

## 반도체 웨이퍼 製造工程 중 發生廢酸으로부터 Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> 및 초산의 回收에 관한 研究<sup>†</sup>

<sup>†</sup>金顯翔\* · 金柱燁\*\* · 李香淑\* · 慎飛焄\* · 金俊永\* · 裴佑根\*\* · 安鐘寬\*\*\*

(株)엔아이티, 大一開發(株), \*\*漢洋大學校, \*\*\*韓國地質資源研究院

## Study on recovery of Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> and acetic acid from waste acid produced during semiconductor wafer process<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Hyun-Sang Kim\*, Ju-Yup Kim\*\*, Jun-Young Kim\*, Chang-Hoon Shin\*,  
Hyang-Sook Lee\*, Woo-Keun Bae\*\* and Jong-Kwan Ahn\*\*\*

\*R&D center, NIT Co., Ltd

R&D center, Daeil Development Co., Ltd.

\*\*Dept. of civil engineering, Hanyang University.

\*\*\*Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

### 요 약

반도체 웨이퍼 제조 공정 중 발생하는 질산, 불산, 초산으로 구성된 혼산을 재활용하기 위한 연구를 수행하였다. 초기에 NaNO<sub>3</sub>와 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>를 사용하여 불산을 Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>로 침전시켜 회수하였고, 이 때 혼산 중 불산의 농도는 초기 110 g/L에서 0.5 g/L로 낮아져 불산 회수율은 99.5%였다. 불산회수 후 남은 혼산의 질산과 초산의 농도는 각각 498 g/L, 265 g/L였고, 이 혼산을 2단계 분별증류법에 의해 분리·회수하였다. 1단계에서는 초산을 증류하여 질산과 분리해내고, 2단계에서는 증류된 초산 중 잔류하는 미량의 질산을 제거하여 순수 초산만을 회수하였다. 회수된 초산의 농도는 약 20%였고, 최종회수율은 약 87.5%이었다.

주제어 : Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, 침전, 분별증류, 불산, 초산

### Abstract

We researched recycle of mixed waste acids including HF, CH<sub>3</sub>COOH, HNO<sub>3</sub> produced during semiconductor wafer process. At first, we recovered HF in form of Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> by precipitation using NaNO<sub>3</sub> and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Concentration of HF was made down from 110 g/L, initial concentration, to 0.5 g/L and Recovery rate of HF was 99.5%. After recovery of HF, concentration of HNO<sub>3</sub> and CH<sub>3</sub>COOH is 498 g/L, 265 g/L respectively. From that mixed acid, we recovered CH<sub>3</sub>COOH using 2 stages of fractional distillation. In first stage, CH<sub>3</sub>COOH was distilled for separation from HNO<sub>3</sub>. And in second stage, we recovered refined CH<sub>3</sub>COOH by using fractional distillation for removing a little amount of HNO<sub>3</sub> in CH<sub>3</sub>COOH vapor. The concentration of recovered CH<sub>3</sub>COOH in second stage is 20% and finally recovery rate of CH<sub>3</sub>COOH is about 87.5%.

**Key words** : Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, precipitation, fractional distillation, hydrofluoric acid, acetic acid

### 1. 서 론

반도체나 액정 등과 같은 전자 부품의 제조 공정에서

는 산 혼합물을 이용한 에칭처리를 하고 있다. 이에 최근 반도체/LCD 산업의 급성장에 따라 에칭 및 세정 공정 중 발생하는 폐혼산의 양이 급격히 증가하고 있다. 실리콘 웨이퍼의 제조 공정에서는 실리콘 단결정에서 웨이퍼 절단, 기계 연마하는 경우에 발생하는 가공 변질층을 제거하기 위해 주로 산 혼합물을 사용한 화학적

<sup>†</sup> 2008년 2월 11일 접수, 2008년 9월 4일 수리

\* E-mail: flyguy99@empal.com

에칭이 이루어지고 있으며, 실리콘 웨이퍼의 수요증가와 함께 그 발생량도 증가하고 있다.

