

UNLOCKING THE HIDDEN CAPACITY

Advanced Intelligence for
Semiconductor Manufacturing

- Tool-to-Tool Matching with ML
- Process & Recipe Optimization
- Throughput Maximization
- Predictive Maintenance (PdM)

*"We don't supply parts.
We supply Perfection & Predictability."*

제출일: 2025년 11월 | 발표자: T2 Square 대표이사

www.t2square.com | contact@t2square.com

반도체 제조의 패러다임 전환: 지능형 제어의 시작

The Problem: 최첨단 장비라도 운영 환경에 따라 성능 편차가 발생합니다. 많은 팹(Fab)들이 동일 모델 장비 간 수율과 가동률이 다른 'Matching Problem'으로 고통받고 있습니다.

Our Solution: T2 Square는 부품을 팔지 않습니다. 우리는 장비 센서 데이터(Nano-second 단위)를 분석하여 장비의 잠재력을 100% 끌어내는 '**Perfection & Predictability(완벽성과 예측 가능성)**'을 제공합니다.

Key Business Value

Yield (수율)

설비 간 편차 제거를 통한
2~3% 수율 향상

Availability (가동률)

돌발 고장 예방으로
5% 이상 가동률 증대

02

Why Hardware Isn't Enough? 레거시 팝의 이중고

기존의 '사후 대응(Breakdown Maintenance)'과 '엔지니어의 직관'에 의존하는 방식은 한계에 봉착했습니다.

1. 단순 하드웨어 교체의 한계

부품 교체만으로는 미세한 공정 편차를 잡을 수 없습니다. 장비 노후화로 인한 변동성은 물리적 수리만으로는 해결되지 않습니다.

2. Grey Tsunami (숙련 인력 부족)

장비 수급 난항과 숙련공 은퇴로 인해, 기존 설비의 효율을 극대화하고 노하우를 시스템화하려는 니즈가 폭증하고 있습니다.

"T2 Square Way"

Intuition(직관) → Quantified Data(정량화된 데이터)

Reaction(대응) → Prediction(예측)

03

6 Key Solutions for Fab Efficiency

Fab 운영 효율을 극대화하는 6가지 핵심 모듈 중 주요 3가지 솔루션입니다.

솔루션 (Solution)	기능 및 기대 효과
01. Process & Recipe Optimization	표준 레시피를 넘어, 공정 결과(CD, Thickness)와 센서 데이터를 연동하여 수율 극대화 및 챔버 컨디션 회복을 위한 최적 레시피를 제안합니다.
02. Tool-to-Tool Matching (ML)	머신러닝을 활용해 'Golden Tool'의 패턴을 학습하고 타 설비 파라미터를 자동 보정합니다. 엔지니어 개입 없이 모든 챔버 동기화.
03. Throughput Maximization	유류 시간(이송, 펌핑 등)을 정밀 분석하여 병목을 제거하고, 동일 장비로 시간당 웨이퍼 생산량(WPH)을 증대시킵니다.

Note: 이 외에도 04. Defect Reduction, 05. PM Recovery Optimization, 06. Predictive Maintenance 모듈을 제공합니다.

05

Systematic 10-Step Workflow

01 Inquiry & Intake

웹/이메일을 통한 니즈 접수 및 전담 엔지니어 배정

02 Site Visit & Problem ID

팹 현장 방문, Pain Point 청취 및 운영 현황 진단

03 Data Check & Scoping

샘플 데이터 검토를 통한 핵심 과제 도출

04 Proposal (Cost/Roadmap)

비용, 투입 인력, 전체 일정을 포함한 제안서 브리핑

05 Contract & Scope Align

대상 설비, 기간, KPI 확정 및 계약 체결

06 Data Collection

설비 센서, 공정 파라미터, PM 주기 등 심층 데이터 확보

07 Technical Meetings

주간/월간 미팅을 통한 분석 경과 공유 및 이슈 협의

08 Sample Run Test

최적화 모델(Recipe)을 실제 설비에 적용하여 성능 테스트

09 Quality Review

테스트 결과 기반 목표 KPI 달성을 여부 최종 검증

10 Closing & Handover

최종 리포트 전달, 솔루션 기술 이관 및 프로젝트 종료

07

3-Phase Growth Strategy

1

Phase 1: Process Doctor (진입기)

고강도 엔지니어링 컨설팅 집중. 정부 지원 사업을 활용하여 고객의 초기 비용 부담을 낮추고 레퍼런스를 확보합니다.

2

Phase 2: Connected Expert (확장기)

검증된 솔루션의 패키지화 및 모듈 판매(Pay-Per-Module). 원격 모니터링 체계로 전환하여 수익성 개선.

