

< 기술논문 >

Lead-Frame 에칭공정에서 분무특성을 이용한 에칭특성의 예측

정흥철* · 최경민** · 김덕줄†

(2005년 8월 23일 접수, 2006년 2월 27일 심사완료)

The Prediction of Etching Characteristics Using Spray Characteristics in Etching Process of Lead-Frame

Heungcheol Jeong, Gyungmin Choi and Duckjool Kim

Key Words: Etching Characteristics(에칭특성), Spray Characteristics(분무특성), Etching Factor(에칭계수), Uniformity(균일도), Monte-Carlo Method(몬테카를로법)

Abstract

The objective of this study is to predict the etching characteristics using spray characteristics for the optimization on the etching process of Lead-Frame. The etching characteristics such as etching factor, uniformity were investigated on the actual operating conditions. The correlation between the etching characteristics and the spray ones obtained by measurement were analyzed to simulate the etching characteristics according to actual conditions of lead-frame etching process. These conditions of lead-frame process were spray pressure, distance from nozzle tip to substrate, pipe pitch, and nozzle pitch. To improve the etching characteristics in the lead-frame process, effects of the various operating conditions should be understood in detail. The spray characteristics obtained by experiment using PDA system were simulated by the Monte-Carlo method. The etching process model was coded by Java language. It was found that simulation results generally agreed well with the measured results of etching characteristics in lead-frame etching process. The optimal operating parameters were successfully found under variable conditions.

기호설명

- D_{32} : 자우터 평균 직경(SMD)
- E_f : 에칭계수
- E_u : 에칭균일도
- \bar{N} : 입자수 평균
- Z : 선단거리
- ϵ_i : 오차항

1. 서론

리드프레임(Lead-Frame)은 반도체IC를 구성하는 핵심부품으로서 반도체 Chip과 PCB기판과의 전 기신호를 전달하고, 외부의 습기, 충격 등으로 부터 Chip을 보호하며 지지해 주는 골격 역할을 하는 부품으로 고정밀의 리드프레임의 경우, 에칭 기술을 통해 생산되어진다.

에칭(etching)기술은 리소그래피(lithography) 가공기술 중의 핵심기술로서 크게 건식에칭(dry etching)과 습식에칭(wet etching)으로 분류되며 이중 습식에칭법은 화학적 혹은 전기화학적 반응을 사용하여 소재를 원하는 부분만 선택적으로 용해시켜 가공하므로 다양한 소재의 정밀한 제품을

† 책임저자, 회원, 부산대학교 기계공학부
E-mail : djkim@pusan.ac.kr
TEL : (051)510-3072 FAX : (051)516-9598

* 회원, 부산대학교 대학원 기계공학과

** 회원, 부산대학교 기계공학부, 기계기술연구소

경제적이고도 대량으로 생산할 때 주로 이용된다. 최근 초정밀제품의 수요가 급증하면서 기술력 향상을 위해 에칭기술에 관한 다양한 연구⁽¹⁻³⁾가 진행되고 있다.

이러한 습식 에칭기술을 이용하여 생산되는 제품의 품질 및 생산성은 에칭계수와 에칭균일도로 지칭되는 에칭특성에 영향을 받는다. 에칭특성을 좌우하는 주요인자로는 파이프의 배열과 같은 설치조건과 선단거리 및 분사압력 등의 분사조건이 있으며 이는 제품의 원가, 생산성 및 가공정밀도를 좌우하는 에칭특성에 큰 영향을 미칠 것이라고 예측할 수 있다. 따라서 에칭공정의 최적화를 위해서는 분무특성과 에칭특성의 상관관계와 에칭시스템의 공정 특성 및 조건의 상호 연관성에 대한 근본적인 이해가 필요하다.

액체의 미립화 및 분무특성에 관한 연구^(4,5)는 활발하게 진행되어 다양한 분야에서 응용되고 있다. 에칭시스템 및 습식 에칭기술에 관한 연구^(6,7)는 에칭용액, 선폭, 에칭방법 등의 에칭변수들이 에칭특성에 미치는 영향에 대해 주로 연구되었으나 분무에칭에 관한 연구는 미흡한 상태이며 산업현장도 분무에칭에 대한 상당부분을 경험에 의존하고 있는 실정이다. 또한 실제 공정조건들은 복잡한 상호연관성을 가지기 때문에 공정조건의 적절한 선정이 어렵다.

