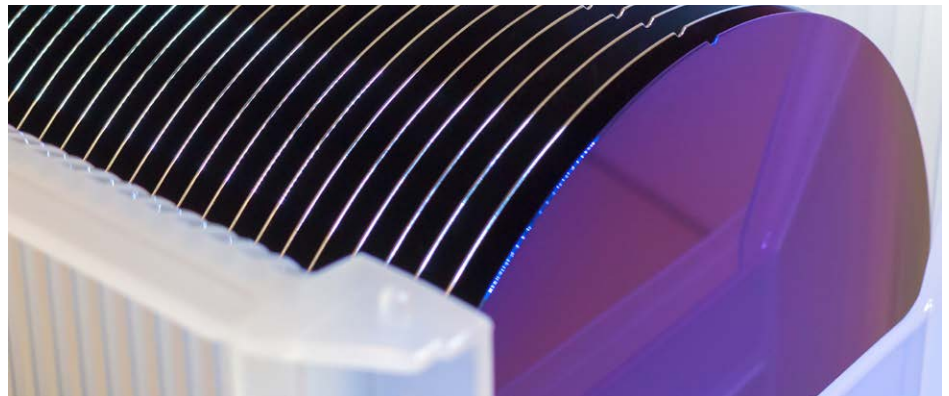


## 온라인 VPD-ICP-MS/MS를 이용한 실리콘 웨이퍼의 금속 오염물질 자동 표면 분석

IAS Expert PS VPD와 통합된 Agilent 8900 ICP-QQQ는 웨이퍼의 연중무휴 오염 제어에 필요한 감도와 견고성 약속



### 저자

Tatsu Ichinose 및  
Katsu Kawabata  
IAS Inc., Hino, 일본, 도쿄  
Kazuhiro Sakai  
Agilent Technologies, Inc.,  
Hachioji, 일본, 도쿄

### 서론

반도체 마이크로칩 또는 집적회로(IC)는 현대인 일상 곳곳에서 수천 가지 제품에 사용됩니다. 이러한 IC를 제조하는 과정에서 반도체 제조공장(FAB)은 수율 손실을 최소화하고 완성된 칩이 필요한 신뢰성과 성능을 제공할 수 있도록 모든 오염원을 철저히 통제해야 합니다(1). 대부분의 IC는 규암(모래)을 정제하여 대량의 다결정 실리콘으로 만들어진 실리콘 기판 즉 "웨이퍼" 위에서 제작됩니다. 폴리실리콘은 추가 공정을 거쳐 순수한 단결정 실리콘 잉곳으로 만들어지며 이를 잘라 웨이퍼를 만듭니다.

규암의 주요 오염 원소는 철(Fe), 알루미늄(Al), 칼슘(Ca) 및 티타늄(Ti)이며, 규암을 98% 순도의 규소(Si)로 변환하는 탄소열 공정 중에 다른 원소가 유입될 수도 있습니다. 기체상 정제 및 화학 기상 증착 과정에서 대부분의 불순물이 제거되고 IC 제조에 이용되는 웨이퍼를 만드는 데 적합한 약 8 nines(8N) 순도의 실리콘이 얻어집니다. 8N은 순도가 99.99999%이므로 고체 Si에서 총 오염물질 수준은 10ng/g(ppb) 미만입니다. 블랭크 웨이퍼를 준비하는 과정에 이용되는 슬라이싱 및 연마와 같은 공정에서, 예를 들어 화학 기계적 평탄화 또는 연마(CMP) 슬러리에서 미량 원소 오염이 발생할 수도 있습니다. 금속 오염은 세척, 에칭, 산화물 성장 및 이온 주입과 같은 후속 "Front-end" 공정 중에도 일어날 수 있습니다.

IC 제조에서 가장 우려되는 원소는 전이 금속과 알칼리성 원소이지만 Si 웨이퍼에서 이 원소들의 분포가 반드시 균일한 것은 아닙니다. Fe는 벌크 Si 기판을 통해 표면 산화층으로 확산될 수 있는 반면, Ti 불순물 농도는 단결정 Si 잉곳의 용융 및 냉각 과정 중 편석(segregation)으로 인해 달라질 수도 있습니다. 금속 오염물질이 IC 디바이스에 악영향을 미칠 수 있는 수준으로 존재하지 않게 하려면 적절한 표면 분석 기술을 이용하여 웨이퍼의 미량 금속 농도를 모니터링해야 합니다. 웨이퍼 표면의 노출된 Si 층은 대기 중 산소(O<sub>2</sub>)와 물에 노출될 때 SiO<sub>2</sub>로 빠르게 산화됩니다. 이 자연 산화층은 두께가 2nm 미만입니다(2). IC 설계에 절연막이 필요하다면 O<sub>2</sub> 또는 수증기가 있는 상태에서 웨이퍼를 900~1200°C로 가열하여 웨이퍼 표면에 훨씬 더 두꺼운 산화물 층을 만들면 됩니다. 이 열 산화층은 두께가 최대 100nm(0.1µm)입니다.

