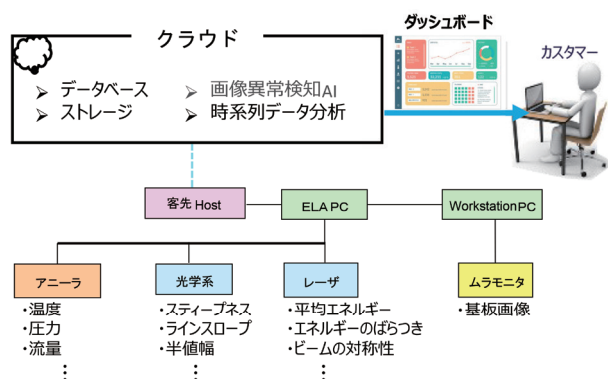


生産支援システム iSCAN[®] ~ ELA 装置の異常診断 ~

1. はじめに

エキシマレーザアニール(ELA)装置は、レーザ照射によってガラス基板上に成膜されたアモルファス(非晶質)シリコン膜をポリシリコンへと改質する装置である。高精細パネルの駆動部である TFT(薄膜トランジスタ)には低温ポリシリコンが広く用いられており、スマートフォン、車載モニタ、携帯型ゲーム機などの高精細パネルの製造に欠かせない装置である。

ELA 装置のような生産設備において、パネル製品の品質異常に対する早期検知機能、装置のダウンタイム抑制は重要なファクターである。当社においても、ELA 装置の安定稼働並びにプロセスの品質を維持するために、生産支援システム iSCAN[®](intelligent SCANNing)を開発し、運用を開始している。("iSCAN"は JSW アクティナシステム株式会社の登録商標です。) iSCAN[®] のシステム構成を図 1 に示す。

図1 iSCAN[®]のシステム構成

iSCAN[®]は様々な計測デバイスと、そこから取得したデータを分析するソフトウェア群で構成されている。データは客先のHost PCに集約され、VPN(Virtual Private Network)経由でクラウドにアップロードされる。収集したデータはフィルタリング、変換などの前処理を行った上で分析用の時系列データベースに保存される。また客先は、データ分析結果や異常検知結果を、インタラクティブなダッシュボードで確認することができる。

今回はクラウド上でのデータ分析にフォーカスし、iSCAN[®]の代表的な機能である、基板画像の異常検知、時系列データ可視化/分析アプリの2つの機能について紹介する。

2. 深層学習を用いた基板画像の異常検知

レーザアニールのプロセスでは様々な要因から基板に異常が生じる場合がある。図2に示すのはその一部で、レーザのエネルギーが強すぎると発生する膜飛び異常、基板上的パーティクル、ムラ、きず(基板割れ)などが挙げられる。異常が発生している状態で生産を続けた場合、不良品が生産され続け、歩留まりの悪化を招く。これを阻止するために、インラインで基板の画像から照射異常を自動的に検知するシステムが必要不可欠である。従来のELA装置では、照射後の基板画像の撮像を行うために、ライン型照明とラインカメラを用いた検査システムである、ムラモニタを組み込んでいる(図3参照)。

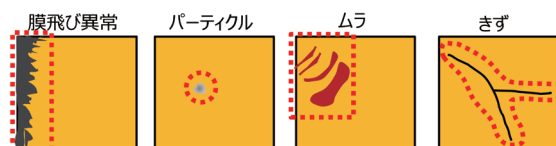


図2 基板異常の例

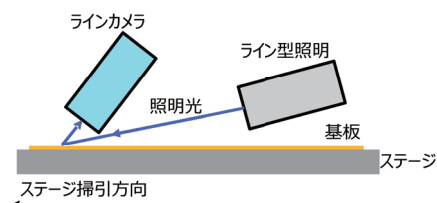


図3 ムラモニタの構成図

そこで今回はELA装置の画像撮像システムのムラモニタに、新しく深層学習を用いて撮像した基板の異常検知を行うシステムを開発した。

画像データの前処理や水増し、AIモデルの学習には、Pythonのオープンソース深層学習ライブラリであるPyTorchを使用した。Pythonには、TensorFlow、Keras、Chainerなど様々な深層学習用ライブラリがあるが、その中でもPyTorchは、直感的にコーディングでき、かつカスタマイズ性が高く、AIモデルの柔軟な設計が可能などのメリットがある。本検証では、AIモデルの学習には、事前学習済みのモデルのパラメータを初期値として利用するファインチューニングと呼ばれる手法を使用した。画像の特徴抽出に長けた事前学習済モデルに対して、新しく目的のタスク用の画像を再学習させることで、ランダムに初期化された重みでゼロからネットワークに学習させるよりもはるかに少ないデータ量、時間で学習を実施することができた。