따라서 본 연구에서는 PDA 시스템을 사용하여 측정된 분무특성과 에칭특성의 상관관계에 기초하여 몬테카를로 방법을 통해 분무특성을 모델링하고 현장에서 적용되는 여러 공정조건에 대한 시뮬레이션을 수행하여 얻어진 결과를 통해 에칭특성을 예측하여 최적의 공정조건을 구하고자 한다. 이러한 예측기술이 확립되면 향후 습식 에칭공정의 에칭특성 향상에 공헌할 뿐만 아니라 생산라인 설계에 귀중한 정보로 제공할 수 있다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

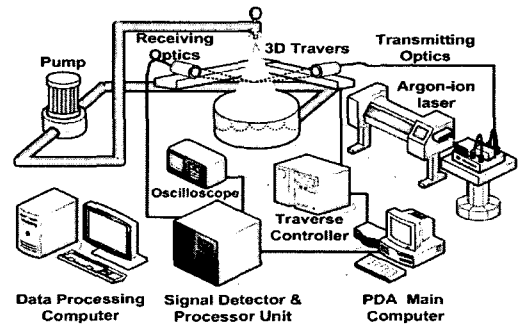
에칭이 이루어지는 에칭 챔버는 크기가 900mm x 1200mm인 각각의 선단거리 조건을 따르는 프론트와 리어 챔버로 구성되어 있다. 각각의 챔버는 공정조건에 따라 일정한 간격으로 노즐이 배열된 파이프가 일렬로 설치되어 있다. 파이프들은 일정속도를 가지고 좌우 왕복운동을 하면서

에칭액을 분사하고 챔버의 내부를 소재가 이송되어 통과하면서 에칭이 이루어지게 된다. 본 연구에 사용된 에칭특성은 설계 시스템, 코팅시스템, 노광 시스템, 현상 시스템, 에칭 시스템, 박막 및 수세시스템으로 구성된 성능테스트 장치에서 이루어졌고, 장치에 대한 설명은 지면관계상 생략한다.

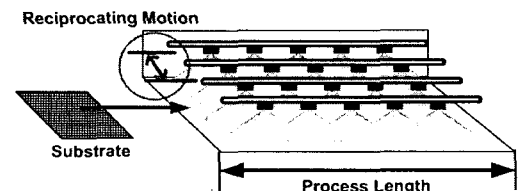
Fig. 1은 분무특성 분석을 위한 실험장치와 에칭공정의 개략도를 나타낸 것이다. 분무특성 분석을 위한 실험장치는 크게 분사 시스템과 PDA 시스템으로 구성된다. 분사시스템은 스윙노즐, 압력계, 레귤레이터, 분사압 조절 밸브로 구성되어 있다. PDA 시스템은 레이저를 포함한 송광부, 수광부, 신호처리기, 3차원 이송장치, 컴퓨터 등으로 이루어져 있다. 분사시스템은 펌프와 대형 수조를 배관으로 연결하여 순환식으로 작동유체를 공급하도록 설치하였다. PDA시스템에서 레이저는 Argon-ion 레이저(최대출력 5W)가 사용되었고 실험시 사용출력은 2W로 하였으며 초점거리는 송광부와 수광부 모두 400mm로 하였다.

2.2 실험방법

에칭용액으로는 염화 제2철 용액이 사용되었으며 두께 150 μ m의 니켈합금 동박판을 시편으로 사용하였다. 분무에칭시 분사압력은 0.3MPa로 하였고 에칭용액의 온도는 50 $^{\circ}$ C로 하였으며 노즐 팁



(a) Schematic diagram of PDA system



(b) Schematic diagram of etching process

Fig. 1 Schematic diagram of experimental set-up

으로부터 시편까지의 수직거리인 선단거리는 각각 150, 200, 250mm로 하였다. 에칭이 끝난 시료의 에칭된 선폭과 깊이를 3차원 광학측정 장치를 사용하여 에칭계수를 구하였다.

분무특성 측정은 예비실험을 통해 분무의 대칭성을 확인하여 분무중심축을 기준으로 분무형단면의 1/4 단면에 대해서 PDA장치를 사용하여 분무특성을 측정하였다. 또한 노즐에서부터 선단거리 150, 200, 250mm의 횡단면에 대해 분무중심으로부터 반경방향으로 분무가 분포하는 최외곽 영역의 위치까지 측정하였으며 작동유체의 분사압력은 0.3MPa로 하였다. 에칭용액인 염화철용액의 분사를 PDA 장치로 직접 측정하면 장비의 부식 및 이물질의 부착으로 인한 손상이 우려된다. 유체의 비중과 점도에 관한 연구⁽⁸⁾에 의하면 물의 분무특성으로 염화철용액의 분무특성을 예측할 수 있었다. 따라서 염화철용액을 대신하여 물을 실험동안 일정한 온도로 유지하여 사용하였으며, 분무특성 측정값은 PDA장치의 측정체적을 통과한 액적 5000개의 평균값으로 하였다.

