

Taguchi 방법을 사용한 콘택 산화막 식각 공정 최적화 연구

진영진 · 김창일 · 구진근 · 유형준

한국전자통신연구소, 반도체연구단, 공정장비연구부
대전직할시 유성우체국 사시합 106호, 305-600

Studies on the Optimization of Contact Oxide Etching Process Using Taguchi Method

Young Jin Jeon, Chang Il Kim, Jin Gun Koo, Hyung Joun Yoo

P.O.Box 106, Yusong, Taejeon, 305-600

Process equipment tech. Dept., Semiconductor Div., ETRI

초 록 클러스터형의 다중 공정용 장치에 부착키 위해 제작된 콘택 산화막 식각용 공정모듈에 대한 적정 식각 공정조건을 확립하기 위해, Taguchi 방법을 활용하여 공정최적화 실험을 수행하였다. Taguchi 실험은 2회에 걸쳐 시행되었는데, 제1차 실험은 장비변수에 대한 식각공정변수의 개괄적 거동을 타진하기 위함이었으며, 제2차 실험은 상세 공정조건 확립을 위해서였다. 실험 및 분석 결과 CHF₃/CF₄ 가스유량은 72/8 sccm, 공정압력은 50 mTorr, RF 전력은 500 Watts, 자계강도는 90 Gauss일때 최적 공정 성능을 발휘함을 알 수 있었다.

Abstract Process optimization experiments based on the Taguchi method were performed in order to set up the optimal process conditions for the contact oxide etching process module which was built in order to be attached to the cluster system of multi-processing purpose. From the two times experiments of Taguchi method, the overall behaviors of the etching characteristics depending upon the equipment parameters were understood at the 1st Taguchi experiment, the detail and optimal process conditions were extracted from the 2nd Taguchi experiment. As a final analysis of experimental results, the optimal etching characteristics were obtained at the process conditions of CHF₃/CF₄ gas flow rate=72/8 sccm, chamber pressure=50 mTorr, RF power=500 Watts, magnetic field intensity=90 Gauss.

1. 서 론

급속한 반도체 기술의 발전과 더불어 공정의 미세복잡화, 고정밀도화, 고신뢰도화 등이 비약적으로 요구되고 있어서 이와같은 공정을 수행할 장비의 성능 요구규격 또한 더욱 더 엄격해지고 있다.

본 연구에서는 일련의 반도체 제조공정 중에서 콘택 산화막 식각 공정의 고성능화, 공정의 안정화를 위하여 금번 신규 제작한 클러스터(cluster)용 콘택 산화막 식각 공정 모듈(process module)에 대하여, 적정 공정조건(process condition)을 효율적으로 확립하기 위해 Taguchi 방법^{1)~3)}을 사용하여 실험을 수행하고 분석한 결과를 보고한다. Taguchi 방

법은 직교배열(orthogonal array) 방식을 활용하여 공정개발 및 최적화, 장비개발 및 성능평가(특히 공정반응기 최적화), 공정집적(process integration) 최적화 등에 널리 응용되는 효과적인 실험계획법으로 알려져 왔다. 직교배열은 장비변수 변화에 따른 중복적 실험을 하지않고도, 전 장비변수들의 식각특성에의 영향이 용이하게 나타낼 수 있도록 고안되어 있기 때문이다.

금번 개발된 클러스터용 콘택 산화막 식각 공정 모듈은 radial-flow, parallel plate형의 MERIE(magnetron enhanced reactive ion etching)장비로서, 식각 gas로서는 CHF₃, CF₄, O₂, Ar이 공급될 수 있고, 챔버압력(chamber pressure)은 MKS Baratron gauge 및 mechanical

pump와 turbomolecular pump에 의해 조절 유지된다. RF전력(RF power)은 13.56 MHz의 주파수에 1,000 W 까지 출력할 수 있고, 자계강도는 100 Gauss까지 인가할 수 있으며 자

계균일도 확보를 위해 rotating magnet로 설계되어 있다. Fig. 1은 장비구조도 및 콘택 산화막 식각 공정 모듈의 클러스터상에서의 연결도를 보여주고 있다.

