



**PVA TePla**

半導体材料製造工程の  
デジタル化



# 半導体製造： 高品質な半導体材料の実現

## PVA TePlaの結晶成長装置のプロセス最適化

PVA TePla AGは、半導体製造装置のグローバル大手企業です。同社の半導体計測・評価装置は、業界内で高く評価されています。「PVA TePlaは、半導体製造ソリューションを世界中で提供しており、当社の製品はあらゆる半導体工場で使われています。今日の旺盛な半導体需要に支えられ、特にアジア市場と米国市場で強い存在感を築いています」と、PVA TePlaグループ社長のJan Pfeiffer氏は説明します。PVA TePlaはドイツのヴェッテンベルクを拠点とし、半導体材料の研究分野でイノベーションを牽引しています。

### EV性能向上の鍵を握るSiCパワー半導体

PVA TePla子会社のPVA Crystal Growing Systems (PVA CGS) は、結晶成長工程を専門として60年以上にわたり技術を蓄積してきました。その中でも、炭化ケイ素化合物を材料とするSiC半導体の製造に注力しています。

「SiC単結晶ウェーハは、絶縁破壊電界強度に非常に優れます」と、PVA CGS 電気設計チームリーダーのLukas Ewert氏は説明します。「従来のSi半導体と比較し、SiC半導体を使用することで同じ出力でバッテリー設計を小型化することが可能になります。これによりEVの軽量化が進み、大きなメリットをもたらします」





#### 高精度制御が求められる過酷な製造環境

PVA TePlaは、物理的蒸気輸送 (PVT) 法によるSiC半導体用の結晶成長装置を開発しています。

IO-Linkは、センサから詳細な情報を収集したい場所に使われています。例えば、流量センサSM8000を使用し、冷却回路の監視と制御を行っています。

「この工程では、炭化ケイ素粉末を黒鉛炉内で約2300°Cの高温で昇華させ、その蒸気を種結晶上に再結晶させて単結晶インゴットを形成します」と、Ewert氏は説明します。「高品質な結晶を得るためには、結晶成長工程全体を通して、炉内の温度と圧力を極めて精密に制御する必要があります。わずかな変動が工程全体に深刻な影響を及ぼし、重大な品質損失につながる可能性があります」

結晶成長には最長3週間もかかり、この工程を常に監視・制御して最高の品質基準を満たす必要があります。

#### 工程品質を安定させるスマートセンサ

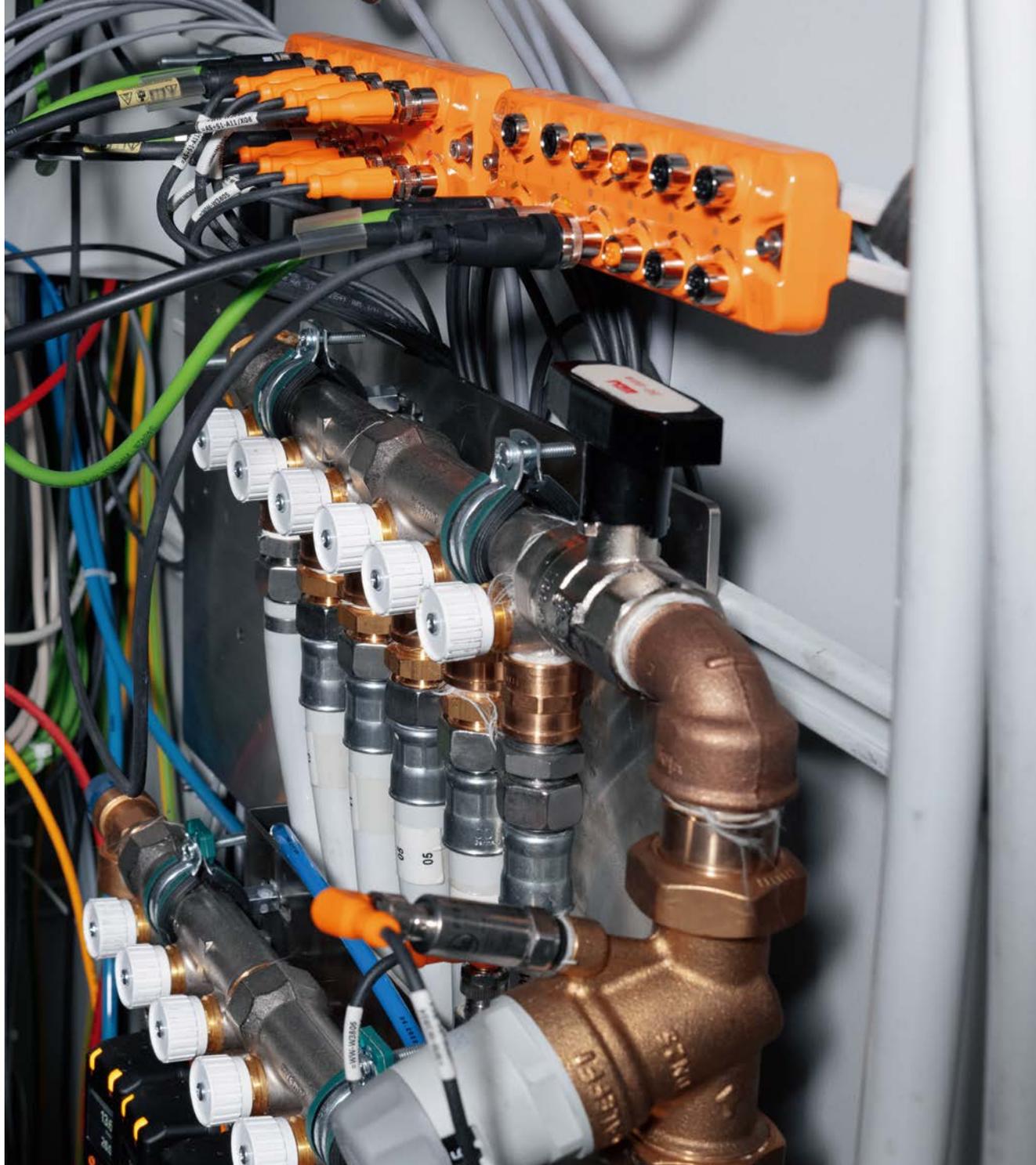
PVAでは、高精度制御を実現するためにifmのIO-Linkセンサを導入しています。

