

2023년 11월, 94호



1페이지

ICP-MS 저널 25주년 기념

2~3페이지

지질학 및 생물학적 물질의 불소 분포에 대한 *In-Situ* 분석을 위한 LA-ICP-MS/MS

4~5페이지

ICP-MS를 이용한 미세플라스틱 분석. 서브마이크론 입자의 성공적인 분석을 위한 핵심 요소

6~7페이지

ICP-MS/MS를 이용한 반도체 공정 화학물질 내 실리카 및 산화철 나노입자 분석

8페이지

"독성물질의 왕", 비소에 관한 ACS 심포지엄. 최신 Agilent ICP-MS 간행물

ICP-MS 저널 25주년 기념

1998년 9월, Hewlett Packard(현재 애질런트)의 ICP-MS 팀은 HP 4500 ICP-MS 사용자를 위한 새로운 저널인 "The Hot Source"의 창간호를 발행했습니다. 25년이 지난 지금도 Agilent ICP-MS 저널은 분기별로 계속 발행되어 사용자에게 최신 애질런트 기술 발전과 업계 및 응용 분야 뉴스를 제공합니다.

Agilent ICP-MS 저널은 기술적 내용, Agilent ICP-MS 제품, 소모품, 지원에 대한 소식, 다양한 새로운 응용 분야 및 기존 응용 분야에 대한 기사를 다채롭게 구성하여 제공합니다. 94호에는 Hot Source가 처음 출판되었을 때는 ICP-MS에서 실행하는 것이 불가능하다고 여겨졌던 나노급 입자를 검출하고 원소를 측정하는 연구 그룹의 보고서가 수록되어 있습니다.

기술 전문 지식을 제공하고 기사 내용을 기고하거나 데이터를 제공해주신 모든 Agilent ICP-MS 사용자 및 전문가 여러분들께 감사의 말을 전하고 싶습니다. 여러분이 없었다면 이처럼 훌륭한 저널은 있을 수 없었을 것입니다!



그림 1. Agilent ICP-MS 저널 25년 표지 이미지 모음.

지질학 및 생물학적 물질의 불소 분포에 대한 *In-Situ* 분석을 위한 LA-ICP-MS/MS

David Clases, Raquel Gonzalez de Vega, Jörg Feldmann, 오스트리아 그라츠 대학교, John Parnell, 영국 애버딘 대학교

ICP-MS로 측정할 수 있는 원소 및 측정할 수 없는 원소

ICP-MS는 일반적으로 H, He, N, O, F, Ne 및 Ar과 같은 플라즈마 지원 가스를 제외하고 자연적으로 발생하는 모든 원소(및 많은 방사성 동위원소)를 검출할 수 있는 기술로 받아들여집니다. 이러한 "측정할 수 없는" 원소 중에서 H(질량 1u)와 He(4u)는 상업용 사중극자 질량 분석기의 질량 범위보다 낮습니다. 플라즈마를 둘러싸고 있는 공기에는 H₂O/HNO₃ 및 N₂/O₂로 인한 백그라운드가 높아 N 및 O를 측정할 수 없습니다.

N과 O는 또한 높은 일차 이온화 전위(IP)를 가지고 있어 원소의 원자를 양이온으로 변환하기 위해 첫 번째 전자를 제거하는 데 많은 에너지가 필요합니다. 일차 IP와 이온화의 관계가 그림 1에 나와 있습니다. Ar의 일차 IP는 15.76eV (전자볼트)이며, 이로부터 플라즈마 이온화 환경이 정의됩니다. N과 O는 각각 14.53과 13.61eV의 일차 IP를 가지며, 이는 Ar의 일차 IP에 가깝기 때문에 이온화 정도와 그에 따른 감도가 낮습니다. 일차 IP가 매우 높은(11eV 이상) 다른 원소에는 C, Br 및 Cl이 포함되며, 이 모든 원소는 ICP-MS로는 분석하기 "어려운" 것으로 간주됩니다.

불소(F)와 네온(Ne)은 각각 Ar보다 높은 17.423 및 21.565eV의 일차 IP를 가지므로 이러한 원소는 플라즈마에서 상당한 수의 이온을 형성하지 않습니다. 따라서 F는 이전에 ICP-MS를 사용하여 측정하는 것이 불가능하다고 여겨진 매우 작은 원소 그룹 중 하나입니다.