자연 및 열 산화 SiO<sub>2</sub>의 경우, 산화물 층의 미량 금속은 ICP-MS와 결합된 기상 분해(VPD)를 이용하여 극히 낮은 농도에서 측정할 수 있습니다. VPD-ICP-MS는 실리콘 질화물(SiN)과 같은 다른 웨이퍼 표면층 및 박막의 금속 오염물질을 분석하는 데에도 이용할 수 있습니다. VPD는 불화수소(HF) 증기를 이용하여 웨이퍼의 표면 SiO<sub>2</sub> 층을 분해(SiO<sub>2</sub> + 6 HF → H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> + 2 H<sub>2</sub>O)하는 표면 금속 추출(SME) 기술입니다. 웨이퍼 표면에 남아 있는 H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>와 함께 SiO<sub>2</sub> 층에서 방출된 오염 금속은 웨이퍼 표면 전체에서 작은 회수 용액 방울을 스캔하여 수집합니다. 회수 용액은 일반적으로 희석된 HF와 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)의 혼합물이지만 때로 염산/과산화수소 혼합물(HCl/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)과 같은 대체 용액이 이용되기도 합니다. 용해된 금속 오염물질을 수집한 후 웨이퍼 표면에서 액적을 피펫팅하고 ICP-MS로 옮겨 분석합니다.

표면 금속 오염은 비파괴 기술이지만 검출 한계(DL)가 E+10~E+12 atoms/cm<sup>2</sup>로 상대적으로 낮은 전방사 X선 형광(TRXRF)으로도 측정할 수 있습니다. TRXRF DL은 금속 오염물질을 건조된 VPD 액적에 사전 농축하여 개선할 수 있지만 VPD-ICP-MS는 특히 가벼운 질량 원소인 Li, Na, Mg 및 Al에 대해 감도가 훨씬 더 높습니다. Agilent 8900 ICP-QQQ와 같은 고감도 QQQ ICP-MS 시스템(ICP-QQQ)을 이용할 경우, 일반적인 VPD-ICP-MS DL 범위는 E+05~E+07 atoms/cm<sup>2</sup>입니다. VPD-TRXRF의 DL 범위는 E+08~E+10 atoms/cm<sup>2</sup>입니다. VPD-ICP-MS는 또한 VPD-TRXRF보다 자동화 성능이 뛰어나므로 Si 웨이퍼의 초미량 오염물질을 온라인으로 모니터링해야 하는 FAB의 요구 조건에 더 적합합니다.

많은 대형 반도체 FAB는 Si 웨이퍼의 미량 금속 오염물질에 대한 일상적인 생산 관리를 위해 Agilent ICP-MS와 통합된 자동화 VPD 시스템을 이용합니다. 자동화된 VPD-ICP-MS는 수동 시스템에 비해 노동 집약적이지 않고 오염 가능성이 낮으며 데이터의 질이 높습니다. Agilent ICP-MS 기기는 주요 자동(및 수동) VPD 시스템과 모두 호환되며, 전 세계 주요 FAB의 여러 설치 시설에서 그 성능이 입증되었습니다.

그림 1에 개략적으로 표시한 것처럼 VPD-ICP-MS 프로세스는 세 단계로 되어 있습니다.

1. Si 웨이퍼는 VPD 챔버에 놓고 HF 증기에 노출되며, 이로써 자연 산화물 또는 열 산화된 SiO<sub>2</sub> 표면층은 분해되고 웨이퍼 표면에 증착된 금속 오염물질이 남습니다.
2. 스캔 액적(예를 들어, 3% HF/4% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 250~1000µL)을 웨이퍼에 놓고 웨이퍼 표면 전체에서 정교하게 제어된 패턴으로 액적을 "스캔"합니다. 스캔 액적이 웨이퍼를 가로질러 이동하면서 1단계 중 SiO<sub>2</sub> 층에서 분리된 금속 오염물질이 수집됩니다.
3. 스캔 액적은 분석을 위해 웨이퍼 표면에서 ICP-MS 또는 ICP-QQQ로 옮겨집니다.

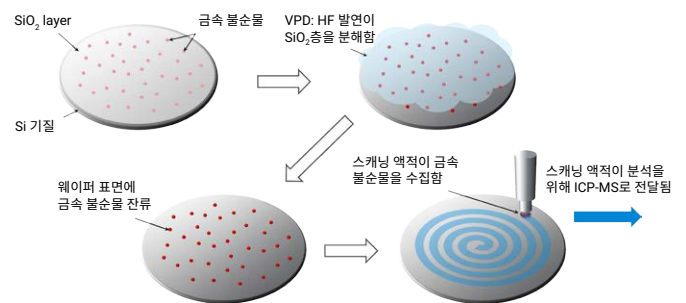


그림 1. VPD-ICP-MS 프로세스 개요.

