

# 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](http://www.t2square.com) | [contact@t2square.com](mailto: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**

# Why Hardware Isn't Enough?

## 레거시 펌의 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)

## 6 Key Solutions for Fab Efficiency

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

솔루션 (Solution)	기능 및 기대 효과
<b>01. Process &amp; Recipe Optimization</b>	표준 레시피를 넘어, 공정 결과(CD, Thickness)와 센서 데이터를 연동하여 수율 극대화 및 챔버 컨디션 회복을 위한 최적 레시피를 제안합니다.
<b>02. Tool-to-Tool Matching (ML)</b>	머신러닝을 활용해 'Golden Tool'의 패턴을 학습하고 타 설비 파라미터를 자동 보정합니다. 엔지니어 개입 없이 모든 챔버 동기화.
<b>03. Throughput Maximization</b>	유휴 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.

# Systematic 10-Step Workflow

## 01 Inquiry & Intake

웹/이메일을 통한 니즈 접수 및 전담 엔지니어 배정

## 02 Site Visit & Problem ID

팩 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 달성 여부 최종 검증

## 10 Closing & Handover

최종 리포트 전달, 솔루션 기술 이관 및 프로젝트 종료

## 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 달성.

## 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, 플라스마 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% 증대라는 실질적인 제조 성과를 판매합니다.

# Stability & Reliability Solutions

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

솔루션 (Solution)	기능 및 기대 효과
<b>04. Defect Reduction (FDC)</b>	고감도 센서 분석을 통해 Micro-Arcing이나 파티클 같은 결함 원인을 실시간 감지 및 차단하여 수율 손실을 방지합니다.
<b>05. PM Recovery Optimization</b>	유지보수(PM) 후 양산 투입까지 걸리는 시간을 획기적으로 단축합니다. 최적의 시즈닝(Seasoning) 및 캘리피케이션 가이드를 제공합니다.
<b>06. Predictive Maintenance</b>	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.



# 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, 네패스

- **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.

# Trust-First Approach

## 1. Shadow Mode (그림자 모드)

초기에는 설비를 직접 제어하지 않고 모니터링만 수행합니다. "우리가 경고한 시점에 실제 문제가 발생했음"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 팹의 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, 팹 내부에 고성능 분석 서버를 설치하여 데이터 반출 제로 (Zero) 환경을 구현합니다.

# Hybrid Retainer Model

고객과 함께 성장하는 수익 모델을 제안합니다.

<b>01. 초기 구축비</b> (Setup Fee)	데이터 파이프라인 연결, 초기 모델링, 현장 진단에 투입되는 엔지니어링 실비를 청구하여 초기 리스크를 상쇄합니다.
<b>02. 월간 구독료</b> (Monthly Retainer)	24/7 모니터링 시스템 사용 및 정기 기술 지원에 대한 고정 수익을 창출하여 안정적인 서비스를 제공합니다.
<b>03. 성과 보너스</b> (Performance Bonus)	핵심 KPI(수율 2% 향상, 가동률 5% 달성 등) 달성 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 고객사와의 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 모델로 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 팹 운영을 혁신하십시오.

---

## Contact Us

[contact@t2square.com](mailto:contact@t2square.com)

+82-2-1234-5678

[www.t2square.com](http://www.t2square.com)

[회사 주소 입력]

## 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
<b>CVD</b> (증착)	<b>Producer</b> (GT/XP/V) Centura	업계 표준 PECVD 장비. <b>Throughput Maximization</b> 을 통해 생산성을 극대화합니다.
<b>Epi</b> (에피택시)	<b>Centura Epi</b> Vantage	실리콘 성장 핵심 장비. 정밀한 온도 제어 및 막질 균일도 확보를 지원합니다.
<b>CMP</b> (연마)	<b>Reflexion</b> (LK Prime)	시장 지배적 평탄화 장비. 소모품 수명 예측(PdM) 및 스크래치 방지 솔루션 제공.
<b>Etch</b> (식각)	<b>Sym3</b> 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
<b>Etch</b> (식각)	<b>Sense.i</b> (Flagship) <b>Kiyo</b> (Conductor) <b>Flex</b> (Dielectric)	전도체 및 유전막 식각의 대표 모델. <b>Tool-to-Tool Matching</b> 으로 챔버 간 편차를 제거합니다.
<b>Deposition</b> (증착)	<b>Vector</b> (PECVD) <b>Altus</b> (Tungsten) <b>SPEED</b> (HDP-CVD)	텅스텐 배선(Altus) 및 갭필(SPEED) 공정에서 발생하는 미세 결함(Defect)을 실시간 감지합니다.
<b>Specialty</b> (특수 공정)	<b>Syndion</b> (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 Stack**을 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 PyVISA*를 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

<b>Grafana</b>	InfluxDB와 연동하여 센서 파형 및 설비 상태를 실시간 대시보드로 시각화 (Global Standard).
<b>SciChart</b>	수백만 개의 데이터 포인트를 지연(Lag) 없이 렌더링하는 고성능 차트 엔진.
<b>ThingsBoard</b>	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 인식**으로 '지능형 매칭'을 구현합니다."

# 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 펌의 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.