

TK2025-CMP Wet Process Drain Tube Moisture Monitoring Kit

Contents

배경 및 목적.....	1
Measurement & Inspection	3
구성 개요.....	6
주요 제품사양.....	8
설치 예시.....	10

<배경 및 목적>

CMP(Chemical Mechanical Polishing)와 같은 반도체 습식 공정에서는 **DI Water, Chemical Slurry, Chemical Rinse** 등의 배관이 장비 내부에 복잡하게 배치되어 있습니다.

이 중 주로 **투명 케미컬 드레인 튜브(Transparent Chemical Drain Tube, 투명 PVC 튜브)** 형태로 구성되며, 공정 유체 및 세정수, 누수된 액체 등을 흡수·배출하는 역할을 수행합니다.

그러나 공정 조건 변화, 배관 막힘, 드레인 라인 역류, 국부 냉각 등에 의해 투명 드레인 튜브 내부에 **수분 응축(Condensation)** 또는 **물방울(Droplet) 형태의 흐름**이 비정상적으로 형성될 수 있습니다.

이러한 현상은 다음과 같은 문제로 직결될 수 있습니다.

- 설계 유량과 다른 **비정상 Drain Flow** 및 역류 발생
- 케미컬/DIW 혼입으로 인한 **공정 조건 변화** 및 웨이퍼 품질 저하
- 장비 내부에 잔류 수분이 장기간 남을 경우 **오염원(Particle, Metal Ion)** 축적
- 배관 파손·누수 발생 시 주변 장비 및 하부 구조물에 **손상 및 안전 리스크** 발생
- 반복적인 Trouble Shooting 과 수동 점검으로 인한 **운영 인력 부담 및 유지보수 비용 증가**

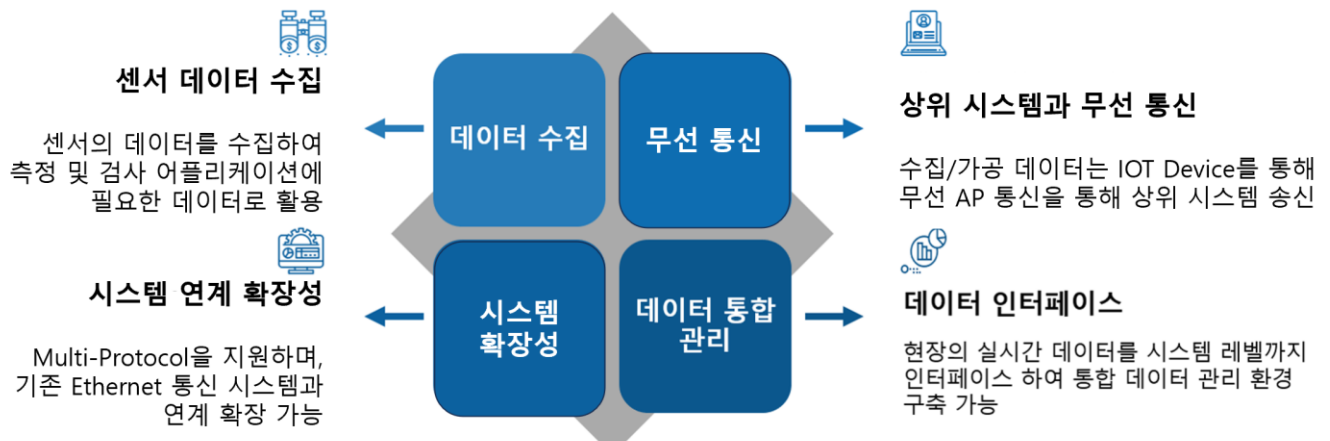
이러한 Risk 를 줄이기 위해서는, 단순 누수 센서 수준을 넘어 **드레인 튜브 내부에 실제로 물방울이 생성되어 흐르는지, 언제/어디서 발생하는지**를 정량적으로 감시할 수 있는 솔루션이 필요합니다.

CMP Drain Tube Moisture Monitoring Kit 는

투명 케미컬 드레인 튜브 외부에 광섬유 액면 감지 Fiber(PDI46U-LLD)를 설치하고, 이를 이용해 **튜브 내부의 물방울 형성 여부를 직접 감지**합니다.

감지된 신호는 **DF-VL Fiber Amplifier** 와 **FIL20-16DXP IO-Link Hub**, **FEN20-4IOL IO-Link Master** 를 거쳐 상위 시스템으로 전송됩니다.

이를 통해, 최대 32 개의 드레인 튜브 각각에 대해 **실시간 수분 감시, 전 채널 통합 알람 출력, FAB 서버 연동 모니터링**을 구현하여, CMP 설비의 안정성과 신뢰성을 강화하고 예지보전 전략 수립에 기여합니다.