3. 모델링

3.1 에칭계수와 분무특성의 상관관계

Fig. 2는 에칭계수의 개념을 설명하기 위하여 에칭된 시료와 개략도를 나타내고 있다. 실제 에칭은 시료가 노출된 부분에서만 되는 것이 아니라 감광막아래 부분까지 에칭용액이 침투하여 시료를 에칭하는 현상이 발생한다. 이러한 현상을 언더컷(undercut) 또는 사이드(side)에칭이라고 한다. 이것은 구현하고자하는 가공형상에 문제를 유발시킨다. 따라서 정밀가공을 위해서는 언더컷이 작을수록 유리하다.⁽⁹⁾ 에칭계수는 정밀가공을 위한 척도가 되는 것으로 언더컷에 대한 에칭된

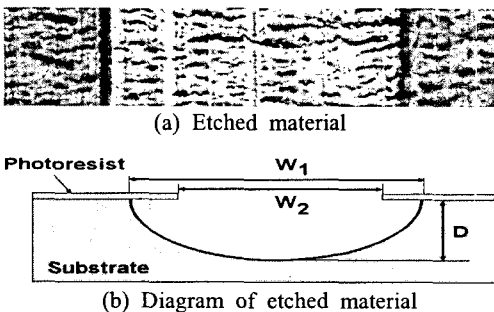


Fig. 2 Etched material and schematic diagram

깊이를 나타내며 아래의 식 (1)로 표현된다.⁽³⁾

$$\text{Etching factor} = \text{Etching depth} / \text{Undercut} = 2D / (W_2 - W_1) \quad (1)$$

여기서, D는 에칭깊이를 나타내며 W₁은 패턴 상에 설계된 폭이고 W₂는 횡방향으로 에칭된 폭이다.

분무특성과 에칭특성에 관한 연구^(10,11)에 의하면, 분무특성 중 에칭계수와 큰 상관관계를 가지는 것은 충격력으로 제시되었다. 따라서 에칭계수의 크기와 에칭균일도를 계산하기 위해서 측정된 액적의 속도와 크기로 충격력을 구하였다. 충격력은 액적을 구형이라 가정했을 때 액적 체적을 이용하여 구한 액적의 질량에 축방향 속도를 곱하여 샘플링 시간으로 나눈 값으로 아래의 식 (2)로 표현된다.

$$\text{Impact force} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\pi}{6} d_i^3 \rho U_i}{\Delta t} \quad (2)$$

여기서, ρ는 액적밀도, d_i는 액적직경, U_i는 액적 축방향 속도, Δt는 샘플링 시간을 나타낸다.

Fig. 3은 분무특성인 충격력과 에칭특성인 에칭계수와 상관관계를 나타내고 있다. 독립변수인 개이고 두 변수 사이의 관계가 직선인 단순회귀에서는 두 변수인 반경방향거리와 충격력간의 n개의 자료 (x_i, y_i), i=1,2,..., n에 대해 다음과 같은 단순회귀모형을 가정할 수 있다.

$$y_i = \beta + \alpha x_i + \epsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

여기서 ε_i는 오차항으로 독립적으로 N(0, σ²)를

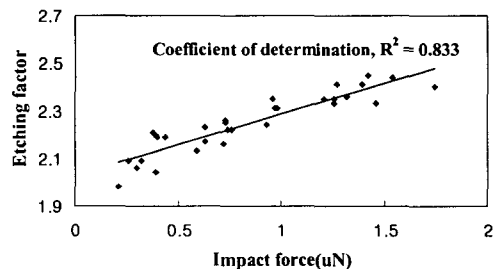


Fig. 3 Correlation between etching factor and impact force

따르며 α, β, σ^2 는 추정해야 할 인자이다. 오차의 제곱합을 최소로 하는 최소자승법에 의해 추정된 회귀직선은 식 (4)와 같다.

$$y = \alpha x + \beta \tag{4}$$

여기서, x 는 독립변수로 충격력을 나타내고 y 는 종속변수로서 에칭계수를 나타낸다. α 와 β 는 각각 2.030과 0.258이다.

