

ハイブリッド型多次元 픽셀検出器 HyPix-3000



1. はじめに

HyPix-3000は、ラボユーザーのニーズに応える次世代の2次元半導体検出器です。検出部に縦横に配列されている 픽セルのサイズは100 μm と非常に小さく、高い位置分解能を実現しています。同時に、HyPix-3000は約3,000 mm²という有効検出面積の広さと10⁶ cps/pixelという高い計数率を有しています。また、X線を直接検出する光子計数型の採用により、滲みのない回折像を得ることができます。これにより圧倒的なデータ読み出し時間の速さと完全なノイズフリー測定を提供します。

HyPix-3000は、汎用性の高さとメンテナンスの容易さを兼ね備えています。コンパクトなボディ設計により、広い2 θ 測角範囲をカバーできます。CCD検出器に必要な冷却装置や、ガス検出器に必要なガス交換、内部芯線の洗浄など、面倒なメンテナンスを必要とせず、長期間安心して使用できます。

2. 0次元／1次元／2次元のすべての測定モードをカバー

HyPix-3000は、全自動水平型多目的X線回折装置SmartLabに搭載することにより、2次元検出器としての機能だけでなく1次元、0次元検出器としても動作します。これまでのように0次元検出器、1次元検出器、2次元検出器を個別に準備し、用途に応じて載せ替えるという煩わしさがなく、すべてのアプリケー

ションをこの1台で行うことができます。粉末の高速測定から薄膜の2次元測定まで、幅広い用途でお使いいただけます。

3. バックグラウンドを極限までカット

HyPix-3000の個々の 픽セルには2個のコンパレーターが内蔵されており、その閾値をそれぞれLow側とHigh側に指定することにより、適切なエネルギーウィンドウ設定ができます。Low側の閾値は電気ノイズや蛍光X線によるバックグラウンドの上昇を低減し、High側の閾値は宇宙線や連続線などのノイズとなる原因を除去します。これによりS/Nの優れたデー

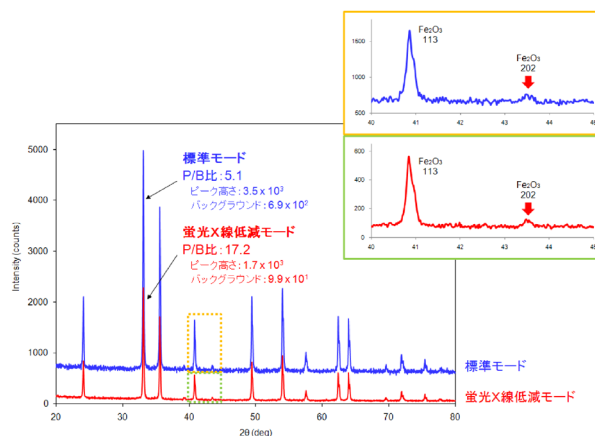


図1. 標準モードおよび蛍光X線低減モードで測定した酸化鉄粉末のX線回折パターン。

タを取得できます。

図1は、標準モードおよび蛍光X線低減モードで測定した鉄を含む粉末試料のX線回折パターンを示しています。蛍光X線低減モードで測定することにより、鉄系試料をCu線源で測定した場合に問題となるバックグラウンドの上昇を抑え、通常の測定ではバックグラウンドに埋もれてしまうような微量な成分も明確に検出できています。

4. 広いダイナミックレンジ

HyPix-3000は2つの16 bit デジタルカウンターを内蔵しています。これらを結合し、1つのカウンターとして動作させることで、31 bit の高計数カウンターとして使用することが可能になります。この31 bit モードにより、広いダイナミックレンジを必要とするような測定であっても問題なく測定できます。

図2は、シンチレーションカウンターおよびHyPix-3000の31 bit モードで測定したInGaN/GaN 多重量子井戸 (MQW) 構造試料の高分解能ロッキングカーブプロファイルを示しています。HyPix-3000の31 bit モード測定で得られたプロファイルは、薄膜からの弱い回

折線と基板からの強い回折線を同時に測定できています。また微細なピクセルサイズと相まって、明確なピークの分離が観察できています。

5. 100 μm ピクセルで優れた位置分解能を実現

HyPix-3000のピクセルサイズは100 μm と非常に小さく、優れた位置分解能を実現しています。0次元モードによる測定では、図3に示すように、半値幅 (FWHM) 0.03°以下の高分解能測定が可能です。

