

Neural Network을 이용한 PCB 공정에서의 Micro Etching 공정 시스템 개발

안중환, 박수경, *이석준, *김이철, 홍상진
명지대학교, *(주)화백 엔지니어링

Micro Etching Control System Using Neural Network toward PCB Manufacturing

Jong-Hwan Ahn, Su-Kung Park, Seok-Jun Lee*, Lee-Chul Kim* and Sang Jeon Hong

Department of Electronics Engineering & MITERI Myongji University and *Hwabaek Engineering Co. Ltd.

Abstract : 과거 PCB 제조 공정의 주된 관심사는 한정된 시간안에 다량의 제품을 생산하기 위한 것에 초점이 맞추어져 있었으나, 최근 중국의 전자산업 시장진출에 따른 PCB 가격 하락 및 원자재 가격 상승으로 인하여 생산 단가를 낮출 수 있는 방법으로 시선을 돌리고 있다. 특히, PCB 제조 공정에서, 생산 가격을 낮출 수 있는 방법중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것은, 습식 에칭 시 사용되는 용액(에칭액)의 사용 양을 제어함으로써, 화학 약품의 구입에 따른 비용 및 사용된 약품을 처리하는 비용을 줄일 수 있는 방법을 찾으려 노력하고 있다. 그러나, 에칭액을 효율적으로 제어하기 위해서는 여러 센서에서 나오는 데이터를 통합하여 진단할 수 있는 시스템이 필요하다. 그러나, 센서에 의한 데이터가 다양함에 제어 알고리즘이 복잡함에 따라 효율적인 제어 시스템이 개발되기 힘들다는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이점에 착안하여, 인공지능 알고리즘을 이용한 에칭액 신액 투입조건을 실시간으로 제어 할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템을 사용하여, 에칭액을 균일하게 유지함에 따라 에칭액의 사용량을 줄일 수 있을 뿐 아니라, 폐액을 일정하게 관리할 수 있음을 확인하였다.

Key Words : Neural Network, Micro Etching

1. 서 론

PCB 제조 환경에서의 최근 원자재값 상승 및 중국의 전자 산업 진출에 따른 PCB 가격 하락은 한국 PCB시장의 새로운 위기로 다가 오고 있다. 이에 따라 각 PCB업체에서는 생산 단가를 낮출 수 있는 방법에 총력을 기울이고 있다. 특히, PCB 제조 환경에서, 가장 크게 생산 단가를 낮추는 방법은, 습식 에칭 시 사용되는 용액(에칭액)의 사용 양을 제어함으로써, 화학 약품의 비용 및 사용된 약품 처리 비용을 줄일 수 있는 방법이다.

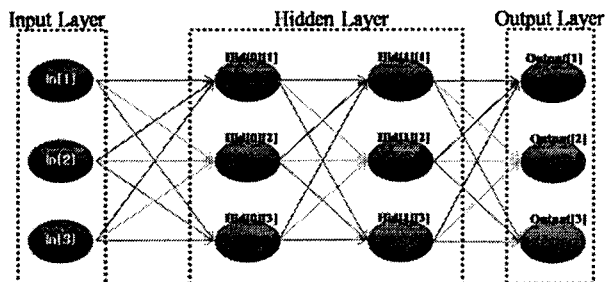
그러나, 에칭액을 효율적으로 제어하기 위해서 여러 센서에서 나오는 데이터를 통합하여 진단할 수 있는 시스템이 필요한데, 다수의 측정 데이터에 따른 제어 알고리즘이 복잡함에 의한 효율적인 제어 시스템이 개발되기 힘들다는 문제점이 있다. 기본적으로 사용될 수 있는 센서로는, 액의 산화 환원 정도를 나타내는 ORP센서와, 물의 비중을 나타내는 S.G센서, 그리고, 액의 산정도를 나타내는 pH 센서가 있다. 추가하여, 본 시스템에서는 에칭액이 신액에서 폐액으로 변화 함에 따라 색상의 변화 특성을 착안하여 RGB 센서도 추가되어 있다. 시스템을 구성하기 위해서는 여기에서 나오는 7가지의 데이터를 유기적으로 통합하여 제어하는 알고리즘이 필요하지만, 이를 효율적으로 구성할 수 있는 알고리즘에 대한 연구가 부족하다. 또한 각 센서를 개별적으로 제어할 경우, Computation Time의 증가가여 이에 따른 정확한 제어에 어려움이 겪게 된다. 뿐만 아니라, 각 센서의 데이터와 에칭 파라미터 값과의 연관성을 정확히 규명할 수 있는 알고리즘을 찾는 것도 하나의 커다란 문제점이다.