シリコンウェーハ製造では、温度・圧力などの工程パラメータを高精度に制御することが品質安定化の鍵となります。

「例えば、ifmの流量センサSV4200を使用して冷却水の流量を監視し、一定に維持します。これは、工程温度を安定させるだけでなく、設備の筐体や配管、さまざまな部品の損傷の原因となるオーバーヒートのリスクを防止するために重要です」と、Ewert氏は説明します。また、圧力センサPV8000は、冷却液の循環回路の圧力の他に、温度も監視します。「以前は、作業員がこれらの監視作業を行っていました。現在は、IO-Linkによりさまざまなプロセス値を収集して微小な変動も逃さず検出でき、逸脱時は迅速に介入することが可能です」と、同氏は言います。すべてのセンサを、IO-LinkマスタAL1202に接続してデータを一括して収集・伝送し、一元的に診断を行います。さらに、工程の状態を表示するシグナルランプDVも、IO-Linkマスタに接続して制御します。

#### IO-Link: 多彩な情報を取得し機械の状態を把握

IO-Linkは、メーカーを問わず統合できるデジタル標準通信規格で、長年にわたり自動化分野で広く普及しています。従来のバイナリ式のアナログセンサでは難しかった高分解能のプロセス値を収集でき、詳細な診断がIO-Linkでは可能です。標準化されたプロセスデータ構造で、配線作業の労力を削減して省配線化が可能になり、制御システムとIIoTをシームレスに統合できるなど、多彩なメリットをもたらします。1つのセンサで複数のプロセス値を測定し伝送でき、イベントデータの診断やリモートからのパラメータ設定が可能です。このため、工場の「見える化」により生産性が向上し、メンテナンスの最適化や導入・運用コストの削減を実現します。



IO-Linkマスタ(上部)が圧力センサ(中央・手前)と流量センサ(左下)のデータを高分解能で収集して伝送します。

### デジタル化による設備稼働率の向上

このさまざまな要素が、PVA TePlaで中心的な役割を果たしています。

「当社は、SiC半導体製造システムのデジタル化を特に重視しています」と、Lukas Ewert氏は強調します。「通常、これらの製造装置は工場建屋内に多数設置されます。一般的な半導体製造装置は、完全自動化されています。当社の製造設備は上位システムとの通信が不可欠で、オペレーターが工程を常に一元監視できることが求められます」

PVA TePlaでは、全体的な基盤の構築にifmのIO-Linkを採用しています。

### 予兆保全による生産効率化

PVA TePlaは、計画的にメンテナンスを実施し、異常の兆候を早期発見して故障を未然に防止する予兆保全にも積極的に取り組んでいます。

「これにより、設備稼働率を最大限に維持しながら、常に最高水準の製品品質を達成できます」と、Ewert氏は説明します。ifmのセンサは、常に製造装置の状態監視に必要なデータを伝送し、異常予兆を検出してコスト損失を伴うダウンタイムを防止します。

