(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월14일
(11) 등록번호 10-2807192
(24) 등록일자 2025년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05H 1/42 (2025.01) *H01J 49/04* (2006.01)
H01J 49/10 (2006.01) *H01J 49/34* (2006.01)
H05H 1/00 (2006.01) *H05H 1/30* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H05H 1/42 (2025.01)
H01J 49/045 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-7034937
(22) 출원일자(국제) 2020년03월31일
심사청구일자 2023년03월31일
(85) 번역문제출일자 2021년10월27일
(65) 공개번호 10-2021-0143885
(43) 공개일자 2021년11월29일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2020/053057
(87) 국제공개번호 WO 2020/202008
국제공개일자 2020년10월08일
(30) 우선권주장
62/827,483 2019년04월01일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP1989023866 U*
JP2000100374 A*
US05223711 A
US20160135277 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
퍼킨엘머 헬스 사이언스 캐나다 인코포레이티드
캐나다 온타리오주 엘4엘 8에이치1 우드브릿지 로운트리 데이리 로드 501
(72) 발명자
파텔, 프리테시
캐나다, 온타리오 엘1브이 3티2, 피커링, 아스펜 로드 629
(74) 대리인
강철중

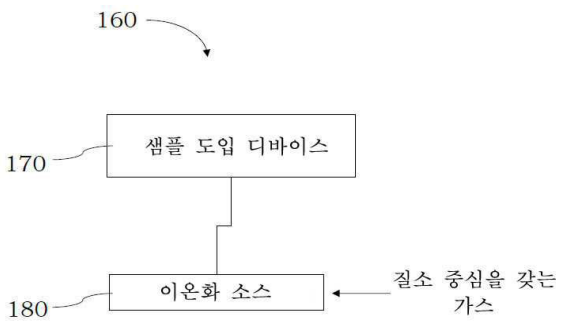
전체 청구항 수 : 총 18 항 심사관 : 이민형

(54) 발명의 명칭 **원소 종의 배경 등가 농도를 개선하는 디바이스 및 방법**

(57) 요 약

토치에서 유지되는 플라즈마의 상류에 도입되는 질소 중심을 포함하는 가스를 사용할 수 있는 방법 및 시스템이 설명된다. 일부 구성에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 플라즈마의 상류에서 샘플 도입 디바이스를 통해 가스로서 도입될 수 있다. 질소 중심을 포함하는 가스를 사용할 수 있는 질량 분석계 및 광 방출 시스템도 설명된다.

대 표 도 - 도1c



(52) CPC특허분류
H01J 49/105 (2013.01)
H01J 49/34 (2013.01)
H05H 1/0037 (2021.05)
H05H 1/30 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

토치(torch)에 유지되는 플라즈마의 상류에 질소 중심을 포함하는 가스를 도입하는 단계를 포함하는 방법으로서,

상기 토치는 상기 토치로 도입된 플라즈마 가스를 사용하여 유도 결합 플라즈마를 유지하도록 구성되며,

상기 방법은 이온화되기 어려운 원소가 유도 결합 플라즈마를 사용하여 분석될 때, 상기 질소 중심을 포함하는 가스의 분사 챔버로의 도입을 스위칭 오프로 하는 단계를 더 포함하고, 상기 이온화되기 어려운 원소는 베릴륨, 아연, 셀레늄 또는 비소인, 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 질소 중심을 포함하는 상기 가스는 상기 토치에 제공되는 상기 플라즈마 가스와 분리되고 상기 토치의 글래스웨어(glassware)를 냉각시키기 위해 상기 토치에 제공된 임의의 냉각 가스들과 분리된 가스 흐름으로 상기 토치에 도입되는, 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 질소 중심을 포함하는 상기 가스를 상기 토치의 상류에 위치되고 상기 토치의 샘플 입구에 유체 결합된 상기 분사 챔버에 도입시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 질소 중심을 포함하는 상기 가스는 상기 분사 챔버의 2차 포트를 통해 도입되는, 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 분사 챔버의 상기 2차 포트는 상기 분사 챔버의 길이 방향 축에 수직으로 위치되는, 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 1에 있어서,