현재 이러한 혼합산 폐액을 처리하기 위해 알칼리로 중화하는 방법이 사용되고 있지만, BOD, COD 성분이 높아 배수기준에 적합하지 않는 경우가 많고 중화처리, 염폐기, 폐수처리 등 환경대책에 많은 비용이 들고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 용매추출법<sup>1-3)</sup> 및 이온교환수지법<sup>4,5)</sup>, 막분리법<sup>6)</sup> 등의 기술을 이용한 재활용 기술개발 연구가 이루어져 왔고, 일부 Pilot Plant 단계까지 시도된 기술도 있으나 아직 상용화되진 않고 있다. 폐수나 반도체 폐산으로부터 추출증류<sup>8,9)</sup> 및 반응증류<sup>10,11)</sup>를 통해 저농도의 초산을 농축하는 연구는 수행된 바 있으나, 증류방법을 통해 질산과 초산을 분리해내는 연구는 보고된 바 없다.

본 연구에서는 반도체 에칭공정에서 발생되는 초산, 질산, 불산이 함유된 폐혼산에서 1차적으로 불산을  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ 로 침전시켜 회수한 후, 잔류하는 질산, 초산의 혼산으로부터 2단계 분별증류법을 이용하여 초산을 회수하는 연구를 수행하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1. 침전을 통한 불산 회수

실리콘웨이퍼 공정에서 발생하는 질산, 불산, 초산으로 구성된 혼합폐산으로부터 불산을 회수하기 위해 불산이 모두  $\text{SiF}_6^{2-}$ 나  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ 로 존재한다 가정하고  $\text{NaNO}_3$ 를  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  혼합물을 기준으로 1~4당량으로 변화시켜가며 투입하여(HF 6 mol당  $\text{NaNO}_3$  2 mol 계산) 30분간 교반 후 원심분리기로 10분간 처리하여 침전물과 여액을 분리하였다. 그 후 여액에  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 를 HF 기준으로 1~4당량으로 변화시켜가며 투입하여(HF 6 mol당  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  1 mol 계산) 30분간 교반 후 원심분리기로 10분간 처리하여 침전물과 여액을 분리하였다. 침전물은 ICP(Perkin-Elmer 7600)로 성분분석을 하였고, XRD(Rigaku RTP 300RC)로 결정상태를 조사하였다. 또한 여액의 IC(Compact 761: Methrom사) 분석을 통해 침전효율을 조사하였다.

### 2.2. 초산회수를 위한 2단계 분별증류 실험

본 기초실험에서 사용된 혼산은 2.1 실험을 통해 1차적으로 불산을 회수하고 남은 초산과 질산, 및 미량의 불산으로 구성된 혼합산을 사용하였다. 이렇게 제조된 혼합산 중 초산을 회수하기 위해 2단계 분별증류법을 수행하였다.

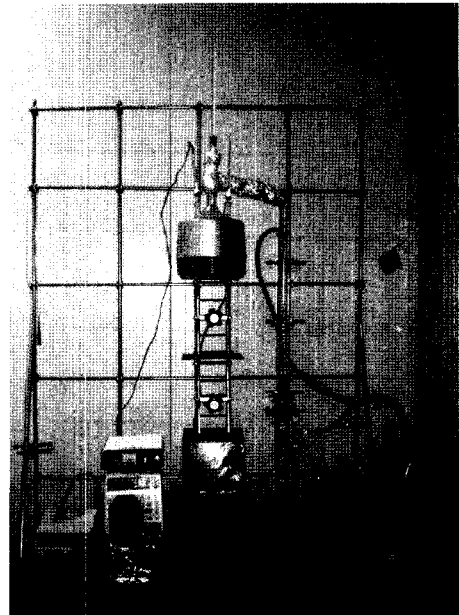


Fig. 1. Apparatus for 1st vacuum evaporation.

1단계에서는 질산의 공기량을 최소화하면서 초산을 최대한 증발시키는 조건을 찾기 위해 진공도와 온도를 변화시켜가면서 실험을 수행하였다. Fig. 1에 1단계 진공증발 실험장비를 나타내었다.

2단계에서는 1단계 증류공정에서 배출된 초산증기 속에 미량 공기된 질산을 제거하기 위한 탈질분별증류공정을 수행하였다. 증기 중 질산을 제거하기 위해 분별증류탑의 상부에서 미량의 물을 분사하면서 분별증류를 수행하였고, 물의 투입량, 증발량을 변화시켜 가면서 최적조건을 찾아보았다. 증발량은 Heating Mantle의 전압 변화에 따른 증기발생량을 사전에 미리 조사하여 수행하였고, 물 투입량은 Master flex 정량펌프를 이용하여 물 투입량을 변화시키면서 물 투입량에 따른 영향을 조사하였다. Fig. 2는 2단계 탈질분별증류공정 실험장비이다. 분별증류를 위해 Oldershow type의 분별증류 컬럼을 사용하였으며, Fig. 3에 그 자세한 구성모습을 나타내었다. 두 실험 모두 일정시간마다 샘플링하여 IC분석을 통해 질산과 초산의 농도를 조사하였다.

