



PVA TePla

디지털화된 단결정
실리콘 성장



반도체: 잉곳 (ingot) 생산의 완성

PVA TePla가 자동화를 통해 단결정 실리콘 성장 과정을 최적화하는 방법

PVA TePla AG는 까다로운 산업용 어플리케이션을 위한 장비 및 측정 기술을 전 세계에 제공하는 선도 기업입니다. 첨단 시스템은 특히 반도체 산업에서 높은 수요를 얻고 있습니다. “솔루션 제공업체로서 우리는 전 세계적으로 사업을 운영하며, 고객이 있는 곳이라면 어디든 진출해 있습니다. 반도체 산업의 강한 수요에 힘입어 현재 특히 아시아 시장과 미국에서 두드러지게 활동하고 있습니다.”라고 PVA TePla 그룹의 대표이사 Jan Pfeiffer는 설명합니다. PVA TePla는 독일 Wettenberg에 위치한 TechHub를 통해 반도체 산업 소재 연구의 혁신을 주도하는 핵심 기업으로 자리매김했습니다.

실리콘 카바이드 (SiC) – 전기차 시대의 핵심

자회사 PVA Crystal Growing Systems (PVA CGS)는 60년 이상의 단결정 성장 경험을 보유하고 있습니다. 실리콘 카바이드 (SiC) 결정 생산에 특히 중점을 두고 있습니다. “실리콘 카바이드 결정의 가장 큰 특징은 극한 전력 밀도를 처리할 수 있다는 점입니다.”라고 PVA CGS 전기 설계팀 팀장 Lukas Ewert는 설명합니다. “기존 실리콘에 비해 SiC를 사용하면 동일한 출력의 배터리를 더 작게 디자인할 수 있습니다. 이로 인한 중량 감소는 특히 전기차와 같은 전기 모빌리티 분야에서 큰 장점으로 작용합니다.”

이러한 시스템에서 생산된 실리콘 카바이드 (SiC) 결정은 전기차용 배터리를 비롯한 다양한 어플리케이션에서 활용됩니다.





실리콘 카바이드 펍: 필요한 품질은 정밀하게 제어된 프로세스 파라미터를 통해서만 달성될 수 있습니다.

지능형 센서로 안정적인 프로세스 조건 확보

필요한 정밀도를 확보하기 위해, PVA는 ifm의 IO-Link 지원 센서를 사용합니다.

“예를 들어, 냉각수 유량을 모니터링하고 일정하게 유지하기 위해 ifm의 SV4200 유량 센서를 사용합니다. 이는 안정적인 프로세스 온도 유지뿐만 아니라 하우징, 파이프 및 구성품이 과열되어 잠재적 손상될 위험을 방지하는 데에도 중요합니다”라고 Ewert는 설명합니다.

또한 PV8000 압력 센서는 냉각 매체의 공급 및 회수 압력과 온도를 모니터링합니다.

“이전에는 이 모니터링이 수동으로 수행되었습니다. 이제 IO-Link를 통해 센서 값을 실시간으로 확인할 수 있어, 변동 상황에 더욱 신속하고 효율적으로 대응할 수 있습니다,”라고 Ewert 팀장은 추가로 설명합니다. AL1202 IO-Link 마스터는 모든 센서 데이터를 수집하여 중앙 평가 시스템으로 전달합니다. 현재 프로세스 상태를 시각적으로 표시하는 DV 신호등도 IO-Link 마스터를 통해 제어됩니다.

IO-Link: 더 많은 정보, 더 높은 시스템 투명성

IO-Link는 자동화 기술 분야에서 디지털 센서 통신을 위한 제조사 독립형 표준으로 이미 확고히 자리 잡았습니다. 기존의 바이너리 및 아날로그 인터페이스와 비교할 때, IO-Link는 고해상도 프로세스 값 뿐만 아니라 포괄적인 진단 정보의 전송을 가능하게 합니다. 사용자는 표준화된 데이터 구조, 감소된 배선 작업, 컨트롤 시스템 및 IIoT 아키텍처로의 원활한 통합을 통해 혜택을 얻습니다. 해당 기술은 하나의 디바이스에서 다수의 측정값 전송, 이벤트 기반 진단 및 원격 장치 파라미터 세팅을 지원합니다. 그 결과, 시스템 투명성이 향상되고 유지보수가 최적화되며, 시운전 및 운영 비용에서 측정 가능한 절감 효과를 실현할 수 있습니다.