6. ゼロデッドタイムで高速測定

HyPix-3000は、2つのカウンターを計数/読み出しと交互に切り替えることにより、データ読み出しにかかるデッドタイムを実質ゼロにできます。そのため、シャッターレス測定による連続した時分割測定が可能となり、*in situ* (その場) 測定にも最適です。

図4は、HyPix-3000の特長である高速読み出しと検出面積の広さを生かし、温度上昇による結晶相転移の過程をX線回折測定でリアルタイムにとらえた例を示しています。温度の上昇に伴い、コランダム、クォーツ、カルサイトの混合物から、中間層を経てゲーレンナイト、カルサイトの混合物から、中間層を経てゲーレン

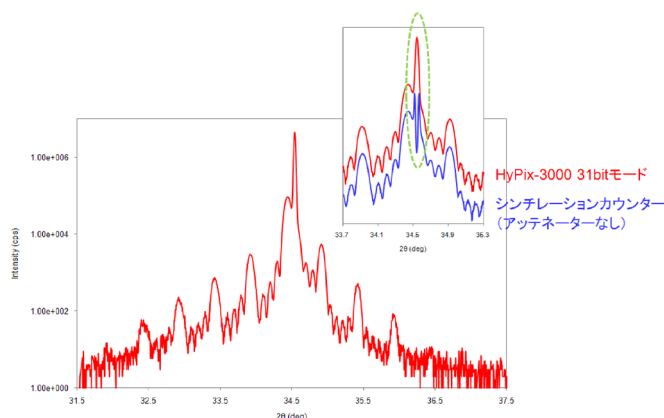


図2. InGaN/GaN MQWの高分解能ロッキングカーブプロファイル。

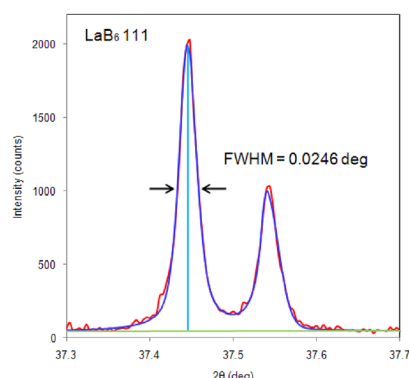


図3. LaB₆粉末のX線回折プロファイル (0次元モード測定)。

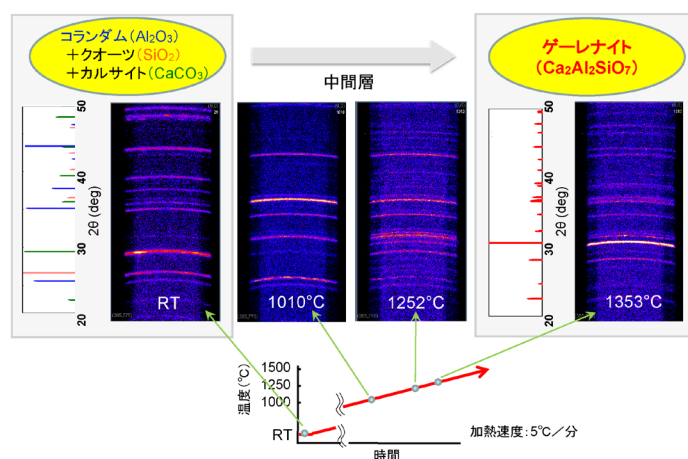


図4. セラミック合成過程の *in situ* 測定。



表1. 主な仕様.

検出素子	ピクセル型シリコン半導体素子
有効検出面積	2,984 mm ² (77.5×38.5 mm)
ピクセルサイズ	100×100 μm
ピクセル数	775×385=298,375 ピクセル
データ転送フォーマット	Differential/31 bit/Zero dead time
計数率	Global: >2.9×10 ¹¹ cps Local: >1×10 ⁶ cps/pixel
検出効率	Cr, Fe, Co, Cu: 99% Mo: 38%
読み出し時間	3.7 ms (zero dead time モードでは0 ms)
エネルギー分解能	25%以下 (@CuKα)
寸法	147(W)×93(H)×180(D) mm
重量	約2 kg

図5に、 $(\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3$ (PLT) 配向膜/Pt下地/Si基板からなる強誘電体薄膜の広域逆格子マップを示します。わずか15分程度の時間で広範囲の逆格子マップが測定できています。