## 3. 실험결과

### 3.1. 침전을 통한 불산 회수

#### 3.1.1. $\text{SiF}_6^{2-}$ 침전을 통한 불산의 회수

HF-HNO<sub>3</sub>(산화제)-H<sub>2</sub>O 혼합용액에서 일어나는 Si의

식각반응은 일반적으로 산화제의 환원반응 시 Si 표면에 주입된 전공에 의한 산화반응과 산화된 표면이 HF에 의해 용해되어 제거되는 2단계 반응을 통하여 이루어진다고 보고되어 있다.<sup>12)</sup> Si의 용해반응은 다음 2가

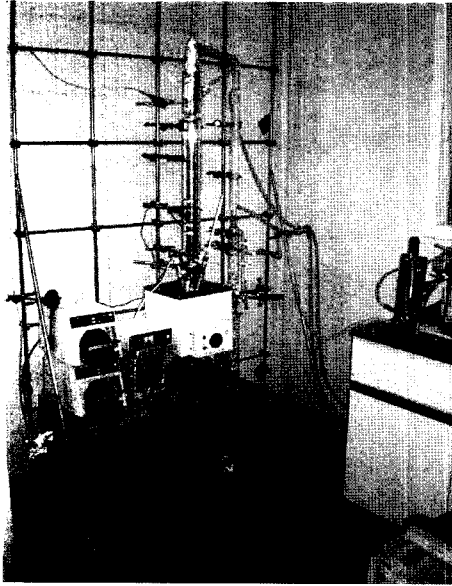


Fig. 2. Apparatus for 2nd fractional distillation.

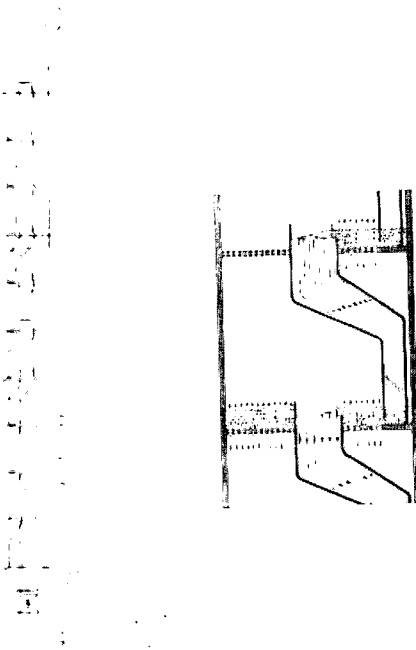
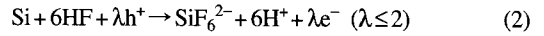
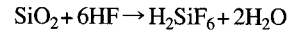
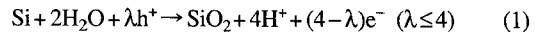
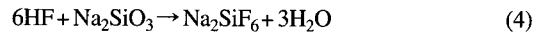
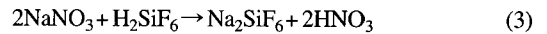
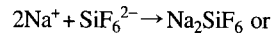


Fig. 3. Oldershaw type column for 2nd fractional distillation.

지 반응기구로 제안되고 있다.



위와 같은 (1), (2)의 반응식으로 식각공정이 진행되면 불산은 HF의 형태가 아니라 대부분 Si와 결합한 SiF<sub>6</sub><sup>2-</sup>의 형태로 존재하게 된다. 이러한 이온상태에 양이온을 제공하면 K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, CaSiF<sub>6</sub>, Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>와 같은 침전물을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 수처리제로써 그 활용도가 더 넓은 Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>의 형태로 불산을 침전시키기 위해 NaNO<sub>3</sub>를 투입하여 식 (3)과 같은 반응을 통해 불산을 회수하였다. 또한, Si와 반응하지 않은 Free HF를 회수하기 위해 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>를 추가침전제로 투입하였고, 식 (4)과 같은 반응식으로 불산을 Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>로 침전시켰다.