또한, 구성품인 FEN20-4IOL 은 FLC (Field Logic Controller)의 역할을 하여, 내부 로직 프로그램을 통해 동작하고 다양한 **Multi-Protocol** 을 지원하여 타 Ethernet 기반 통신 시스템과 쉽게 연계 및 확장할 수 있습니다.

데이터 통합 관리를 통해 현장의 **실시간 데이터를 시스템 레벨까지 인터페이스**할 수 있으며, 이를 통해 보다 효율적인 데이터 관리 환경을 구축합니다.

<Measurement & Inspection>

*시스템 구성 개요

본 키트는 다음과 같은 구조로 구성됩니다. TK2025 Smoke Monitoring Kit 와 동일한 컨셉으로, 센서 계층 – 필드 I/O – IO-Link Hub – IO-Link Master – 상위 시스템으로 단계적으로 구성됩니다.

(1) 센서 계층

- 투명 케미컬 드레인 튜브 외벽에 Banner PDI46U-LLD 광섬유를 클램프 형태로 고정하여, 튜브 내 액체/물방울 유무를 광학적으로 감지합니다.

(2) Fiber Amplifier 계층

- 각 광섬유는 패널 내부에 설치된 DF-VL-BS-2M Fiber Amplifier 에 연결됩니다.
- DF-VL 은 광신호를 디지털 신호로 변환하여 PNP/NPN 출력을 제공하며, 신호 레벨과 Threshold 를 전면 Dual Display 로 확인할 수 있습니다.

(3) IO-Link Hub 계층

- DF-VL 의 PNP 출력을 FIL20-16DXP IO-Link Hub 2 대를 통해 총 32 채널까지 수집합니다.
- FIL20 은 각 채널을 **Universal Digital DI/DO(PNP)**로 처리하며, 채널 단락·과전류에 대한 진단 정보를 IO-Link 로 제공합니다.

(4) IO-Link Master 계층

- 두 대의 FIL20-16DXP 는 FEN20-4IOL IO-Link Master 의 IO-Link 포트에 연결됩니다.
- FEN20 은 IO-Link 데이터를 필드버스(EtherNet/IP, PROFINET, Modbus TCP)로 변환하고, 내장된 ARGEE(Field Logic Controller)를 통해 단순 로직은 모듈 내부에서 직접 연산합니다.

(5) 상위 시스템 계층

- FEN20-4IOL 은 FAB MES/설비 모니터링 서버 또는 IOT BOX 와 Ethernet 으로 연결되어, 모니터링 화면, 알람 이력 저장, 데이터 분석에 활용됩니다.

***측정 원리 및 동작 시나리오**

(1) 측정 원리

- PDI46U-LLD 는 투명 튜브 외벽에 장착되어, 튜브 벽을 통해 통과하는 광 신호의 변화를 감지합니다.
- 튜브 내부에 액체가 없고 건조한 상태에서는, 섬유 간 광 투과가 일정 수준으로 유지됩니다.
- 튜브 내부에 물방울 또는 연속적인 액막이 형성되면, 투명 PVC 와 액체의 굴절률 차이로 인해 광이 굴절·산란되며, DF-VL 에서 측정하는 신호 레벨(Signal Level)이 설정값과 비교하여 변화합니다.
- DF-VL 의 Threshold 설정을 통해, 물방울이 형성되는 경우에만 출력하도록 필터링하거나, 극히 작은 응축수에도 민감하게 반응하도록 세밀 조정하는 것이 가능합니다.

(2) 동작 시나리오 – 채널 단위

1. CMP 장비가 생산 중일 때, 각 드레인 튜브 내부는 평상시 상태(정상 유량 또는 Normal Dry Condition)를 유지합니다.
2. 공정 이상, 배관 막힘 혹은 온도 변화 등으로 인해 특정 튜브 내부에서 응축/물방울 흐름이 발생합니다.
3. 해당 튜브에 설치된 PDI46U-LLD 가 광학적 변화를 감지하고, DF-VL 에서 Signal Level 변화 → Threshold 초과가 발생합니다.
4. DF-VL 은 설정된 동작 모드(LO/DO)에 따라 PNP 출력을 ON 시키고, 이 신호는 FIL20-16DXP 의 DI 채널로 전달됩니다.
5. FIL20-16DXP 는 IO-Link 통신을 통해 FEN20-4IOL 로 상태 정보를 전송하고, FEN20 내부 ARGEE 로직에서 Any-Channel-Alarm 또는 채널별 개별 알람을 판정합니다.

