

Product Introduction

新製品紹介

レティクル／マスク異物検査装置PD Xpadionの紹介 ～多種多様な顧客要望に対応可能なプラットフォームを構築～

Introduction of Reticle/Mask Particle Detection Integrated System

出島 悠貴

DEJIMA Yutaka

染谷 翔太

SOMEYA Shota

PDは半導体製造プロセスの露光工程で使用されるレティクル／マスク上の異物を検査する装置である。これまで市場やアプリケーション毎に開発していたPDシリーズを一つのプラットフォームに統合し、2021年に新製品となるPD Xpadionを開発した。高いカスタマイズ性を持ち、多種多様な半導体市場の要求に応えられる製品となっている。本記事ではPDの測定原理をはじめ、新製品PD Xpadionの特徴や新機能を紹介していく。

PD is an instrument to detect particles on Reticle/Mask used in the semiconductor exposure process. A new product PD Xpadion, which is an integrated PD series to one platform, was released in 2021. It is designed for easy customization and to meet a wide variety of requests in the semiconductor market. This article will introduce features and new functions of PD Xpadion.

はじめに

PDは主に半導体工場における露光工程のプロセス品質管理や、マスクショップのマスク製作における中間検査・出荷前検査などの品質管理に使用されている。また近年では、最先端のEUV露光における生産プロセスの品質管理にも採用が始まっており、これまで世界中で370台以上の稼働実績を持っている。

半導体市場における分析装置への要求は工場自動化や各種SEMI規格対応、パターン微細化に伴う高集積化・高機能化実現のための技術進展などを背景に変化し続けている。要求内容は年々多様化・複雑化してきており、従来のPDシリーズのプラットフォームでは対応が困難になってきた。

堀場製作所はこれまで40年近くレティクル／マスク（以下、レティクル）市場に異物検査装置を供給し続けることで、顧客が求める分析装置に対する要求と自動検査装置の開発設計ノウハウを蓄積してきた（Figure 1）。

市場要求に迅速に対応するため、それらの成果を整理し、これまでのPDシリーズを一つのプラットフォームに統合したのが新製品PD Xpadionである。

PDの測定原理

PDの異物検出の基本的な原理はレーザー光をレティクル上に照射し、散乱した光を検出する方式となる。

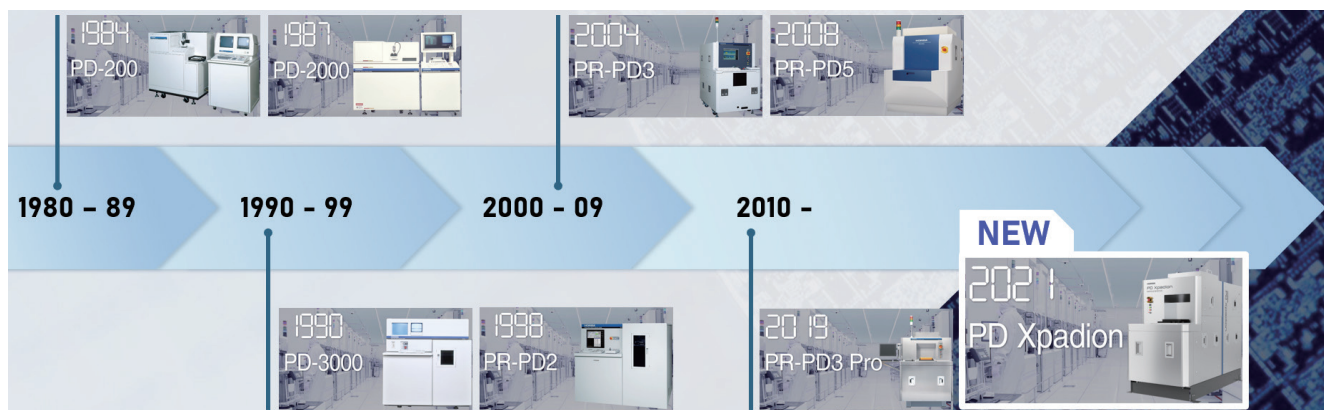


Figure 1 History of PD series.