NaNO<sub>3</sub>의 적정 사용량을 조사하기 위해 (3)과 같은 반응식을 고려하여 1~4당량으로 NaNO<sub>3</sub>의 양을 늘려가면서 실험하였고, 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 3당량 이상으로 투입하였을 때는 Si 및 HF 제거율이 거의 일정하게 유지되어 3당량이 최적투입량임을 알 수 있었다. 그림에서 보듯이 Si는 거의 99% 가까이 반응하여 회수된 것에 반해 HF는 80%정도 회수된 것으로 보아, 일부 불산이 Si와 결합하지 않은 Free HF로 존재함을 알 수 있다. Table 1에 NaNO<sub>3</sub> 투입 전 폐산의 구성농도와 투입 후 폐산

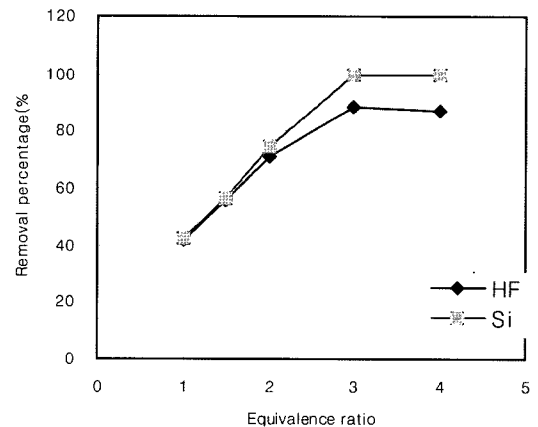


Fig. 4. Removal percentage of Si and HF by adding NaNO<sub>3</sub>.

의 구성농도를 나타내었다. 불산이 식 (3)과 같은 반응에 의해 회수됨에 따라, 질산이 형성됨으로 용액중 질산의 농도가 높아졌고, 초산은 용액중 불산이 제거되면서 부피감소가 일어나기 때문에 상대적으로 농도가 증가된 것으로 판단된다. 불산의 농도는 110 g/L에서 20.8 g/L까지 감소하였다.

3.1.2. Free HF의 회수

따라서, 20.8 g/L는  $\text{SiF}_6^{2-}$  형태로 존재하지 않는 Free HF로 간주하고  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 를 식 (4)의 반응을 고려하여 남은 HF의 당량의 1~4당량을 투입하여 잔류한 HF를 회수하고자 하였고, 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다.  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 의 투입량이 증가할수록 HF의 회수율도 증가하였으나, 3당량이상 투입했을 때는 HF의 회수율이 99.6%로 일정하였다. 따라서, 3당량의  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 가 가장 적절한 투입량임을 알 수 있었고, 이 때 잔류하는 불산의 농도는 0.5 g/L였다. Table 2에  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  투입후의 농도변화를 나타내었다. 불산의 농도는 21 g/L에서 0.5 g/L로 감소하였고, 질산, 초산의 농도도 약간 감소하는 경향을 보였는데, 이는 HF 침전시 식 (4)와 같이 물이

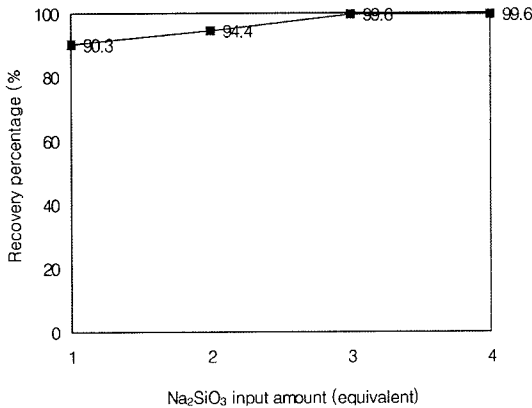


Fig. 5. Recovery percentage of HF by adding  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .

Table 1. Result of removing Si and HF using  $\text{NaNO}_3$

	HF	$\text{HNO}_3$	$\text{CH}_3\text{COOH}$	Si
Raw material (waste acid from L. Co.)	110 g/l	460 g/l	260 g/l	20 g/l
Filterate after treatment ( $\text{NaNO}_3$ )	20.8 g/l	513 g/l	279 g/l	66 ppm

Table 2. Result of recovery HF using  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$

	HF	$\text{HNO}_3$	$\text{CH}_3\text{COOH}$
Filterate after treatment ( $\text{NaNO}_3$ )	21 g/l	510 g/l	274 g/l
Filterate after treatment ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )	0.5 g/l	498 g/l	265 g/l

발생하게 되어 회석효과에 의해 질산, 초산의 농도가 감소한 것으로 판단된다.

