

# 광학식 NC-스케일



김희식

서울시립대 제어계측공학과 조교수

● 1953년생.  
● 형상측정 자동화를 전공하였으며, 광학식 측정과 센서 응용에 관심을 가지고 있다.

## 1. 머리말

수치제어(NC ; numerical control) 기술은 공장자동화를 위한 중요 기술이다. 우리 산업현장에 공장 자동화가 확장되면서 NC 동작기계, 산업용 로봇, 삼차원 좌표측정기 등의 사용이 매우 증가되고 있다. 이러한 수치제어용 기계에서는 자동 위치제어를 위하여 길이변위와 회전각도 감지용 센서인 NC 엔코더가 매우 중요한 부품이다. NC 엔코더에는 선형 엔코더(NC-스케일)와 회전 엔코더가 있으며, 각각 직선운동과 회전운동을 제어하기 위해서 필요한 자동화 부품이다. 그림 1에서는 CNC 위치제어 시스템에서 정확한 위치로 이동을 목표로 하여 서보 제어할 때 기계축의 위치를 감지하는 센서가 NC 엔코더임을 보여주고 있다.

선형 엔코더는 직선운동의 변위를 감지하며

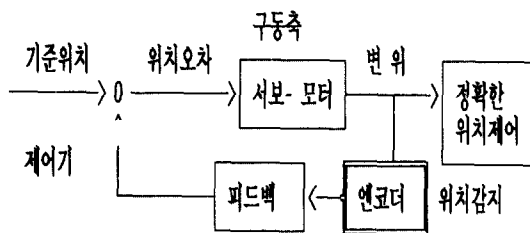


그림 1 위치제어 시스템에서 엔코더의 변위감지<sup>(1)</sup>

NC-스케일 이라고도 말한다. 우리나라에서는 아직 엔코더 제작기술을 개발하지 못하여 전량 수입에 의존하고 있다. 이러한 NC 엔코더의 수요는 해외 시장뿐만 아니라 국내시장에서도 급격히 증가되고 있으며 국산화 개발이 시급하다. 이 글에서는 엔코더의 종류별 작동원리를 설명하고 또한 NC-스케일 제조기술을 개발하기 위하여 실험하였던 결과를 정리하고자 한다.

## 2. 엔코더의 분류

변위 감지용 엔코더를 기능과 정밀도에 따라 분류하면 그림 2와 같다.

또한 선형 엔코더는 작동방식 또는 작동원리

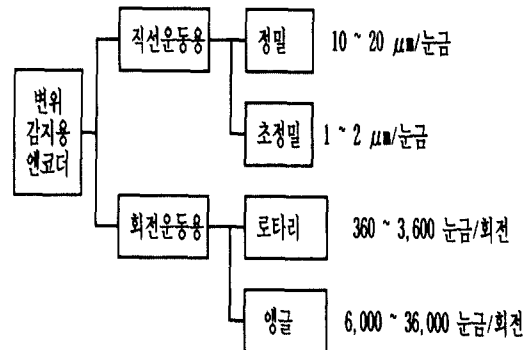


그림 2 변위감지용 엔코더의 기능에 따른 분류

에 따라 분류할 수 있으며, 표 1과 같이 광학식, 정전용량식, 전기유도식, 자석식, 레이저간섭계식, 저항식(optical, capacitive, inductive, magnetive, interferometer, potentiometer) 등 6가지로 분류할 수 있다.

광학식 엔코더가 CNC 위치 제어용으로 현재 가장 많이 사용되고 있다. 그 다음으로는 정전용량식이 많이 적용되며, 이것은 주로 디지털형 1차원 정밀계측기 즉 켈리퍼스, 다이얼 게이지, 하이트 게이지 등에서 많이 사용되고 있다. 전자기유도식은 인덕토신(inductosyn)이라는 개발 초기의 제품 이름이 아직 사용되고 있다. 지그재그(zigzag) 코일이 피치 2mm간격으로 메인 스케일 전체 길이에 깔려 있고 이 코일에 교류전압이 계속 여자되고 있다.<sup>(6)</sup> 그 위에서 이동하는 슬라이더 스케일에는 두 개의 코일이 나란히 설치되어 있고 이 둘은 서로 90도 위상차, 즉 설치 위치가 1/4 피치 크기의 차이를 가지기 때문에 각각 정현파, 여현파 신호를 출력시킨다.<sup>(6)</sup> 이 두 가지 출력 파형을 조합하여 이동방향 파악과 한 눈금 피치 내의 세부 위치 등을 판독한다.