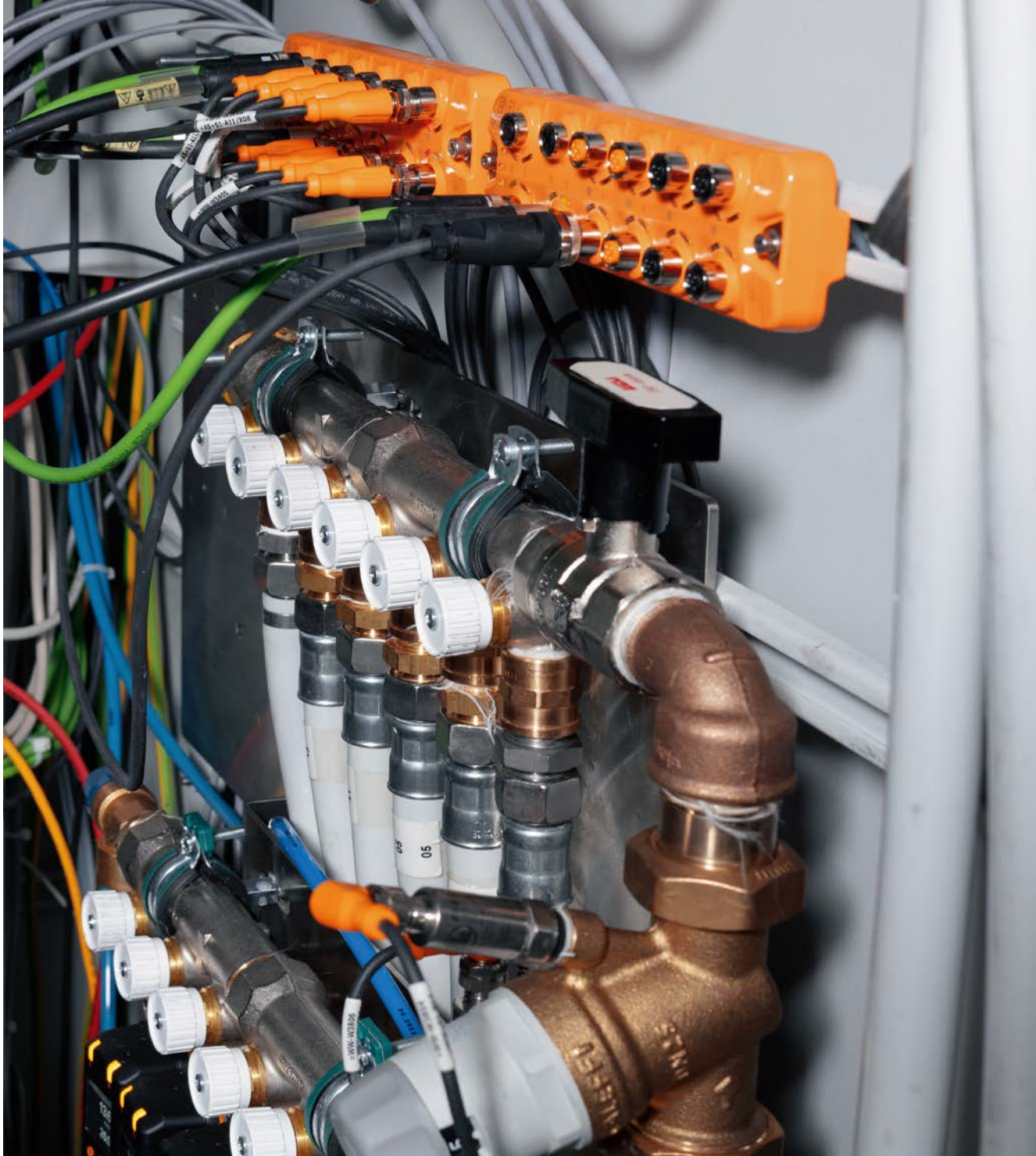
극한 조건에서는 최고의 정밀도가 요구됩니다.