이 연구에서는 Agilent 8900 ICP-QQQ와 통합된 IAS Expert PS(IAS Inc., Hino, Tokyo, Japan)로 구성된 완전 자동화된 VPD-ICP-MS 시스템을 이용했습니다. 양을 알고 있는 미량 원소로 Si 웨이퍼 표면을 인위적으로 오염시키고 VPD 스캔 액적의 회수율을 측정하여 자동화된 VPD-ICP-MS/MS 분석법을 평가했습니다.

Expert PS 자동화 VPD-ICP-MS 시스템(3, 4)은 IAS Inc.의 ASAS(Automated Standard Addition System)와 호환됩니다(5, 6). 이 연구에서는 ASAS(ASAS-Cal) 하나를 이용하여 원액에서 외부 검량 표준물질을 준비하고 스파이크 회수율 테스트를 자동화했습니다. ASAS는 온라인 스파이크를 자동으로 추가하여 MSA(Method of Standard Additions) 검량선을 생성할 수도 있습니다. 내부 표준물질(ISTD) 용액은 두 번째 ASAS(ASAS-ISTD)를 이용하여 ICP-MS에 자동으로 도입되었습니다. 자동 시료 도입 시스템을 이용하면 분석이 단순화되는 외에도 수동 시료 처리가 줄어들고 오류가 최소화되며 시료 오염 가능성이 낮아집니다. ASAS/VPD-ICP-MS 시스템의 개략도가 그림 2에 나와 있습니다.

## 실험

### VPD HF 발연 및 스캔 액적 용액

각 Expert PS 화학물질 포트에 이용할 용액을 클린룸에서 준비했습니다. HF 증기를 생성하는 데 이용되는 용액은 습식 에칭 반도체 등급 HF(50% 수용액, Daikin Industries Ltd., Osaka, Japan)로부터 준비했습니다.

용해된 금속을 수집하는 데 필요한 스캔 액적을 만들기 위해 TAMAPURE-AA-100 시약(Tama Chemicals Co. Ltd., Kanagawa, Japan)으로부터 두 용액을 준비했습니다. 3% HF와 4% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액으로 대부분의 금속을 회수했으며 두 번째 용액인 왕수(HNO<sub>3</sub> 1:HCl 3 비율)를 이용하여 귀금속을 회수했습니다. 왕수 스캔 용액은 스캔 후 ICP-MS에 도입하기 전에 10배 희석했습니다.