마그네틱 스케일은 앞의 3종류에 비하여 위

치제어 시스템의 스케일으로는 사용 빈도가 낮은 편이다. 마그네틱 스케일의 한 종류를 예로 들면 측정범위 30cm, 정밀도 1 $\mu$ m, 반복정밀도 0.5 $\mu$ m, N-S-N 주기간격 피치 0.2mm, 자석층 Ni-Co합금, 지지대는 황화청동으로 구성되어 있다.<sup>(7)</sup> 마그네틱 스케일의 픽업 헤드(pickup head)는 음악 테이프 재생용 헤드와는 유사점과 차이점이 있다. C자형 철심(core)에 코일을 감은 헤드를 이용하여 마그네틱 스케일 또는 테이프 면상의 자속 변화를 전기신호로 변환하여 읽는 원리는 유사하다. 그러나 스케일의 경우에는 이동 속도가 일정하지 않고 정지 상태에서조차 자속상태를 읽을 수 있어야 하므로 그 구조와 작동원리에서 차이가 있다. 즉 스케일에서는 일정 주파수를 가진 교류를 헤드 뒤의 코일에 여자하여, 이 교류를 반송 주파수로 하여 C자형 철심에 흐르는 자속의 세기를 변조파형으로 읽을 수 있다. 이것은 헤드의 상대 이동속도와 무관하게 정적인 자속 세기를 읽어 낼 수 있으며 자속 응답형 헤드라고 한다.<sup>(6)</sup>

레이저 간섭계(laser interferometer)는 특수한 초정밀기계의 위치 판독 시스템으로 매우

표 1 위치제어용 엔코더의 종류별 특성

작 동 방 식	사 용 빈 도	정 밀 도( $\mu$ m)	사 용 예
광학식 (optical)	1. 압도적	1~10	공작기계, 로봇 3D-좌표측정기
용량식 (capacitive)	2. 자주	10~20	켈리퍼스, 게이지 일차원계측기
유도식 (inductive)	3. 가끔	10	공작기계
자석식 (magnetive)	4. 드물게	10	공작기계
간섭계식 (interferometer)	5. 특수하게	0.3 초정밀	초정밀 기계 정밀 교정용
가변저항식 (resistive)	6. 매우 드물게	50 저정밀	교육용 실습장비

표 2 절대형 NC-스케일과 증분형 NC-스케일의 비교

스케일 종류와 특성	절대형(Absolute)	증분형(Incremental)
위치파악 내용	항상 절대위치	상대적 이동변위
스위치 작동 직후	즉시 현위치 파악	현위치 파악곤란
해상도	저해상도, $2^N$	고해상도, 눈금간격 * A/D
센서 갯수	많다(N)	2~5개
축 이동속도	무제한	제한적(센서작동주파수)
스케일 구조	복잡	간단
신호처리 로직	간단	복잡
참조위치눈금	불필요	필요
실제 사용빈도	드물다	거의 대부분

드물게 사용되기도 하나 대부분은 3차원 CNC 기계의 정밀도 교정 및 검사에 적용된다.<sup>(7)</sup>

NC-스케일 눈금에는 절대눈금(absolute graduation)과 증분형 눈금(incremental graduation) 두 종류가 있다. 높은 해상도와 정밀도를 중요하게 고려하여 증분형 눈금이 실제에 있어서 대부분 사용되고 있으며 절대형은 드물게 사용되고 있다. 표 2에서는 절대형과 증분형의 장단점을 비교하여 설명하고 있다.