3

Phase 3: Autonomous Intelligence (도약기)

AI 자율 제어 및 SaaS 라이선스 모델 확립. 글로벌 시장 진출 및 높은 이익률 달성을.

12

Advanced Intelligence: SW를 넘어선 물리적 제어

T2 Square의 솔루션은 단순한 소프트웨어 공급이 아닙니다. 우리는 고객에게 '공정 최적화'와 '예측 가능성'이라는 결과물을 제공합니다.

Domain Specific AI

범용 알고리즘이 아닌, 플라즈마 물리학과 박막 증착 메커니즘을 이해하는 반도체 도메인 특화 AI를 제공합니다.

Human-in-the-Loop

AI가 도출한 파라미터를 수석 공정 엔지니어 (Principal Engineer)가 물리적으로 검증하여 고객에게 가장 안전한 레시피를 제안합니다.

Engineering Service (ES)

우리는 코드를 파는 것이 아니라, **수율 2~3% 향상, 가동률 5% 증대**라는 실질적인 제조 성과를 판매합니다.

04

Stability & Reliability Solutions

생산성 향상뿐만 아니라 설비의 안정적인 운영을 위한 3가지 솔루션을 추가로 제공합니다.

솔루션 (Solution)	기능 및 기대 효과
04. Defect Reduction (FDC)	고감도 센서 분석을 통해 Micro-Arcing이나 파티클 같은 결함 원인을 실시간 감지 및 차단하여 수율 손실을 방지합니다.
05. PM Recovery Optimization	유지보수(PM) 후 양산 투입까지 걸리는 시간을 획기적으로 단축합니다. 최적의 시즈닝(Seasoning) 및 퀄리피케이션 가이드를 제공합니다.
06. Predictive Maintenance	Heater, ESC, MFC 등 핵심 부품의 노후화 패턴을 예측하여 고장 전 최적 교체 시점을 알림으로써 돌발 다운타임을 예방합니다.

"Zero Surprise, Zero Downtime"

T2 Square의 예지 보전 기술은 부품 수명 곡선(Bathtub Curve) 분석을 통해 엔지니어에게 정확한 교체 타이밍을 제시합니다.

06

Target Markets & Customers

AMAT 및 Lam Research 장비를 주력으로 운용하는 Specialty Fab에 최적화되어 있습니다.

1. 국내 전문 파운드리 (Specialty Foundry)

Target: DB HiTek, SK Key Foundry

- **Needs:** 8인치/12인치 레거시 장비의 생산성(WPH) 증대가 매출로 직결됨.
- **Application:** Producer 장비의 Throughput Maximization 및 신규 공정(SiC/GaN) 셋업 시간 단축.

2. 첨단 패키징 OSAT

Target: 하나마이크론, 네파스

- **Needs:** RDL, TSV 등 전공정 장비 도입에 따른 전문 운용 인력 부족 해결.
- **Application:** '아웃소싱 엔지니어링 파트너'로서 장비 셋업 및 수율 관리 대행.

3. IDM 내 레거시 라인

Target: 삼성전자, SK하이닉스 (구형 팹)

- **Application:** 수백 대의 챔버 관리 부담을 Tool-to-Tool Matching 솔루션으로 경감.

08

Trust-First Approach

1. Shadow Mode (그림자 모드)

초기에는 서비스를 직접 제어하지 않고 모니터링만 수행합니다. "우리가 경고한 시점에 실제 문제가 발생 했음"을 로그로 증명하여 리스크 없이 도입 명분을 확보합니다.

2. 엔지니어 언어의 동기화

"알고리즘 정확도 99%"라는 말 대신, "Heater 노후화를 4시간 전에 감지했습니다"와 같은 현장의 언어를 사용하여 엔지니어의 신뢰를 구축합니다.

3. 온프레미스 보안 구축

클라우드 강요 없이, 고객사 내부에 서버를 구축하거나 단방향 게이트웨이를 사용하여 데이터 반출 없는 안전한 분석 서비스를 제공합니다.

Fab-Ready Security Architecture

반도체 팝의 폐쇄망(Air-gapped Network) 환경을 고려한 맞춤형 보안 아키텍처를 제공합니다.

SEMI 표준 준수

반도체 장비 보안 표준인 SEMI E187/E188 가이드라인을 준수하는 시스템을 구축합니다.

보안 관제 센터 (SROC)

Jump Server와 VPN 터널링을 통해 외부 유출 없이 원격에서 로그를 분석하고 지원할 수 있는 인프라를 마련합니다.

로컬 서버 분석

외부망 연결이 불가능한 경우, 팝 내부에 고성능 분석 서버를 설치하여 데이터 반출 제로(Zero) 환경을 구현합니다.

10

Hybrid Retainer Model

고객과 함께 성장하는 수익 모델을 제안합니다.