ガルバノスキャナを用いてレーザー光を走査し、同時にステージを移動させることでレティクル全面を測定することができる。また、検出用の光学系を測定対象の上下に配置することで、パターン面、ペリクル面、ガラス面の3面の高速検査を可能にしている (Figure 2)。

異物検出用の光学系に関しては、パターン付きレティクル用途の標準光学系とマルチ検出機光学系、ブランクスマスク用途の高感度検出光学系を準備しており、対応するアプリケーションに応じて選択する (Table 1)。

標準光学系

パターン付きレティクルの検査用に設計した検出光学系では最高0.35 μmまでの検出感度に対応している。微細なパターンから発生する回折散乱光を、誤って異物と判定してしまうことを誤検出と呼んでおり、パターン付きレティクル検査では、この誤検出を回避することが重要となる。この光学系では検出器の光学配置と計測光の偏光成分を管理することで、異物依存の散乱光の感度を保ちながら誤検出を低減している。

マルチ検出器光学系

標準光学系では円形パターンのように、特定の向きに強い回折散乱光を発生するパターンからの誤検出が課題となっていた。その課題を解決したのがマルチ検出器光学系である。装置内の特定の位置にもう一对の検出器を配置することで、いずれかの検出器が回折散乱光を回避することができる。これまで不得意であったパワー半導体の配線パターンや表面配線用のホールパターンなどのレティクルに対して、大幅に誤検出を低減できるようになった。

高感度検出光学系

ブランクスマスクはその表面にパターンが形成されていないため、パターン付きレティクルからの回折散乱光を回避する必要がない。異物から発生する散乱光を積極的に検出する全光集光型の光学系を採用することで、異物サイズ0.1 μmまでの高感度検査を実現している。

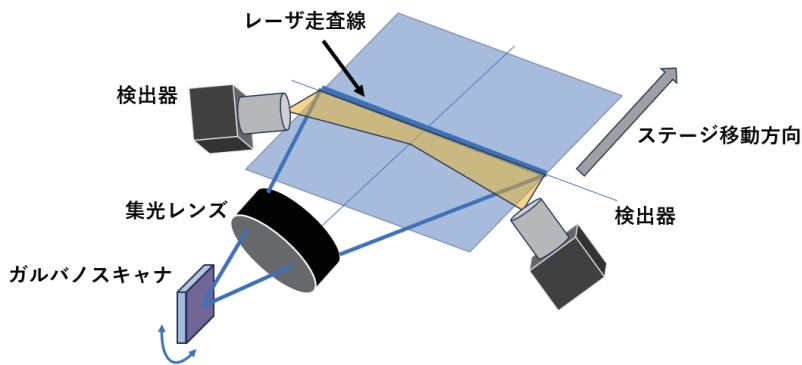


Figure 2 Structure of optical system.

Table 1 Optical system option list.

	標準光学系	マルチ検出器光学系	高感度検出光学系
光学配置			
特徴	—	誤検出低減	高感度
検査対象	パターン付きレティクル		ブランクスマスク

新製品PD Xpadionの特徴

PD Xpadionは組み合わせによる柔軟なカスタマイズ性と、高いユーザビリティに特徴を持つ製品である。以下にそれぞれの特徴について詳細を述べる。

特徴1：柔軟なカスタマイズ性

PDはレティクルメーカーの出荷検査、半導体デバイスメーカーのルーティン検査など様々な用途で使用されている。顧客の使用用途に合わせた検出感度やレティクルサイズなど、アプリケーションに応じて装置構成を変更している。従来のPDシリーズでは、製品型式におけるカスタマイズの対応範囲が制限されていたが、PD Xpadionではオプションをユニットとして組み合わせることで対応範囲が広く、迅速なカスタマイズ対応を実現している。