### 3. 광학식 엔코더의 작동원리

메인 스케일은 프레임에 고정되어 있고 센서 헤드부가 상대적으로 이동하면서 변위 신호를 전기파형으로 출력한다. 센서 헤드부에는 광원, 인덱스 눈금, 광학센서가 부착되어 있다.<sup>(2)</sup> 그림 3은 광학식 NC-스케일의 센서 헤드부 작동 구조를 보여주고 있다. 축 이동과 함께 인덱스 스케일과 메인 스케일의 눈금격자가 위치에 따라 서로 겹쳐지면서 빛의 통과가 반복적으로 명암 신호로써 센서 전면에 보내게 된다. 광학 센서에서 출력되는 파형신호를 처리하여 위치와 이동속도를 감지하게 된다. 센서 헤드부의 전자회로에서는 연산증폭기(op-amp), 비교기(comparator) 등이 있어 TTL

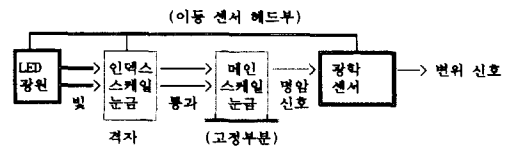
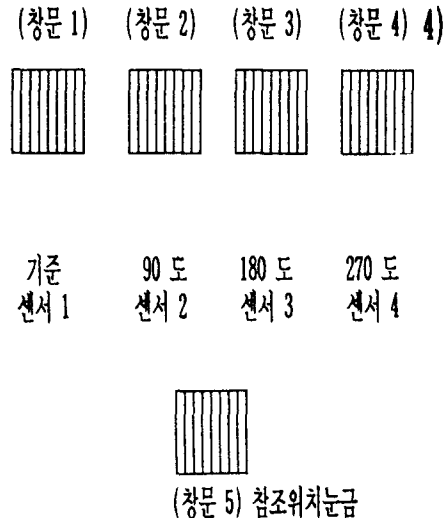


그림 3 광학식 NC-스케일의 센서 헤드부 작동 구조



기준 신호= 센서 1 - 센서 3  
90도 신호= 센서 2 - 센서 4

그림 4 광학식 NC-스케일의 인덱스 스케일 눈금 창문구조

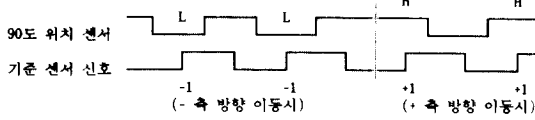


그림 5 선형 및 회전형 엔코더에서 이동방향 감지를 위한 센서 작동원리

(transister transister logic) 신호 전압 (5V)의 안정된 파형이 출력된다.

좌우 이동 방향을 감지하기 위하여 90도 위상차 즉 1/4 눈금간격만큼 위치차이를 가진 창문(window)을 설치한다. 그림 4에서와 같이 센서 헤드부에는 총 5개의 센서가 사용된다. 1번 기준 센서와 180도 위상차에 설치된 3번 센서는 서로 보완하며, 이것은 메인 스케일에 눈금오차가 있는 경우에 그 측정값의 오차를 감소시킬 수 있다. 이와 같은 목적으로 2번과 4번 센서의 출력도 서로 연결하여 보완하도록 되어 있다.

절대형 눈금에서는 축 이동방향 감지용 센서가 필요없지만 증분형 눈금에서는 이동방향의 감지장치가 절대적으로 필요하다. 대부분의 스케일에서는 변위 방향 (+, -)을 감지하기 위하여 90도 위상차 즉 1/4 주기위치에 설치된 두 개의 센서가 같이 사용되어야 한다.<sup>(3)</sup> 그림 5에서는 스케일의 이동방향의 감지를 위한 센서신호의 논리 상태를 보여 주고 있다. 즉 기준 센서에서 펄스신호가 기준전압(L)에서 고전압(H)으로 될 때 처리기의 카운터부에서 누적 계산이 이루어지되, 90도 위상차 센서의 출력신호 상태에 따라 고전압(hi)일 때는 +1 증가시키고 기준전압(low)일 때는 -1 감소시킨다.

#### 4. 실험의 목적 및 범위

광학식 NC 스케일의 구성은 개발 측면에서 그림 6과 같이 크게 소프트웨어와 하드웨어로 나눌 수 있다. 소프트웨어는 측정용 프로그램이며, 동작기계의 일반적인 사용을 고려하여

다양한 기능을 가진 어셈블러 프로그램으로 개발한다. 하드웨어는 스케일과 전자제어기 회로 부분으로 구성된다. 스케일 부분은 세분하면 유리눈금, 센서헤드, 케이스 부분으로 나누어진다.