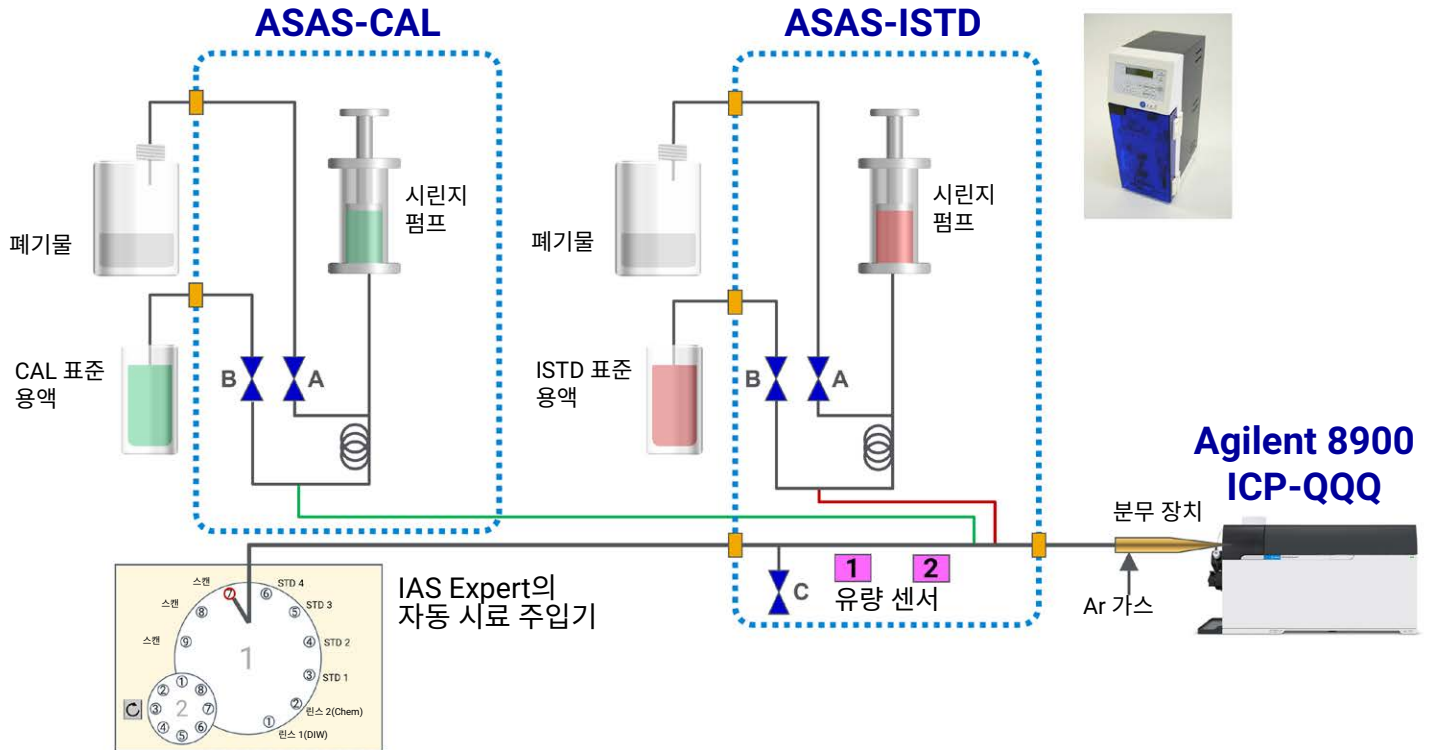


그림 2. 자동화된 VPD-ICP-MS 시스템의 핵심 부분인 ASAS와 자동 시료 주입기를 나타낸 개략도. IAS Inc.에서 제공한 이미지를 편집한 도식

### ASAS-Cal 시스템용 검량 표준물질

10ng/mL(ppb) 혼합 다원소 표준 용액을 고순도 3% HF/4% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액에 스파이크하여 외부 검량을 위한 검량 표준물질을 만들었습니다. 작업 표준 용액은 10µg/mL(ppm) 혼합 다원소 표준물질(SPEX CertiPrep, Metuchen, NJ, US)을 5% HNO<sub>3</sub>로 희석하여 준비했습니다. 10ppb 작업 표준 용액을 깨끗한 시료 용기에 넣고 ASAS-Cal 시스템의 표준 라인에 연결했습니다. 분석에 필요한 검량액은 모두 스캔 용액과 동일한 매트릭스 조성으로 ASAS에 자동으로 맡겼습니다.

스파이크 회수율 테스트를 위해 5ppb 다원소 표준 용액을 준비했습니다. 1000µL의 스파이크 용액을 Si 웨이퍼 표면에 떨어뜨리고 건조시킵니다. Si 웨이퍼 표면을 스캔 용액으로 스캔하여 오염 원소를 수집한 다음 스캔 액적을 ICP-MS에 주입했습니다.

### ASAS-ISTD 시스템의 내부 표준물질

두 번째 ASAS는 1000ppm 단일 원소 표준물질(SPEX CertiPrep)에서 제조된 5% HNO<sub>3</sub>에 10ppb 베릴륨(Be) 및 인듐(In)이 들어 있는 ISTD 용액을 넣을 때 이용했습니다. ISTD 용액은 시료와 온라인에서 혼합돼 100pg/mL(ppt)라는 최종 ISTD 농도가 만들어졌습니다.

### 시료

본 연구에서 분석한 300mm(12인치) Si 웨이퍼 시료는 일본에 위치한 FAB에서 만든 것으로 FOSB(Front Opening Shipping Box)에 담겨 배송되었습니다. FOSB 중에는 VPD-ICP-MS에 직접 도킹할 수 있는 것도 있습니다. 아니면, 웨이퍼 운송 목적으로 FAB에서 일반적으로 이용하는 FOUP(Front Opening Unified Pod)를 Expert PS에서 처리해도 됩니다. FOSB 또는 FOUP에는 웨이퍼를 25개까지 담을 수 있습니다.

## 기기

### ICP-MS

Agilent 8900 ICP-QQQ(#200, 반도체 구성)는 IAS Expert PS와 광학적으로 정렬 및 결합되어(그림 3) 완전 통합 전자동 VPD-ICP-MS 시스템을 만들었습니다. ICP-QQQ의 시료 도입 시스템은 C-Flow 네블라이저(Savillex, Eden Prairie, MN, USA)가 있는 PFA 불활성 키트로 구성되었으며 8900에는 표준 백금 팁 인터페이스 콘을 장착했습니다.