ICP-MS를 이용한 불소 분석

수년 동안 연구자들은 극미량 수준에서 F를 분석하기 위한 ICP-MS 분석법을 개발하려고 노력해 왔습니다. 이온 크로마토그래피(IC) 및 이온 선택성 전극(ISE)과 같은 F 분석을 위한 기존 기술은 충분히 민감하지 않거나 선택성이 충분하지 않기 때문에 여기에 많은 관심을 끌고 있습니다. 표적 응용 분야에는 환경 및 식품 시료에서 PFAS (Per-Polyfluoroalkyl Substances)와 같은 불소화 유기

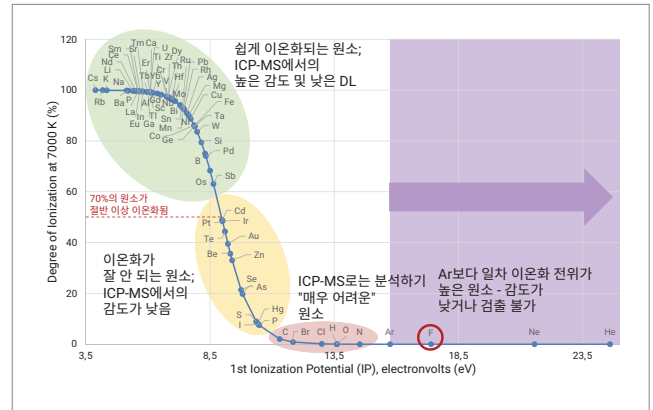


그림 1. 7000K의 플라즈마 온도에서 일차 이온화 전위에 대한 이온화 정도를 보여주는 그래프. 불소(F)가 강조 표시되어 있습니다.

화합물 분석이 포함됩니다. PFAS는 소비재(예: 비접착성 코팅, 섬유 보호제, 식품 포장)뿐만 아니라 소화제 및 특정 산업 공정에도 사용되는 합성 화학물질입니다. PCB 및 PBDE와 같은 다른 할로겐화 유기 화합물과 마찬가지로 PFAS는 사용 수명이 길고 생물학적 시스템에 축적될 수 있습니다. 따라서 PFAS의 농도는 식품 및 먹는물과 같은 시료뿐만 아니라 산업 폐기물 흐름에서도 중요합니다.

ICP-MS로 F를 측정하려는 초기 시도에서는 F를 Si와 복합체화하여 용액에 AlF₂⁺를 형성할 수 있는 가능성을 연구했습니다. 그런 다음 Al 종을 HPLC로 분리하고 ICP-MS로 Al을 측정하여 AlF₂⁺를 결정했습니다(1). 그러나 이 접근 방식은 모든 형태의 F를 AlF₂⁺로 변환하므로 F 종 분리(speciation)에 사용할 수 없습니다. 용액에 F를 복합체화하는 방법은 레이저 절삭(ablation) ICP-MS(LA-ICP-MS)를 사용한 생체 또는 지리 이미징과 같은 *In-Situ* 측정에도 적용할 수 없습니다.

2012년 QQQ ICP-MS가 개발되면서 F를 금속과 결합하여 용액이 아닌 플라즈마에서 M-F⁺ 이온을 형성하는 대체 접근 방식이 가능해졌습니다. 바륨(Ba)은 이 반응에 가장 적합한 금속으로 확인되어 생성 이온 ¹³⁸Ba¹⁹F⁺를 형성했습니다(2).

이 분석법은 O₂ 반응 셀 gas와 함께 MS/MS를 사용하여 질량 157에서 BaF⁺의 ¹³⁸Ba¹⁸OH⁺ 중첩을 해결합니다. BaOH⁺ 이온은 O₂ 셀 gas와 반응하므로 간섭이 제거됩니다. 이 접근 방식은 HPLC로 분리한 후 물 중 ppb 수준의 PFAS를 정량화하는 데 사용되었습니다. ICP-MS/MS BaF⁺ 분석법을 사용함으로써 ESI-MS로 검출할 수 없는 PFAS 화합물의 원소별 측정이 가능해졌습니다(3).

LA-ICP-MS/MS를 이용한 F의 In-situ 측정

불소화 유기 화합물의 극미량 F 측정 및 종 분리(speciation) 뿐만 아니라 F와 그 화합물이 생체 조직 및 지질학적 물질과 같은 자연계에서 어떻게 분포되고 분할되는지에 대한 관심도 커졌습니다. 원소 분포 및 이미징 응용 분야의 현재 최첨단 기술은 LA-ICP-MS입니다. Agilent 8900 ICP-MS/MS를 Analyte G2 193nm Excimer 레이저(Teledyne Cetac)와 결합하여 지질 시료와 치아 단면에서 F의 분포를 평가했습니다(4). BaF⁺ 이온이 플라즈마에서 형성될 수 있도록 토치 앞에 T-커넥터를 사용하여 표준 LA-ICP-MS 설정을 수정함으로써 LA 운반 gas에 Ba 용액 에어로졸을 추가했습니다. F 신호 반응은 첨가된 젤라틴 표준을 제거하여 검량했습니다.

젤라틴과 관심 시료의 서로 다른 절삭(ablation) 특성은 F 농도 결과를 정량적으로 취급할 수 없음을 의미합니다. 그러나 많은 이미징 응용 프로그램은 분포와 관련이 있으므로 절대 농도보다 상대 농도가 더 중요합니다.