(3) 동작 시나리오 – 시스템 전체

ARGEE 프로그램은 아래와 같은 기준으로 동작하도록 설계할 수 있습니다.

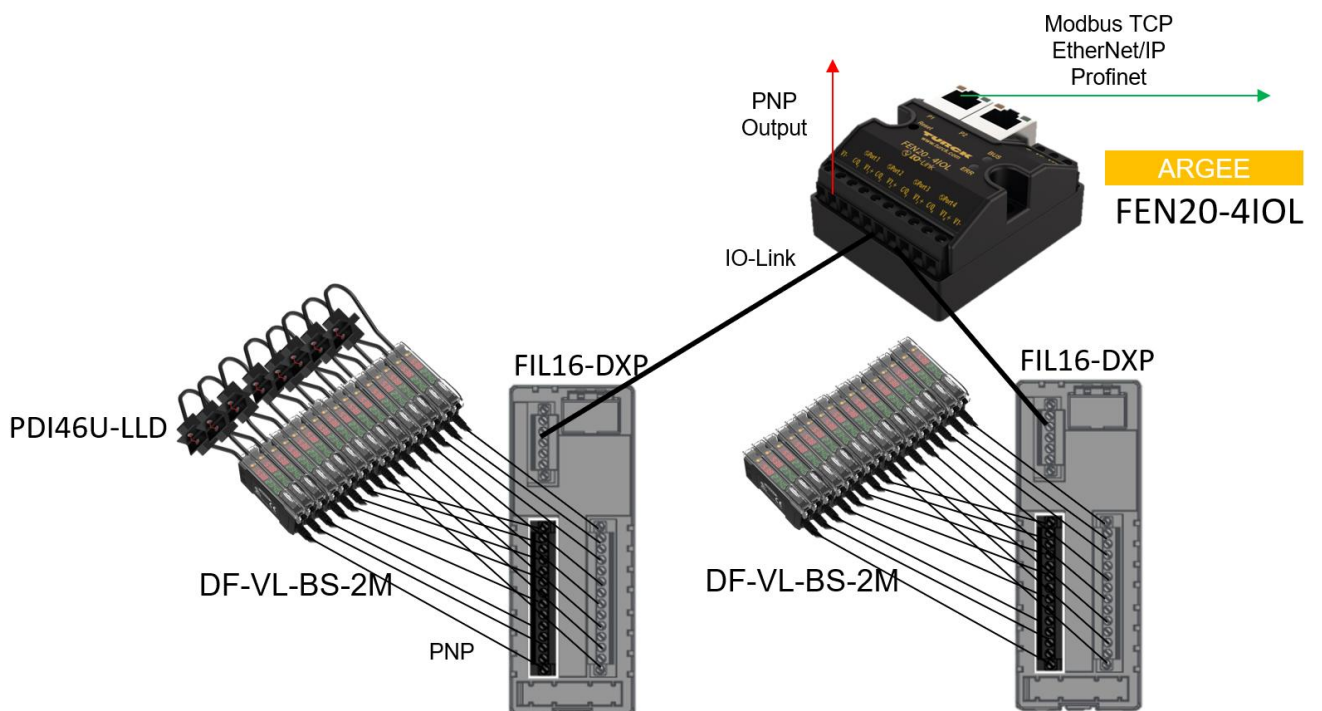
- 채널 OR 연산 기반 전체 알람
 - 32 채널 중 하나라도 Moisture Detection = ON
→ FEN20 디지털 출력 DO_Alarm = ON
- 채널별 상태 모니터링
 - 상위 서버에서는 32 채널 각각의 Bit Map 으로 감시
 - 어느 장비, 어느 위치의 드레인 튜브에서 이상이 발생했는지를 즉시 식별
- 알람 래칭 및 Reset 기능
 - 일시적인 노이즈가 아닌, 일정 시간 이상 지속되는 이벤트만 알람으로 인정
 - Reset 신호 수신 시 래칭 해제

이와 같은 로직 구조를 통해 단순 ON/OFF 표시를 넘어, 공정 조건에 맞춘 알람 구성을 적용할 수 있습니다.