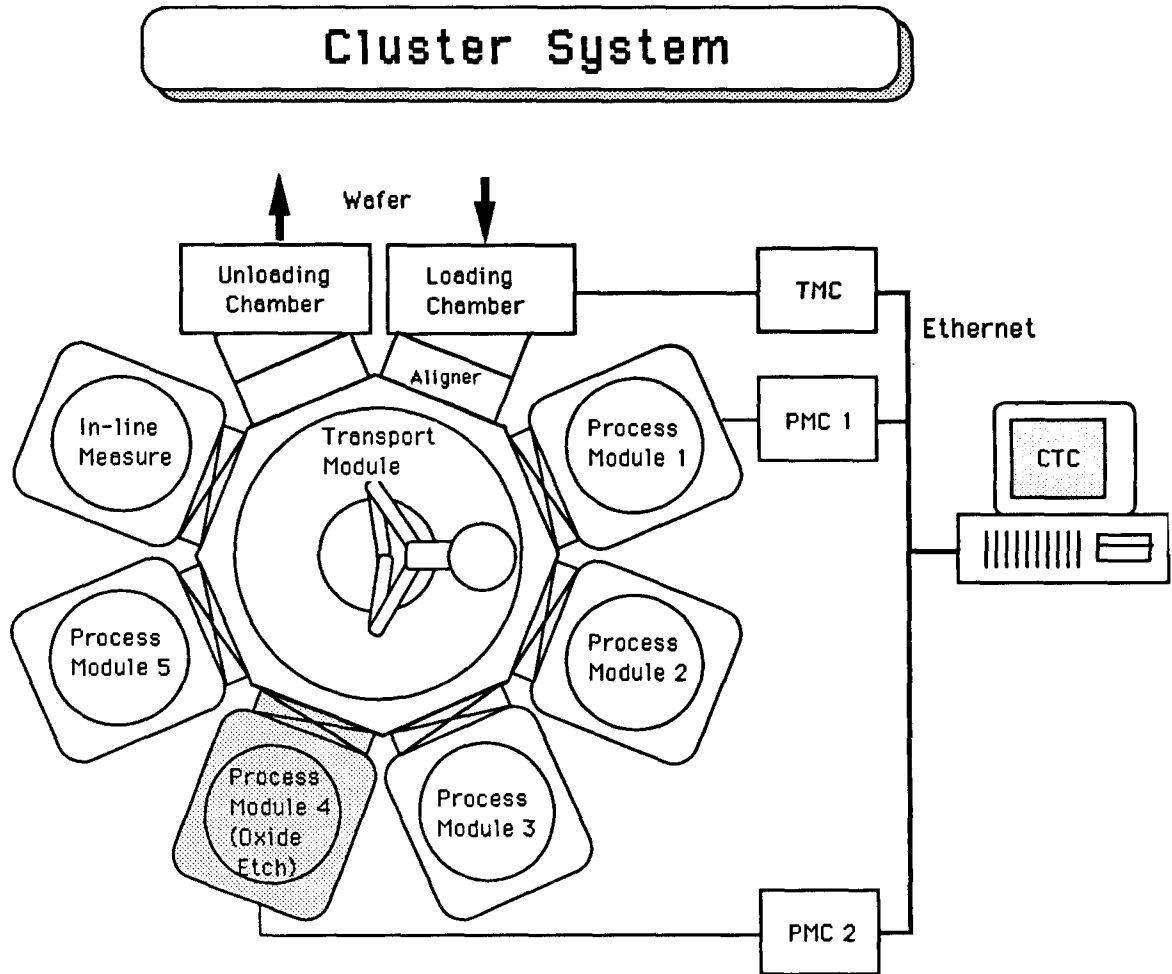


Fig. 1. Contact oxide etching process module in the cluster system configuration

2. 실험방법

2-1. Taguchi 방법에 의한 실험 계획 수립

실험 계획 수립 및 측정 데이터 분석은 모두 Taguchi 방법을 통해 수행되었다. 식각공정의 특성 및 성능의 척도로서의 주 식각특성(primary etching characteristics)으로서 식각률(etch rate), 균일도(uniformity), 포토레지스트(photoresist)와의 식각 선택비(selectivity), 식각 각도(etched profile angle) 등 4가지로 국한시켰고, 이들을 변화시킬 주 장비변수(pri-

mary equipment variables) 즉, 요인(factors) 으로서는 CHF_3/CF_4 gas 유량비(flow rate ratio), 챔버압력, RF 전력, 자계강도(magnetic field intensity)의 4가지로 설정하였으며, 각 요인마다 수준(level)의 수는 3수준으로 하였다. 총 가스유량은 80 sccm, 기판(substrate) 온도는 20°C, 챔버벽(chamber wall) 온도는 40°C로 고정시켰다.

최소의 실험횟수를 유지하면서 상기와 같은 실험을 수행할 수 있는 경우는 Taguchi 실험료 L_9 이었다. L_9 은 변수가 4개이고, 수준수

가 3인 경우에 Taguchi 실험법의 명칭이며, 따라서 본 실험에서는 L9 직교배열에 의해 1차실험 총 9회, 2차실험 총 9회를 실시하였다. 제1차 Taguchi 실험에 대해서는 Table 1에 각 요인별 수준을, Table 2에 L9 직교배열

및 그에 따른 실험작업표를 나타내었고, 제2차 Taguchi 실험에 대해서는 Table 7에 각 요인별 수준을, Table 8에 L9 직교배열 및 그에 따른 실험작업표를 나타내었다.

Table 1. Control factors and their levels(1st TM)

Factors	Levels			Levels		
	1	2	3	1	2	3
A. CF4 gas concentration(%)	Co-25	Co	Co+25	15	40	65
B. Chamber Pressure(mTorr)	Po-100	Po-50	Po	50	100	150
C. RF Power(W)	Wo-200	Wo	Wo+200	400	600	800
D. Magnetic Field(G)	Bo-60	Bo	Bo+40	0	60	100

Table 2. L9 orthogonal array and experimenter's log sheet(1st TM)

Expt. No.	A	B	C	D	Gas	P	RF	B	Gas	P	RF	B
					(%)	(mT)	(W)	(G)	(%)	(mT)	(W)	(G)
1	1	1	1	1	Co-25	Po-100	Wo-200	Mo-60	68//12	50	400	0
2	1	2	2	2	Co-25	Po-50	Wo	Mo	68//12	100	600	60
3	1	3	3	3	Co-25	Po	Wo+200	Mo+30	68//12	150	800	90
4	2	1	2	3	Co	Po-100	Wo	Mo+30	48//32	50	600	90
5	2	2	3	1	Co	Po-50	Wo+200	Mo-60	48//32	100	800	0
6	2	3	1	2	Co	Po	Wo-200	Mo	48//32	150	400	60
7	3	1	3	2	Co+15	Po-100	Wo+200	Mo	36//44	50	800	60
8	3	2	1	3	Co+15	Po-50	Wo-200	Mo+30	36//44	100	400	90
9	3	3	2	1	Co+15	Po	Wo	Mo-60	36//44	150	600	0