LA-ICP-MS/MS 분석법을 사용하여 그림 2와 같이 사랑니 단면의 F(BaF⁺로서), Cu 및 Zn 분포를 측정했습니다. 치아 내 F의 농도와 분포는 식품 및 먹는물을 통한 노출을 표시하는 지표로서, 그리고 공중 보건 프로그램의 일환으로 F 보충제의 효과를 확인하는 데 중요합니다. F는 치아 에나멜질을 구성하는 수산화인회석 광물(hydroxyapatite mineral)의 수산화물과 교환되므로 F는 치아에 쉽게 흡수됩니다. 그림 2의 이미지에서는 F가 에나멜질 표면뿐만 아니라 치수강에서도 상대적으로 높다는 것이 명확히 드러납니다. Cu와 Zn은 치수강과 관련이 있으며, 특히 Cu의 경우 아말감 충전과 관련이 있습니다.

결론

플라즈마에서 BaF⁺를 온라인으로 형성하는 LA-ICP-MS/MS는 생물학 및 지질학적 물질에서 F의 분포를 평가하는 새로운 접근 방식을 제공합니다. 이 방법을 사용하면 고체 시료의 F 분포를 낮은 또는 서브 µg/g(ppm) 수준에서 in-situ로 측정할 수 있습니다.

참고 문헌

1. Bayón, M. M., et al., *Analyst*, **1999**,124, 27–31
2. Feasibility Study of Fluorine Detection by ICP-QQQ, pp 222–224, in Handbook of ICP-QQQ Applications, Agilent publication [5991-2802EN](#)
3. Jamari, N.L.A., Dohmann, J.F., Raab, A., Krupp, E.M., and Feldmann, J., *J. Anal. Atom. Spectrom.*, **2017**, 32, 942
4. Clases, D., Gonzalez de Vega, R., Parnell, J., and Feldmann, J., *J. Anal. At. Spectrom.*, **2023**, 38, 1661

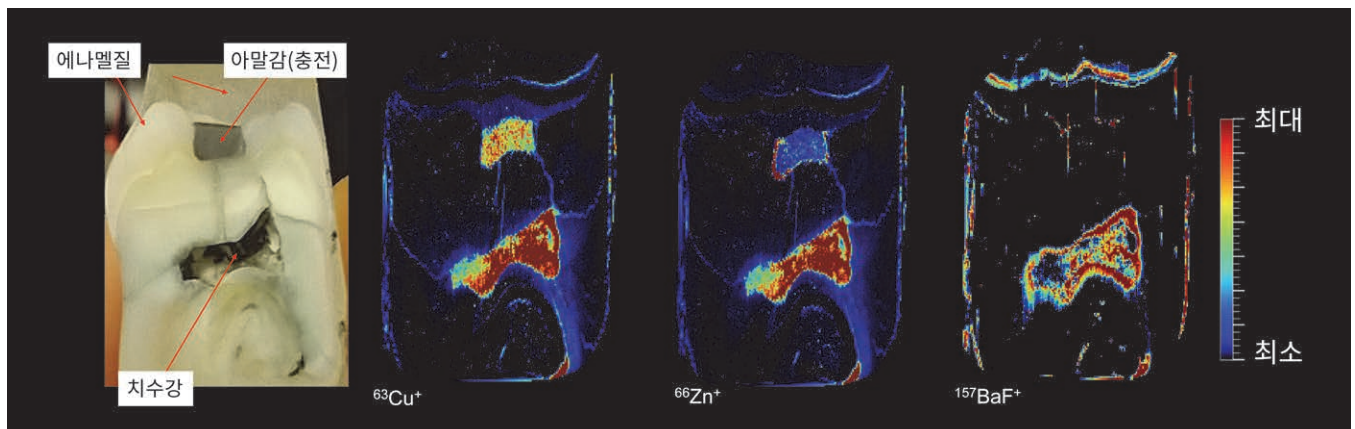


그림 2. LA-ICP-MS/MS를 사용하여 측정된 Cu, Zn 및 F(BaF⁺로서)의 분포를 보여주는 사랑니 단면.

ICP-MS를 이용한 미세플라스틱 분석. 초순수 내 서브마이크론 입자의 성공적인 분석을 위한 핵심 요소

Ching Heng Hsu (Jones), BASF Taiwan Ltd., 대만

ICP-MS를 이용한 탄소 분석

불소 이미징에 대한 앞의 글에서 언급한 바와 같이, 이전에는 ICP-MS를 사용한 극미량 분석에는 적합하다고 여겨지지 않은 적은 수의 원소가 있습니다. 이들 원소 중에서 탄소(C)는 분석하기에 가장 어려운 원소 중 하나로 꼽힙니다.

탄소의 일차 이온화 전위(일차 IP)는 11.266eV이므로 7000K의 플라즈마 온도에서 약 2%만 이온화됩니다. 즉, 탄소 원자 50개 중 1개만 C⁺ 이온으로 변환됩니다. 결과적으로 C에 대한 ICP-MS 감도는 완전히 이온화된 원소에 대한 감도보다 약 50배 낮습니다. C 분석의 두 번째 주된 문제점은 시약에 용해된 탄소와 플라즈마를 둘러싸는 공기 중 CO₂ 및 CO로 인해 ICP-MS의 백그라운드 신호가 높다는 것입니다(1).