カスタマイズの代表的な例がサンプルを設置するロードポートである。露光工程において半導体回路製造の原板となるレティクルは、通常異物汚染を防ぐため常に専用のケースまたはポッドに入れて管理されており、PD Xpadionでは国内外の露光装置メーカー毎のケースに対応している。運用に応じて、複数のケースを設置できる多段スロットからの搬送や、OHT (Overhead Hoist Transport：搬送物を吊り下げた状態で保持し、天井に設置された軌道レールを走行する自動搬送装置)との連携など様々な工場運用に対応できるオプションを用意している。

異物検出用の光学系は先に説明した通りパターン付きレティクルやブランクスマスクなど用途やアプリケーションに応じて選択する。

他にもバーコードやRFIDなどのコード読み取り機能や、9インチレティクル対応など多くのオプションを備えており、特定の組み合わせに限定されない、顧客の運用に合わせた幅広いカスタマイズを実現する。

特徴2：高いユーザビリティ

PD Xpadionでは顧客の業務フロー改善に有用な多くの機能を実現している。その中でも改善効果が大きい異物画像のオートサイズ機能と、異物欠陥のランク分類シミュレーション機能について説明する。

異物画像のオートサイズ機能

本機能はレーザー散乱光で検出した異物を顕微鏡観察し、画像処理にて自動的に異物のサイズを測定する機能である。レーザー散乱による異物検出原理では異物が発光する領域は分かるものの、その範囲は異物形状や材質等に大きく影響し、異物の実サイズとは一致しないことがある。生産工程における異物管理は検出異物の実サイズを用いて合否判定する運用が多く、特に大きな異物に対してオ

ペレータは手で検出異物を観察し対応を判断する必要があった。本機能を用いて検査から顕微鏡観察、サイズ計測の流れを自動化することにより、オペレータの業務負担を大きく軽減することができる。

異物欠陥のランク分類シミュレーション機能

PDでは検出異物が発光する領域の大きさに応じてA<B<Cの3種類にランク分けし、ランク毎の検出異物個数を用いて合否判定を行うことができる (Figure 3)。例えば最も大きいCランクの異物が5個以上含まれていればNGとするなど顧客の運用に応じた判定条件を設定できる。先述の通り、レーザー散乱による検出異物の発光範囲は異物の形状や材質により変動するため、従来機では閾値を変更しながら実測定を繰り返し、パラメータを最適化させる必要があった。複雑な条件の場合は半日以上かかる作業であった。PD Xpadionでは結果データからランク閾値変更後の状態をシミュレートする機能を用いてこの作業を効率化している。一度の測定を行うだけでレシピ作成を完了することができる (Figure 4)。

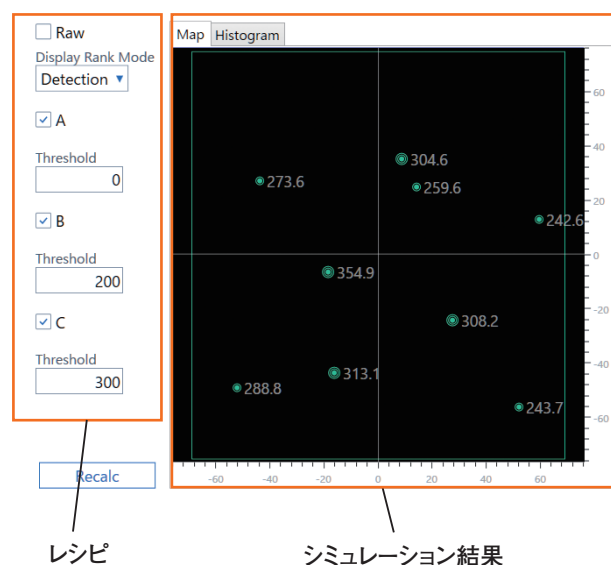


Figure 3 Software operation view.