아래에 각 식각특성에 대한 목적함수(objective function)의 정의를 나타내었다.

$$\eta = -10\log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Ro_i^2}\right)$$

: etch rate

$$\eta' = 10\log\left(\frac{\mu^2}{\sigma^2}\right)$$

: uniformity

$$\eta'' = -10\log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Si^2}\right)$$

: selectivity over photoresist

$$P = 10\log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ai^2\right)$$

: profile angle

이때 Ro=oxide etch rate

μ=oxide etch rate 평균값

σ=oxide etch rate의 표준분포

S=oxide와 photoresist와의 선택비

α=etched profile angle

이다.

2-2. 식각공정실험

Taguchi 실험 1차 및 2차, 공히 9회씩의 실험에는 LPCVD 산화막 6000 Å 이 증착된 5인치 웨이퍼가 각각 9매씩 소요되었고, 웨이퍼마다 식각전 두께(pre-etch thickness), 식각 후 두께(post-etch thickness)를 측정하여 단위 시간당 식각률을 계산하였으며, 웨이퍼마다 다섯 군데의 측정을 하여 식각률 분포 변화를 보고자 하였다. 산화막의 두께는 두께 측정장비인 MPVSP(Leitz 사)로 측정하였고, 식각각도는 SEM(scanning electron microscope)으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 제1차 Taguchi 실험

Table 3은 Table 2의 실험계획에 따라 L9으로 식각실험을 수행한 측정결과의 요약및 그에 대한 목적함수의 계산표이고, Table 4는

식각률, 균일도, 선택비, 식각각도에 대해 Taguchi실험 데이터를 분석한 표이다. 인자의 효과에 대한 요약과 그래프는 Table 5 및

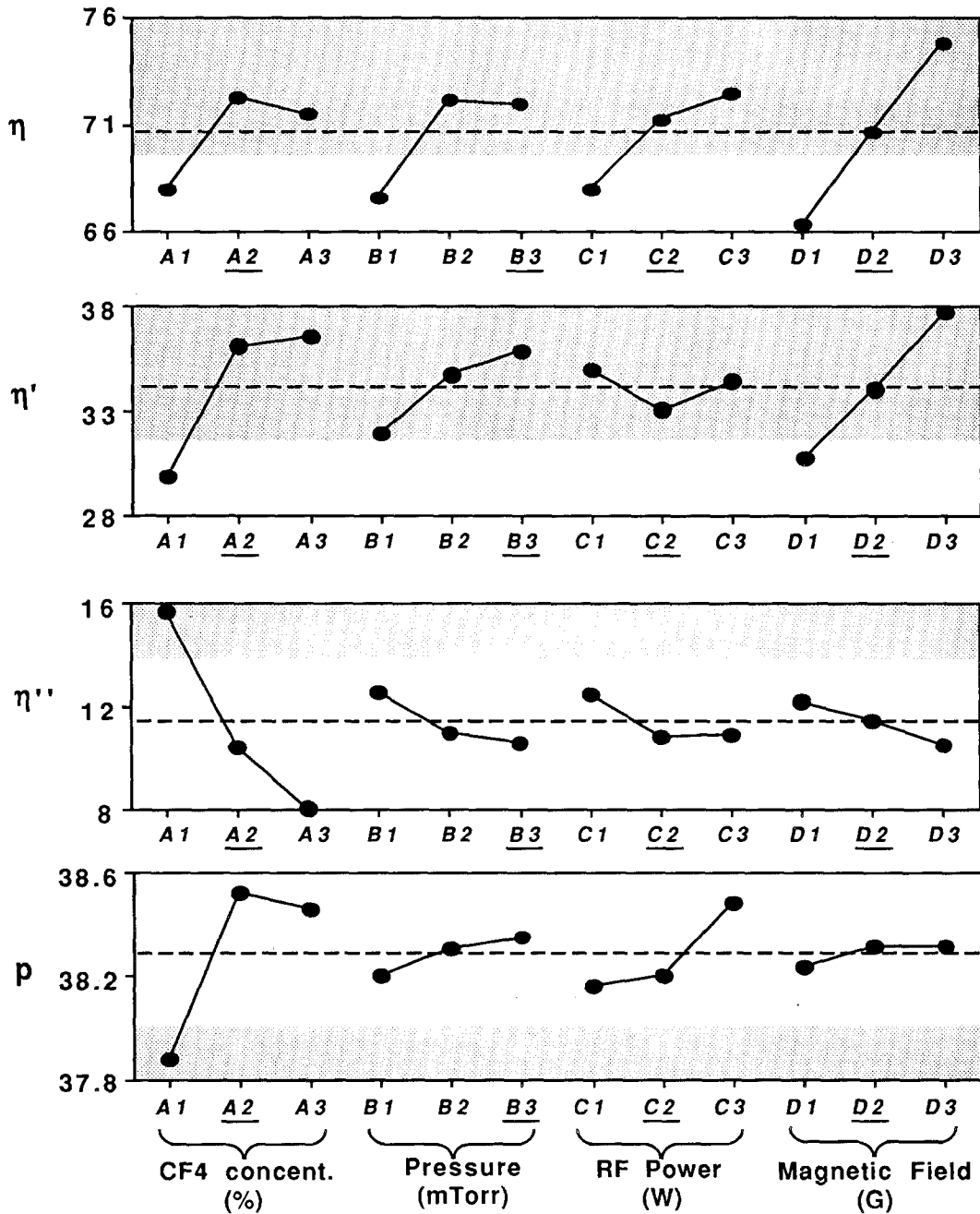


Fig. 2. Plots of factor effects(1st TM). Underline indicates starting level. Dotted lines in the plots are the mean values.