고순도 시약의 폴리머 입자 오염 모니터링과 같이 낮은 수준의 C 분석이 필요한 응용 분야에서는 오염을 제어하고 C에 대한 우수한 신호 대 잡음비를 보장하기 위해 ICP-MS 시스템을 고도로 최적화해야 합니다. 이 연구에서는 Agilent 8900 ICP-QQQ(반도체 구성)를 사용하여 초순수(UPW)에서 C를 측정했습니다. 잠재적인 오염을 줄이기 위해 N₂ 플러시 Agilent SPS 4 자동 시료 주입기와 함께 8900을 사용했습니다. 그림 1은 µg/L(ppb) 수준의 C 검량선을 보여줍니다. 백그라운드 등가 농도(BEC)는 8.892ppb로, C 오염을 줄이기 위해 취한 조치의 효율성을 입증했습니다.

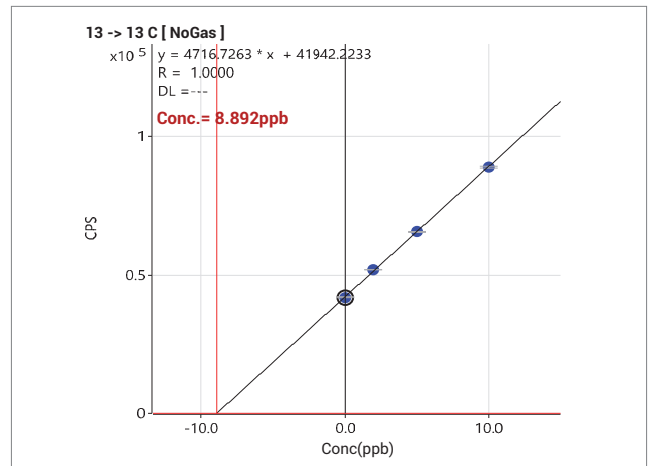


그림 1. UPW에서 용해된(이온성) C에 대한 단일 ppb 수준에서의 검량선.

연구자들은 주요 동위원소인 ¹²C(존재비 98.93%)의 높은 백그라운드를 피하기 위해 미량 동위원소 ¹³C(존재비 1.07%)에서 C를 측정하는 경우가 많습니다(2, 3). 그러나 백그라운드가 탄소로 인한 경우, 미량 동위원소를 측정해도 신호 대 잡음비가 향상되지 않으므로 오염을 제어하는 것이 필수적입니다. 서브 마이크로 폴리머 입자 분석에 대한 이 분석을 위해 ¹²C가 측정되었습니다.

단일 입자(sp) ICP-MS를 이용한 폴리머 입자 분석

UPW 시료(5ppb 이온 C 또는 5ppb 400nm C 입자 미침가 및 첨가)를 8900 ICP-QQQ에서 단일 입자(sp) 모드로 측정했습니다. 라텍스 폴리머 입자는 애질런트에서 구입했습니다.

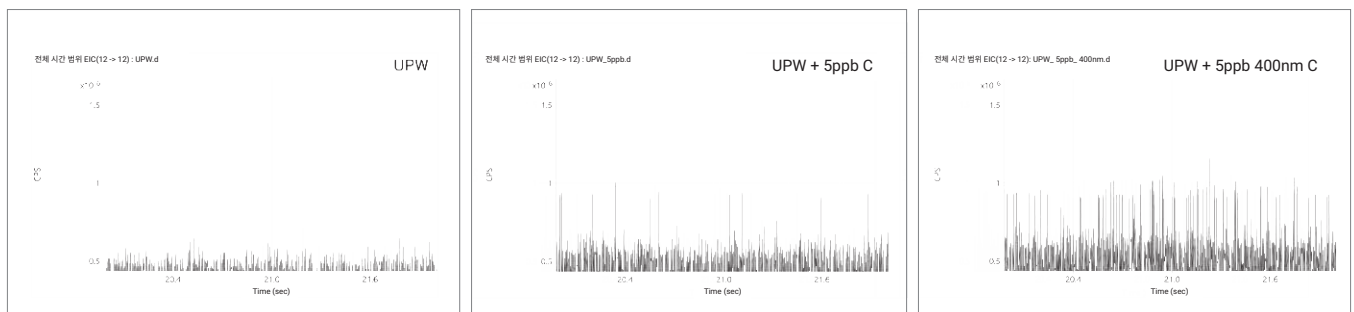


그림 2. UPW의 ¹²C 신호(왼쪽), 5ppb 이온 C가 첨가된 UPW(가운데), 5ppb의 400nm 폴리머 입자가 첨가된 UPW(오른쪽)의 TRA 그래프.

Q1과 Q2가 모두 m/z 12로 설정된 MS/MS 모드에서 8900을 작동시켰습니다. 데이터는 100 μ s의 머무름 시간으로 빠른 시간 분해 분석(TRA)을 사용하여 수집되었습니다. ^{12}C 에 대한 높은 원소 백그라운드 신호는 각 TRA 측정이 신호를 수집할 때 검출기가 펄스 카운트와 아날로그 모드 사이에서 자동으로 전환한다는 것을 의미합니다. 애질런트 ICP-MS 시스템의 두 검출기 모드에는 100 μ s의 머무름 시간이 사용되며, 각 원소 수집 시 질량이 변하지 않으므로 측정 간에 설정 시간이 필요하지 않습니다.