광학식 NC-스케일 제조기술을 개발함에 있어서 유리눈금 제조기술이 가장 핵심이 된다. 이에 비하여 NC-스케일용 전자 제어기는 마이크로 프로세서와 카운터 회로로 구성되어 있을 뿐 어렵지 않는 회로이다. 소프트웨어는 어셈블러로 프로그램하여 PROM에 저장되며, 실제 스케일 사용시의 여러 경우를 고려하여 운전 프로그램을 개발하여야 한다. 이 글에서는 유리눈금 제조기술의 개발내용을 설명하고자 한다.

박막 코팅기술과 마이크로 리소그래피(micro-lithography)를 이용한 금속 박막의 정밀 가공 공정에서 여러 가지 실제적인 노하우 변수들을 찾아내는 것이 연구의 목표이다. 광학식 NC-스케일 구조에서는 두 종류의 정밀 눈금유리판이 사용된다. 하나는 프레임에 고정된 유리 스케일(메인 스케일)이고 다른 하나는 이동하는 센서 헤드부에 부착되어 상대운동을 하는 Graticule이라고 하는 인덱스 스케일이다. 실험의 제 1단계는 인덱스 스케일의 제조 공정 기술을 국산화하기 위하여 개발하는 것이다.<sup>(1)</sup>

마이크로 리소그래피 기술이란  $\mu m$  크기의

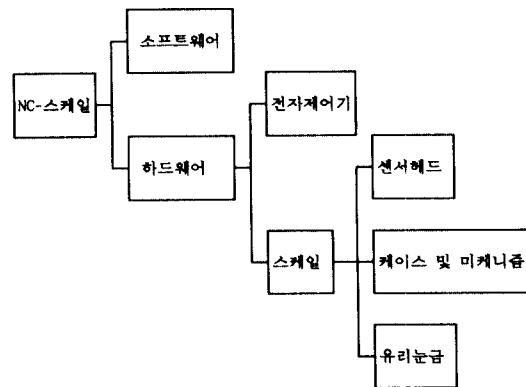


그림 6 NC-스케일의 중요 부분별 구성

선폭과 정밀도를 가진 반도체 IC-회로를 실리 콘 웨이프 위에 광학적으로 부식시켜 제조하는 공정을 말한다. 마이크로 프로세서, 메모리소자, 로직 게이트 등 모든 IC는 마이크로 리소그래피 공정으로 생산된다. 원래 리소그래피(lithography)의 어원은 돌에 그림을 새기는 石版기술을 뜻한다.<sup>(4)</sup> 리소그래피를 이용하여 유리판 위에 스케일 눈금을 새기는 공정은 복잡한 공정단계를 거친다.<sup>(5)</sup>

유리위에 금속 박막을  $0.2\mu\text{m}$  두께로 코팅하기 위해서 진공속에서 스프터링(sputtering) 방법으로 코팅한다. 리소그래피를 위하여 원본 마스크를 직접접촉 방법으로 기판 위에 겹쳐서 위치조정 한 후에 광파장  $400\mu\text{m}$ 의 자외선(UV) 빛에 노광시킨다. 감광수지(PR: photo-resistive resin)은 포지티브형을 사용하며 노광(exposing), 가열건조, 부식 등의 공정을 거친다.

### 5. 유리눈금 제조 공정

광학식 NC-스케일 제조공정은 다음과 같은 다단계의 과정으로 이루어 진다.

눈금 간격과 크기 설계 → 눈금원본 마스크 제작 → 유리 기판 위에 금속박막코팅 → 감광수지(PR) 코팅 → 소프트 베이킹 → 마스크와 유리의 위치조정 → 자외선 노광 → 하드 베이킹 → 부식액(etchant) 속에 부식 → 아세톤에 PR 수지제거 → 세정 → 유리눈금 완성

#### 5.1 유리기판 위에 기저 금속박막 코팅 공정

유리판 위에 금속 박막을 코팅하는 기술에는 스프터링(sputtering)과 진공증착법(evaporating) 등 두 가지 방법이 있다. 진공증착법 방법은 알루미늄 등과 같이 용융점과 비등점이 낮은 금속의 박막을 입힐 때 적합하다. 진공증착법은 진공 챔버 속에서 텅스텐 보트를 진류로 가열하여 시료금속을 고온의 증기상태로 만들어 기판면 위에 진공증착시킨다.

