

Helios 5 Laser PFIB

ミリメートル領域の断面および三次元解析を ナノメートル分解能で迅速に

Thermo Scientific Helios 5 Laser PFIBは、他に類を見ない高い性能で大容量の三次元解析、ガリウムフリーの試料作製と正確な微細加工を可能にするシステムです。フェムト秒レーザーを搭載し、最速の加工と優れた加工断面品質を実現。

Thermo Scientific™ Helios™ 5レーザーPFIBは、業界をリードするHeliosファミリーの第5世代装置になります。類まれな高い分解能の画像取得と分析を可能にしたクラス最高レベルのThermo Scientific Elstar™ SEMカラムおよびどんな条件においても高いイオン加工性能を発揮するプラズマ集束イオンビーム(PFIB)を備えたデュアルビームシステムにさらに前例のない加工速度でミリメートルの領域を短時間加工するフェムト秒レーザーを搭載しました。

統計精度の高い断面と三次元解析

フェムト秒レーザーは、ガリウムFIB装置の1万倍の速さで加工できます。多くの材料において数百ミクロン幅の断面を5分以内に加工します。「アブレーション」というFIBのイオンスパッタと異なる材料除去メカニズムを利用するため、ガラス、セラミックス、硬質ポリマー、軟質ポリマー、バイオマテリアル、グラファイトなど加工が困難な非導電性材料やイオンビームによる損傷を受けやすい材料でもレーザーで容易に加工できます。また、チャージや加工すじが問題とならないため、レーザーの加工では保護膜を形成する必要はありません。これも作業時間の短縮、そしてスループットの向上につながります。

レーザーPFIBは3種類のビーム(電子 / イオン / レーザー)が試料上の1点をそれぞれ別の角度から覗くように設計された装置です。従ってレーザーとSEMを短時間で切り替えられ、手間のかかる真空搬送も不要になります。また、SEMIにより迅速で高精度な加工位置のフィードバックが得られるため、レーザートモグラフィーによる完全自動化された特大三次元解析を可能にする唯一の解析装置になります。

主な特長

超高速の材料加工 : Ga-FIB装置の最大15,000倍の除去速度により、ミリメートル領域でも断面を素早く加工できます。

より短時間で大容量解析を実現するため、統計精度の高い断面と三次元の構造解析が可能です。

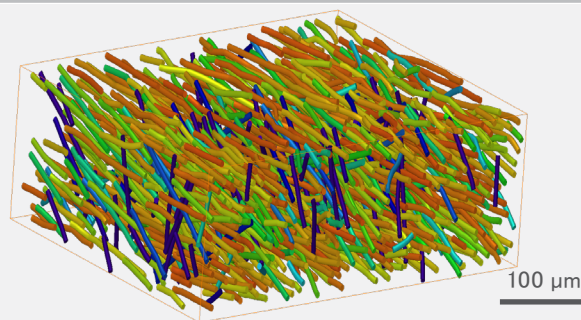
試料面の同じ位置に3つのビームの交点があり、高い加工位置精度があります。

深部からTEM試料や三次元解析用のチャンクを抽出でき、高速で深部の材料解析を実現します。

非導電性材料やイオンビームによる損傷を受けやすい材料などのFIB加工が困難な材料でも素早く加工できます。

加工と観察の繰り返しでは装置間の行き来の必要がないため、大気に反応する試料の観察も素早く簡単に試料本来の構造が観察できます。

これまでに培った実績のあるHelios 5 PFIBの機能を搭載 : プラズマFIBにより、ガリウム汚染のないTEMやAPTの高品質試料作製や超高分解能イメージングが可能です。