SiC 결정 생산을 위해 PVA TePla는 물리적 증기 수송 (PVT) 방식에 따라 작동하는 SiCma 시스템을 설계했습니다.

“이 과정에서는 실리콘 카바이드 분말 혼합물이 약 2,300°C의 흑연 도가니에서 승화되고, 씨앗 결정 위에 증착되어 결정봉 형태를 형성합니다,”라고 PVA CGS 전기 설계팀 팀장 Ewert는 설명합니다. 고품질의 결과를 얻기 위해서는 결정 성장 공정 전반에 걸쳐 공정 챔버 내 온도와 압력을 정밀하게 제어해야 합니다. 사소한 편차라도 전체 프로세스를 위태롭게 하고 중대한 품질 손실을 초래할 수 있습니다.

이러한 성장 과정은 최대 3주까지 소요될 수 있으므로, 프로세스 모니터링 및 제어는 지속적으로 최고 수준을 충족해야 합니다.

” 센서로부터 더 상세한 정보를 추출하고자 할 때마다 IO-Link를 사용합니다. 예를 들어, 냉각 회로의 모니터링 및 제어를 위해 SM8000을 사용합니다.



IO-Link 마스터 (상단)는 압력 센서 (중앙, 전면)와 유량 센서(좌측 하단)로부터 데이터를 수집하여 전달합니다.

시스템 가용성의 핵심 요소로서 디지털화

이러한 측면은 PVA TePla에서도 핵심적인 역할을 합니다. “디지털화는 특히 SiCma 시스템과 관련해 우리에게 매우 중요합니다,”라고 **Lukas Ewert**는 강조합니다. “이러한 시스템은 생산 현장에 대량으로 설치되는 경우가 많습니다. 적재 및 하역 작업은 일반적으로 완전히 자동화되어 있습니다. 저희 시스템은 상위 시스템과 통신할 수 있어야 하며, 운영자가 언제든지 중앙에서 프로세스 상태를 모니터링할 수 있어야 합니다.”

PVA TePla는 이를 위해 ifm의 포괄적인 IO-Link 포트폴리오를 기반으로 활용하고 있습니다.

최대 생산 효율을 위한 예지보전

PVA는 또한 다가올 유지보수 요구사항이나 프로세스 편차를 조기에 파악할 수 있도록 예지보전 컨셉을 집중적으로 연구하고 있습니다.

“이를 통해 운영자는 기계 가동률을 극대화하면서 지속적으로 최상의 제품 품질을 달성할 수 있습니다,”라고 **Ewert**는 설명합니다. ifm의 센서는 시스템 상태를 지속적으로 모니터링하고 잠재적 문제를 조기에 감지하여 비용이 많이 드는 다운타임을 방지하는 데 필요한 데이터를 제공합니다.

초크랄스키 (Czochralski) 프로세스를 이용한 실리콘 결정 성장

PVA는 초크랄스키 프로세스를 이용한 실리콘 결정 성장에서도 높은 품질 기준을 적용하고 있습니다. 이 시스템에서는 최대 3.50m 길이에 달하는 실리콘 잉곳이 약 1,400 °C의 용융 실리콘으로 부터 종자 결정을 서서히 끌어올려 성장됩니다. 이렇게 생산된 웨이퍼는 주로 반도체 산업에서 사용되며, 다양한 전자 부품의 기반을 형성합니다.



이 시스템에서는 웨이퍼 생산을 위해 최대 3.5m 길이의 실리콘 잉곳이 “끌어올려”집니다.



유량 센서는 초크랄스키 시스템의 냉각 회로를 모니터링합니다.

최상의 제품 품질을 위한 저진동 프로세스

“ISC32 시스템에서는 IO-Link와 ProfiNet을 결합한 자동화 기술을 구현하고 있습니다,”라고 Ewert는 설명합니다. “센서로부터 더 상세한 정보를 추출하고자 하는 곳이라면 어디에서나 IO-Link를 사용합니다. 예를 들어, 우리는 냉각 회로를 모니터링하고 제어하기 위해 SM8000을 사용합니다.