8900 ICP-QQQ는 열 산화된 SiO<sub>2</sub> 분석에 필요한 매트릭스 내성을 확보하기 위해 매우 강력한 플라즈마를 이용합니다. 여기서 Si 매트릭스 농도는 스캔 액적에서 5000ppm까지(산화층의 두께에 따라 다름) 가능합니다. 8900은 MS/MS 작동과 결합해 초고감도 및 초저 백그라운드(일반적으로 <0.1cps)라는 장점이 더 있어 스펙트럼 중첩을 효과적으로 제거하므로 검출 한계를 낮추고 정확도는 더 높일 수 있습니다.

첨단 반도체 응용 분야에서 특히 중요한 요구 사항은 각 분석물질에 대해 최대한 낮은 검출 한계를 확보하는 것입니다. 극미량 수준의 오염 금속을 측정하는 실험실에서는 종종 각 용액을 측정하는 동안 여러 튜닝 단계가 순차적으로 적용되는 다중 튜닝 분석법을 이용합니다. 이 방식을 통해 각 분석물질에 대한 감도를 유지하면서 다양한 유형의 간섭을 제거하도록 튜닝 조건을 최적화할 수 있습니다. 본 연구에서는 측정 분석물질에 여러 플라즈마 조건(뜨거움, 따뜻함, 차가움)과 반응 셀 가스(O<sub>2</sub> 및 H<sub>2</sub>)를 이용했습니다. 낮은 셀 부피, 빠른 셀 가스 전환 시간(단 몇 초만에 안정화)과 더불어 플라즈마 RF 발생기의 안정성 높은 전자 장치가 결합되므로 적은 시료 VPD 스캔에서도 각 분석에 대해 여러 튜닝 단계를 쉽게 완료할 수 있습니다.

### Expert PS

Expert PS VPD-ICP-MS 시스템은 FAB에 설치하고 FAB의 컴퓨터 통합 제조(CIM) 호스트 시스템과 통합되도록 설계되었습니다. 따라서 Expert PS는 OHT(overhead hoist transport)를 통한 FOUP와의 통신을 포함하여 자동화 시스템용 SEMI 프로토콜과 완벽하게 호환됩니다. FAB에서 OHT는 여러 Si 웨이퍼가 들어 있는 FOUP를 Expert PS의 로드 포트 중 하나로 전달합니다. FOUP가 식별되면 VPD-ICP-MS에 의한 각 웨이퍼의 순차적 분석이 CIM 호스트를 통해 전송된 명령에 의해 완전히 제어되며 ICP-MS 분석 결과는 CIM 호스트로 반환됩니다. FOUP의 웨이퍼가 모두 다 분석되면 OHT가 Expert PS의 로드 포트에서 FOUP를 자동으로 제거합니다.

Expert PS와 8900 ICP-QQQ의 기본적 작동 조건이 각각 표 1과 2에 나와 있습니다.

표 1. IAS Expert PS 작동 파라미터.

파라미터	값
Si 웨이퍼 크기(mm)	300
VPD 시간(초)	200
VPD 가스 유량(mL/min)	1000
O <sub>3</sub> 발생기	이용하지 않음
사전 건조	이용하지 않음*
스캔 속도(mm/s)	30
가장자리 제외(mm)	5
스캔 용액 1	3% HF + 4% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
스캔 용액 2	왕수
스캔 용액 부피(μL)	1000

\* 벌크 에칭 및 특수 필름에만 이용됩니다.

표 2. Agilent 8900 ICP-QQQ 작동 조건.

파라미터	툰 모드 1, 클 플라즈마, H <sub>2</sub> +He	툰 모드 2, 워 플라즈마, H <sub>2</sub> +He	툰 모드 3, 핫 플라즈마, He+O <sub>2</sub>	툰 모드 4, 핫 플라즈마, O <sub>2</sub>
RF 전력(W)	600	1200	1500	
샘플링 뎀스(mm)	20			
분무 가스 유속 (L/min)	0.80			
보조 가스 유속 (L/min)	0.45	0.65	0.50	
시료 주입 속도 (μL/min)	100(ASAS에서 제어)			
셀 가스 (유속, mL/min)	He (1.0); H <sub>2</sub> (3.0)	He (4.0); H <sub>2</sub> (2.0)	He (2.0); O <sub>2</sub> (0.2 또는 풀 스케일의 15%)	O <sub>2</sub> (0.4 또는 풀 스케일의 25%)
적분 시간 (초/동위원소별)	1.0			