이 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 PCB 에칭 공

정 중 Photo resist 와 도금 전처리 등 많은 곳에서 사용되는 마이크로 에칭 용액의 효율적인 제어를 위한 알고리즘으로 Neural Network Algorithm 을 제안 한다. 제안된 알고리즘을 통하여, 시스템을 구성한 결과, 1) 간단한 구성에 의해 제조 공정의 제어가 용의하고, 2) Computation Time 이 낮고, 3) 결과로 나오는 황산구리 수용액(CuSO4)의 농도의 증감을 쉽게 확인 할 수 있었다.

2. Neural Network

Neural Network은 인간의 두뇌를 모방 하여 만든 알고리즘으로, 뉴런이라고 불리는 기본 단위들의 집합으로 이루어져 있으며, 각 뉴런은 단층 혹은 다층 구조 사이에서 상호 연결되어 정보를 교환하도록 구성되어 있다[1]. 본 연구의 알고리즘인 Back Propagation 알고리즘은 각 뉴런들 간의 연결 강도(Weight)를 수정함으로써 다음 학습



시 목표값에 더 근접한 출력 값을 갖게 된다.

그림 1 Neural Network 구성도.

그림 1은 Neural Network의 구성도를 나타낸 것이다. Neural Network은 3개의 Layer로 구성되어 있는데, 첫 번

째 Layer에는 공정 데이터를 입력 받는 부분으로 Input의 개수 만큼의 Neuron의 개수를 가지고 있고, 두번째로 Hidden Layer는 Input Layer와 Output Layer간이 상관관계에 의해 적절히 조절되는 Layer로 데이터를 인식한 정보를 분산 저장 하는 부분이다. 마지막으로 Output Layer는 Target 의 개수만큼 생성이 되며, Training 된 결과에 대한 정보를 포함하고 있다.

BP에서는 Input과 Output의 상관 관계 뿐 아니라 Input 간의 상관관계에 따라서 이들 사이의 연결 강도를 조정하여 입출력 관계를 나타내도록 하는 것이다. 이는 각 Layer 및 Neuron을 연결하는 Weight 값을 Output의 출력값에 맞게 조정하여 해당 출력값이 나올 수 있도록 적절한 값으로 조절한다. 이는, 모든 Layer의 Weight를 Output 값과 실제 Target 값과의 오차에 맞게 분산하여 적용 함으로써 가능해진다. 신경 회로망을 학습시키기 위해 나온 학습 규칙은 Delta Rule을 사용하며, 이를 정리하면 "만일 어떤 신경세포의 활성이 다른 신경세포가 잘못된 출력을 내는데 공헌을 하였다면, 두 신경세포간의 연결가중치를 그것에 비례하여 조절해 주어야 한다." 이다.

즉, 이 말은 출력층 신경세포의 잘못된 출력 패턴에 따른 책임은 그 신경 세포에 연결된 모든 세포에게도 책임이 있기 때문에 그들에게도 책임을 물어 연결 가중치를 조절해 주어야 한다는 것이다. 앞서 설명한 Delta Rule을 이용하여 각 가중치를 조절하는 것을 도식화 하면 아래와 같다.

$$w_{ji}(\text{new}) = w_{ji}(\text{old}) + \Delta w_{ji}$$

$$\Delta w_{ji} = \eta \delta_j u_i$$

수식 1. Delta 룰을 이용한 Weight 업데이트 수식
간단히 학습 개념을 살펴 보면, 먼저 입력이 신경망의 가중치와 곱하고 더하는 과정을 수차례 반복하면 입력의 결과 값인 출력이 나온다. 이때 출력(Output)은 학습데이터에서 주어진 원하는 출력(Target) 값과 다르므로 신경망에서는 Target - Output만큼의 오차가 발생하며, 발생한 오차에 비례하여 출력층의 가중치를 갱신한 후, 그 다음 은닉층의 가중치를 갱신하는 방법으로 진행된다.