이 마그네트 유도형 유량 센서는 유량뿐만 아니라 냉각 매체의 온도도 측정합니다. 또한, PVA는 3축 IO-Link 진동 센서 VVB3를 사용하여 두 개의 프로세스 드라이브를 모니터링합니다. VVB3는 3개의 측정 축에서 진동을 지속적으로 감지하고, 기계 상태를 평가하기 위한 검증된 지표를 계산합니다. 피로, 마찰, 충격 또는 베어링 마모에 관한 정보는 IO-Link를 통해 편리하게 전송됩니다.

잉곳 품질을 보장하기 위해서는 인출 프로세스에서 극히 낮은 진동을 유지하는 것이 필수적입니다. 전송된 데이터를 통해 기어 디바이스와 구동축의 상태를 매우 정밀하게 모니터링하고, 유지보수 작업을 조기에 계획할 수 있습니다.

장기 운영을 위한 신뢰할 수 있는 부품

PVA TePla의 시스템은 수년간의 연속 가동을 염두에 두고 설계되었습니다. “이러한 이유로, 특히 센서를 포함한 모든 구성 요소는 장기적으로 안정적이고 정밀한 성능을 지속적으로 제공해야 합니다”라고 Lukas Ewert는 강조합니다. “수년간의 장기 운영에서 ifm의 견고성과 신뢰성 측면은 우리에게 모두 긍정적이었습니다. 또한, 새로운 과제가 발생하거나 새로운 자동화 접근법을 검토할 때에도, ifm의 직접 연락처를 통해 신속하게 전문가 지원을 받을 수 있습니다.”



이 기계에서는 고압 하에서 개별 층들이 하나의 구조체로 결합됩니다.

가장 까다로운 소재 요구사항을 위한 확산 접합

ifm 솔루션은 PVA TePla의 또 다른 사업 분야인 확산 접합 기술에도 사용됩니다. 이 고체 상태 접합 프로세스는 예를 들어 반도체 산업용 냉각판을 생산하는 데 사용되며, 냉각판은 강도와 내식성 측면에서 가장 높은 요구사항을 충족해야 합니다.

PVA Löt- und Werkstofftechnik GmbH의 확산 접합 팀장인 **Patrick Müller**는 다음과 같이 설명합니다: 원하는 결과를 얻기 위해서는 온도, 압력, 진공 상태 및 가해진 힘과 같은 프로세스 조건을 공정 전반에 걸쳐 면밀히 모니터링해야 하며, 경우에 따라 몇 주간 지속될 수 있습니다. ifm의 유량 센서는 냉각 회로를 모니터링하여 프로세스 중 어느 시점에서도 시스템이 과열되지 않고 안전한 작동 상태를 유지하도록 보장합니다.

부가가치로서의 사용 편의성

ifm 솔루션의 또 다른 장점은 사용 편의성입니다. **Müller**는 센서의 명확하고 직관적인 디자인을 강조합니다: “운영자로서 기계 상태를 한눈에 파악할 수 있습니다. 또 다른 분명한 장점은 기존 기계에도 센서를 손쉽게 장착할 수 있다는 점입니다. 사실상 plug & play 방식이라고 할 수 있습니다.” 이 사용자 친화적인 설계는 일상적인 운영을 단순화할 뿐만 아니라 운영 인력의 교육부담도 줄여줍니다.

혁신의 기반이 되는 협력적 파트너십

PVA TePla에서는 자동화 파트너로서 ifm과의 오랜 협력 관계를 매우 소중히 여깁니다: “ifm과의 협업은 매우 협력적이고 신뢰할 수 있으며 신뢰를 바탕으로 한다고 말하고 싶습니다,”라고 **Lukas Ewert**는 요약합니다. “우리는 언제든지 직접 담당자에게 연락할 수 있으며, 함께 혁신 및 자동화 프로젝트를 추진할 수 있습니다.”



한 눈에 확인 가능: 확산 접합 시스템에 장착된 유량 센서

결론

첨단 소재 제조 분야에서 요구되는 기준은 매우 높으며, 특히 정밀도, 신뢰성, 가용성 측면에서 큰 도전 과제를 안겨줍니다. PVA TePla는 자동화 파트너로서 ifm과 협력하여 첨단 단결정 성장 프로세스와 관련된 과제를 성공적으로 해결하고 있습니다.