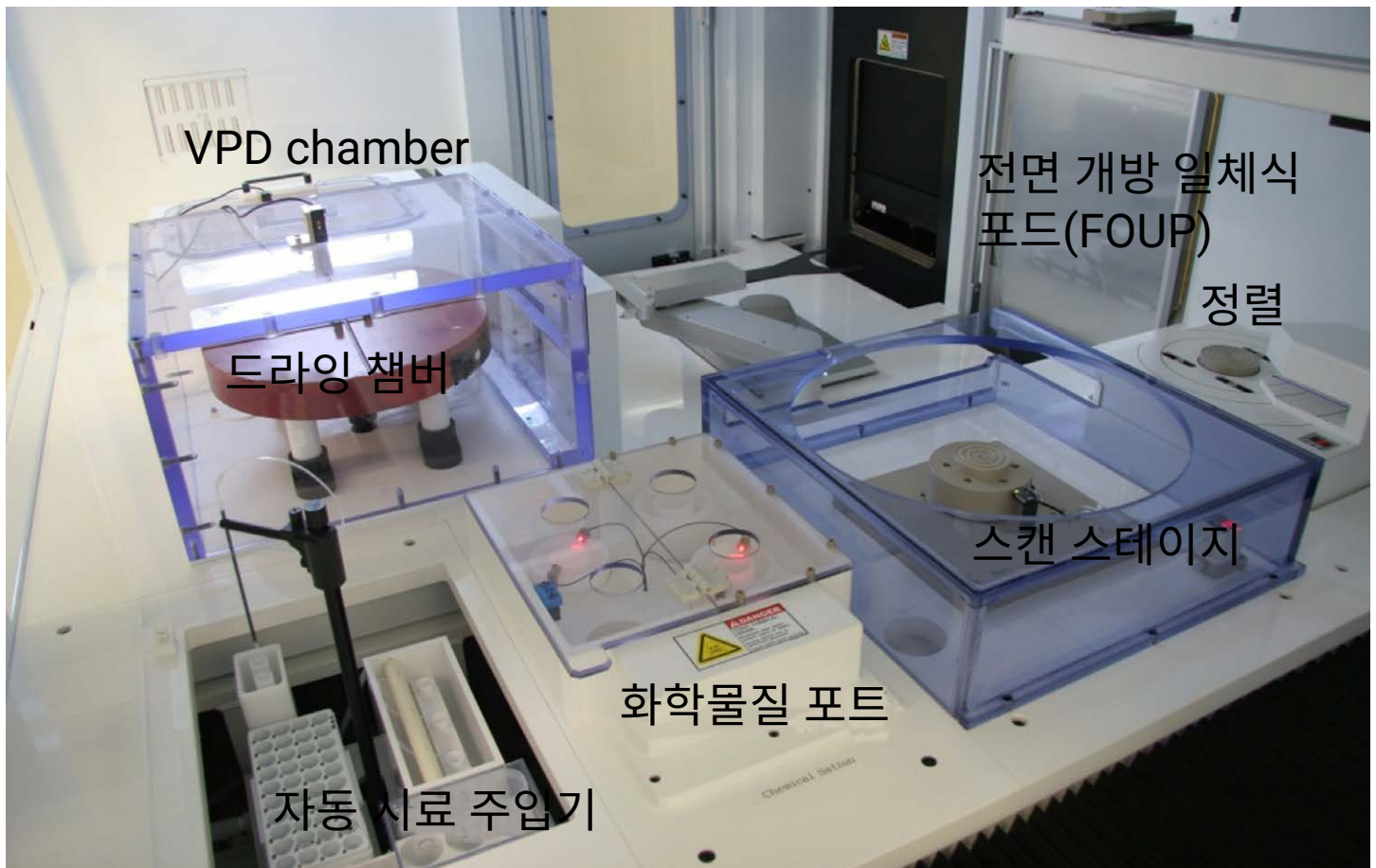


그림 3. Expert PS의 내부 모습. 사진 제공: IAS Inc.

완전 자동화된 VPD-ICP-MS 절차는 Expert 시스템용으로 IAS에서 개발한 지능형 VPD-ICP-MS 소프트웨어를 이용하여 제어됩니다. 절차는 참조 4에 설명되어 있으며 작업 내역은 다음과 같습니다.

1. 인터페이스 소프트웨어가 검량 및 QC 검사를 자동으로 수행합니다.
2. 두 ASAS 시스템이 ISTD 용액과 ICP-MS 검량 표준 용액을 모두 자동으로 첨가합니다.
3. 스캔 용액을 수집하는 데 이용되는 스캔 노즐과 바이알은 자동으로 행귀지고 세척됩니다.
4. 소프트웨어는 수식 1에 설명한 대로 atoms/cm<sup>2</sup> 단위의 원소 농도 결과를 생성합니다.

수식 1: Si 웨이퍼 표면의 원소 농도 계산:

$$\text{웨이퍼 농도 (atoms/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Expert에서 스캔 부피 (mL)} \times \text{ICP-MS에서 ICP-MS 결과 (pg/mL)} \times 10^{-12} \times \text{NA (atoms/mol)}}{\text{분자량 (g/mol)} \times \text{스캔 면적 (cm}^2\text{)}}$$

NA = 아보가드로 상수

예를 들어, Fe 1ppt(pg/mL), 스캔 용액 1mL, 300mm 웨이퍼 (706cm<sup>2</sup>)는 1.5 x 10<sup>7</sup> atoms/cm<sup>2</sup>(업계에서 종종 1.5E+07로 표기함)와 같습니다. 계산은 소프트웨어에 의해 자동으로 수행됩니다.