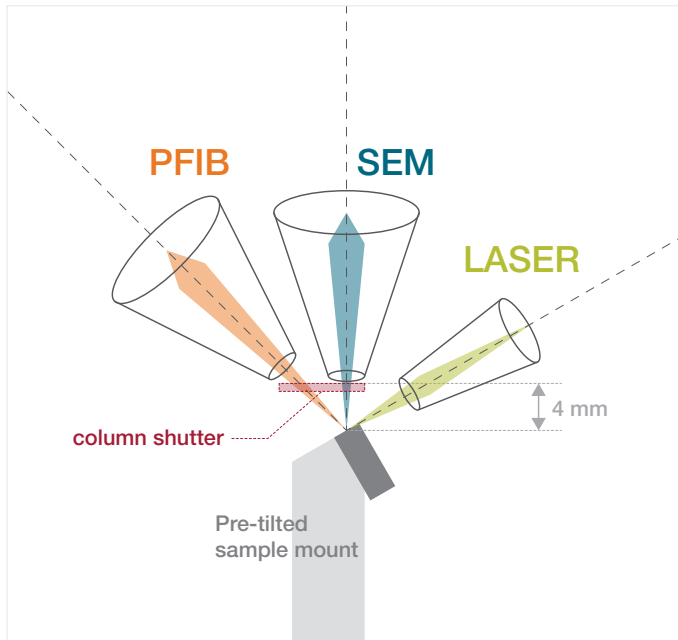


エポキシ内の炭素繊維強化複合材料のレーザー加工による三次元再構築

高品質で大容量の解析

フェムト秒レーザーは、パルス幅が非常に短いため、熱によるアーチファクトをほぼ生じません。レーザー加工では機械研磨に比べて加工位置精度がはるかに高く、剥離も起こしません。フェムト秒レーザーは熱影響がなく、微小クラックや溶融も発生しません。ほとんどの場合にフェムト秒レーザーによって得られた断面はSEM観察に十分な品質であり、表面に敏感なEBSDマッピングにも利用可能です。表面をさらに良い状態にしたい場合、短時間のPFIBクリーニングにより微細な構造がはっきり見えるようになります。フェムト秒レーザーの加工は大容量のため、ガリウムよりも加工能力に優れたプラズマFIBとの組み合わせが適しており、高いスループットを維持します。

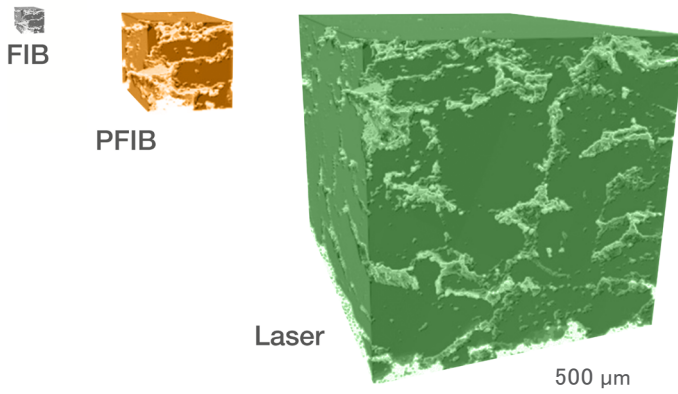
実績のあるHelios 5 PFIB装置にレーザーを搭載することで、最先端テクノロジーを満載したこの装置は、高分解能S/TEMやアトムプローブトモグラフィー（APT）用の試料作製、高コントラストSEMイメージングなど、DualBeam™で必要な機能を最高レベルで提供します。



Helios 5 Laser PFIBの概略図。試料上の一点にビーム交点を持ち、レーザーとSEMを高速で切り替える事により位置精度の高い加工、またスループットの向上や三次元の構造解析が実現します。

Helios 5 Laser PFIBのアプリケーション

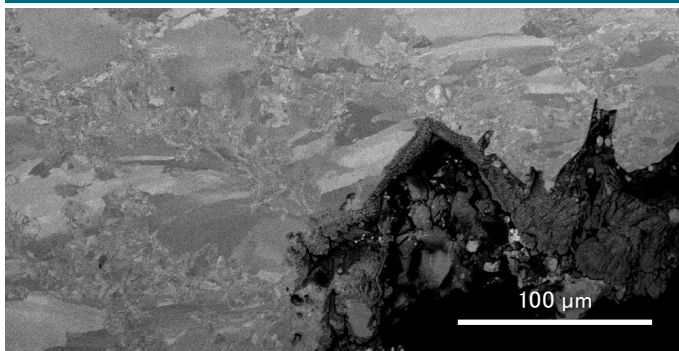
- 不良解析用の迅速な大面積加工
- PFIBでは不可能な深さの断面加工
- 大容量の高速、高精度サンプリング（複雑な形状の試料、チャンク加工、マイクロCT用試料作製など）
- ミリメートルクラスの大容量三次元構造解析（SEM像、EDS分析、EBSD分析）
- 一つの試料室内の真空下でフェムト秒レーザー加工と高分解能SEM観察を可能とし、大気に敏感な試料（例えば電池材料）のさまざまな解析を容易に実施
- 困難な材料の加工（例えば、炭素材料、イオンに敏感な材料、絶縁物など）
- 深部からの試料抽出による広範な相関顕微鏡観察