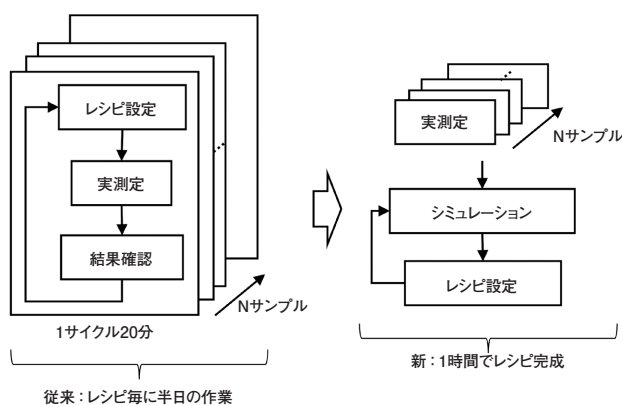


Figure 4 Comparison of optimization for recipe.

PD Xpation EXシステムの導入

異物検査に特化したPDとレティクル/マスク搬送ローダーを統合したシステム製品PD Xpation EXを2024年に新たに開発した。搬送ローダーと接続し、マルチロードポートや別ユニットとの連携を可能とすることでカスタマイズの幅を広げ、工場の運用に応じた最適な仕様を選択することで業務フローの改善に貢献する。

マルチロードポート

PD Xpation EXでは複数のロードポートを様々な種類の組み合わせで拡張することができる。工場内で複数の異なるケース種を運用している場合、従来のシングルポートの装置では特定のケースに移し替えPDにセットする必要があった。マルチロードポートでは運用されている複数のケース種に対応したロードポートを組合せることで、移し替え作業時のレティクル汚染リスクを低減する。

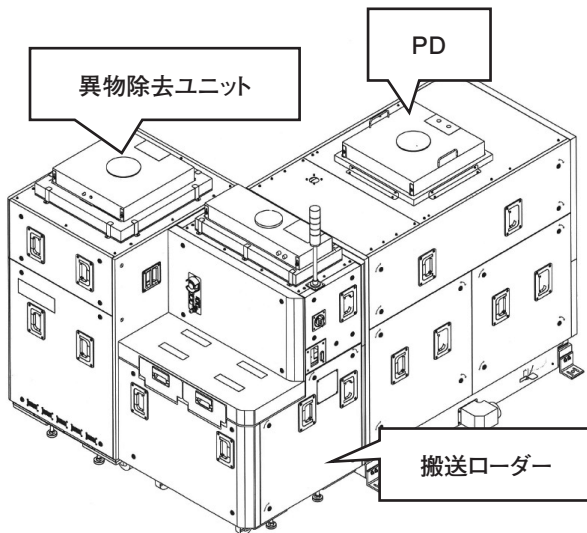


Figure 5 External view of the instrument.

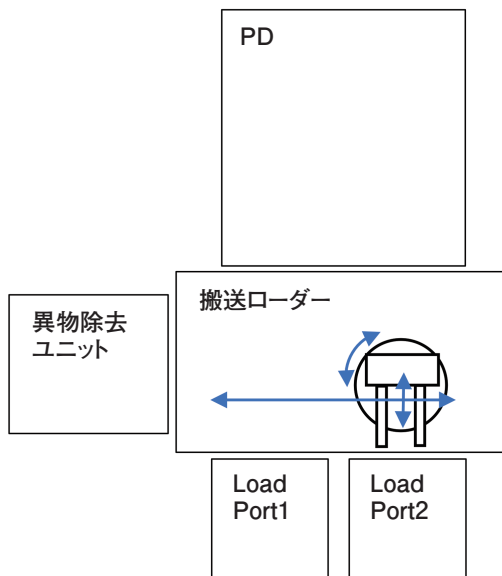


Figure 6 Structure of unit connection.