회귀모형이 충격력과 에칭계수와와의 관계를 어느 정도 잘 표현하였는가를 확인하기 위해서 결정계수법과 F-검정법을 사용하였다. 결정계수(R^2)은 $0 \leq R^2 \leq 1$ 의 값을 가지고 $R^2=1$ 에 가까울수록 회귀직선이 자료를 잘 설명하는 것이 되어 상관관계가 크다고 할 수 있다. 충격력과 에칭계수의 회귀분석에 따른 결정계수는 0.833으로써 양의 상관관계를 나타내고 있다. 따라서 에칭계수는 충격력을 통하여 예측할 수 있다.

3.2 분무분포의 모델링

몬테카를로법(Monte-Carlo Method, MC)은 수학, 통계, 공학 등 다른 학문에서도 널리 사용되는 시뮬레이션 기법으로 계산문제에 포함되는 미지량의 파라미터를 갖는 확률변수를 가정하여 랜덤한 표본으로부터 추출된 통계량을 구해 근사적으로 해를 구하는 방법이다.^(12,13)

PDA 시스템을 통해 계측되어진 충격력의 분포를 회귀분석을 통하여 분무중심에서부터 반경방향 거리에 따른 분사시의 분포함수로 변환하여 입력 값으로 사용하였다. 분무가 측정되는 영역을 10mm x 10mm 크기의 단위 셀로 나누고 각 단위 셀 내부에 충격력의 분포함수에 따라 랜덤한 좌표를 생성하였다. 입자수는 그 좌표에 해당하는 확률분포로 플로팅하여 계산하였다. 랜덤함수에 사용되는 난수는 난수표에 의거하였다.

3.3 에칭공정의 시뮬레이션

시뮬레이션에 사용되는 시편의 크기는 400mm x 400mm로 고정하였고 시뮬레이션이 종료된 후에칭계수의 분포를 계산하기 위해 시편을 10mm x 10mm크기로 나눈 뒤 각 셀에 대한 충격력 분포를 구하였다. 충격력 분포는 각 셀에서 입자수로 변환이 되어 에칭계수의 크기와 균일도로 계산되었다. 에칭계수의 크기는 뿌려진 입자수의 대소에 따라 예측되었고, 에칭계수의 균일도는

식 (5)에 따라 변동계수(V_c)를 구하여 계산되었으며 아래의 식 (6)으로 표현된다. 변동계수는 두 인자의 데이터가 서로 다른 단위를 가지고 있거나 또는 단위는 같지만 평균의 차이가 클 경우의 표본 집단간의 산포를 비교하는 데에 유용하게 쓰인다.⁽¹⁴⁾

$$V_c = \frac{\sigma}{x} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i} \tag{5}$$

$$Uniformity = (1 - V_c) \times 100 \tag{6}$$

여기서 σ 는 표준편차, \bar{x} 는 표본평균, n 은 표본의 수이다.

파이프가 좌우 왕복운동을 하면서 시편이 정해진 방향으로 이송될 때 입의의 한 노즐의 궤적을 Fig. 4의 (a)와 같이 나타낼 수 있다. 장치에서 노즐을 이동시키는 턴디쉬 이동장치의 개략적인 형상은 (b)에 나타내었다. 이 장치에 의한 노즐의 x 방향으로의 위치변화는 식 (7)로 구할 수 있으며 y방향은 이송속도에 의해 식 (8)과 같다.

$$X = r + s - r \cos \theta - \sqrt{s^2 - r \sin^2 \theta} \tag{7}$$

$$Y = \frac{V_F \cdot 1000}{60} t \tag{8}$$

여기서 w 는 회전판의 각속도, V_F 는 이송속도, t 는 시간이다.

실제 에칭공정에서는 에칭계수와 균일도가 클

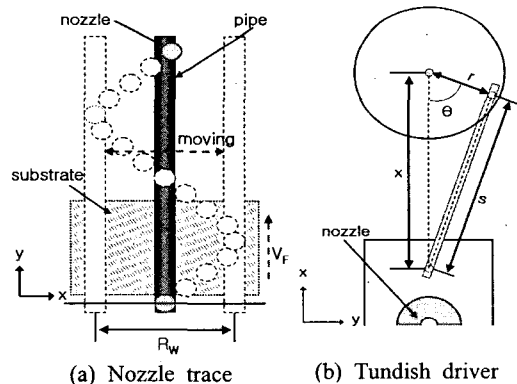


Fig. 4 Schematic diagram of nozzle trace

Table 1 Fixed conditions of simulation

Conditions	Value
Material size (width x length, mm)	400 x 400
Injection pressure, P_i (MPa)	0.3
Reciprocating velocity, V_{Rw} (mm/s)	100
transfer velocity, V_F (m/min)	2

Table 2 Conditions of Composite chamber

Conditions	Distance from nozzle tip (mm)	
	Front Chamber	Rear Chamber
A	150	150
B	200	200
C	250	250
D	150	200
E	150	250
F	200	250