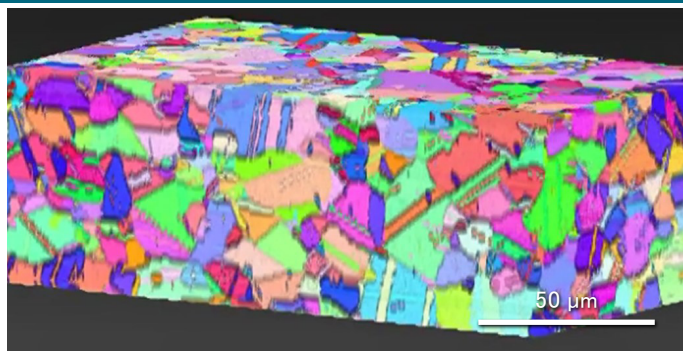
Ga-FIB、プラズマFIB、およびフェムト秒レーザーによる同一時間で取得可能な三次元データの容量比較

レーザーPFIBの応用事例

金属(導電性材料)

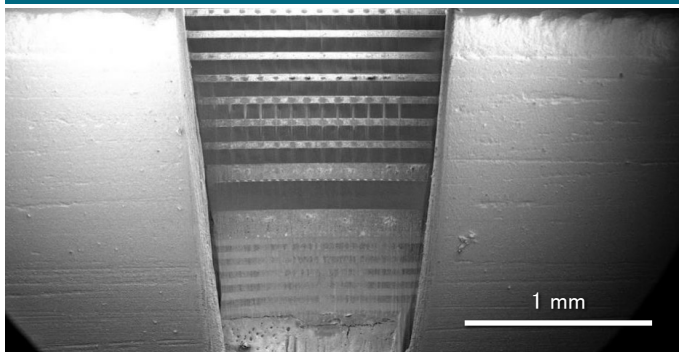


3Dプリンターで作られた鉄鋼材料

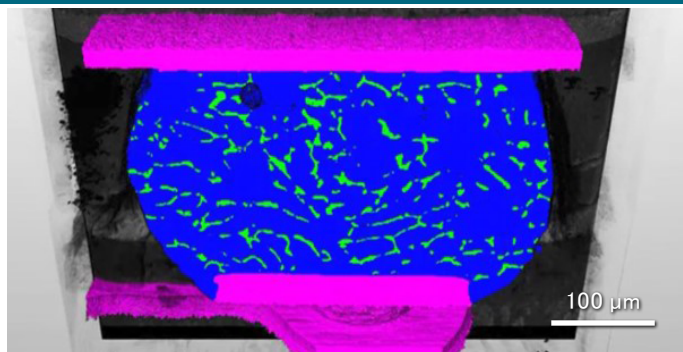


ニッケル基超合金の三次元EBSD

半導体(導電性、または非導電性)

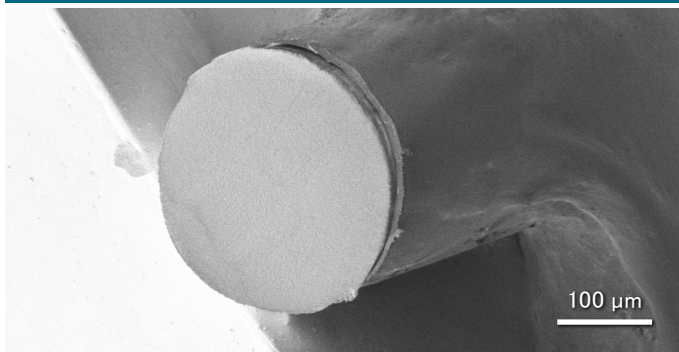


GPUスタック

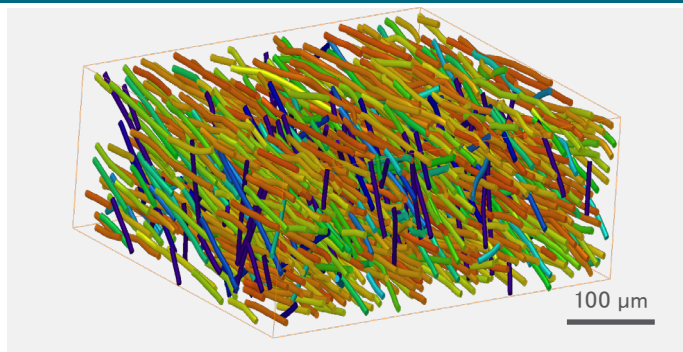


はんだバンプの3D再構築

ポリマー(非導電性、電子ビームによる損傷を受けやすい)