그림 2는 블랙 UPW, 5ppb 이온 C가 첨가된 UPW, 400nm C 입자 5ppb가 첨가된 UPW에 대한 각 시간 그래프의 대표적 부분(약 2초 동안 지속)을 보여줍니다. 3개 시료 간에 측정된 신호의 차이가 명확하여 UPW에서 ^{12}C 백그라운드 효과가 효과적으로 제어되고 첨가물의 분석물질 감도가 높다는 것이 확인됩니다.

폴리머 입자 크기 분포 측정

시료 도입 시스템과 플라즈마 조건을 최적화하기 위해 취한 조치에도 불구하고 ^{12}C 의 원소 백그라운드 신호는 개별 폴리머 입자의 신호에 비해 여전히 높았습니다. Agilent ICP-MS MassHunter 소프트웨어의 단일 입자 분석 모듈은 백그라운드 임계값의 수동 조절을 지원하여 고강도 이온 백그라운드에서 작은 입자를 식별하는 데 도움을 줍니다.

그림 3은 5ppb 400nm C가 첨가된 UPW 시료에 대해 ICP-MS MassHunter 단일 입자 분석 소프트웨어를 사용하여 얻은 신호 분포와 입자 크기 분포를 보여줍니다. 400nm 폴리머 입자는 백그라운드 신호로부터 명확하게 분리되었으며 입자 크기 중앙값은 374nm이고 입자 크기 임계값은 약 300nm였습니다.

결론

C 이온화를 위한 시료 도입과 최적화된 플라즈마 조건에 신경을 써야 하여 UPW의 단일 ppb 수준에서 서브마이크론 폴리머 입자를 검출할 수 있었습니다.

폴리머 입자와 금속 입자의 오염 제어는 반도체 산업에서 새로운 요구 조건으로 떠오르고 있습니다. 제조업체가

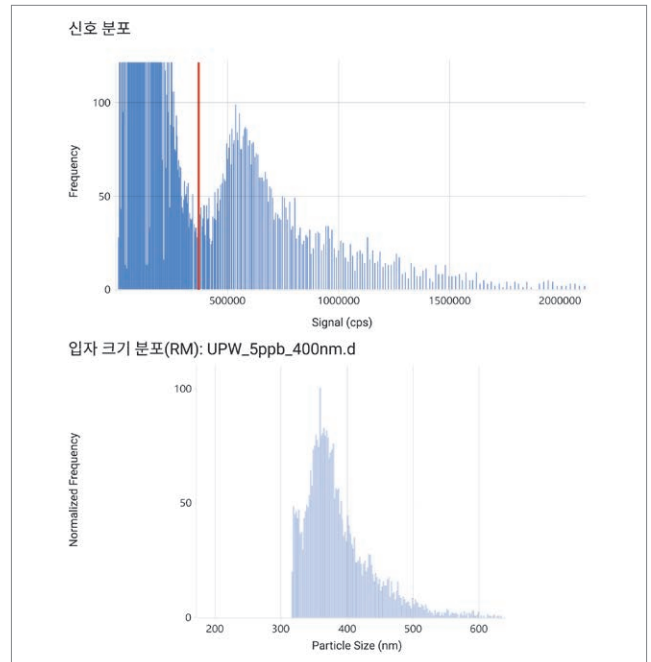


그림 3. UPW에서 5ppb 400nm 탄소 입자의 신호 분포(상단) 및 입자 크기 분포(하단). 중간 크기, 374nm.

최신 고속 모바일 칩을 지원하기 위해 더 작은 집적회로를 개발함에 따라 오염 제어는 더욱 중요해졌습니다.

Agilent 8900 ICP-MS/MS는 매우 높은 이온 전송, 낮은 무작위 백그라운드 및 효과적인 스펙트럼 중첩 제어 기능을 제공하여 반도체 공급업체와 제조업체가 요구하는 초미량 수준 분석을 가능케 합니다. 단일 입자 분석 모드를 사용하여 유기 및 금속 입자 오염을 검출하고 특성화하며 차세대 칩 개발을 주도하는 분석가에게 또 다른 능력을 부여할 수 있습니다.