Fig. 2에 각각 나타내었다. Table 5 및 Fig. 2에서 보면 식각 gas 조성이 대체적으로 가장 큰 효과를 나타내고, 선택비와 식각각도에는

결정적인 영향을 줄을 알 수 있다. 다음으로 큰 영향을 주는것이 자계강도인데, 이는 주로 식각률과 균일도에 영향을 많이 주는 것을 볼

Table 3. Summary of experimental data(1st TM)

Expt. No.	Ro (A/min)	σ	σ^2	Rr (A/min)	S	α (deg)	p	n	n'	n''
1	816	46	2116	91	8.97	76	37.62	58.21	24.98	18.80
2	3310	115	13225	601	5.51	78	37.84	70.38	29.18	14.80
3	5929	102	10404	1250	4.74	81	38.17	75.46	35.29	13.44
4	5117	79	6241	1590	3.22	83	38.38	74.18	36.23	10.14
5	3749	79	6241	1140	3.29	86	38.69	71.47	33.53	10.34
6	3610	43	1849	1034	3.49	84	38.49	71.15	38.48	10.83
7	3337	63	3969	1213	2.75	85	38.59	70.46	34.48	8.78
8	5447	46	2116	2187	2.49	83	38.38	74.72	41.47	7.92
9	2972	61	3721	1232	2.41	83	38.38	69.30	33.75	7.49
Grand total sum of squares							13190	45059	10686	1276
Mean							38.28	70.59	34.15	11.39
Sum of squares due to mean							13189	44849	10498	1168
Total sum of squares							1	210	187	108

Table 4. Data analysis for the 4 etching characteristics(1st TM)

P	Average by Factor Level			Deg. of Freedom	Sum of Sq	Mean Sq	F	
	1	2	3					
Profile Angle	A. Gas Con.	37.88	<u>38.52</u>	38.45	2	0.75	0.37	30.78
	B. Pressure	38.20	38.30	<u>38.35</u>	2	0.04	0.02	
	C. RF Power	38.16	<u>38.20</u>	38.48	2	0.18	0.09	7.57
	D. B-field	38.23	<u>38.31</u>	38.31	2	0.01	0.006	
Total						0.98		

* Over all mean p=38.28 dB. Under score indicates starting level.

n	Average by Factor Level			Deg. of Freedom	Sum of Sq	Mean Sq	F	
	1	2	3					
Etch Rate	A. Gas Con.	68.02	<u>72.27</u>	71.49	2	30.75	15.37	
	B. Pressure	67.62	72.19	<u>71.97</u>	2	39.92	19.96	
	C. RF Power	68.03	<u>71.29</u>	72.46	2	31.70	15.85	
	D. B-field	66.33	<u>70.66</u>	74.79	2	107.38	53.69	
Total						209.74		

* Over all mean n=70.59 dBam. Under score indicates starting level.

n'	Average by Factor Level			Deg. of Freedom	Sum of Sq	Mean Sq	F	
	1	2	3					
Uniformity	A. Gas Con.	29.82	<u>36.08</u>	36.57	2	85.03	42.51	14.46
	B. Pressure	31.90	34.73	<u>35.84</u>	2	24.82	12.41	4.22
	C. RF Power	34.98	<u>33.05</u>	34.43	2	5.88	2.94	
	D. B-field	30.75	<u>34.05</u>	37.66	2	71.64	35.82	12.18
Total						187.36		

* Over all mean n' =34.15 dB. Under score indicates starting level.

	n''	Average by Factor Level			Deg. of Freedom	Sum of Sq	Mean Sq	F
		1	2	3				
Selectivity	A. Gas Con.	15.68	<u>10.44</u>	8.06	2	91.14	45.57	20.65
	B. Pressure	12.57	11.02	<u>10.59</u>	2	6.55	3.27	1.48
	C. RF Power	12.52	<u>10.81</u>	10.85	2	5.68	2.84	1.29
	D. B-field	12.21	<u>11.47</u>	10.50	2	4.41	2.21	
	Total					107.78		

* Overall mean n'' = 11.39 dB. Under score indicates starting level.

수 있다. 반면, 챔버압력과 RF전력은 주어진 실험범위조건에서는 4개의 주 식각특성에 미

치는 영향이 크지 않음을 알 수 있다.

본 연구에서는 적정 콘택 산화막 식각 공정

Table 5. Summary of factor effects(1st TM)

Factors	Levels	n	n'	n''	p
A. Gas concent.	A1 : Co-25	68.02	29.82	15.68	37.88
	A2 : Co	72.27	36.08	10.44	38.52
	A3 : Co+25	71.49	36.57	8.06	38.45
B. Pressure	B1 : Po-100	67.62	31.90	12.57	38.20
	B2 : Po-50	72.19	34.73	11.02	38.30
	B3 : Po	71.97	35.84	10.59	38.35
C. RF Power	C1 : Wo-200	68.03	34.98	12.52	38.16
	C2 : Wo	71.29	33.05	10.81	38.20
	C3 : Wo+200	72.46	34.43	10.85	38.48
D. B-Field	D1 : Bo-60	66.33	30.75	12.21	38.23
	D2 : Bo	70.66	34.05	11.47	38.31
	D3 : Bo+40	74.79	37.66	10.50	38.31
Overall Mean		70.59	34.15	11.39	38.28

