

M-Bridge GAN System for Lithography Optimization

Kim Do Hun

인하대학교 전기전자공학부 1 학년

elbert06@hanmail.net

요약

본 연구는 EUV 노광 공정의 수율 최적화를 위해 경량화된 생성적 적대 신경망(GAN) 기반의 이상 탐지 시스템을 제안한다. 새롭게 설계된 M-Bridge 모듈은 학습 안정성을 강화하며, 560 만 개의 파라미터로 구성된 경량 구조를 통해 엣지 디바이스 환경에서도 효율적인 추론 성능을 입증하였다.

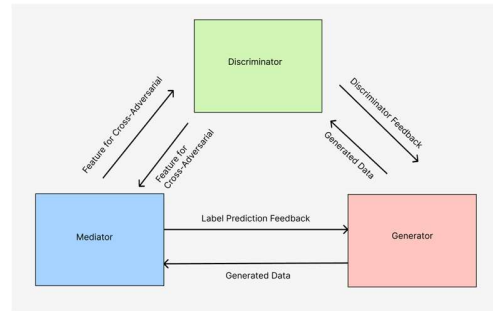
1. 서론

최근 반도체 공정의 미세화 추세에 따라 EUV(Extreme Ultraviolet) 리소그래피 기술의 중요성이 급격히 대두되고 있다. 그러나 EUV 공정은 막대한 장비 비용과 복잡한 공정 변수로 인해, 초기 결함 탐지 및 수율 예측(Yield Prediction)이 생산성의 핵심 과제로 자리 잡았다. 기존의 제조 데이터 분석 모델들은 높은 정확도를 보이나, 과도한 연산 양으로 인해 현장 레벨(Edge Level)에서의 실시간 처리에 한계가 존재한다. 방대한 센서 데이터를 효율적으로 처리하기 위해서는 경량화된 AI 모델과 하드웨어 최적화가 필수적이다. 이에 본 논문에서는 'WM-811K 반도체 결함 이미지 데이터셋'을 활용하여 EUV 공정 이상 탐지에 특화된 경량화 모델인 'M-Bridge GAN'을 제안한다. 본 연구는 새로운 아키텍처 제안을 통해 연산 효율성을 극대화하였으며, 제한된 하드웨어 자원에서도 안정적인 추론이 가능함을 입증하였다.

2. 모델 구조

본 연구에서 제안하는 시스템은 기존 GAN(Generative Adversarial Network) 구조에 Bridge-Mediator 모듈을 결합하여 노광 공정 패턴 분석 및 학습 과정을 최적화한 것이다. 핵심 아이디어는 Generator와 Discriminator 간의 경쟁적 학습 구조 사이에 Mediator(중재자)를 도입하여 상호 피드백을 증대하는 데 있다. 이는 'Label Prediction Feedback'과 'Generated Data'의 흐름을 제어하여 학습 초기 단계의 불안정성을 획기적으로 개선한다. Generator와 Discriminator는 30x30, 15x15 크기의 Feature map을 갖는 Convolutional Layer와 Leaky-RELU 활성화 함수를 사용하여 특징을 효율적으로 추출하도록 설계되었다. 전체 모델은 약 560 만 개의 파라미터(Total params: 5,686,018)로 구성되며, 핵심 학습 파라미터와 비 학습 파라미터를 최적 배분(Non-trainable params: 0.00%)하여 메모리

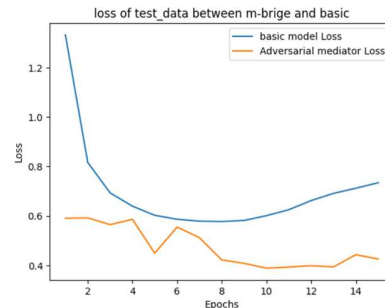
효율성을 극대화하였다. 이는 현장의 저 사양 하드웨어에서도 충분히 구동 가능한 수준이



[fig 1] 제안하는 M-Bridge GAN 모델 아키텍처

3. 실험 및 결과

본 모델의 성능 검증을 위해 WM-811K 데이터셋을 기반으로 학습을 진행하였다. 기존 Label 분류 모델(Basic Model)과 제안하는 M-Bridge(Adversarial Mediator) 모델의 Loss 추이를 비교 분석하였다.



[Fig. 2] Basic Model 과 제안 모델의 학습 Loss 비교

실험 결과, M-Bridge 모듈 도입 이후 학습 초기의 불안정성이 크게 감소함을 확인하였다. Epoch 가 진행됨에 따라 Basic Model(파란색 실선)은 Loss 가 다소 증가하거나 튀는 불안정한 양상을 보인 반면, 제안하는 M-Bridge 모델(주황색 실선)은 0.4~0.6 수준의 낮은 Loss 를 유지하며 안정적이고 우월한 성능을 보였다. 이는 Discriminator 와 Generator 간의 균형이 안정적으로 유지됨을 의미하며, 학습 초기부터 Mediator 의 오차 보정 기능이 효과적으로 작동했음을 시사한다

4. 결론

본 연구에서는 EUV 공정의 이상 탐지를 위해 Mediator 가 결합된 새로운 M-Bridge GAN 구조를 제안하였다. 실험을 통해 해당 모델이 기존 방식 대비 뛰어난 초기 학습 안정성과 낮은 Loss 를 유지함을 확인하였다. 본 모델은 경량화 된 구조적 이점을 바탕으로, 실제 반도체 제조 현장의 엣지 디바이스 환경에서 수율 개선을 위한 핵심 솔루션으로 활용될 것으로 기대된다.