참고 문헌

- Bolea-Fernandez, E., Rua-Ibarz, A., Velimirovic, M., Tirez, K., Vanhaecke, F., *J. Anal. At. Spectrom.*, 2020, 35 (3), 455-460
- Gonzalez de Vega, R., Goyen, S., Lockwood, T. E., Doble, P. A., Camp, E. F., Clases, D., *Anal. Chim. Acta*, 2021, 1174, 338737
- 단일 입자(sp) ICP-MS에 의한 폴리스티렌 미세플라스틱의 입자 크기 분석, 애질런트 발행 [5994-4897KO](#)

ICP-MS/MS를 이용한 반도체 공정 화학물질 내 실리카 및 산화철 나노입자 분석

Donna Hsu, Yoshinori Shimamura, Katsuo Mizobuchi, Brian Liao, Agilent Technologies Inc., Ping-Kuei Liao, KANTO-PPC Inc., 대만, Kuo-Lin Wang, Shiny Chemical Industrial Co. Ltd., 대만, Chiu-Hun Su, 대만산업기술연구소, 및 Ching Heng Hsu, BASF Taiwan Ltd., 대만

공정 화학물질 분석을 위한 ICP-MS

반도체 제조업체와 공급업체는 1980년대에 ICP-MS 기술이 처음 상용화된 이후 이 기술에 의존해 왔습니다. 넓은 원소 측정 범위, 빠른 분석, 극히 낮은 검출 한계(DL)의 우수성을 결합한 ICP-MS는 집적회로(IC) 제조에 사용되는 공정 화학물질의 극미량 원소 오염물질을 분석하는 표준 분석법으로 빠르게 자리 잡았습니다.

지난 30년 동안 반도체 칩은 현대 생활의 거의 모든 측면에서 필수적인 존재가 되었습니다. 업계 혁신을 통해 더 작은 크기, 더 빠른 처리 속도, 더 낮은 전력 소모를 특징으로 하는 칩이 공급되었습니다. 칩이 세대를 거듭할 때마다 트랜지스터 밀도가 높아지고 디바이스 크기가 작아짐에 따라 더 높은 순도의 재료와 공정 화학물질의 사용이 요구됩니다. 애질런트는 ICP-MS 성능이 지속적으로 개선되어 업계의 진화하는 분석 요구를 충족할 수 있기 위해 선도적인 반도체 제조업체와 긴밀히 협력하고 있습니다(1).

반도체 제조 분야의 ICP-QQQ

2012년에 애질런트는 세계 최초의 QQQ ICP-MS(ICP-QQQ)인 Agilent 8800을 출시했습니다. 탠덤(MS/MS) 질량 분석기 구성은 고순도 화학물질의 분석에 변화를 가져왔습니다. 8800 및 이후 버전인 8900은 높은 감도와 낮은 백그라운드를 제공하며 반응 셀 가스를 안정적으로 사용하여 어려운 스펙트럼 중첩 현상을 해결할 수 있게 해줍니다. ICP-MS/MS는 SQ ICP-MS를 사용하여 측정할 때 심한 간섭이 발생하는 S, P, Si 및 Fe를 포함한 중요 분석물질의 DL을 획기적으로 개선합니다.

용해된 원소 오염물질은 과거로부터 반도체 산업의 주된 관심사였지만 나노급 미립자 오염의 중요성에 대한 인식이 커지고 있습니다. 나노입자(NP)는 중요한 제조 공정에 영향을 미쳐 부분 결함을 유발하고 서킷 무결성을 손상시키며 수율을

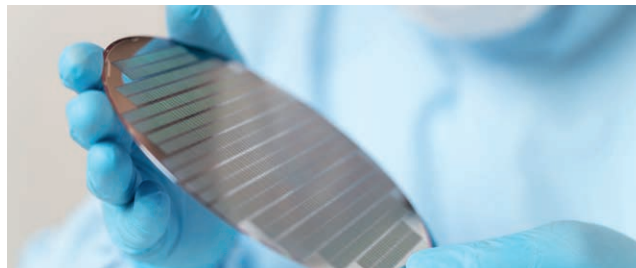


그림 1. 최신 IC 칩의 제조 수율과 디바이스 성능은 용해 및 미립자 오염 제어에 따라 달라집니다.

떨어뜨릴 수 있습니다. Agilent 8900 ICP-MS/MS를 사용하는 제조업체는 미립자 오염물질과 용존 원소 함량을 측정하여 공정 화학물질을 완벽하게 특성화할 수 있습니다.

관심 입자에는 실리카(SiO₂)와 철(Fe)이 포함되는데, 이들 물질은 각각 Si 웨이퍼 기판이나 스테인리스 스틸 공정 장비로부터의 오염을 나타낼 수 있습니다. 표 1은 수용성 및 유기 화학물질에서 형성되는 주요 스펙트럼 중첩과 함께 Si 및 Fe에 대한 선호되는 분석 질량을 보여줍니다.

표 1. Si 및 Fe의 ICP-MS 분석에 영향을 미치는 주요 스펙트럼 중첩.

원소	질량	주요 스펙트럼 중첩	
		수용성	유기
Si	28	¹⁴ N ₂ ⁺	¹² C ¹⁶ O ⁺
Fe	56	⁴⁰ Ar ¹⁶ O ⁺	¹² C ₂ ¹⁶ O ₂ ⁺

공정 화학물질의 SiO₂ NP

실리카 NP는 초순수(UPW), 염산(HCl), 황산(H₂SO₄) 및 이소프로필 알코올(IPA)에서 측정되었습니다(2). 이러한 화학물질은 칩 제조 과정에서 웨이퍼 표면과 직접 접촉하므로 미립자 오염을 일으킬 수 있습니다. 5배 희석된 농축 HCl과 100배 희석된 농축 H₂SO₄의 SiO₂ 입자에 대한 신호 분포 그래프의 예가 그림 2에 나와 있습니다.