Fig. 6에 침전으로 얻어낸 침전물의 XRD 결과를 나타내었다. 침전물의 XRD 피크가  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ 의 특성피크를 나타내고 있어, 불산이  $\text{NaNO}_3$ 와  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 에 의해  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ 로 침전회수되었음을 확인하였다. 침전물로 얻어진  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ 의 ICP 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 분석 결과, 순도는 98.5%였고, 이는 현재 판매되고 있는 일본제품과 거의 같은 수준이었다.

3.2. 초산회수를 위한 2 단계 분별증류 실험

3.2.1. 1단계 진공증발농축 공정

질산, 불산, 초산의 혼산으로부터 불산을 회수한 후의 조성(Table 2 참조)으로 제조한 질산과 초산의 혼합산으로부터 초산을 회수하기 위해 증발량을 80 g/h로 고정하고, 진공압을 변화시키면서 증발거동을 살펴보았다. 진공압은 각각 -510 mmHg(250 torr), -610 mmHg(150 torr), -710 mmHg(50 torr)로 변화시키면서 진공증발실험을 수행하였고, 그 결과는 Fig. 7과 같다. 증류시간에 따른 질산, 초산의 증류거동을 보면, 초산은 시간에 따라 일정한 양이 선형적으로 증발함을 알 수 있다. 그러나, 질

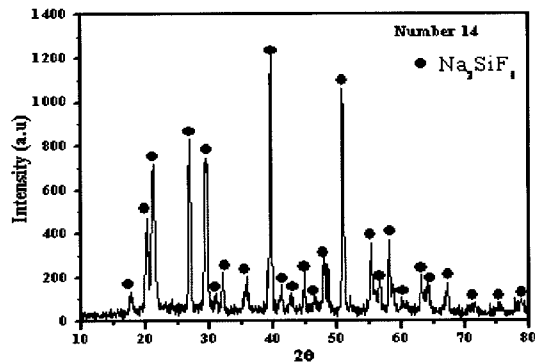
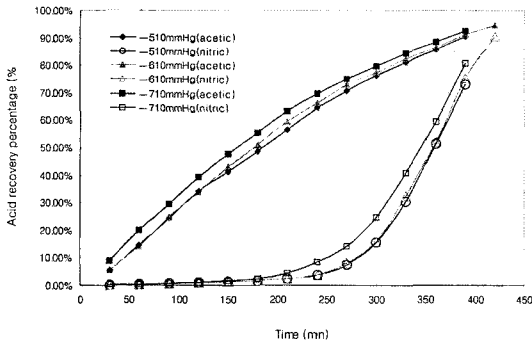


Fig. 6. XRD Analysis of precipitant powder from waste acids using  $\text{NaNO}_3$  and  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .

**Table 3.** Comparison of commercial Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> with produced sample

Composition (wt. %)	F	Na	Si	remark
Commercial product (J Co., Japan)	61.7	16.8	21.4	Purity : 98%
Research sample	63.1	16.4	20.5	Purity : 98.5%

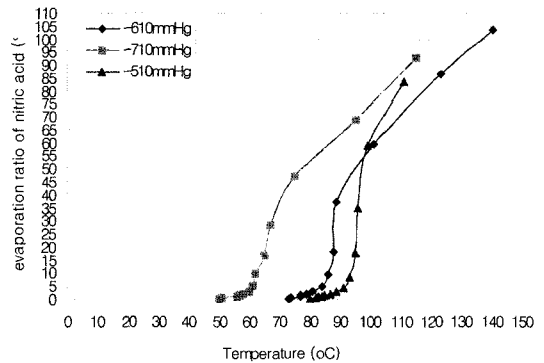
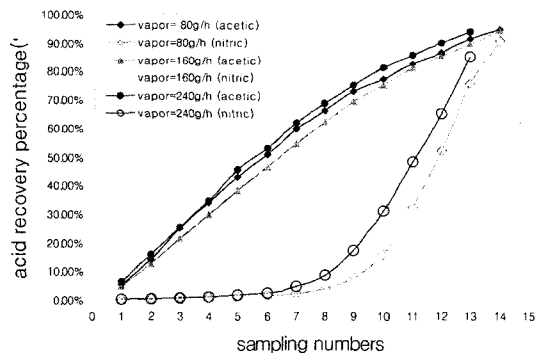
**Fig. 7.** Evaporation behavior of acetic and nitric acid according to vacuum degree.

