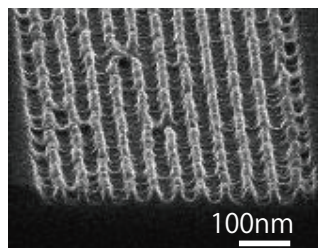
応用事例の詳細は裏面をご覧ください。

ヘリウムイオン顕微鏡 (Helium Ion Microscopy : HIM)

ヘリウムイオン顕微鏡技術の応用事例

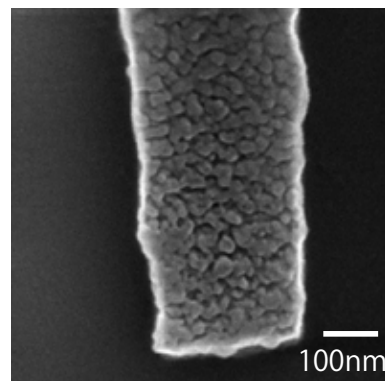


SEM

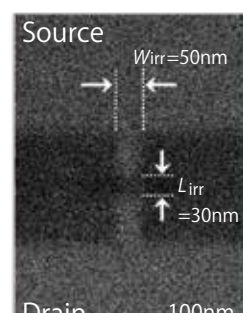
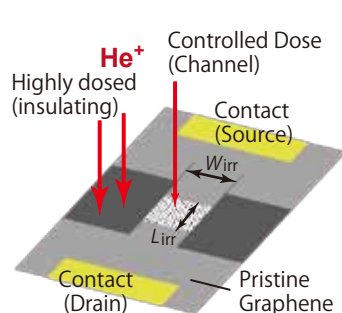


HIM

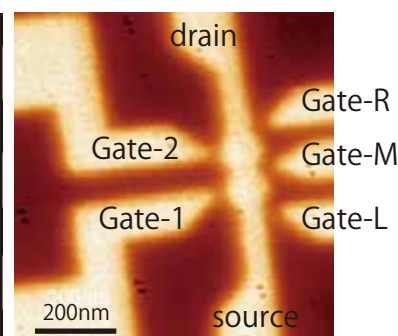
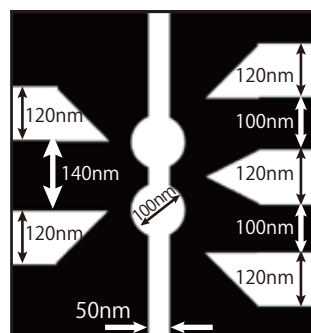
52nm ピッチのレジストパターン観察例：HIM は SEM に比べ、焦点深度が深く材料コントラストが高い
(試料：旧半導体先端テクノロジーズ (株) 提供)



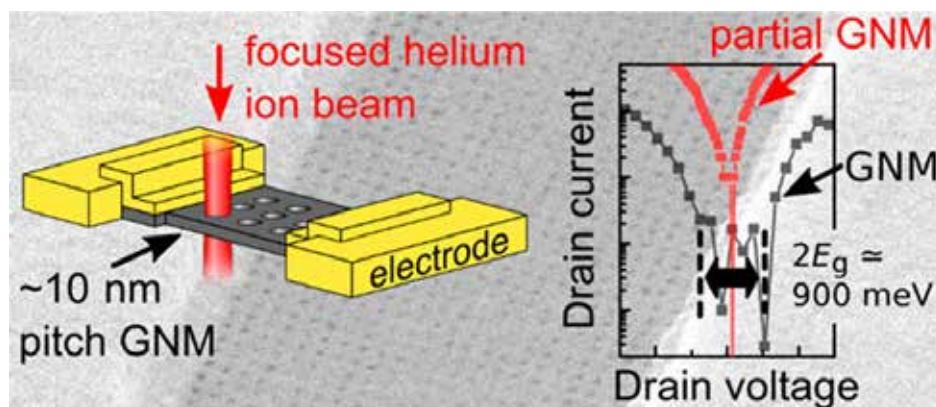
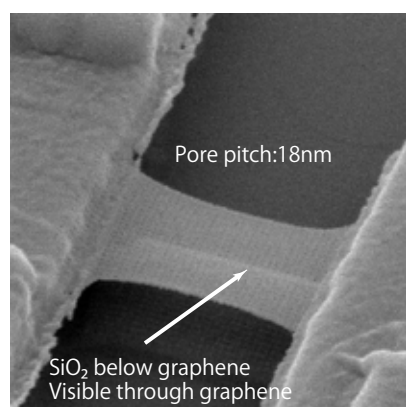
絶縁ガラス上のフォトマスク (クロム) パターン観察例：
SEM では帯電現象で観察不可能であるが、HIM では電子線シャワー併用で観察可能である