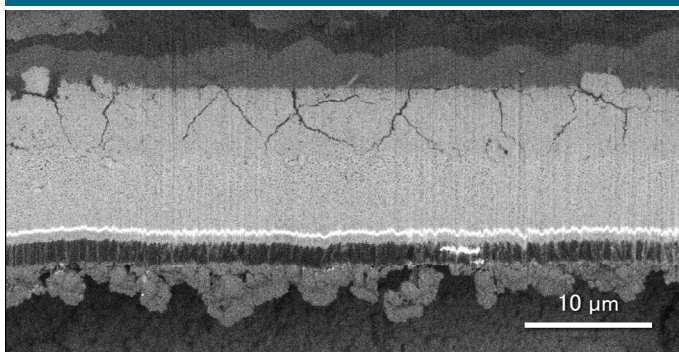


ナイロン6.6(繊維)

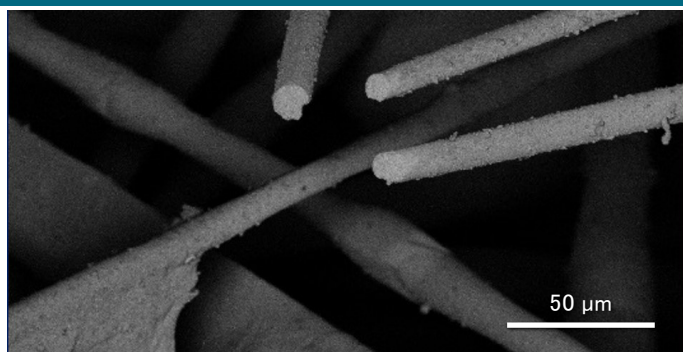


炭素繊維強化エポキシ複合材料

ガラス/セラミックス(非導電性、熱・衝撃による損傷を受けやすい)



全固体電池パッケージ



ガラスファイバー

加工条件の目安	FIB	PFIB	フェムト秒レーザー加工
最大容量※1	40 × 40 × 40 μm^3	200 × 200 × 200 μm^3	2000 × 2000 × 1000 μm^3
最大電流量	65 nA	2.5 μA	1mA程度(イオンビーム電流値に換算)
大容量加工時のスライス用電流量※2	10 nA	180 nA	74 μA (イオンビーム電流値に換算)
スポットサイズ	1 nm ~ 4 nm	15 nm ~ 15 μm	15 μm

※1 同一の取得時間で解析可能な最大容量の目安

※2 多くの材料で実際に使用する スライス加工の電流値

フェムト秒レーザーの仕様

レーザー統合	SEM、PFIB、レーザーの3つのビームを一つの試料室に搭載し、試料上の一点にビームの交点をもつことで高い加工位置精度、再現性の高い加工と三次元構造観察を実現。	
基本波	波長	1030 nm(赤外線)
	パルス幅	< 280 fs
第2高調波	波長	515 nm(緑色)
	パルス幅	< 300 fs
光学系	ビーム交点	WD(作動距離)=4 mm(SEM、FIBと同じ)
	対物レンズ	可変(電動式)
	偏光	水平/垂直
パルス繰り返し周波数	1 kHz ~ 1 MHz	
ビーム位置精度	< 250 nm	
保護シャッター	SEM / PFIB自動保護シャッター利用	
ソフトウェア	レーザー制御ソフトウェア	
	3Dレーザー連続スライス加工ワークフロー	
	EBSD取得用3Dレーザー連続スライス加工ワークフロー	
	レーザースクリプティング機能※	
安全機能	インターロック式レーザーエンクロージャー(レーザー安全規格クラス1)	

※オプションのAutoScript 4ソフトウェアで対応

詳細については、thermofisher.com/LaserPFIB をご覧ください

ThermoFisher
S C I E N T I F I C