스프터링은 비교적 비등점이 높은 니켈,

크롬 등을 코팅할 때 적합하다. 스프터링 방법은 X-레이, 레이저, 플라즈마 같은 에너지 빔으로 금속재료의 표면을 때려서 금속분자를 공중으로 분리하여 기판 표면에 달라 붙게 하는 박막기술이다. 역시 진공속에서 이루어지며 진공은 산화방지, 먼지제거, 공기분자의 방해작용 제거 등의 효과가 있다. 그 외에도 코팅의 품질을 높이기 위해서 기판과 금속재료 사이에 직류 전압을 가하거나 기판의 뒷면을 가열하기도 한다. 그림 7에서와 같이 유리기판 위에 금속 박막층이 코팅된다.

#### (1) 유리기판 위에 크롬 코팅

금속 코팅 전문업체에서는 주로 레이저 광선 스프터링 방법으로 크롬을 코팅한다. 현재 20cm 크기까지의 유리판 코팅이 가능하며, 크롬 박막 두께는, 측정한 결과  $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 로 적합한 치수이었다. 코팅된 크롬 박막 표면 품질은 매끈하고 강도가 매우 높다.

#### (2) 알루미늄 코팅

알루미늄 코팅(evaporator) 진공증착법은 비교적 값이 저렴하고 기술적으로 용이하였다. NC-스케일 용 최적의 금속박막 두께는  $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 이다. 증착되는 알루미늄 박막 두께는 텅스텐 보트 위에 용융 증발되는 알루미늄 질량에 따라 결정되며 75mg(순도 99.999%)을 사용하였다. 박막의 균일도는 양호한 편이었다. 유리 청결 세척시 불순물 잔존을 주의해야 한다. 세척불량으로 불순물이 기판 표면에 남아 있는 경우에 박막공정 후 검사하여 보면 많은 구멍과 결함이 생겨있다. 박막 두께 측정결과  $0.2\sim 0.4\mu\text{m}$ 으로 필요한 두께에 적합하였다. 진공은 1차는 피스톤형 진공펌프를 5분간 운전하여  $10^{-3}$  torr 진공을 얻고, 2차는 오일 확산형 진공 펌프(oil diffusion vacuum pump)를 15분간 운전하여 진공도

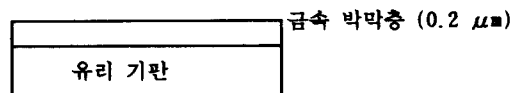


그림 7 유리기판 위에 금속 박막층 코팅

10<sup>-6</sup> torr에 도달하게 된다.

알루미늄 박막은 크롬에 비교하여 재료강도가 취약하여 취급시에 표면손상이 많이 생기는 등 재료성질상 스케일 눈금으로는 부적합함이 나타났다. 또한 산화성이 높아 광택이 쉽게 변한다. 그러나 알루미늄 재료는 700°C의 낮은 용융점 때문에 코팅 방법이 비교적 간단하다.

그 외에도 비금속성 박막인 폴리실리콘(poly-silicon) 박막 코팅 공정도 실험하였다. CVD(chemical vapor dipositioning) 방법으로 사용하며, 고주파 가열 장비를 사용한다. 유독 가스를 사용하므로 위험하고 기술이 복잡하며, CVD 방법으로 형성된 실리콘 박막은 빛 투과성이 남아 있어서 눈금용 박막으로는 사용하기 곤란하였으며 또한 그 공정시간, 표면성질, 강도특성 등도 부적합하다.