조건으로서, 식각률의 목표 규격을 3000 Å/min 이상, 포토레지스트와의 선택비는 5 이상, 균일도는 $\pm 4\%$ (3 σ 값을 다섯군데 측정치의 평균으로 나눈 값)이내, 식각각도는 76° 이상 80° 미만으로 하였다. 따라서 목적함수의 정의에 따라 η 는 69.54이상, η' 은 31.48이상, η'' 은 13.98 이상이 요구되고 p는 37.62~38.06 사이의 값이 요구된다. 또한 4개의 주 식각특성 중에서 우선적으로 달성 되어야 하는 특성들간의 우선순위를 고려하였는데, 선택비를 가장 중요한 목표규격으로 삼고, 이어서 식각각도, 균일도, 식각률 순으로 우선순위를 설정하였다. 따라서 제1차 Taguchi 실험의 결과 최적 식각 공정 조건을 설정함에 있어서 η'' 가 13.98 이상이 되어야 함과 p가 38.06 이하가 되어야 하는 목표규격으로부터 A₁조건을 설정하고, η 이 69.54이상, η' 이 31.48이상

되어야 되는 목표규격으로부터 η 와 η' 에 영향을 크게 미치고 있는 자계장도를 D₃로 설정하였다.

챔버압력과 RF전력은 주 식각특성에 영향을 크게 주지 않기 때문에, 높은 식각 방향성 (high etching directionality) 및 저 플라즈마 손상(low plasma damage)의 고려 측면에서 각각 압력은 B₁, RF전력은 C₁으로 설정하였다.

Table 6은 제1차 Taguchi 실험시 초기조건 A₂B₃C₂D₂와, 최적조건으로 결정된 A₁B₁C₁D₃와의 식각특성 예측치 및 개선효과를 보인 것이다.

3-2. 제2차 Taguchi 실험

제2차 Taguchi 실험은 제1차 Taguchi 실험에서 설정한 A₁B₁C₁D₃ 조건을 중심으로 공정 범위를 좁게 설정하여 2차적으로 실험한 결

Table 6. Prediction and improvements by the process optimization(1st TM)

Factors	Starting Levels			Optimized Levels		
	1	2	3	1	2	3
CF4 concentration(%)	15	40	65	15	40	65
Pressure(mTorr)	50	100	150	50	100	150
RF Power(W)	400	600	800	400	600	800
B Field(G)	0	60	90	0	60	90

Etching Charact.	Target Value		Starting Levels A2B3C2D2		Optimized Levels A1B1C1D3		Improvement		
	O.F.	R.V.	O.F.	Real Value	O.F.	Real Value	O.F.	Real Value	
α_{min}	37.616	76[deg]							
α_{max}	38.062	80[deg]	38.53	84.4[deg]	37.70	76.7[deg]	-0.83	-8[deg]	
n	Ro	69.542	3000[A/min]	74.41	5254[A/min]	66.67	2155[A/min]	-7.74	-3099[A/min]
n'	3 σ	31.481	0.08	36.56	0.04	31.89	0.08	-4.67	0.03
n''	S	13.979	5	9.12	2.86	17.09	7.15	7.97	4.29

* O.F. (objective function), R.V.(real value)

Table 7. Control factors and their levels(2nd TM)

Factors	Levels			Levels		
	1	2	3	1	2	3
CF4 gas concentration(%)	Co-5	Co	Co+5	10	15	20
Chamber Pressure(mTorr)	Po-20	Po	Po+20	39	50	70
RF Power(W)	Wo	Wo+100	Wo+200	400	500	600
Magnetic Field(G)	Bo-50	Bo-30	Bo	40	60	90

Table 8. L9 orthogonal array and experimenter's log sheet(2nd TM)

Expt. No.	A	B	C	D	Gas(%)	P(mT)	RF(W)	B(G)
1	1	1	1	1	72//8	30	400	40
2	1	2	2	2	72//8	50	500	60
3	1	3	3	3	72//8	70	600	90
4	2	1	2	3	68//12	30	500	90
5	2	2	3	1	68//12	50	600	40
6	2	3	1	2	68//12	70	400	60
7	3	1	3	2	64//16	30	600	60
8	3	2	1	3	64//16	50	400	90
9	3	3	2	1	64//16	70	500	40

과이다. Table 9는 Table 8의 실험계획에 따라 L9으로 식각실험을 수행한 측정결과의 요약 및 그에 대한 목적함수의 계산표이고, Table 10은 식각률, 균일도, 선택비, 식각각도에 대해 Taguchi 실험 데이터를 분석한 표이다. 인자의 효과에 대한 요약과 그래프는 Table 11 및 Fig. 3에 각각 나타내었다.