## 결과 및 토의

### VPD-ICP-MS의 검출 한계

표 3에 나타낸 검출 한계는 스캔 바탕 용액의 3회 반복 측정에서 얻은 표준편차에 3(3 x SD)을 곱하여 계산되었습니다.

표 3. VPD-ICP-MS 획득 조건 및 검출 한계.

원소	툰 모드	MS/MS 설정		검출 한계	
		Q1	Q2	pg/mL	Atoms/cm <sup>2</sup>
Li	Cool, H <sub>2</sub> /He	7		0.02	2.3 E+06
Na	Cool, H <sub>2</sub> /He	23		0.49	1.8 E+07
Mg	Cool, H <sub>2</sub> /He	24		0.13	4.5 E+06
Al	Cool, H <sub>2</sub> /He	27		0.94	3.0 E+07
K	Cool, H <sub>2</sub> /He	39		0.26	5.7 E+06
Ca	Cool, H <sub>2</sub> /He	40		0.71	1.5 E+07
Ti	Hot, O <sub>2</sub>	48	64	0.23	4.1 E+06
V	Hot, O <sub>2</sub>	51	67	0.07	1.2 E+06
Cr	Cool, H <sub>2</sub> /He	52		0.10	1.6 E+06
Mn	Cool, H <sub>2</sub> /He	55		0.01	2.3 E+05
Fe	Cool, H <sub>2</sub> /He	56		0.57	8.7 E+06
Co	Cool, H <sub>2</sub> /He	59		0.12	1.7 E+06
Ni	Cool, H <sub>2</sub> /He	60		0.37	5.4 E+06
Cu	Cool, H <sub>2</sub> /He	63		0.27	3.6 E+06
Zn	Hot, O <sub>2</sub>	64		0.31	4.1 E+06
Ge	Hot, He/O <sub>2</sub>	74		0.52	6.1 E+06
Sr	Hot He/O <sub>2</sub>	88		0.02	1.7 E+05
Zr	Hot, O <sub>2</sub>	90	106	0.10	8.9 E+05
Nb	Hot, O <sub>2</sub>	93	125	0.02	1.5 E+05
Mo	Hot, He/O <sub>2</sub>	95	127	0.09	7.8 E+05
Sn	Hot, He/O <sub>2</sub>	118		0.71	5.1 E+06
Sb	Hot, He/O <sub>2</sub>	121		0.22	1.5 E+06
Ba	Hot, He/O <sub>2</sub>	138		0.09	5.9 E+05
Hf	Hot, He/O <sub>2</sub>	178	194	0.04	2.1 E+05
Ta	Hot, He/O <sub>2</sub>	181	213	0.02	1.2 E+05
W	Hot, He/O <sub>2</sub>	182	214	0.05	2.2 E+05
Pb	Warm, H <sub>2</sub> /He	208		0.47	1.9 E+06

### 정량분석 데이터 및 스파이크 회수율

VPD-ICP-MS/MS로 얻은 Si 웨이퍼 표면의 불순물에 대한 정량 분석 결과를 표 4에 나타내었습니다. 결과는 pg/mL 및 atom/cm<sup>2</sup> 단위로 보고합니다.

정량 분석법의 정확성을 평가하기 위해 스파이크된 Si 웨이퍼를 자동화된 VPD-ICP-MS 시스템을 이용하여 3회 분석했습니다. 세 가지 액적 스캔을 기반으로 다음 수식을 이용하여 각 원소의 회수율을 계산했습니다.

$$(1\text{번째} / (1\text{번째} + 2\text{번째} + 3\text{번째})) \times 100$$

표 4에 나타난 바와 같이 회수율이 81%인 Cu를 제외하고 모든 회수율은 100 ± 5% 이내였습니다. Cu는 Si 웨이퍼에 대해 친화력이 강해 Cu의 일부는 HF+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 스캔 용액에 용해되지 않고 웨이퍼 표면에 남습니다.

표 4. HF+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 스캔 용액에서 분석된 원소에 대한 정량분석 데이터와 스파이크 회수율.