<구성 개요>

*주요 구성품 리스트

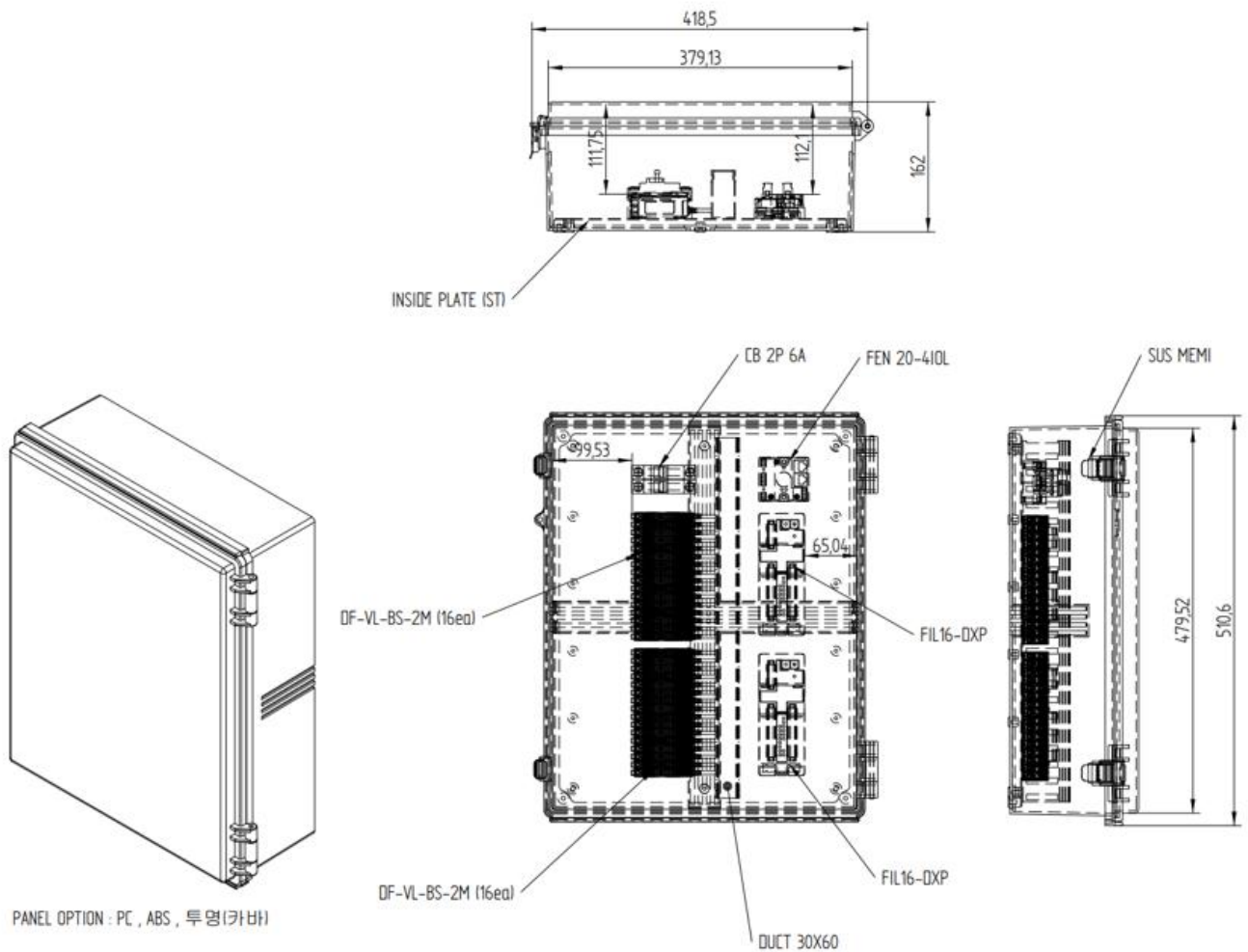
- Fiber Probe (Liquid Level Detection)
 - PDI46U-LLD × 32EA
- Fiber Amplifier
 - DF-VL-BS-2M × 32EA
- IO-Link Hub
 - FIL20-16DXP × 2EA
- IO-Link Master / Fieldbus Gateway
 - FEN20-4IOL × 1EA
- Panel Box & 내부 배선



*패널 구조

Panel Box 는 다음과 같은 형태로 구성됩니다.

- 외함: PC / ABS 재질, 필요 시 투명 카바 옵션 적용
- 내부: SUS 또는 Steel Inside Plate 위에 DF-VL, FIL20, FEN20 을 DIN Rail 및 브라켓으로 고정
- 전원 입력: 24 VDC



<주요 제품사양>



PDI46U-LLD Fiber Optic Liquid Level Probe

- 섬유 타입: Opposed-Mode Liquid Level Detection Fiber
- 전체 길이: 2000 mm (± 공차)
- 외피 / 구조: 2× Ø1.0 mm Fiber + Ø2.2 mm Polyethylene 보호튜브
- 감지 원리: 투명 튜브 벽면을 통한 광 투과 변화(굴절률 변화) 기반 액체 감지
- 장착 방식: 투명 PVC/PE 드레인 튜브 외벽 클램프 고정