### 5.2 감광수지 코팅

PR(photo-resist) 공정을 위하여 그림 8에서와 같이 감광수지를 금속 박막층 위에 얇게 코팅한다. PR 종류는 매우 다양하다. 종류에 따라 노광시간, 점도, PR층 두께, 가열건조 온도와 시간이 달라진다. PR의 종류에는 사진필름과 같이 마스크와 반대형상을 만들어 내는

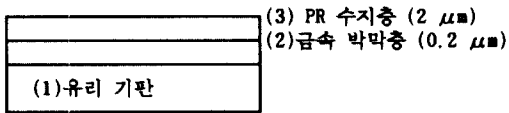


그림 8 감광수지층 코팅

네가티브 형과 동일한 형상을 만드는 포지티브형 PR이 있다. 일본 Shipley 회사 제품의 PR 수지가 우수하고 본 공정에 적합하다.

PR 코팅 방법은 스핀닝(spinning), 롤러, 뿌림(spraying) 등의 방법이 있다.<sup>(4)</sup> 스핀닝 코팅 방법은 제품의 크기가 직경 15cm 이하의 경우에만 가능하며, 보다 큰 제품은 유리 롤러를 이용한 코팅 방법이 적합하다. 본 실험에서는 스핀닝 코팅 방법으로 하였다. 원심력을 이용하여 수지의 액체표면을 평활시킨다. 스핀닝은 1000rpm 속도에서 10초간 운전과 3800~4000rpm에서 40초간 회전이 적합하였다. 회전속도와 회전시간은 스핀닝 코팅의 PR 층의 두께에 영향을 주는 중요 변수이다. 환경에 따른 원심력 차이 영향으로 회전중양부의 PR층 두께는 바깥부분보다 두껍다.

표 3에서 나타낸 바와 같이 PR 수지층 두께 변수는 후속되는 공정의 변수와 상관 관계가 있다. PR층의 두께는 매우 중요한 공정변수이다. PR층 두께가 2.5μm 이상 두꺼우면 현상과 부식의 결과가 나빠지며 눈금이 깨끗하지 못하고, 경계면 부식작용(side etching) 등으로 눈금의 정밀도가 손상된다.

### 5.3 소프트 베이킹

PR 코팅 후에 굽는 목적은 감광 이전에 PR 용매 즉 아세톤을 휘발건조시키고, 가열건조 공정으로 PR을 단단하게 굳어져 붙게 하기 위함이다. 노광(exposing)을 위한 마스크 접촉시 수지층이 안정 및 청결과 마스크 보호를 위

표 3 PR 수지층 두께 변수와 다른 공정변수와의 상관관계

PR층 두께	얇다(1.5μm 이하)	적합(2±0.5μm)	두껍다(3μm 이상)
현상시간	짧아야 한다	보통	길어야 한다
수지경계면	경계선 불안	깨끗함	동산모양 곡선
부식상태	사이드 에칭	양호	부식면적 부족
눈금굽기	가늘다	적절	굵다
눈금정밀도	낮다	정확	낮다

하여 가열건조 공정이 필요하다. 일차 가열건조 공정(pre backing)의 온도조건은 80~100℃, 90℃에서 30분간이 적합하다. 100℃ 이상 고온에서 오히려 PR 수지 조직이 파괴 응고(hard-baking) 되고 그 후는 PR의 감광작용이 불능하게 된다. 가열건조용 장비는 온도조절이 가능한 가열오븐을 사용한다.

#### 5.4 노광 빛조임

표 4에서 나타낸 바와 같이 노광 시간(exposing time) 변수에 따라 눈금형상의 정밀도가 좌우되며 현상 시간도 노광시간에 영향을 받는다. 이는 매우 중요한 공정 변수이다. 따라서 최적 노광 조건을 잘 선택해야 한다. 노광시간이 길면 현상 시간 짧아야 하고, 반대로 노광시간이 짧으면 현상시간이 길어져야 한다. 노광시간이 너무 길면 PR수지 경계면이 검게 변하고, 노광시간이 너무 짧으면 금속 박막 경계면에서 사이드 에칭이 발생한다. 노광시간은 12~60 초가 적합하였다.

#### 5.5 노광후 건조

온도조건을 90~110℃에서 1~2분 동안 가열 오븐에서 말린다. 이 과정은 2차 건조공정으로 생략해도 눈금의 품질에 큰 영향은 없다.