그림 2의 그래프는 블랭크와 첨가된 산의 신호 분포를 보여주며, 이는 8900 ICP-MS/MS가 희석된 산에서 20ng/L(ppt)로 첨가된 50nm SiO₂ NP를 쉽게 검출할 수 있음을 보여줍니다.

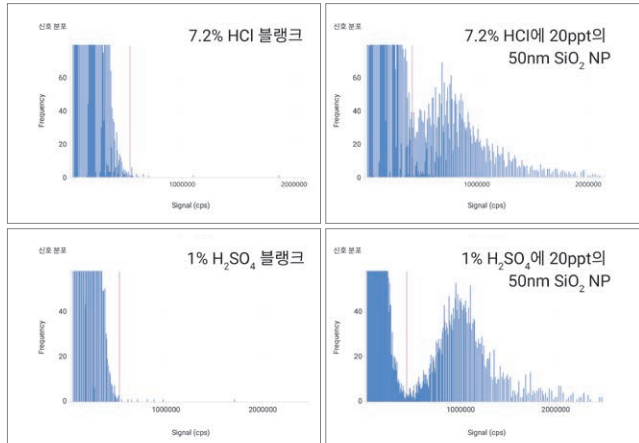


그림 2. 블랭크 및 SiO₂ NP가 첨가된 HCl과 SiO₂ NP가 첨가된 H₂SO₄의 신호 분포.

반도체 용매의 철 NP

철 NP는 반도체 제조에 널리 사용되는 4가지 유기 용매에 첨가했습니다(3). IPA는 웨이퍼 세척 및 건조에 광범위하게 사용되고, PGME(Propylene Glycol Methyl Ether) 및 PGMEA(Propylene Glycol Methyl Ether Acetate)는

포도레지스트 희석용 용매로, nBA(n-Butyl Acetate)는 n-타입 포도레지스트용 현상액으로 사용됩니다. 유기 용매에서 C₂O₂ 동중원소 이온은 m/z 56에서 Fe와 중첩되지만 O₂ 셀 가스를 사용한 ICP-MS/MS는 C₂O₂와 ArO 중첩 현상을 해결하므로 용매에서 1ppt로 15nm Fe₃O₄ NP를 정확하게 측정할 수 있습니다(그림 3).

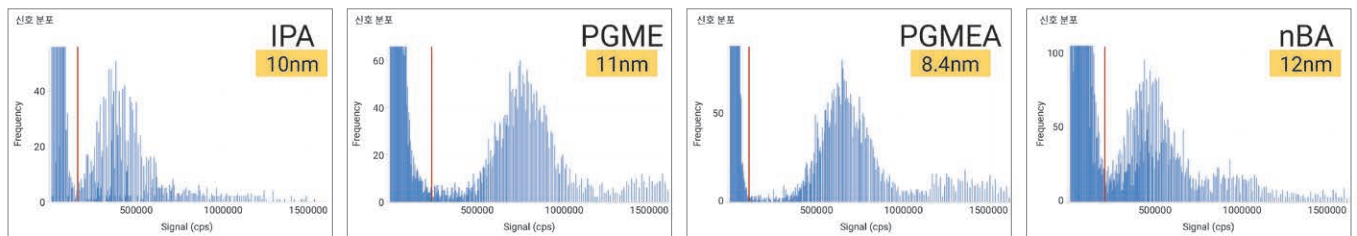
결론

Agilent ICP-MS/MS 기기는 반도체 실험실의 극미량 원소 분석에 혁신을 가져왔으며 용해된 오염물질에 대한 검출 한계를 크게 낮추고 Si, S, P 등 이전에는 분석이 어려웠던 원소를 포함하여 분석 대상 범위를 확장시킵니다. Agilent 8900 ICP-MS/MS는 또한 반도체 연구실에서 고순도 용매를 포함한 중요한 공정 화학물질의 일상적인 입자 크기 특성화를 위한 검증된 기술을 제공합니다.

참고 문헌

1. Measuring Inorganic Impurities in Semiconductor Manufacturing, Agilent publication [5991-9495EN](#)
2. Analysis of 50 nm Silica Nanoparticles in Semiconductor Process Chemicals by spICP-MS/MS, Agilent publication [5994-5866EN](#)
3. Analysis of 15 nm Iron Nanoparticles in Organic Solvents by spICP-MS, Agilent publication [5994-1747EN](#)

반도체 용매에서 1ppt로 첨가된 15nm Fe₃O₄ NP에 대한 신호 분포와 NP 임계값



입자 크기 분포(15nm 강조 표시됨)