원소	측정된 농도		스�파이크 회수율
	pg/mL	Atoms/cm <sup>2</sup>	%
Li	<0.02	<2.3 E+06	100
Na	<0.49	<1.8 E+07	100
Mg	1.30	4.6 E+07	98
Al	1.53	4.8 E+07	98
K	<0.26	<5.7 E+06	100
Ca	4.59	9.8 E+07	98
Ti	0.60	1.1 E+07	100
V	<0.07	<1.2 E+06	99
Cr	0.17	2.8 E+06	99
Mn	<0.01	<2.3 E+05	100
Fe	7.22	1.1 E+08	99
Co	<0.12	<1.7 E+06	100
Ni	0.53	7.7E+06	100
Cu	0.43	5.8 E+06	81
Zn	<0.31	<4.1 E+06	100
Ge	<0.52	<6.1 E+06	99
Sr	<0.02	<1.7 E+05	98
Zr	<0.10	<8.9 E+05	100
Nb	<0.02	<1.5 E+05	97
Mo	<0.09	<7.8 E+05	98
Sn	7.41	5.3 E+07	99
Sb	<0.22	<1.5 E+06	99
Ba	0.62	3.8 E+06	98
Hf	<0.04	<2.1 E+05	100
Ta	<0.02	<1.2 E+05	97
W	0.30	1.4 E+06	96
Pb	<0.47	<1.9 E+06	95

백금족 원소(PGE)인 Ag 및 Au는 Cu보다 Si 웨이퍼에 대한 친화력이 훨씬 더 강합니다. 따라서 PGE의 경우 별도의 왕수 스캔 용액(농축 HCl:HNO<sub>3</sub>의 3:1 혼합물)을 이용하는 것이 좋습니다. 왕수 스캔 용액에서 분석된 여섯 가지 귀금속에 대한 스파이크 회수율 결과가 표 5에 나와 있습니다. 스캔 용액은 스캔 후 ICP-MS/MS로 분석하기 전에 10배 희석되었습니다. 모든 회수율은 ± 15% 이내로 회수된 Pt를 제외하고는 100 ± 10% 이내였습니다.

표 5. 왕수 스캔 용액에서 분석된 귀금속의 스파이크 회수율.

	Pd	Ag	Ir	Pt	Au	Ru
회수율(%)	90	96	95	86	93	90

### 결론

자동화된 VPD-ICP-MS 시스템은 Si 웨이퍼의 원소 오염물질에 대한 정확한 분석을 제공하여 시료 처리를 최소화하고 오염 위험을 줄이는 능력이 있습니다. Agilent 8900 ICP-QQQ를 IAS Expert PS에 통합하면 고급 간섭 제거 기능과 ICP-MS/MS 분석법의 높은 감도에 힘입어 극미량 수준에서 오염물질을 검출할 수 있습니다.

모든 원소에 대해 3.0 E+07 atoms/cm<sup>2</sup>(<1pg/mL) 미만의 검출 한계를 얻었으며 스파이크 회수율 데이터로부터 이 분석법으로 Si 웨이퍼의 극미량 오염물질을 정확하게 측정할 수 있음이 입증되었습니다.

IAS Expert PS/Agilent 8900 자동화 VPD-ICP-MS 시스템은 전 세계 첨단 반도체 FAB의 IC 제조 현장에서 실용적 효용성을 입증했습니다. 업계에서 통합 IAS VPD 및 Agilent ICP-MS/MS 시스템을 수용하는 이유는 장비의 견고성과 신뢰성, 기기 구성의 안정성, 탁월한 성능에 있습니다. VPD-ICP-MS/MS 시스템은 FAB의 컴퓨터 통합 제조 시스템에 완벽하게 통합되어 Si 웨이퍼의 오염을 일년내내 쉬지 않고 무인으로 제어할 수 있습니다.

## 참고 문헌

1. 반도체 제조에서 무기 불순물 측정, 애질런트 발행물, [5991-9495EN](#)
2. Bohling C., Sigmund, W., Self-Limitation of Native Oxides Explained, *Silicon*, **2016**, 8:339–343
3. Expert: Auto Scanning System - Fully Automated VPD-ICP-MS, International Analytical Solutions (IAS) Inc., 2023년 6월 접속, <https://iasinc.jp/english/>
4. Auto Scanning System, Fully Automated VPD-ICP-MS, Expert, [IAS Inc., 발행물](#)
5. Automated Standard Addition System (ASAS II), [IAS Inc., 발행물](#)
6. Sakai, K., Mizobuchi, K., Kobayashi, R., 이소프로필알코올 내 초극미량 원소 불순물의 자동 분석, 애질런트 발행물, [5994-0273EN](#)

[www.agilent.com/chem/8900ICP-QQQ](http://www.agilent.com/chem/8900ICP-QQQ)

DE45922979

이 정보는 예고 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2023  
2023년 7월 12일 한국에서 발행  
5994-6135K0

한국애질런트테크놀로지스(주)  
대한민국 서울특별시 서초구 강남대로 369,  
A+ 에셋타워 9층, 06621  
전화: 82-80-004-5090 (고객지원센터)  
팩스: 82-2-3452-2451  
이메일: [korea-inquiry\\_lsca@agilent.com](mailto:korea-inquiry_lsca@agilent.com)