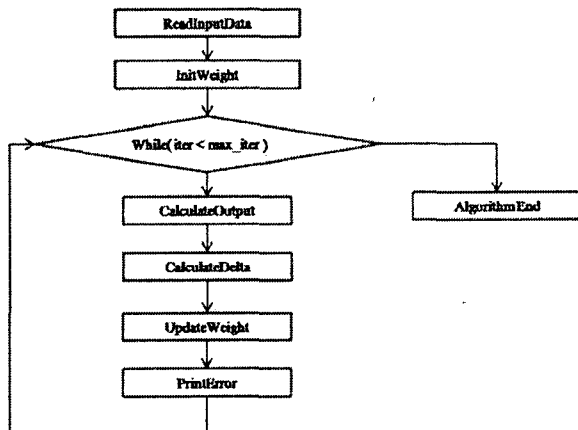


그림 2. Neural Network 알고리즘 순서도

3. 결과 및 고찰

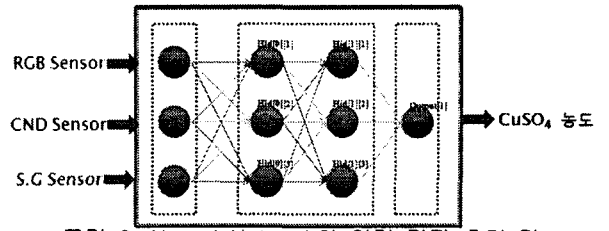


그림 3. Neural Network의 입력 값과 출력 값

그림 3은 Neural Network에 센서의 입력값과 출력값을 나타낸다. 실제 공정에 개발 된 시스템을 적용하여, 일정 시간동안 읽은 데이터와 그 시간에 측정된 CuSO₄의 농도를 가지고 학습 시킨 후, 학습된 알고리즘으로 실제 제어에서 실험해 본 결과, 마이크로 애칭 용액 신액의 투입량을 일정하게 관리 할 수 있음을 확인 하였다.

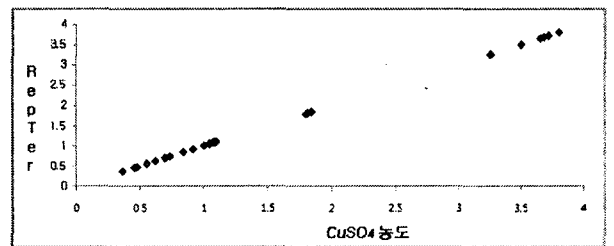


그림 4. 실제 공정 측정 데이터와 Neural Network가 예측한 값 비교

그림 4는 개발 된 시스템을 이용하여, 실제 공정제어 중인 측정된 CuSO₄ 농도와 개발 된 시스템(RepTer)이 예측 제어한 값의 Regression Plot을 나타낸 것이다. 그림에서 판단 할 수 있듯이, Neural Network에서 예측한 CuSO₄ 농도와 실제 공정상에서 측정된 데이터가 일치한다는 것을 알 수 있다. 또한, 본 시스템을 이용하여 효율 적인 마이크로 애칭액의 제어 및 관리가 가능하다는 것을 확인 하였다.

4. 결론

본 연구에서는 효율 적인 애칭액 관리를 위하여 Neural Network 알고리즘을 이용한 관리 시스템을 구현하고, PCB 제조 공정상에서 마이크로 애칭액 관리를 대상으로 하여 검증 하였다. 실제 구현된 시스템을 통하여 본 연구에서 제안된 Neural Network 알고리즘을 이용한 시스템이 예측한 CuSO₄ 농도와 실제 공정상에서 측정된 CuSO₄ 농도가 일치 한다는 확인 하고, 이를 이용한 공정 제어가 가능하다는 것을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업 (RTI04-03-04)의 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

[1] S. Hong and G. May, "Neural Network Based Time Series Modeling of Optical Emission Spectroscopy Data for Fault Detection in Reactive Ion Etching," Proceedings of the SPIE Conference on Advance Microelectronic Manufacturing, Vol.5041, February, 2003, pp.1-8.