수목 집적화된 초정밀제품을 생산할 수 있다. 따라서 에칭계수와 균일도에 상당하는 입자수의 평균과 입자수의 균일도가 높은 값을 가지는 공정조건을 구하였다. 시뮬레이션이 수행되는 공정의 고정조건 및 각 챔버에서의 선단거리 조건은 현장에서 다년간의 경험에 의해 축적되어진 정보를 토대로 선정하였으며 이는 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

3.4 시뮬레이션의 흐름도

시뮬레이션 조건은 고정조건과 선단거리 Z, 노즐이 배열된 파이프간의 거리 P_p , 파이프에서의 노즐간의 거리 N_p 와 같은 공정변수를 이용하였다. Fig. 5는 시뮬레이션 프로그램의 흐름도를 나타낸다. 입력조건에 따라 수집된 데이터베이스로부터 충격력 계산결과를 구하고 이것을 MC를 통해 분무분포로 모델링하였다. 또한 에칭공정 시뮬레이션에 의해 각 노즐의 X-Y좌표를 계산, 생성한 뒤, 모델링 되어진 분무분포를 각 노즐에 적용시켜 챔버를 통과하는 시편위에 플로팅한 다음 시편의 각 셀에서의 액적수와 균일도를 계산하였다. 프로그램의 코딩은 객체지향성이 우수한 Java 언어를 사용하여 구현하였다.

4. 결과 및 토의

4.1 분무분포의 모델링

Fig. 6은 선단거리에 따라서 몬테카를로법을 통해 모델링된 분무분포를 나타낸 것이다. 분포하

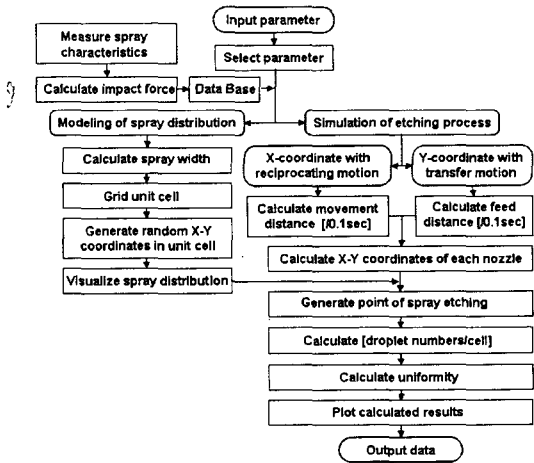


Fig. 5 Flowchart of simulation program

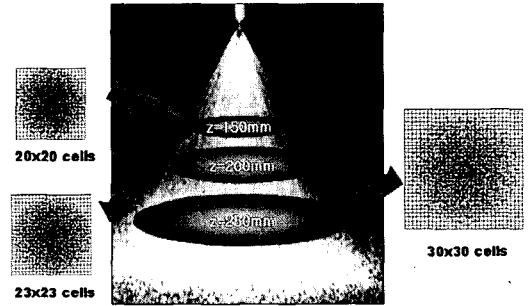


Fig. 6 Modeling of spray distribution with distance from nozzle tip

는 영역은 선단거리가 증가할수록 커지지만 단위 셀 내부의 집중도는 선단거리와 반경방향 거리가 증가할수록 작아졌다. 따라서 넓고 균일한 분포를 가지면서 충분한 에칭력을 가지기 위해서는 적절한 범위의 선단거리를 가져야 한다.

Fig. 7는 분사압력이 0.3MPa일 때 PDA장치를 통해 측정된 충격력과 모델링되어 계산된 충격력을 분무중심에서 반경방향 거리에 따라 비교한 것이다. 실제 분무의 충격력은 반경방향거리가 증가할수록 감소하였으며 계산된 값은 이를 잘 추종하였다. 계산된 분무폭이 측정치보다 넓은 것은 유입되는 공기와 주위 공기와의 마찰로 인한 반경방향의 모멘텀 감소에 인한 측정 가능한 유효 분무폭의 축소에 기인한 것으로 사료된다.