Table 11 및 Fig. 3에서 보면 전체적으로 요인들의 영향이 크게 감소하였음을 볼 수 있다. 이는 요인들의 변동범위, 수준의 폭을 좁게 설정하였기 때문이다. 그러나 식각률에는 RF전력과 자계강도가 상대적으로 영향을 크게 미치고, 균일도에는 챔버압력과 RF전력이, 그리고 선택비에는 여전히 gas조성과 자계강

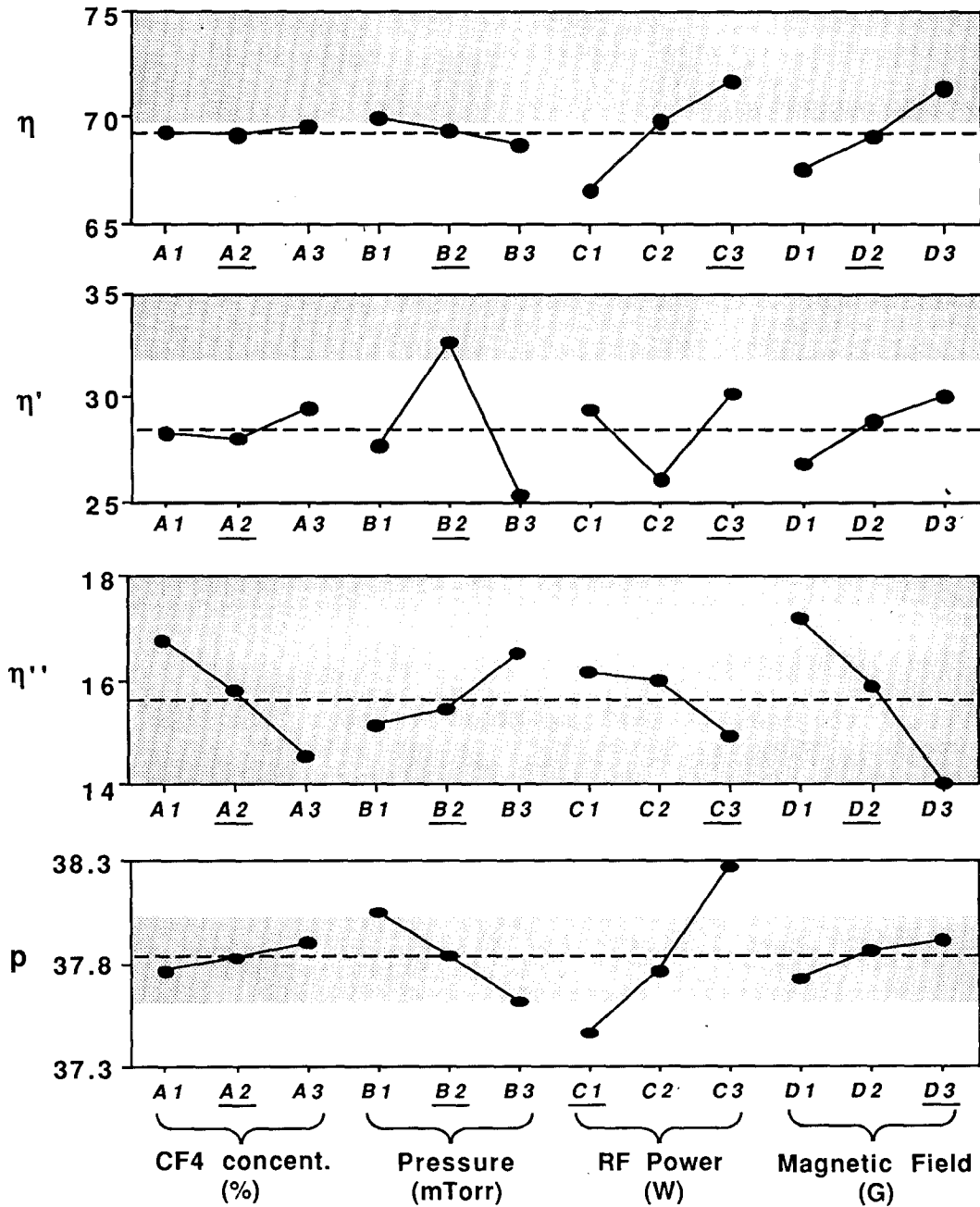


Table 3. Plots of factor effects(2nd TM).

Underline indicates starting level. Dotted lines in the plots are the mean values.

도가, 식각각도에는 RF전력의 영향이 크게 나타남을 알 수 있다.

앞에 언급한 주 식각특성들의 목표규격에 따라 장비변수들의 최적 수준을 설정하고자 하였는데 η'' 은 모든 장비변수 수준에서 만족

하므로 따로이 특정 수준을 선정할 필요가 없었고, 식각각도 측면에서는 RF전력이 너무 낮거나(C_1), 너무 높지만(C_3) 않으면 무방하였다. 균일도 측면에서는 챔버압력에서 B_2 가 좋았고, 식각률 측면에서는 RF전력이 높을수

Table 9. Summary of experimental data(2nd TM)

Expt.No.	Ro (A/min)	σ	σ^2	Rr (A/min)	S	α (deg)	p	n	n'	n''
1	1874	90	8100	232	8.08	75	37.50	65.43	26.37	18.12
2	3002	94	8836	424	7.08	77	37.73	69.54	30.09	16.98
3	4475	175	30625	777	5.76	80	38.06	73.00	28.16	15.13
4	4102	204	41616	821	5.00	80	38.06	72.23	26.07	13.92
5	3055	78	6084	468	6.53	81	38.17	69.69	31.86	16.28
6	1884	96	9216	252	7.48	73	37.27	65.47	25.86	17.23
7	4126	124	15376	865	4.77	85	38.59	72.30	30.44	13.45
8	2794	45	2025	618	4.52	76	37.62	68.92	35.86	13.09
9	2408	191	36481	333	7.23	75	37.50	67.57	22.01	17.13
Grand total sum of squares							12883	43349	7453	2247
Mean							37.83	69.35	28.52	15.70
Sum of squares due to mean							12882	43285	7322	2219
Total sum of squares							1	64	131	28