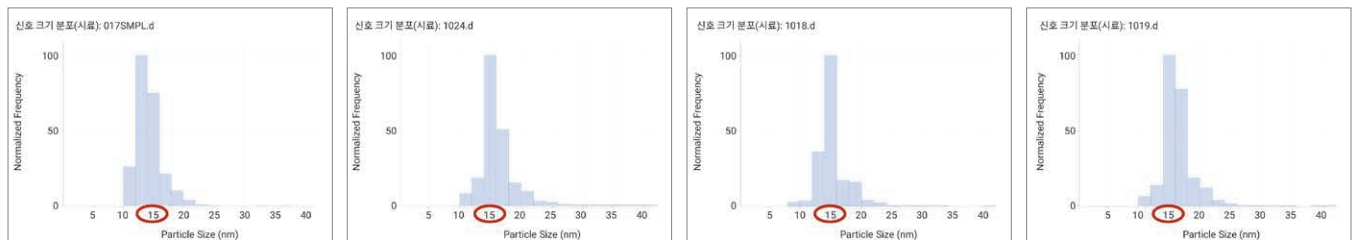
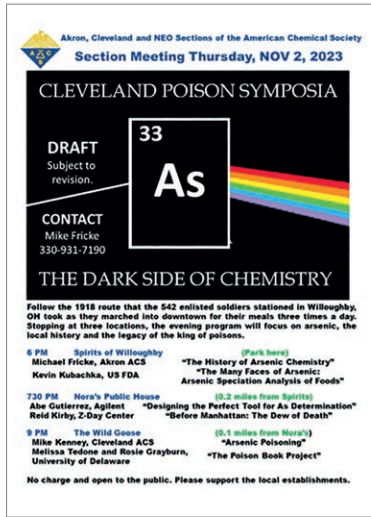


그림 3. 반도체 산업에서 사용되는 4가지 유기 용매에 1ng/L(ppt)로 첨가된 15nm Fe₃O₄ NP에 대한 신호 분포(상단) 및 입자 크기 분포(하단). 철 NP는 희석되지 않고 실행된 모든 용매에서 1ppt로 검출되고 정확하게 정량화되었습니다.

미국화학회는 독극물인 비소의 역사를 주제로 개최한 "Themed Walking 심포지엄"



2023년 11월 2일, 미국화학회(ACS)의 애크런, 클리블랜드, 오하이오 북동부 지부는 오하이오주 Willoughby 마을의 세 곳에서 저녁 심포지엄을 개최했습니다. 이번 심포지엄에서는 비소(As)와 비소의 오랜 독극물 사용 역사에 대한 주요 전문가들의 강연이 이어졌습니다.

Willoughby는 이 심포지엄을 위해 잘 선택된 장소였습니다. 1918년 여름, As 기반의 독가스인 루이사이트(Lewisite)를 제조하기 위해 마을 바로 외곽에 공장이 세워졌습니다. 이 가스는 1903년 워싱턴 DC에 있는 미국 가톨릭 대학교에서 $AsCl_3$ 와 아세틸렌의 반응을 연구하던 박사 연구생 Julius Arthur Nieuwland에 의해 우연히 발견되었습니다. 루이사이트(Lewisite)는 1918년 4월, 가톨릭 대학교 화학전 서비스

부서에서 이 물질의 합성을 완성한 공로를 인정받은 Winford Lee Lewis의 이름을 따서 명명되었습니다.

Willoughby 루이사이트(Lewisite) 생산 공장은 "쥐뿔"으로 알려지게 되었는데, 작업 비밀을 유지하기 위해 그곳에서 일했던 542명의 사병들이 식사를 위해 마을로 이동하는 외에는 현장을 떠날 수 없었기 때문입니다.

Willoughby 공장에서 생산된 루이사이트(Lewisite)가 유럽의 전장으로 운송되기 전에 일차 세계대전이 끝났습니다. 그러나 공장 운영의 유산과 비소가 독극물로 사용되었던 역사적 장소로서의 사실을 여전히 이 지역에서 발견할 수 있습니다.

최신 Agilent ICP-MS 발행물

- **Spectroscopy tutorial article** by Ed McCurdy and Peter Riles, Spectroscopy The Resource Issue, 38, 8, 2023, [Non-Specific Calibration Combined with Helium Collision Mode for Elemental Screening \(spectroscopyonline.com\)](#)
- **Spectroscopy tutorial article** by William M. Geiger, Ed McCurdy, Mark Kelinske, Spectroscopy, 38, S9, 2023, [GC-ICP-MS for Process and Quality Control in Semiconductor Manufacturing \(spectroscopyonline.com\)](#)
- **응용 자료:** Direct Analysis of Metallic Impurities in SiC and GaN Wafers by LA-GED-MSAG-ICP-MS/MS, [5994-6670EN](#)
- **사례 연구:** Indian Institute of Science. Climate and Environmental Research Enabled by Ability to Measure Metals at Parts-per-Trillion Concentrations, [5994-6479EN](#)

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2023
한국에서 발행, 2023년 10월 5일
5994-6725KO
DE18892365

한국에질런트테크놀로지스㈜
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



Agilent
Trusted Answers