4.2 파이프 피치에 따른 시뮬레이션

Table 3은 시뮬레이션을 수행할 때의 각 챔버의 선단거리 조건 및 파이프 피치에 따른 공정조

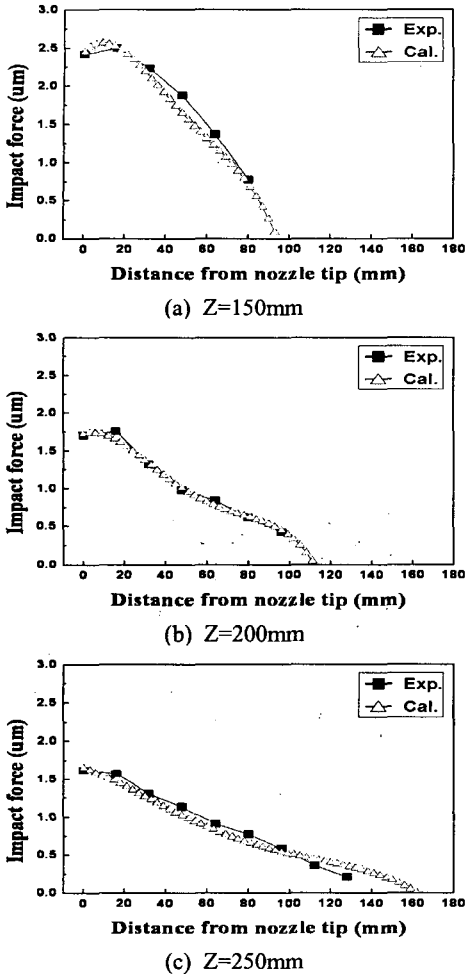


Fig. 7 Calculated and experiment results with distance from nozzle tip

건을 나타내고 있다. 파이프 피치는 60~100mm의 범위에서 10mm 단위로 변화를 주었고 선단거리는 앞서 기술한 조건을 따른다.

Fig. 8은 노즐 피치가 200mm일 때, 각 조건에 따른 입자수의 평균과 입자수의 균일도의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 입자수의 평균은 파이프 피치가 감소할수록 증가하였고 선단거리가 150mm인 N1조건이 가장 높게 나타났다. 입자수의 균일도는 N16과 N19인 조건일 때 가장 높게 나타났다. 이것은 분무의 중첩 특성에 따른 충격력의 변화량이 단일분무의 반경방향에 대한 충격력의 감소폭을 줄이기 때문으로 사료된다.

Fig. 9는 시뮬레이션을 수행한 결과 좋은 경우

Table 3 Conditions of simulation with pipe pitch

Condition	A	B	C	D	E	F
Pp (mm)	N1	N6	N11	N16	N21	N26
	2	7	12	17	22	27
	3	8	13	18	23	28
	4	9	14	19	24	29
	5	10	15	20	25	30

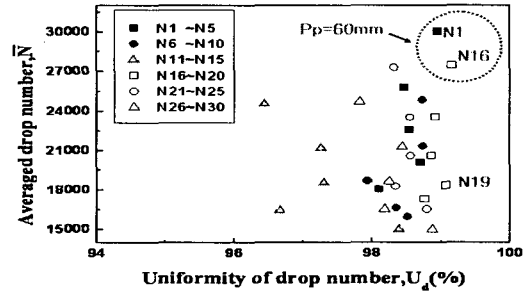


Fig. 8 Simulation result with pipe pitch

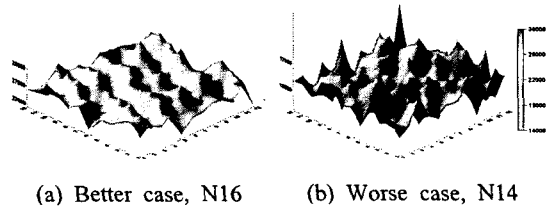


Fig. 9 Comparison of better case and worse one at Np=200mm (a) Pp=60mm (b) Pp=90mm

와 나쁜 경우에서 충격력 입자의 분포 구배를 나타낸 것이다. 좋은 경우일 때가 나쁜 경우일 때보다 입자수의 평균이 10000개 이상 높았으며 시편에서 입자 분포의 구배 차이가 작았다.

4.3 노즐 피치에 따른 시뮬레이션

Table 4는 시뮬레이션을 수행할 때의 각 챔버의 선단거리 조건 및 노즐 피치에 따른 공정조건을 나타내고 있다. 노즐 피치는 160~200mm의 범위에서 10mm 단위로 변화를 주었고 선단거리는 앞서 기술한 조건을 따른다.