また、PDの異物検出結果がNG(特定の個数以上の異物を検出)となったレティクルのみを特定のポートに分別するなど、結果に応じてアンロードするロードポートを変更することもできる。

ユニット連携

PD以外のユニットを接続することで異物検出に「+ a」となる機能を付与する。その実例の一つが異物除去ユニットである。接続することでPDで検出したレティクルのペリクル面/ガラス面に付着した異物を自動で除去することが可能となる。

上下面からレティクルを挟んだクリーナーヘッドから吹き出すクリーンドライエアーにより異物を対象表面から離脱させ、さらに近傍で吸引することで効果的にレティクルのクリーニングを行う。異物除去作業を自動化することで作業を効率化するだけでなく、従来の人手でのエアブローでおこる人為的ミスでのペリクル破損や、ケースからのレティクル出し入れによる異物再付着といった課題も解決する。

ガラス面に5 μm、ペリクル面に20 μmのガラスビーズを付着させた除去性能検査では90%以上の除去性能を確認している。

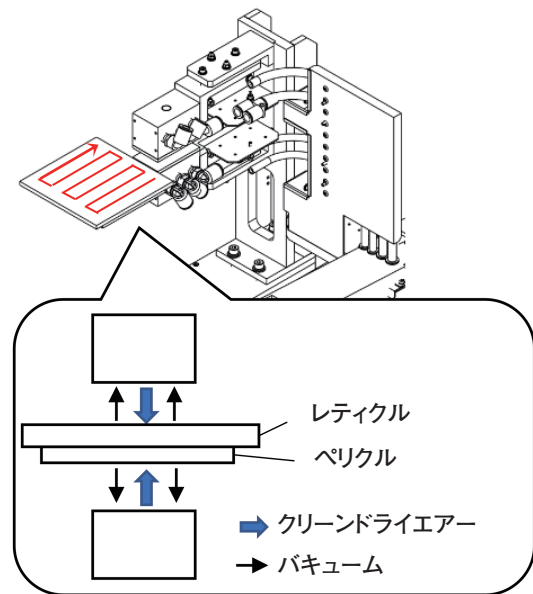


Figure 7 Mechanism to remove particles.

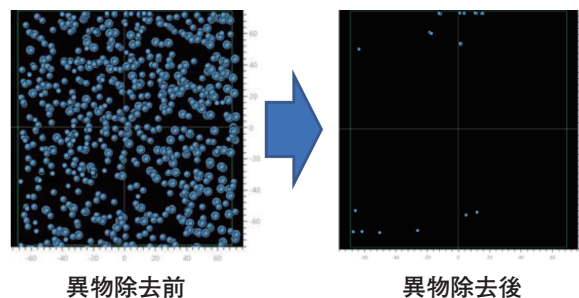


Figure 8 Particle removing result.

おわりに

今回紹介したPD Xpadionは、PDシリーズが長年培ってきたノウハウを一つのプラットフォームに集約させ完成した製品となる。過去に対応してきたカスタマイズを効率的にシステム設計に組み込むことで、多数の有用な機能を搭載した。また、これまでの検出課題であった誤検出も、新たな光学系を採用したことにより大幅に低減することができた。

PD Xpadion EXでは搬送ローダーを中心としたシステムを構築し、顧客に新たな付加価値を提供する。今後はHORIBAグループが所有するラマン分光やエリプソメータ、蛍光X線分析など各種分析装置を接続することで、さらなるアプリケーションの発展を目指していく。

対応できるアプリケーションの幅は広く、“新しいプラットフォーム”と“長年培ってきたノウハウ”を用いてお客様の課題を共に解決していきたい。

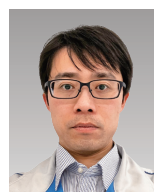
*編集局注：本内容は特段の記載がない限り、本誌発行年時点での自社調査に基づいて記載しています。



出島 悠貴

DEJIMA Yutaka

株式会社堀場製作所
先端材料・半導体センター 半導体ソリューション部
PD-EX Project チーム
PD-EX Project Team
Semiconductor Solution Dept.
Materials & Semiconductor Center
HORIBA, Ltd.



染谷 翔太

SOMEYA Shota

株式会社堀場製作所
先端材料・半導体センター 半導体ソリューション部
PD Application チーム
PD Application Team
Semiconductor Solution Dept.
Materials & Semiconductor Center
HORIBA, Ltd.