

# Merlin T4

Merlin T4 は、コンパクトで多用途なハイブリッドピクセル直接電子検出器で、CERN の最新開発である、待望の Timepix4 ASIC をベースとしています。Timepix4 ASIC は次世代の ASIC で、Timepix3 と Medipix3 の利点を 1 つの検出器に統合しています。



## 特徴

- Medipix3 と比較して電流量で 15 倍、基本フレームレートで 20 倍の高速化しています。これにより通常の速度に近い速度でのイメージングが可能になりました。
- Timepix3 と比較して、時間分解能が 8 倍、電子フラックス容量が 4 倍に向上し、超高速 4D-STEM などの超高速 TEM 技術や、低電子線量が必要な試料の撮影が可能になりました。
- スキャン速度の向上によりドリフトが低減し、試料へのダメージの低減がはかれます。
- 時間分解能、閾値時間モードの両方が使用可能になりました。
- フレームモードでは通常の STEM と同等のスキャン速度が実現可能になりました。
- 連続読み取り書き込みモードで動作するため、デッドタイムゼロですべての電子を記録可能です。
- 従来の検出器と比較してコンパクトな設計になりました。

- 4D STEM / 超高速 4D STEM
- 3D ED/ MicroED
- タイコグラフィ
- 歪みイメージング
- ローレンツ顕微鏡
- 動的 TEM イメージング
- その場特性評価
- クライオ-STEM

**Merlin T4 は、4D-STEM や 3DED/MicroED など、多くの TEM アプリケーションにおいて、新たな実験の可能性を提供します。**

MerlinEM T4 は時間分解能の向上と検出器の大型化により、相転移、ドメインウォールの移動、機械的変形、バンドギャップ転移、有機分子の構造変化など、動的かつ超高速の現象を従来の透過型電子顕微鏡で観察することが可能になります。これらは、医薬品からエレクトロニクス、医療に至るまで、さまざまな分野で重要な役割を果たします。

## Merlin T4 は、TEM で利用可能な唯一の CERN TimePix 4 チップを搭載した検出器です

### イベント駆動型データ

Merlin T4 は、ピコ秒単位のイベント駆動型データ取得システムを備えており、従来のイベント駆動型検出器と比較して 1 桁以上高速なデータ収集を実現しています。イベント駆動型検出方式を採用することで、フレーム概念を超えたイベントの記録が可能になりました。これにより、動的プロセスを追跡可能となり、疎なデータセットを用いて全ての有用な情報を記録・取得できるようになりました。

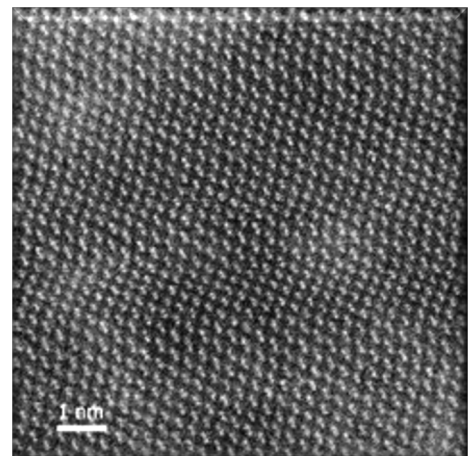


図1 : 1k x 1k のSi[110]の画像  
4D-STEM スキャン、プローブ電流22.4 pA、収束角30 mrad、デュエルタイム 10 μs



### Time of Arrival (ToA)

イベント駆動モードでは、Merlin T4は検出されたすべてのイベントについて、位置・エネルギー・到達時間の同時測定が可能です。従来のフレーム単位でのデータ収集方式とは異なり、本装置はイベントデータの連続ストリームを生成します。検出された電子エネルギーに関する情報を用いて各ピクセルの完全なスペクトルデータを生成します。

### Time over Threshold (ToT)

従来の信号処理手法では、入射放射線によって検出器が生成する信号を電圧パルスに変換し、そのパルス高さを測定することで放射線エネルギーを算出しますが、Merlin T4にはToT (Time Over Threshold) モードが搭載されており、デジタル出力のパルス幅を測定することでエネルギーを取得します。このモードでは、コンパレータが電圧パルスを閾値電圧と比較し、閾値を超えた場合にのみデジタルパルスを出力します。

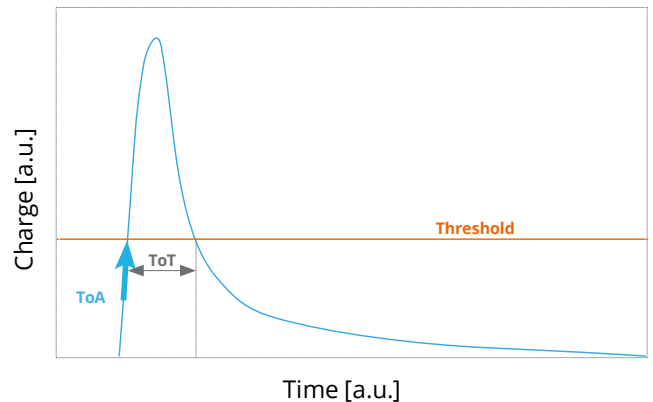


図 2 : Merlin T4 はTime of ArrivalモードとTime over Thresholdモードの両方のイベント駆動モードで動作します。

### フレームモード — ギャップレス読み出し

Merlin T4 は連続読み取り書き込み (continuous read write, CRW) 機能を備えたフレームベースモードで用いることもできます。各ピクセル内には2つのカウンタが搭載されており、これらを交互に使用することで読み出しギャップをなくすことができます。一方のカウンタが計測を行っている間、もう一方のカウンタがデータを出力します。この独自の方式は、ビームの影響を受けやすいサンプルの測定において特に重要です。読み出しに時間的な空白が生じないため、サンプルへの露光範囲のすべての情報が確実に読み取られ、記録されます。

### 技術仕様

|                             |                                                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Resolution:                 | 512 x 448, 55 $\mu\text{m}$ pitch                         |
| Active area:                | 694.4 $\text{mm}^2$                                       |
| Event mode:                 | Time over threshold and time of arrival                   |
| Readout bandwidth:          | ~81Gps                                                    |
| Time of arrival resolution: | 195 ps                                                    |
| Count rate (event mode):    | >70 pA current at 200keV                                  |
| Frame mode:                 | Continuous Read Write (gapless)                           |
| Maximum frame rates:        | 40 kfps (8-bit)                                           |
| Mount:                      | Compact, retractable, interlocked. Fits most microscopes. |