Table 10. Data analysis for the 4 etching characteristics(2nd TM)

P	Average by Factor Level			Deg. of Freedom	Sum of Sq	Mean Sq	F	
	1	2	3					
Profile Angle	A. Gas Con.	37.76	<u>37.83</u>	37.90	2	0.03	0.01	
	B. Pressure	38.05	<u>37.84</u>	37.61	2	0.29	0.15	10.25
	C. RF Power	<u>37.46</u>	37.76	38.27	2	1.01	0.51	35.53
	D. B-field	37.72	37.86	<u>37.91</u>	2	0.06	0.03	2.02
Total						1.39		

* Overall mean p=37.83 dB. Under score indicates starting level.

n	Average by Factor Level			Deg. of Freedom	Sum of Sq	Mean Sq	F	
	1	2	3					
Etch Rate	A. Gas Con.	69.32	<u>69.13</u>	69.60	2	0.33	0.16	
	B. Pressure	69.99	<u>69.38</u>	68.68	2	2.57	1.28	7.78
	C. RF Power	<u>66.61</u>	69.78	71.66	2	39.19	19.59	119
	D. B-field	67.56	69.10	<u>71.38</u>	2	22.16	11.08	67
Total						64.25		

* Overall mean n=69.35 dBam. Under score indicates starting level.

n'	Average by Factor Level			Deg. of Freedom	Sum of Sq	Mean Sq	F	
	1	2	3					
Uniformity	A. Gas Con.	28.20	<u>27.93</u>	29.44	2	3.88	1.94184	
	B. Pressure	27.63	<u>32.60</u>	25.34	2	82.68	41.3407	21.29
	C. RF Power	<u>29.36</u>	26.06	30.15	2	28.34	14.172	7.30
	D. B-field	26.75	28.79	<u>30.03</u>	2	16.47	8.23693	4.24
Total						131.38		

* Overall mean n' =28.52 dB. Under score indicates starting level.

	n''	Average by Factor Level			Deg. of Freedom	Sum of Sq	Mean Sq	F
		1	2	3				
Selectivity	A. Gas Con.	16.74	<u>15.81</u>	14.56	2	7.22	3.61173	2.62
	B. Pressure	15.16	<u>15.45</u>	16.50	2	2.96	1.47773	
	C. RF Power	<u>16.15</u>	16.01	14.95	2	2.56	1.27963	
	D. B-field	17.18	15.89	<u>14.05</u>	2	14.85	7.4233	
Total						27.58		

* Overall mean n''=15.70 dB. Under score indicates starting level.

록, 자계강도가 높을수록 유리하였다. 결국 gas 조성은 어느 수준도 상관없으나, 가급적 선택비가 높게 나타나는 A₁으로 결정하였

고, 챔버압력은 균일도 측면을 고려 B₂로 결정하였으며, RF전력은 식각각도 측면을 고려하여 C₂ 자계강도는 식각률 측면을 고려하여 D₃

Table 11. Summary of factor effects(2nd TM)

Factors	Levels	n	n'	n''	p
A. Gas concent.	A1 : Co-5	69.32	28.20	16.74	37.76
	A2 : Co	69.13	27.93	15.81	37.83
	A3 : Co+5	69.60	29.44	14.56	37.90
B. Pressure	B1 : Po-20	69.99	27.63	15.16	38.05
	B2 : Po	69.38	32.60	15.45	37.84
	B3 : Po+20	68.68	25.34	16.50	37.61
C. RF Power	C1 : Wo	66.61	29.36	16.15	37.46
	C2 : Wo+100	69.78	26.06	16.01	37.76
	C3 : Wo+200	71.66	30.15	14.95	38.27
D. B-Field	D1 : Bo-50	67.56	26.75	17.18	37.72
	D2 : Bo-30	69.10	28.79	15.89	37.86
	D3 : Bo	71.38	30.03	14.05	37.91
Overall Mean		69.35	28.52	15.70	37.83

로 결정하였다.

Table 12는 제2차 Taguchi 실험시 초기조건 A₂B₂C₁D₃와 최적조건으로 결정된 A₁B₂C₂D₃와의 식각특성 예측치 및 개선효과를 보인 것이다.

Fig. 4에 초기조건(이는 제1차 Taguchi 실험의 결과 최적조건이었음) 및 최적조건으로 실제 식각 실험을 수행한 SEM 결과를 보였다. 제2차 Taguchi 실험의 결과 최적조건으로 설정된 A₁B₂C₂D₃ 조건으로 실험한 결과, 식각률은 3792Å/min, 균일도는 ±4.5%, 선택비는 5.83, 식각각도는 76°로 측정되었는데, 이는 Table 12나타낸 바와 같이 Taguchi 방식의 계산에 의한 예측치, 즉 식각률 3899Å/min, 균일도 ±4.1%, 선택비 5.71, 식각각도 77.4°와 꽤 잘 일치함을 알 수 있다.