Fig. 10은 파이프 피치가 100mm일 때, 각 조건에 따른 평균 입자수와 균일도의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 입자수의 평균은 노즐피치가 감소할수록 증가하였고 선단거리가 150, 200mm인 N1, N6 그리고 N16인 조건일 때 가장 높게 나타났다. 균일도는 N9와 N19인 조건에서

Table 4 Conditions of simulation with nozzle pitch

Condition	A	B	C	D	E	F
Np (mm)						
160	N1	N6	N11	N16	N21	N26
170	2	7	12	17	22	27
180	3	8	13	18	23	28
190	4	9	14	19	24	29
200	5	10	15	20	25	30

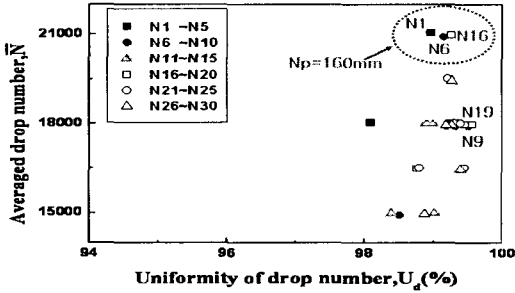


Fig. 10 Simulation result with nozzle pitch

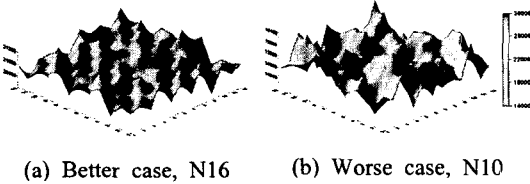


Fig. 11 Comparison of better case and worse one at Pp=100mm (a) Np=160mm (b) Np=200mm

가장 높게 나타났다. 위 결과로 볼 때 균일도는 노즐피치가 넓을 때 다소 높은 경향을 보이지만 전체적으로 큰 변화를 나타내지는 않는다. 이것으로 보아 일정한 이송속도일 때는 이송방향과 같은 방향의 피치변화에 대한 중첩영역의 영향이 적다고 사료된다.

Fig. 11은 시뮬레이션을 수행한 결과 좋은 경우와 나쁜 경우에서 입자의 분포 구배를 나타낸 것이다. 좋은 경우일 때가 나쁜 경우일 때보다 평균 액적수가 5000개 이상 높았으며 시편에서 액적 분포의 구배차이가 작았다.

4.4 에칭공정과 시뮬레이션의 상호상관

실제 에칭공정을 실시한 소재전면에서 얻어진 에칭계수 및 에칭균일도와 시뮬레이션으로 구한 충격력의 평균 입자 수 및 분포 균일도와의 상호상관을 분석하였다.

실제 에칭조건은 파이프 피치 100mm, 노즐피

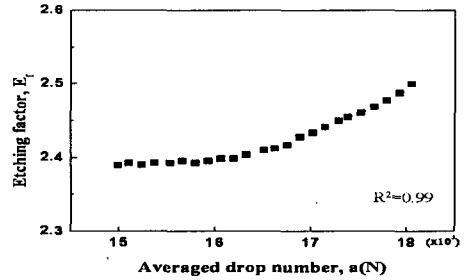


Fig. 12 Correlation between etching factor and average drop number

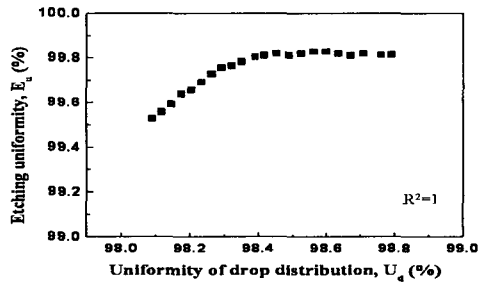


Fig. 13 Correlation between etching uniformity and uniformity of drop distribution

치가 200mm이다. 동일한 분사조건에서의 에칭계수와 입자 수 및 에칭 균일도와 입자분포 균일도를 대응시켜 회귀직선을 구하였다.

Fig. 12는 에칭계수와 평균 입자 수의 상관관계를 나타낸 것이다. 회귀직선은 아래의 식 (9)로 구해졌으며 이 때의 결정계수(R²)는 0.99로써 높은 상관관계를 나타내었다.

$$E_f = 1.436 \times 10^{-8} \bar{N}^2 - 4.38 \times 10^{-4} \bar{N} + 5.731 \quad (9)$$

Fig. 13은 에칭균일도와 입자 수 분포의 균일도와의 상관관계를 나타낸 것이다. 회귀식은 아래의 식 (10)으로 구해졌으며 이때의 결정계수(R²)는 1로써 높은 상관관계를 나타내었다.

$$E_u = 1.93 U_d^3 - 572.57 U_d^2 + 56479.76 U_d - 1.857 \times 10^6 \quad (10)$$

따라서 에칭특성은 식 (9)와 식 (10)을 통해 예측할 수 있다.

5. 결론

(1) 에칭특성은 분무특성과 높은 상관관계를 가

지므로 분무특성을 통해 에칭특성을 예측이 가능할 것으로 판단되었다.