#### 5.6 현상

현상(development)공정은 그림 9에서와 같이 노광된 부분과 가리워졌던 부분을 구분하여 PR을 현상액 속으로 녹여 내는 과정이다. 포

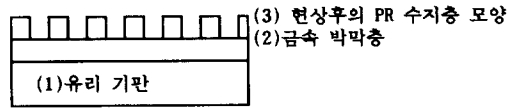


그림 9 현상공정 후의 수지층 구조

지티브 PR인 경우 노출된 부분이 부식되어 마스크 눈금모양과 제품의 눈금모양이 동일하게 된다. 네가티브형 PR인 경우 노출되지 않은 수지부분이 녹아서 제품의 눈금모양은 그 반대 형상이 된다.

현상 시간은 매우 중요한 변수이다. 현상 시간은 노광시간과 직접 관련되며 반비례한다. 최적조건을 실험적으로 선택해야 한다. PR 종류와 일치되는 현상액(developer)을 사용해야 하며 PR과 현상액은 동시 구입하는 것이 안전하다.

#### 5.7 하드 베이킹

수지는 고온에서 수지 구조가 변화하여 굳게 된다. 강 산성 부식액에서도 PR 수지가 풀리지 않게 수지구조를 안정화시키는 것이 그 목적이다. 온도 110~120℃의 가열오븐에서 30분이 적절하다.

#### 5.8 부식공정

방법은 습식 부식공정과 건식 부식공정이 있다. 습식 부식공정(eching)은 산성액에 완전히 담구어 수지에 보호되지 않는 부분의 금속 박막을 부식시켜 눈금을 새긴다. 건식 부식공정은 고전압하에서 이온화된 가스 플라즈마 흐름

표 4 노광시간 공정변수의 특성

노광시간	짧다(12초이하)	적합(12~60초)	길다(60초 이상)
현상시간	길어야 한다	보통	짧아야 한다
수지경계면	툽니모양 불분명	깨끗함	수지경계면 탄화현상
부식상태	사이드 에칭	양호	
눈금굵기	가늘다	적절	굵다
눈금정밀도	낮다	정확	낮다

표 5 습식부식 공정시에 부식시간 변수의 영향

부식시간	짧다(20초 이하)	적합(20~60초)	길다(60초 이상)
부식상태	부	양호	사이드 에칭
PR수지상태	양호	양호	수지분해
눈금굵기	굵다	적절	가늘게 된다
눈금정밀도	낮다	높다	낮다

속에서 PR 수지와 함께 노출된 금속 표면이 증발되어 날아가 버린다. 그림 10에서와 같이 부식공정 후에 PR수지 아래 금속 부분은 보호되어 남아있게 된다.

일반적으로 실험실에서 합성한 크롬 부식액은 가열과 긴 부식시간이 소요된다. 부식공정에서는 전용 부식액을 구입하여 사용하면 깨끗하게 부식된다. 가열이 불필요하고 상온 20℃에서 20초~60초의 부식시간이 적합하다. 표 5에서 설명한 것과 같이 부식 시간이 60초 이상 길어지면 PR 또한 강산성액 속에서 분해되고, 사이드 에칭까지 진행되어 결과적으로 눈금모양이 지저분해지면서 정밀도가 문제된다. 부식공정 후 즉시 세정해야만 계속되는 부식을 방지하여 깨끗한 눈금을 얻는다.

### 5.9 PR 제거

PR은 수지이므로 용매 아세톤에 1~2분간 담구면, 더 이상 필요없게 된 PR 수지부분이 깨끗이 용해되어 기판부터 제거된다. 비교적 간단하고 쉬운 공정이다. 그림 11에서는 PR

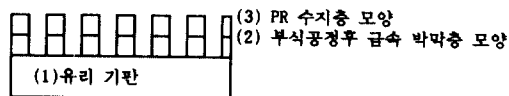


그림 10 부식공정 후의 금속 박막층 구조

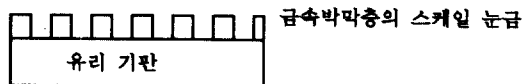


그림 11 PR 수지층 제거 후의 스케일제품 구조

수지층 제거후의 최종 유리눈금 스케일의 구조를 보여주고 있다.

### 5.10 세정

마지막 공정으로서 증류수를 이용한 세척(rinse) 작업이 필요하다.