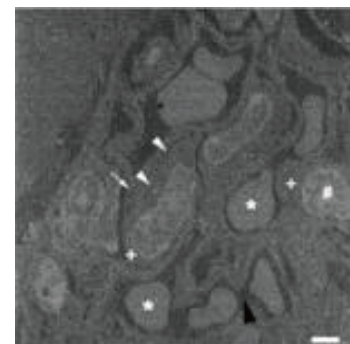
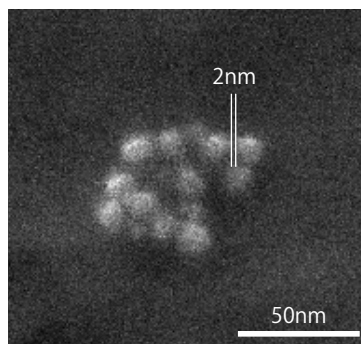
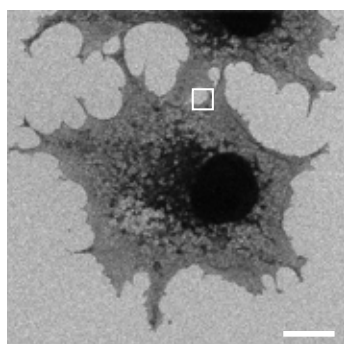
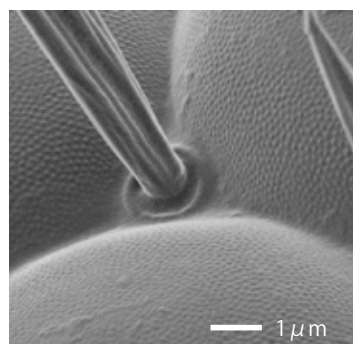
ヘリウムイオン照射誘起点欠陥によるグラフェン膜の電子状態制御 (金属⇒半導体⇒絶縁体) によるトランジスタ作製例 (産総研 中払周氏 共同研究 ACS Nano, 7, 5694 (2013))



ヘリウムイオン照射によるアンダーソン局在現象を用いたデバイス作製目的のパターニング例 (産総研 内藤裕一氏 共同研究 Appl. Phys. Lett. 108, 171605 (2016))



金属電極間に架橋したグラフェン膜へのヘリウムイオン照射による微細孔アレー (数 nm 径、18nm ピッチ) 作製および得られた電気特性の一例 数 nm サイズ以下のナノリボン構造、微細孔アレーによりバンド構造、電子・フォノンの流れの制御が可能となり種々の新規デバイス作製に適用可能 (北陸先端科学技術大学院大学 水田博教授との共同研究 ACS Appl. Mater. Interfaces, 10, 10362 (2018))



生体試料観察への応用例 左図：ショウジョウバエの眼の表面、nm スケールのモスアイ構造 (中央部突起は機械刺激感受器) (理研 林茂雄様 共用設備利用)、中央図：COS7 細胞 (腎臓) の観察例、マーカー金粒子で 2nm 程度の分解能、右図：腎臓細胞の観察例、無電子染色で高コントラスト観察可能 (産総研 佐藤主税氏 共同研究 International Journal of molecular medicine 42, 309 (2018))