이온화되기 어려운 원소가 아닌 원소가 상기 유도 결합 플라즈마를 사용하여 분석될 때, 상기 질소 중심을 포함하는 상기 가스의 상기 분사 챔버로의 도입을 스위칭 온(switching on)하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 분사 챔버는 네뷸라이저(nebulizer)에 유체 결합되고, 상기 네뷸라이저를 통한 샘플의 유속은 상기 분사 챔버로의 상기 질소 중심을 포함하는 상기 가스의 스위칭 온 및 스위칭 오프가 수행될 때 실질적으로 일정한, 방법.

청구항 9

청구항 3에 있어서,

상기 질소 중심을 포함하는 상기 도입된 가스가 상기 토치로 도입되는 전체 가스 흐름의 50 부피%까지 포함하도록 구성하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 10

청구항 3에 있어서,

상기 질소 중심을 포함하는 상기 가스를 상기 분사 챔버를 통한 벌크 가스 흐름의 흐름 방향에 대해 평행 흐름, 수직 흐름 또는 반대 흐름인 흐름으로 도입하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 질소 중심을 포함하는 상기 가스는 질소 가스, 암모니아 가스, 아산화질소, 이산화질소 또는 암모늄 이온들을 포함하는 가스인, 방법.

청구항 12

청구항 3에 있어서,

상기 토치는 상기 플라즈마 가스로서 아르곤을 사용하여 상기 토치에서 상기 유도 결합 플라즈마를 유지하기 위해 상기 토치에 무선 주파수 에너지를 공급하도록 구성된 유도 디바이스의 개구에 위치되고, 상기 분사 챔버는 상기 토치로 샘플의 층류(laminar flow)를 공급하도록 구성되며, 상기 샘플의 상기 층류는 또한 상기 질소 중심을 포함하는 상기 도입된 가스를 포함하는, 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 토치에 상기 유도 결합 플라즈마를 유지하기 위해 500 와트 내지 1800 와트의 전력이 상기 유도 디바이스에 공급되는, 방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 토치에 상기 플라즈마를 유지하기 위해 상기 토치로 도입된 상기 아르곤 가스는 99.99% 아르곤과 99.9999% 아르곤 사이의 순도를 포함하는, 방법.

청구항 15

청구항 12에 있어서,

상기 토치의 출구에 유체 결합된 질량 분석기를 더 포함하는, 방법.

청구항 16

청구항 12에 있어서,

상기 토치의 여기된 이온들로부터 광 방출을 수신하도록 구성된 광 검출기를 더 포함하는, 방법.

청구항 17

청구항 1에 있어서,

상기 토치에 상기 플라즈마를 유지하기 위해 상기 질소 중심을 포함하는 상기 가스를 상기 플라즈마 가스를 공급하는 상기 토치의 포트로 도입하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 질소 중심을 포함하는 상기 가스는 질소 가스, 암모니아 가스, 아산화질소, 이산화질소 또는 암모늄 이온들을 포함하는 가스인, 방법.

청구항 19

청구항 17에 있어서,

상기 토치는 상기 플라즈마 가스로서 아르곤을 사용하여 상기 토치에서 상기 유도 결합 플라즈마를 유지하기 위해 상기 토치에 무선 주파수 에너지를 공급하도록 구성된 유도 디바이스의 개구에 위치되는, 방법.

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] **우선권 출원**

[0002] 본 출원은 2019년 4월 1일자로 출원된 미국 가출원 62/827,483호와 관련되고 이에 대한 우선권 및 이익을 주장하며, 그 전체 개시 내용은 모든 목적을 위해 본원에 참조로 통합된다.

[0003] **기술 분야**

[0004] 하나 이상의 원소를 검출할 때 플라즈마 간섭 및/또는 배경 신호를 감소시킬 수 있는 디바이스 및 방법의 특정 구성이 설명된다. 일부 예에서, 간섭 종으로부터의 신호 및/또는 배경 신호는 배경 등가 농도를 개선하기 위해 감소될 수 있다.