(2) 분부분포는 MC를 통해 모델링되어졌으며 실험에 의해 측정된 값과 잘 일치하였다.

(3) Np가 200mm인 경우, 에칭특성은 챔버내의 선단거리가 150mm이고 Pp가 60mm일 때 향상되었다. Pp가 100mm인 경우, 에칭특성은 챔버내의 선단거리가 150mm와 200mm이고 Np가 160mm일 때 향상되었다.

(4) 예측된 결과로 볼 때 노즐의 근접거리에 따른 분무의 중첩영역의 특성에 대한 분석이 필요하며 에칭특성이 향상되는 선단거리 구간이 150, 200mm 사이에 존재하는 것을 알 수 있다.

(5) 높은 에칭특성을 가지는 공정변수의 조합을 예측할 수 있었다, 또한 계산된 결과는 실험에서 얻은 결과를 잘 추종하여 향후 Photomask나 Tape substrate와 같은 미소부품의 가공결과 예측에 적용할 수 있는 가능성을 보여주었다.

개발된 프로그램을 통해 에칭공정의 설계문제로의 확장도 가능하다. 또한 에칭공정의 가상 실험에 활용할 수 있는 하나의 시뮬레이터로서의 역할을 기대할 수 있으며, 실제 실험시의 비용이나 시간상의 비효율을 덜어주는데 큰 도움을 줄 것으로 예상된다.

후 기

본 연구는 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- (1) Abate, K., 2000, "Photochemical Etching of Metals," *Metal Finishing*, Vol. 98, No. 6, pp. 414-417.
- (2) Sundaram, K. B., Sah, R. E., Baumann, H., Balachandran, K. and Todi, R. M., 2003, "Wet Etching Studies of Silicon Nitride Thin Films Deposited by Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition," *Micro-electronic engineering*, Vol. 70, pp. 109-114.
- (3) Allen, D. M., 1986, "The Principles and Practice of Photochemical Machining and Photoetching," Adam Hilger, Bristol and Boston.
- (4) Shrimpton, J. S. and Yule, A. J., 1998, "Drop Size and Velocity Measurement in an Electrostatic Produced Hydrocarbon Spray," *ASME Journal of Fluids Engineering*, Vol. 120, pp. 580-585.
- (5) Jung, J. W., Cha, K. J. and Kim, D. J., 2000, "Characteristics of the Droplet Behavior in the Overlap Region of Twin Spray and in Single Spray," *Transactions of the KSME*, B, Vol. 24, No. 10, pp. 1300-1308.
- (6) Visser, A. and Buhler, M., 2001, "Theoretical and Practical Aspects of the Miniaturization of Lead Frames by Double Sided Asymmetrical Spray Etching," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 115, pp. 108-113.
- (7) Ueda, R., Toki, S., Tanizaki, Y., Sugiura, T. and Asakura, S., 1994, "Principles of Photoetching in the Fabrication of Fine-Pitch Lead Frames," *Metal finishing*, Vol. 92, No. 1, pp. 29-31.
- (8) Choi, Y. C., Jung, J. W. and Kim, D. J., 2001, "Characteristics of Spray from Pressure-Swirl Nozzle with Different Liquid Properties and Nozzle Geometries," *Transactions of the KSME*, B, Vol. 25, No. 12, pp. 1813-1820.
- (9) Ball, D., 1996 "Fine Line Etching of Lead Frames," *The journal PCMI*, Vol. 63, pp. 29-31.
- (10) Jung, J. W. and Kim, D. J., 2004, "A Study on Effect of Spray Characteristics on Etching Characteristics in Micro Fabrication System," *Transactions of the KSME*, B, Vol. 28, No. 1, pp. 109-117.
- (11) Jung, J. W., Kim, Y. J. and Kim, D. J., 2004, "Correlation Between Spray Characteristics and Etching Characteristics in Twin Spray," *Transactions of the KSME*, B, Vol. 28, No. 4, pp. 449-455.
- (12) Goo, B. C. and Seo, J. W., 2003, "Probabilistic Fatigue Life Evaluation of Rolling Stock Structures," *Transactions of KSAE*, Vol. 11, No. 5, pp. 89-94.
- (13) Badano, A. and Flynn, M. J., 1998, "Monte Carlo Modeling of Glare in CRTs for Medical Imaging," *Society for Information Display*, Vol. 29, pp. 495-504.
- (14) Go, S. G., Go, Y. H. and An, B. J., 2000, "Representation of Data," *Statistical Quality Control*, Part 2, pp. 14-17.