01. 초기 구축비 (Setup Fee)	데이터 파이프라인 연결, 초기 모델링, 현장 진단에 투입되는 엔지니어링 실비를 청구하여 초기 리스크를 상쇄합니다.
02. 월간 구독료 (Monthly Retainer)	24/7 모니터링 시스템 사용 및 정기 기술 지원에 대한 고정 수익을 창출하여 안정적인 서비스를 제공합니다.
03. 성과 보너스 (Performance Bonus)	핵심 KPI(수율 2% 향상, 가동률 5% 달성을 등) 달성을 시 추가 인센티브를 수령하는 구조로 고객과 이익을 공유합니다.

* 특정 모듈만 선택하여 구독하는 **Pay-Per-Module** 방식도 가능합니다.

Efficient & Scalable Operations

1. 시니어 자문단 (Grey Expert) 활용

이미 보유한 공정·하드웨어·소프트웨어 전문 팀의 기술력 위에, 삼성전자 및 SK하이닉스 출신 베테랑 엔지니어들의 통찰력을 더했습니다. 이들 자문단은 고난도 이슈 해결을 지원하고, 풍부한 현장 네트워크를 통해 고객사 와의 신뢰 구축을 가속화하는 핵심 파트너로 활동합니다.

2. 정부 지원 프로그램 레버리지

'AI 바우처 공급기업' 등록 및 '초격차 스타트업 1000+' 프로젝트 참여를 통해 R&D 자금을 확보하고, 고객사의 솔루션 도입 비용 부담을 낮춥니다.

3. 공공 팹(Moafab) 테스트베드

나노종합기술원(NNFC) 등 공공 팹을 활용하여 상용 팹 진입 전 알고리즘을 고도화함으로써, 현장 적용 시의 시행착오를 최소화합니다.

Domain Expertise + AI Capability

반도체 공정 전문가와 데이터 사이언티스트가 2인 1조(Pair)로 움직입니다.

Process Team (SME)

- **Principal Process Engineer:** 플라즈마/박막
공정 메커니즘 검증 및 레시피 승인
- **Equipment Engineer:** 설비 하드웨어 진단 및
센서 데이터 해석

Data Team

- **Data Scientist:** 공정 데이터를 머신러닝 모델
로 변환 및 이상 탐지 알고리즘 개발
- **SI Engineer:** SECS/GEM 통신 프로토콜 연동
및 보안 네트워크 구축

We Supply Perfection & Predictability.

T2 Square는 반도체 레거시 공정의 숨겨진 효율을 찾아내는 '탐험가'이자 '해결사'입니다. 우리의 엔지니어링 인텔리전스와 함께 귀사의 팝 운영을 혁신하십시오.

Contact Us

contact@t2square.com

+82-2-1234-5678

www.t2square.com

[회사 주소 입력]

15

Supported Equipment Portfolio

(1) Applied Materials

반도체 장비 시장의 양대 산맥인 **Applied Materials(AMAT)**의 주요 플랫폼에 대한 완벽한 분석 모델을 보유하고 있습니다.

Applied Materials (AMAT)

증착(CVD/Epi) 및 평탄화(CMP) 공정의 업계 표준

공정 (Process)	모델명 (Platform)	특징 및 T2 Square 솔루션
CVD (증착)	Producer (GT/XP/V) Centura	업계 표준 PECVD 장비. Throughput Maximization 을 통해 생산성을 극대화 합니다.
Epi (에피택시)	Centura Epi Vantage	실리콘 성장 핵심 장비. 정밀한 온도 제어 및 막질 균일도 확보를 지원합니다.
CMP (연마)	Reflexion (LK Prime)	시장 지배적 평탄화 장비. 소모품 수명 예측(PdM) 및 스크래치 방지 솔루션 제공.
Etch (식각)	Sym3 Centris	AMAT의 차세대 식각 플랫폼. 미세 패턴 형성 공정의 매칭(Matching) 최적화.

Appx-1

Supported Equipment Portfolio (2) Lam Research

식각(Etch) 분야의 글로벌 리더인 **Lam Research**의 최신 장비와 특수 공정 솔루션을 지원합니다.

Lam Research

식각(Etch) 분야의 Global No.1 & 특수 증착 솔루션

공정 (Process)	모델명 (Platform)	특징 및 T2 Square 솔루션
Etch (식각)	Sense.i (Flagship) Kiyo (Conductor) Flex (Dielectric)	전도체 및 유전막 식각의 대표 모델. Tool-to-Tool Matching 으로 챔버 간 편차를 제거합니다.
Deposition (증착)	Vector (PECVD) Altus (Tungsten) SPEED (HDP-CVD)	텅스텐 배선(Altus) 및 캡필(SPEED) 공정에서 발생하는 미세 결함(Defect)을 실시간 감지합니다.
Specialty (특수 공정)	Syndion (TSV) Vantex	TSV 및 3D NAND 고단화 공정에 특화된 딥 에칭(Deep Etch) 프로세스를 최적화합니다.