## 6. 맺음말

### 6.1 인덱스 스케일 제조기술 완료

수치제어용 스케일에서 인덱스 스케일의 제작 기술을 처음부터 끝공정까지 직접 수행하여 몇 개의 견본을 성공적으로 제작하였다. 기존의 NC-스케일 제품에서 원래의 인덱스 스케일을 떼어 내고 연구 개발한 공정기술로 제작 완성한 인덱스 스케일을 교환 부착하여 NC-스케일의 작동을 시험하였는 바 기능상 무리 없이 또한 오차없이 작동하였다.

### 6.2 PR공정의 다양한 공정변수 결정

PR(photo resist : 감광수지)을 이용한 정밀 가공의 각 세부공정별 변수인 시간, 농도, 속도, 온도 등을 실험적으로 최적치를 찾아내었다. 각 공정의 조건 변수는 서로 관련이 있어 최적 변수를 찾는 것은 많은 실험을 통하여 경험적으로 결정된다.

### 6.3 NC-스케일에서 참조위치 눈금설계기술 개발

50mm마다 참조위치 눈금이 새겨져 있다. Anilam, SONY, Mitutoyo 등 회사 제품도 마



찬가지로 50mm마다 있다. 눈금은 굵기가 서로 다른 막대를 조합하여 만들어진다. 헤드 부가 상대 운동시에 참조위치 눈금의 센서 신호는 삼각파형을 이루어, 정확한 절대위치를 제공한다. 참조위치 눈금의 기능과 작동원리의 분석에 따라, 그 결과를 이용하여 컴퓨터 프로그램으로 고유의 참조위치 눈금의 설계방법을 개발한다.

#### 6.4 기술상 문제점 및 추후 개발 내용

1) NC-스케일의 국산화 개발에서 가장 큰 문제는 메인 스케일의 유리눈금 제조 기술이다. 메인 스케일 제조 기술은 인덱스 스케일보다 어려움이 많으며 새로운 기술이 몇 가지 필요하다. 메인 스케일 길이는 1~2m로서 반도체 웨이퍼 크기(4~6inch) 또는 인덱스 스케일 크기(7.8cm)에 비하여 훨씬 길기 때문에 새로운 공정장비가 필요하다. 기존의 반도체 IC 제조 장비는 크기가 작아서 메인 스케일 제조용으로는 사용이 불가하다. NC-스케일 제작용의 규모가 큰 장비를 새로 설계하고 제작해야 한다. 금속 코팅, PR-코팅, 노광, 가열건조용 오븐, 현상 공정용 장비를 개발해야 한다.

2) 30cm에서부터 3~5m까지 길이의 비교적 길이가 긴 NC-스케일의 제작이 어렵다. 반복적으로 연결된 노광 공정을 위해서 레이저 간섭계(laser interferometer)로서 위치제어할 수

있는 정밀한 스테퍼(stepper)의 개발이 필요하다.

3) 완제품 NC-스케일의 성능과 정밀도에 대한 검사기술을 개발해야 한다.

4) 신호처리 및 위치 표시용 마이크로프로세서 제어기와 스케일 운용을 위한 소프트웨어를 개발해야 한다.

#### 참고문헌

- (1) 김희식, 박준호, 1991, "Micro-lithography를 이용한 광학식 NC-스케일 제조기술," 한국과학기술단체총연합회 추계 Workshop 생산기술분과 발표집, pp. 25~31.
- (2) 김희식, 1989, "센서 시스템," 대한기계학회, 자동화 기술강습회, pp. 159~180.
- (3) 독일 Heidenhain 사, 카탈로그 "NC-Linear Encoders," "Rotary and Angle Encoders."
- (4) David, J. Elliot, 1986, "Microlithography Process Technology for IC Fabrication," McGraw-Hill, pp. 74~99, pp. 121~138.
- (5) 이성복, 임동규, 1991, "Micro-lithography의 광학적 원리," 제8회 광학 및 양자 전자학 워크숍 논문집, pp. 109~114.
- (6) 이정구, 1991, "알고 싶은 측정의 자동화," 기전연구사, pp. 186~209.
- (7) Wolfgang Dutschke, 1990, "Fertigungsmesstechnik," B.G. Teubener Stuttgart, pp. 41~43.