### CZ結晶成長装置

PVA TePlaでは、チョクラルスキー法(CZ法)によるシリコン結晶成長装置にも、同様に高い水準を要求します。このシステムは、約1400°Cのるつぼ内で溶融したシリコンに種結晶を接触させ、



CZ法では、溶融シリコンから種結晶を引き上げて最大3.5メートルの大型インゴットへと成長させます。



CZ結晶成長装置の冷却回路を監視する流量センサ。

ゆっくり引き上げることで全長最大3.5メートルのシリコンインゴットに成長させます。作成したウェーハは、主に半導体用として幅広い電子機器の基盤に使用されています。

#### 振動を抑制し最高品質を実現

「当社の半導体製造システムSC32は、IO-LinkとProfiNetによる自動化技術を採用しています」と、Ewert氏は説明します。「IO-Linkは、センサから詳細な情報を収集したい場所に使われています。例えば、流量センサSM8000を使用し、冷却回路の監視と制御を行っています」

この流量センサは電磁誘導式で、流量の他に媒体温度も測定します。さらにPVA TePlaでは、IO-Link3軸振動センサWVBを使って2つのドライブを監視しています。WVB3は、3軸の振動を検出して機械の状態に関する指標を計算します。機械部品の疲労・摩擦・衝撃・ベアリング故障の情報を、IO-Linkにより簡単に収集できます。

「インゴットの引上げ工程では、振動レベルを極めて低く保持しなければ品質を確保できません。取得したデータにより、ギアユニットやドライブシャフトの状態を高精度に監視し、メンテナンスを早期に計画することができます」

#### 設備の長期稼働を支える高い信頼性

PVA TePlaのシステムは、長期間にわたり連続稼働することを前提に設計されています。

「そのため、センサを始めすべての機器が、高い精度を長期間維持しながら安定動作することが求められます」と、Lukas Ewert氏は強調します。「ifmの堅牢性と信頼性を高く評価し、長年にわたり採用してきました。また、新たに技術的な課題が発生した場合や新しい自動化のアプローチを検討する際も、ifmの担当者に直接相談して迅速かつ専門的なサポートが受けられます」



高压で各層を接合する拡散接合炉。

### 半導体材料の厳しい要求を達成する拡散接合炉

ifmのソリューションは、PVA TePlaの拡散接合炉事業でも採用されています。拡散接合炉は、半導体基板に高温で不純物を拡散させて電気的な接合を形成し、高い強度や耐食性が要求される冷却プレートなどの半導体製造に使われます。

拡散接合炉事業のPVA Löt- und Werkstofftechnik GmbHでチームリーダーを務めるPatrick Müller氏は、次のように説明します。「要求を達成するためには、温度・圧力・真空・加圧力などのプロセス状態を厳密に監視しなければならず、全工程が数週間に及ぶ場合もあります。当社では、冷却回路の監視にifmの流量センサを導入していますが、工程のどのポイントでもオーバーヒートを起こさず、安定動作を維持します」

### ユーザビリティの付加価値

ifmソリューションの大きなメリットの一つは、その高い操作性です。Müller氏は、センサの分かりやすさと直感的な操作を高く評価しています。「オペレーターは機械の状態が一目で分かり、また既存設備への後付けが非常に簡単で、スムーズに導入できます。プラグ&プレイ式ですぐに立ち上げられます」このユーザーフレンドリーな設計により、日常業務が簡素化されるだけでなく、オペレーターの教育にかかる時間と労力の削減にも貢献します。

### イノベーションを支えるパートナーシップ

PVA TePlaでは、長年の自動化パートナーであるifmを高く評価しています。「ifmとは素晴らしい協業体制を築き、互いに信頼しあえるパートナーとして協力しています」と、Lukas Ewert氏は言います。「いつでも担当者へ直接相談でき、共にイノベーションや自動化プロジェクトを前に進めることができます」



視認性に優れたディスプレイ付き流量センサ：  
拡散接合炉の冷却ラインを安定監視します。

### 結論

半導体材料の製造は、精度・信頼性・稼働率など極めて高度な要求が課されます。自動化のパートナーとしてifmを選んだPVA TePlaは、先進的な単結晶成長工程の実現に伴うさまざまな課題を解決し、高い品質と生産性を実現しています。