산은 초기에는 증발량이 매우 적다가, 5% 이상 증발하기 시작하면 그 증발량이 급격히 늘어났다. 그래프의 기울기가 단위 시간당 각 산의 증발량이기 때문에 초산의 기울기보다 질산의 기울기가 급하게 되면, 초산의 회수율보다 질산의 회수율이 더 높아진다. 따라서, 질산의 기울기가 초산의 기울기보다 더 낮은 지점까지만 증류하면, 질산의 공비량을 최소로 하면서 최대의 초산을 회수할 수 있다.

순수 질산과 초산의 비점은 각각 83°C와 117.9°C로 질산의 끓는점이 더 낮다. 그러나, 여기에 물이 추가되어 3성분계가 되면, 강산인 질산이 물에 대한 친화력이 초산보다 더 높아 끓는 점이 급격하게 높아져, 60%의 질산용액의 끓는 점은 118.3°C로 초산의 끓는점과 같게 된다<sup>7)</sup>. 이러한 현상은 Perry Handbook의 자료를 보면 초산의 기액평형도는 선형적이거나, 질산의 기액평형도는 지수 함수형으로 급격히 증가하는 것을 통해서도 알 수 있고, 실험을 통해 이를 확인할 수 있었다.

Fig. 8은 각 진공압별 온도에 따른 질산의 거동을 나타낸 것이다. 진공도가 낮아질수록 초기 증발온도가 높아짐을 알 수 있었고, Fig. 7의 결과와 같이 질산이 5% 이상 증발하기 시작하면 질산의 증발이 급격히 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 따라서, 질산의 증발을 5% 이하로 유지할 필요가 있으며, 일례로 -610 mmHg의 조건에서 진공증발농축을 수행한다면 온도를 80~85°C로 유지하는 것이 좋을 것임을 알 수 있었다.

증발속도에 따른 질산, 초산의 증발거동을 Fig. 9에

**Fig. 8.** Relation of temperature with evaporation rate of nitric acid according to vacuum degree.**Fig. 9.** Comparison of acid recovery according to vaporating speed at -610 mmHg (150 torr).

나타내었다. 진공압을 -610 mmHg로 유지하면서 증발속도를 80, 120, 240 g/h로 변화시켰을 때, 증류거동은 진공압별 증류거동과 별 차이는 없었으며, 다만 증발속도가 높아질수록 증발시간만 짧아졌다. 따라서 증발속도는 초산회수에 큰 영향을 나타내지 않음을 알 수 있었다.

그러나, 일반 진공증발(flash)농축을 통해서서는 질산이 5% 공비할 때의 초산 회수율이 60~65% 정도로 매우 낮다. 따라서, 초산의 회수율을 높이기 위해 1단계 진공증발농축에도 Oldershow column을 이용한 분별증류(fractional)방법과 상부에서 물을 분사하면서 Oldershow column을 이용하는 물투입 분별증류(fractional+water)방법을 이용하여 증발공정을 수행해 보았고, 그 결과를

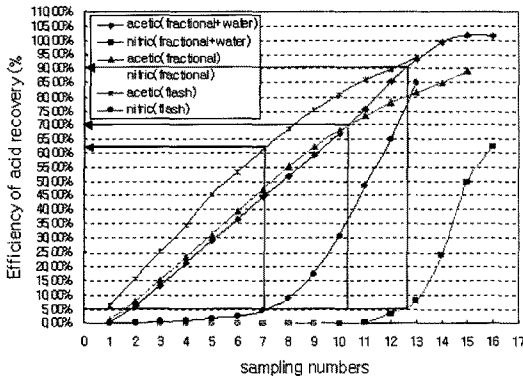


Fig. 10. Change of acetic acid's recovery efficiency according to distillation method.

Table 4. Composition of synthetic waste acid for 2nd fractional distillation

Species	HNO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COOH	etc.
Concentration (g/L)	20	285	
water input amount (g/h)			
15	①		④
7		③	
0	②		⑤
	70	110	150
	evaporation amount (g/h)		

Fig. 11. Experiment plan for removing a little HNO<sub>3</sub> in CH<sub>3</sub>COOH.