배 경 기 술

[0005] 샘플의 원소 종은 상이한 방식으로 분석될 수 있다. 배경 신호와 간섭은 종종 낮은 레벨에서 특정 원소 종을 검출하는 능력을 감소시킨다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0006] 화학 분석에서 질소 중심을 포함하는 가스, 예를 들어, 다른 원자에 결합된 적어도 하나의 질소 원자를 포함하

는 분자 또는 화합물을 포함하는 가스를 사용할 수 있는 다양한 양태, 실시예, 구성 및 예가 설명된다. 질소 중심을 포함하는 가스의 존재는 예를 들어, 적어도 특정 원소 종의 분석 중에 배경 신호 및/또는 간섭 종의 존재를 감소시킬 수 있다. 이러한 감소는 적어도 특정 원소 종에 대한 배경 등가 농도를 개설할 수 있다.

[0007] 일 양태에서, 방법은 플라즈마 가스를 사용하여 유도 결합 플라즈마를 유지하도록 구성된 토치의 상류에 질소 중심을 포함하는 가스, 예를 들어, 질소 중심을 포함하는 가스를 도입하는 단계를 포함하며, 여기서 질소 중심을 포함하는 가스는 유지된 유도 결합 플라즈마의 상류에 도입된다. 일부 실시예에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 샘플 도입 디바이스와 플라즈마 사이의 지점에서 샘플 도입 디바이스로, 플라즈마의 토치 상류 등으로 도입된다. 일부 구성에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 플라즈마 가스 흐름으로부터의 별도의 가스 흐름 및 토치의 글래스웨어(glassware)를 냉각시키기 위해 토치에 제공되는 임의의 냉각 가스로부터의 별도의 가스 흐름에 도입된다.

[0008] 일부 예에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 토치에 제공되는 플라즈마 가스와 분리되고 토치의 글래스웨어를 냉각시키기 위해 토치에 제공된 임의의 냉각 가스와 분리된 가스 흐름으로 토치에 도입된다.

[0009] 다른 예에서, 본 방법은 질소 중심을 포함하는 가스를 토치의 상류에 위치되고 토치의 샘플 입구에 유체 결합된 분사 챔버에 도입시키는 단계를 포함한다. 일부 실시예에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 상기 분사 챔버의 2차 포트 또는 분사 챔버의 1차 포트 또는 분사 챔버의 일부 다른 포트를 통해 도입된다. 특정 예에서, 분사 챔버의 2차 포트는 분사 챔버의 길이 방향 축에 수직으로 위치된다. 다른 실시예에서, 본 방법은 이온화되기 어려운 원소가 유도 결합 플라즈마를 사용하여 분석될 때, 질소 중심을 포함하는 가스의 분사 챔버로의 도입을 스위칭 오프(switching off)하는 단계를 포함한다. 일부 예에서, 본 방법은 이온화되기 어려운 원소가 아닌 원소가 유도 결합 플라즈마를 사용하여 분석될 때, 질소 중심을 포함하는 가스의 분사 챔버로의 도입을 스위칭 온(switching on)하는 단계를 포함한다. 추가 예에서, 분사 챔버는 네뷸라이저(nebulizer)에 유체 결합되고, 여기서 네뷸라이저를 통한 샘플의 유속은 분사 챔버로의 질소 중심을 포함하는 가스의 스위칭 온 및 스위칭 오프가 수행될 때 실질적으로 일정하다.

[0010] 일부 예에서, 본 방법은 질소 중심을 포함하는 도입된 가스가 토치로 도입되는 전체 가스 흐름의 약 50 부피%까지 포함하도록 구성하는 단계를 포함한다.

[0011] 특정 실시예에서, 본 방법은 질소 중심을 포함하는 가스를 분사 챔버를 통한 벌크 가스 흐름의 흐름 방향에 대해 평행 흐름, 수직 흐름 또는 반대 흐름인 흐름으로 도입하는 단계를 포함한다.