DF-VL-BS-2M Fiber Amplifier

- 전원: 12–24 V DC
- 출력: Bipolar (1 × PNP, 1 × NPN), 100 mA @ 24 V DC
- 응답 시간: Standard 1.0 ms, Fast 0.33 ms
- 표시부: 듀얼 7Segment Display (Signal Level/Threshold)
- 하우징: ABS, 폭 10 mm, DIN-레일 장착 (보호 등급: IP50)
- 기능: Light/Dark Operate, Response Speed 설정, Button Lock



FIL20-16DXP IO-Link Hub

- 전원: 24 V DC (18...30 V DC 허용)
- I/O: 16 × Universal Digital DI/DO (PNP, 채널당 500 mA)
- IO-Link: V1.1, Port Class A/B, COM2 (38.4 kbps)
- 그룹 전원: V1(0-7), V2(8-15), 각 4 A
- 진단: 채널 단락/과전류, 전원 상태, IO-Link 상태
- 보호 등급: IP20, DIN-레일 장착형



FEN20-4IOL IO-Link Master

- 전원: 24 V DC (20.4...28.8 V)
- IO-Link 포트: 4 × Class A, 최대 32Bytes In/Out per Port
- Fieldbus: PROFINET, EtherNet/IP, Modbus TCP
- 내장 FLC: ARGEE 펌웨어 내장, 브라우저 기반 로직 설정
- 디지털 입출력: C/Q 핀을 DI/DO 로 사용 가능 (PNP, 채널당 400 mA)
- 보호 등급: IP20, 컴팩트 하우징(55 × 62.5 × 30 mm)

<설치 예시>

*CMP 장비 적용 예

1. CMP Tool 하단 또는 후면에 위치한 **Drain Tube Manifold 영역**에 투명 케미컬 드레인 튜브가 여러 다발로 배치되어 있습니다.
2. 각 튜브의 특정 위치(예: 챔버 출구 인근, Manifold 진입부)에 **PDI46U-LLD** 를 클램프 구조로 설치합니다.
3. Fiber 케이블은 케이블 덕트를 통해 패널 박스로 인입되어 **DF-VL 앰프 32 채널**에 각각 연결됩니다.
4. 패널 박스는 장비 후면의 Auxiliary 패널 존이나 EFEM 하단 부착형으로 설치되며, 24 V DC 전원과 Ethernet 케이블이 연결됩니다.
5. FEN20-4IOL 에서 출력되는 알람 신호는
 - 장비 내 인터록(Interlock) 신호로 사용하거나,
 - FAB 모니터링 시스템으로 전달하여 운영자가 즉시 상황을 인지할 수 있습니다.

*시스템 확장 예

- 동일한 IO-Link 인프라를 사용하여,
 - CMP 챔버 내부 온도/습도 센서
 - 누수 감지 센서
 - 진동 센서(펌프/모터 상태 모니터링)등의 IO-Link 또는 디지털 센서를 추가 연결할 수 있습니다.
- 이를 통해 단일 패널 박스에서 **Drain Tube Moisture + 환경/설비 상태 통합 모니터링**을 구현할 수 있습니다.

<기대 효과 및 적용 범위>

*기대 효과

- **조기 이상 감지(Early Detection)**
 - 투명 드레인 튜브 내 수분 상태를 실시간 감시함으로써, 누수, 역류, 막힘 등 이상 전조를 조기에 발견할 수 있습니다.
- **데이터 기반 예지보전(Predictive Maintenance)**
 - 특정 챔버, 특정 배관에서 반복적으로 발생하는 이벤트를 분석해 배관 교체 주기, 설계 변경, 레시피 조정 등 사전 조치를 가능하게 합니다.
- **운영 인력 의존도 감소**
 - 기존의 육안 점검, 정기 오픈 검사 등의 수작업을 줄이고, 자동화된 센서 데이터 기반의 모니터링으로 전환할 수 있습니다.
- **Multi-Protocol 을 통한 유연한 시스템 통합**
 - FEN20-4IOL 이 EtherNet/IP, PROFINET, Modbus TCP 를 모두 지원하므로, 신규/기존 설비 및 FAB IT 인프라와 손쉽게 연동 가능합니다.

*적용 범위

- CMP Tool 의 DIW/Slurry Drain Tube Moisture Monitoring
- Wet Bench, Cleaning Tool 의 Drain Line Monitoring
- Chemical Distribution System 의 투명 튜브 누수/역류 감시
- 기타 투명 PVC/PE 튜브를 사용하는 반도체·디스플레이 공정 전반