4. 결 론

클러스터형의 다중 공정용 장치에 부착키 위해 제작된 콘택 산화막 식각용 공정모듈에 대한 적정 식각 공정조건을 확립하기 위해, Taguchi 방법을 활용하여 공정최적화 실험을 수행하였다. 2회에 걸쳐 시행된 Taguchi 실험에서, 제1차 실험에서는 식각 gas유량비, 챔버압력, RF전력, 자계강도 등의 요인들에 대해 대략적인 파급영향이 파악되어 식각공정변수의 개괄적 거동이 타지되었고, 제2차 실험에서는 보다 상세한 최적공정조건이 확립되었다. 최종 실험결과 CHF₃/CF₄ 가스유량은 72/8sccm, 공정압력은 50 mTorr, RF 전력은 500 Watts, 자계강도는 90 Gauss 일때 최적 공정 성능을 발휘함을 알 수 있었다. 아울러 본

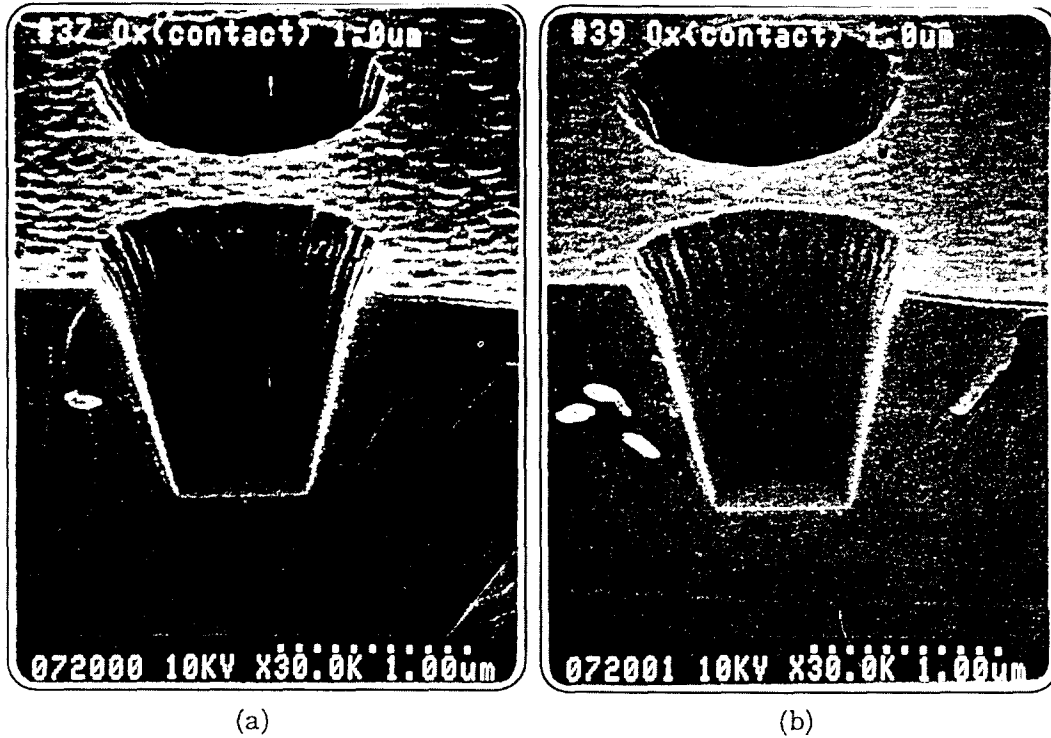


Fig. 4. SEM photographs for the contact oxide etching profile (a) Etched profile for the 1.0 um hole opening processed by the initial conditions, gas CHF₃/CF₄=68/12sccm, pressure=50mTorr, RF power=400W, B-field=90G, over etch time=30%.

(b) Etched profile for the 1.0 um hole opening processed by the optimized conditions, gas CHF₃/CF₄=72/8sccm, pressure=50mtorr, RF power=500W, B-field=90G, over etch time=50%.

Table 12. Prediction and improvements by the process optimization(1st TM)

Factors	Starting Levels			Optimized Levels		
	1	2	3	1	2	3
CF4 concentration(%)	10	<u>15</u>	20	<u>10</u>	15	20
Pressure(mTorr)	30	50	70	30	<u>50</u>	70
RF Power(W)	<u>400</u>	500	600	400	500	600
B Field(G)	40	60	<u>90</u>	40	60	90

Etching Charact.		Target Value		Starting Levels A2B3C1D3		Optimized Levels A1B2C2D3		Improvement	
O.F.	R.V.	O.F.	Real Value	O.F.	Real Value	O.F.	Real Value	O.F.	Real Value
p	α_{min}	37.62	76[deg]						
p	α_{max}	38.06	80[deg]	37.55	75.4[deg]	37.78	77.46[deg]	0.23	2[deg]
n	Ro	69.54	3000[A/min]	68.45	2646[A/min]	71.82	3899[A/min]	3.37	1253[A/min]
n'	3 σ	31.48	0.08	34.35	0.06	31.32	0.082	-3.03	0.02
n''	S	13.98	5	14.34	5.21	15.14	5.715	0.80	0.50

* O.F. (objective function), R.V.(real value)

Taguchi방법이 신규로 제작된 식각 공정장비에 대한 최적공정조건의 신속한 확립에 매우 효율적인 수단임을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 클러스터용 콘택 산화막 식각 공정 모듈 제작을 주도하고 식각공정 최적화 실험에 적극 협조하여 주신 장비공정표준연구실 이종현 실장 및 최부연박사, 정기로, 장원익, 장기호 선임연구원, 박희복 연구원께 감사드립니다.

참고문헌

1. M.S. Phadke, "*Quality engineering using robust design*", Prentice Hall, New Jersey, (1989)
2. G.Taguchi, "*System of Experimental Design*", Kraus International Publications, New York, (1987)
3. G. Taguchi and Yu-In Wu, "*Introduction to Off-Line Quality Control*", Japan, (1979)