製品・技術紹介

学習した AI モデルで未学習の基板を評価した結果、今回のテストでは AI の分類精度は 94.6 % となった。課題としては、全体的にきずの誤検知で判定精度が下がってしまっている。これは基板にもともとついているパターンや基板端の部分をきずと誤検知しているのが原因である。今後は、誤検知を防ぐための前処理、教師データ作成方法の見直しを実施し、AI モデルの精度改善を行う所存である。

また AI の判定処理時間に関しては GPU 使用時に 4.9 秒となり、目標の 10 秒以内を達成することが出来た。

3. 時系列データ可視化/分析アプリ

次に ELA 装置のビッグデータの可視化/分析アプリを紹介する。客先の生産ラインの歩留まり向上、ダウンタイム削減には、異常発生時に異常の原因を早急に特定し対処することが重要となる。現状は客先から異常と関係がありそうなログデータを送ってもらい、経験豊富なエンジニアがカン/コツで対応しており、場当たりの対応となっている。そのため、属人性を排除し、機器のセンサーから異常の兆候が見られた場合、オペレータに自動で状況を知らせ、また推測される異常の種類と、どのセンサーからの予知であるかを可視化する異常検知システムが求められている。今回はファーストステップとして、事後分析用データ可視化アプリを開発した。

ELA 装置では、当装置に搭載されたムラモニタによるムラスコアと、その他にもレーザーエネルギー、光学パラメータ、温度、圧力、流量などの 1000 個以上のパラメータを毎秒記録している。今回開発したデータ可視化アプリでは、上記すべてのデータを一括で読み込み、時間変化を可視化することができる。

図 4 にデータ可視化アプリの画面を示す。このアプリでは読み込んだデータの時間軸に対して、「正常時」、「異常時」のラベルをつけることができる。そのうえで左下の「表示変数選択部」で変数を選択することで、選択したパラメータの時間変化をプロットすることができる。また定義した「正常時」、「異常時」のデータは色分けして表示されるため、異常発生前後のパラメータの変化を確認しやすくなっている。

また本アプリではデータ可視化だけでなく、異常原因のパラメータ特定機能も内包している。さきほど定義した「正常時」、「異常時」の区間において読み込んだパラメータの特徴量(平均、ばらつき、変化量など)を計算し、「正常時」と「異常時」で差分の大きいパラメータをランキングで表示することができる。

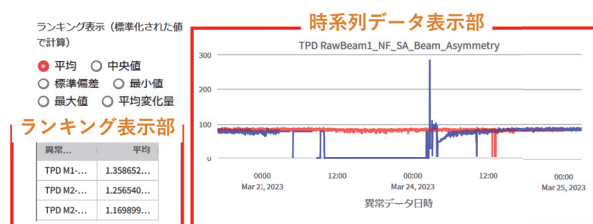


図 4 データ可視化アプリの画面

実際に過去の客先のトラブル発生時のログデータを用いて、異常原因パラメータ特定機能の検証を行った。ELA 装置では複数台のレーザーの発振を同期させているが、2 台のレーザーの発振タイミングのずれ量を示すパラメータである Sync Dev が高くなっており、その結果最終製品に不良が発生した、という異常である。トラブル前後のログデータを実際に本アプリで読み込み、「正常時」、「異常時」区間を設定し、異常原因パラメータのランキング表示を行った。その結果、レーザーの Sync Dev は異常寄与度がランキング上位に来るほど高くなっており、異常原因のパラメータを特定できていることがわかる。また「正常時」、「異常時」区間の Sync Dev をプロットした結果を図 5 に示す。青色が正常時、赤色が異常時を表している。正常時の Sync Dev が 2 ns 以下に収まっているのに対して、異常時は 3 ~ 5 ns と大きくなっていることがわかる。よって本アプリの異常原因特定機能を用いて、客先の不良の原因を特定することができたといえる。

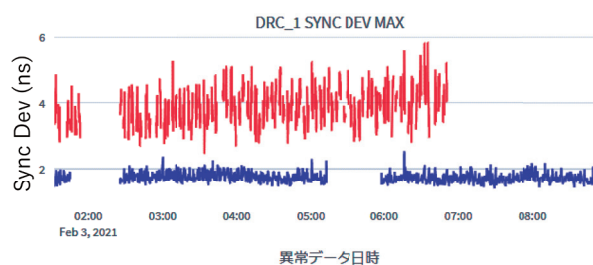


図 5 Sync Dev の時間変化

4. おわりに

今回紹介した機能・技術は iSCAN[®] の一部であり、iSCAN[®] は進化し続ける枠組みである。iSCAN[®] はすでに最新装置に導入しており、客先で運用を開始している。客先の生産データをクラウドにアップロードし、リアルタイムで装置の稼働状況を監視することで、装置のダウンタイムの削減、パネル製品の品質向上に貢献する。今後は客先からのフィードバックをもとにこれらのソフトウェアを改善し、客先に iSCAN[®] の有用性を実感していただき、ELA 装置の拡販及びサービス品質の向上に繋げていく。