Table 5. Result of 2nd fractional distillation experiment for removing HNO<sub>3</sub>

	①	②	③	④	⑤
Recovery efficiency of CH <sub>3</sub> COOH (%)	92.06	92.65	93.75	83.15	92.72
Recovery efficiency of HNO <sub>3</sub> (%)	0	2.33	1.16	0	1.61
Concentration of recovered CH <sub>3</sub> COOH (%)	19.6	26.0	24.2	21.1	26.0

Fig. 10에 나타내었다. 똑같이 질산이 5%공비하여 회수 되는 지점에서의 초산회수율을 비교하면 일반 진공증발(flash) < 분별증류(fractional) < 물투입 분별증류(fractional + water)의 순으로 초산의 회수율이 높아짐을 알 수 있었으며, 물투입 분별증류(fractional + water)의 경우 초산을 90% 이상 회수할 수 있었다.

3.2.2. 2단계 탈질분별증류 공정

1단계 증류를 통해 원액으로부터 회수한 회수산으로부터 잔류 질산을 제거하기 위해 Oldershow column을 이용하여 탈질분별증류 공정을 수행하였다. 1단계 증류로 회수한 산의 질산, 초산의 조성은 Table 4와 같다. 실험은 총 5회를 실시하였으며, -610 mmHg의 일정 진공압에서 증기발생량과 물 투입량을 변화시켜 가면서, 실험을 수행하였고 그 실험 조건을 Fig. 11에 나타내었고, 그 결과를 Table 5에 나타내었다. 물을 투입하지 않은 경우는 질산이 같이 공비하여 초산과 분리할 수 없었으나, 물을 증발량 대비 10~20%로 투입하였을 때 질산이 모두 제거되어 초산만 회수할 수 있었고, 그때의 초산회수율은 92% 이상이었으며, 회수농도는 약 20%였다.

4. 결 론

실리콘웨이퍼 공정 중 발생하는 질산, 불산, 초산의 혼합폐산으로부터 초산을 회수하기 위한 실험결과로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) NaNO<sub>3</sub>와 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>를 이용하여 혼산중 불산을 Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> 화합물로 침전·회수할 수 있었고, 그 회수율은 약 99.5%정도였으며, 잔류 불산의 농도는 0.5 g/L로 매우 낮았다.
- 2) 침전물로 얻어진 Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>의 순도는 시판제품과 거의 동일하였다.
- 3) 1차적으로 불산이 제거된 질산, 초산의 혼산으로부터 초산을 회수하기 위한 증류실험 결과, 1단계 진공증발농축에서는 질산이 20 g/l정도 공비하는 조건에서 초산의 회수율은 약 90% 이상이었다.
- 4) 1단계 진공증발농축에 의해 회수된 초산 중의 미량 질산을 제거하기 위해 Oldershow type의 column을 사용하여 2단계 탈질분별증류공정 실험을 수행한 결과, 증발량의 약 10~20%정도의 물을 상부에서 투입하였을 때 질산이 완전히 제거되었고, 그때의 초산농도는 약 20%였으며, 초산 회수율은 92% 이상이었다.
- 5) 따라서 원액으로부터의 최종 초산 회수율은 약

87.5% 정도이며, 회수된 초산의 농도는 20%로 제품화를 위해선 초산농축 공정이 추가적으로 필요하다.