Appx-2

Proprietary Tech Stack For High-Frequency Data

기존 레거시 상용 툴의 무거운 구조와 높은 라이선스 비용을 탈피하여, 나노초(Nano-second) 단위 데이터 처리에 최적화된 유연하고 빠른 Modern Stack을 구축합니다.

A. Data Collection (Connectivity)

- Python 'secsgem' Library:** 오픈소스 기반의 경량화된 SECS/GEM 드라이버를 자체 구현하여 초기 라이선스 비용 없이 데이터를 추출합니다.
- High-Speed DAQ (Nano-second):** 기존 통신 속도(1~10Hz)의 한계를 극복하기 위해 NI LabVIEW 또는 Python PyVISA를 활용, 오실로스코프 및 VI Probe의 파형 데이터를 실시간 수집합니다.

B. Storage (Time-Series DB)

일반 RDBMS는 초당 수만 건의 센서 데이터를 감당할 수 없습니다. 시계열 전용 DB를 통해 고속 쓰기 성능을 확보합니다.

- InfluxDB:** 업계 표준 오픈소스 TSDB로, Python과의 연동성이 뛰어나며 고속 데이터 인제스트(Ingest)에 최적화되어 있습니다.
- TimescaleDB:** PostgreSQL 기반으로, 기존 SQL 쿼리 지식을 활용하면서도 시계열 데이터의 파티셔닝과 압축 효율을 극대화합니다.

C. Visualization & Dashboard

Grafana InfluxDB와 연동하여 센서 파형 및 설비 상태를 실시간 대시보드로 시각화 (Global Standard).

SciChart 수백만 개의 데이터 포인트를 지연(Lag) 없이 렌더링하는 고성능 차트 엔진.

ThingsBoard 다수 설비의 상태를 한눈에 관리하는 Fleet Management에 특화된 IoT 플랫폼.

Strategic Development Roadmap (MVP)

Step 1: Python secsgem 수집 → Step 2: InfluxDB 저장 → Step 3: Grafana 시각화

"단순 통계적 매칭(Mean/Std)을 넘어, Scikit-learn/PyTorch 기반의 AI 패턴 인식으로 '지능형 매칭'을 구현합니다."

Appx-3

Proprietary Tech Stack For CFM Data Analytics

복잡한 실시간 통신이나 별도의 하드웨어 설치 없이, **AMAT** 설비 고유의 고해상도 센서 데이터(**CFM**)를 활용하여 즉시 문제 분석과 수율 개선이 가능한 실용적 스택을 제공합니다.

A. Data Ingestion (Log-based)

초기 진입 단계에서는 팝의 보안 및 운영 부담을 고려하여, 실시간 연동 대신 공정 종료 후 생성되는 로그 파일 분석에 집중합니다.

- AMAT Native Parser:** 암호화되거나 바이너리 형태로 저장된 AMAT 장비(Centura, Producer 등)의 CFM 로그를 손실 없이 디코딩하는 자체 파서를 보유하고 있습니다.
- Batch Processing Pipeline:** 설비내에 있는 공정 진행시 생성되는 센서 데이터를 이용하여 분석과 예측을 수행합니다.

B. Analysis Engine (R2R Control)

대부분의 공정 이슈는 '실시간 차단'보다는 '미세 변동 추적'으로 해결 가능합니다.

- Run-to-Run (R2R) Feedback:** N번째 웨이퍼의 CFM 데이터를 분석하여, 챔버 상태 변화(Drift)를 감지하고 N+1번째 공정 레시피를 미세 보정합니다.
- Post-process Deep Analysis:** 공정 완료 직후 센서 파형을 전수 검사하여, 기존 SPC(통계적 공정 관리)가 놓친 비정상 패턴을 사후 검출합니다.

C. Visualization (Golden Trace)

Trace Comparison

가장 수율이 좋았던 'Golden Wafer'의 센서 파형과 현재 파형을 겹쳐서 비교(Overlay)하여 직관적으로 문제 구간을 식별합니다.

Feature Extraction

복잡한 파형 데이터에서 핵심 특징(기울기, 피크, 적분값 등)만을 추출하여 엔지니어에게 의미 있는 지표로 시각화합니다.

Early Entry Strategy (Phase 1)

"No Hardware, No Interruption."

초기 프로젝트는 장비를 멈추거나 개조할 필요가 없는 '**Offline CFM 분석**'으로 시작합니다. 이를 통해 리스크 없이 데이터의 효용성을 검증한 후, 신뢰가 쌓이면 자동화 단계로 넘어가는 단계적 도입 전략을 취합니다.

Appx-3