## 사 사

본 연구는 차세대 환경기술 개발 사업의 지원으로 이루어 졌으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Yamamoto, A., *et al.*, 1979: Recovery Process of Nitric and Hydrofluoric Acids from Waste Pickling Solutions for stainless steel, Nissin steel Gihou, **40**, pp. 49-54.
2. Kuylerstierna. U. and Otteryun H., 1974 : Solvent Extraction of HNO<sub>3</sub>-HF from Stainless Pickling Solutions, Proceedings from the International Solvent Extraction Conference. **3**, pp. 2803-2816, Lyon, France.
3. 이향숙, 김준영, 김주엽, 안재우, 소순섭, 정동화, 2006년 : 반도체 생산 공정에서 배출되는 폐산중 초산과 질산의 혼합산 분리를 위한 기초 연구, 한국자원리사이클링학회 추계 학술대회 (2006. 11), pp. 137-141.
4. Yu, L., Guo, Q., Hao, J., Jiang, and Weihua, Y., 2000 : Recovery of acetic acid from dilute wastewater by means of bipolar membrane electrodialysis, *Desalination*, **129**(3), pp. 283-288.
5. Anasthas, H. M. and Gaikar, V. G., 2001 : Adsorption of acetic acid on ion-exchange resins in non-aqueous conditions, *Reactive & functional polymers*, **47**(1), pp. 23-35.
6. Tongwen, X. and Weihua, Y., 2003 : Industrial recovery of mixed acid (HF + HNO<sub>3</sub>) from the titanium spent leaching solutions by diffusion dialysis with a new series of anion exchange membranes, *Journal of membrane science*, **220**, pp. 89-95.
7. [http://www.huchems.com/product/product\\_d.html?sn=3](http://www.huchems.com/product/product_d.html?sn=3) (인터넷 자료).
8. Hu Xinglan, Miao Wenjun, and Zhou Rongqi, 2004 : Simulation of extractive distillation of acetic acid-water, *Computers and applied chemistry(China)*, **21**(6), pp. 828-830.
9. Zhigang Lei, Chengyue Li, Yingxia Li, and Biaohua Chen, 2004 : Separation of acetic acid and water by complex extractive distillation, *Separation and Purification Technology*, **36**, pp. 131-138.
10. Bock Heiko, Jimoh Mohammed, Wozny Guenter, Analysis of reactive distillation using the esterification of acetic acid as an example, *Chemical engineering&technology*, **20**(3), pp. 182-191.
11. Saha B., Chopade S. P., and Mahajani S. M., 2000 : Recovery of dilute acetic acid through esterification in a reactive distillation column, *Catalysis Today*, **60**, pp. 147-157.
12. Seo Y. H., Nahm K. S., Hahn Y. B., Kim C. B., 1994 : Reaction kinetics of silicon etching in HF-K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-H<sub>2</sub>O solution, *Korean J. of Chem. Eng.*, **11**(2), p. 89-95.

### 金 顯 翔



- 연세대학교 화학공학 석사
- (주)로드테크
- (주)그린테크
- 현재 (주)엔아이티 연구원

### 金 柱 燁



- 고려대학교 화학금속 석사
- 원자력 연구소
- 삼성종합기술원
- 현재 대일개발(주) 부설연구소 기획이사, 한양대학교 박사과정

### 李 香 淑



- 군산대학교 분석화학 석사
- (주)백석산업
- 부경산업(주)
- 현재 대일개발(주) 연구원

### 愼 昶 焄



- 고려대학교 화학금속 석사
- 일진다이아몬드(주)
- 현재 대일개발(주) 연구소장



金俊永

- 전남대학교 화학공학 석사
- ㈜영풍
- 한국종합화학공업㈜
- 현재 ㈜엔아이티 연구소장



裴佑根

- Uviversity of Illinois, Urbana-Champaign, 환경공학 박사
- 문교부 교육시설국 토목기좌
- 국립환경연구원 폐기물연구부
- 국립환경연구원 수질연구부
- 현재 한양대학교 토목환경공학과 교수

## 安鐘寬

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부  
신입연구원
- 당 학회지 제9권 2호 참조

《광 고》 本學會에서 發刊한 자료를 판매하오니 學會사무실로 문의 바랍니다.

- \* EARTH '93 Proceeding(1993) 457쪽, 價格 : 20,000원  
(The 2th International Symposium on East Asian Recycling Technology)
- \* 자원리사이클링의 실제(1994) 400쪽, 價格 : 15,000원
- \* 학회지 합본집 I, II, III, IV, V, VI 價格 : 40,000원, 50,000원(비회원)  
(I: 통권 제1호~제10호, II: 통권 제11호~제20호, III: 통권 제21호~제30호, IV: 통권 제31~제40호,  
V: 통권 제41호~제50호, VI: 통권 제51호~제60호)
- \* 한·일자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 483쪽, 價格 : 30,000원
- \* 한·미자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 174쪽, 價格 : 15,000원
- \* 자원리사이클링 총서I(1997년 1월) 311쪽, 價格 : 18,000원
- \* '97 미주 자원재활용기술실태조사(1997년) 107쪽, 價格 : 15,000원
- \* 日本의 리사이클링 産業(1998년 1월)395쪽, 價格 : 22,000원, 발행처-文知社
- \* EARTH 2001 Proceeding (2001) 788쪽, 價格 : 100,000원  
(The 6th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology)
- \* 오재현의 자동차 리사이클링기행(2003년 2월) 312쪽, 價格 : 20,000원, 발행처-MJ미디어
- \* 리사이클링백서(자원재활용백서, 1999년) 440쪽, 價格 : 15,000원, 발행처-文知社
- \* 리사이클링백서(자원재활용백서, 2004년), 578쪽, 價格 : 27,000원, 발행처-淸文閣