[0012] 일부 예에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 질소 가스, 암모니아 가스, 아산화질소, 이산화질소 또는 암모늄 이온을 포함하는 가스이다.

[0013] 특정 실시예에서, 토치는 플라즈마 가스로서 아르곤을 사용하여 토치에서 유도 결합 플라즈마를 유지하기 위해 토치에 무선 주파수 에너지를 공급하도록 구성된 유도 디바이스의 개구에 위치되고, 분사 챔버는 토치로 샘플의 층류(laminar flow)를 공급하도록 구성되며, 샘플의 층류는 또한 질소 중심을 포함하는 도입된 가스를 포함한다.

[0014] 일부 예에서, 토치에 유도 결합 플라즈마를 유지하기 위해 약 500 와트 내지 약 1800 와트의 전력이 유도 디바이스에 공급된다. 일부 실시예에서, 토치에 플라즈마를 유지하기 위해 토치로 도입된 아르곤 가스는 99.99% 아르곤과 99.9999% 아르곤 사이의 순도를 포함한다.

[0015] 일부 예에서, 질량 분석기가 토치의 출구에 유체 결합된다. 다른 예에서, 광 검출기가 존재하고 토치에서 여기된 이온으로부터의 광 방출을 수신하도록 구성된다.

[0016] 다른 실시예에서, 본 방법은 플라즈마의 중심 채널에 가스를 제공하는 토치의 포트로 질소 중심을 포함하는 가스를 도입하는 단계를 포함한다. 일부 예에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 질소 가스, 암모니아 가스, 아산화질소, 이산화질소 또는 암모늄 이온을 포함하는 가스이다. 다른 실시예에서, 토치는 플라즈마 가스로서 아르곤을 사용하여 토치에서 유도 결합 플라즈마를 유지하기 위해 토치에 무선 주파수 에너지를 공급하도록 구성된 유도 디바이스의 개구에 위치된다. 일부 예에서, 본 방법은 이온화되기 어려운 원소가 유도 결합 플라즈마를 사용하여 분석될 때, 질소 중심을 포함하는 가스의 토치로의 도입을 스위칭 오프하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 본 방법은 이온화되기 어려운 원소가 아닌 원소가 유도 결합 플라즈마를 사용하여 분석될 때, 질소 중심을 포함하는 가스의 토치로의 도입을 스위칭 온하는 단계를 포함한다.

[0017] 다른 양태에서, 질량 분석계 시스템은 제1 포트 및 제2 포트를 포함하는 샘플 도입 디바이스로서, 제1 포트는

제1 가스를 수용하고 제2 포트는 제1 가스와 상이한 제2 가스를 수용하고, 제2 가스는 질소 중심을 포함하는, 샘플 도입 디바이스, 샘플 도입 디바이스에 유체 결합되고 토치의 샘플 입구에서 샘플 도입 디바이스로부터 샘플을 수용하도록 구성된 토치, 샘플을 이온화하기 위해 토치에서 유도 결합 플라즈마를 유지하기 위해 토치에 무선 주파수 에너지를 공급하도록 구성된 유도 디바이스, 토치의 샘플 출구에 유체 결합되고 토치로부터 이온을 수용하도록 구성된 질량 분석기, 질량 분석기에 유체 결합된 검출기 및 이온화되기 어려운 원소를 포함하는 샘플이 질량 분석계 시스템을 사용하여 분석될 때 샘플 도입 디바이스로의 제2 가스의 도입을 방지하고, 이온화되기 어려운 원소가 아닌 원소가 질량 분석계 시스템을 사용하여 분석될 때, 샘플 도입 디바이스로의 제2 가스의 진입을 허용하도록 구성된 프로세서를 포함한다.

[0018] 특정 실시예에서, 샘플 도입 디바이스는 토치의 상류에 위치되고 토치의 샘플 입구에 유체 결합된 분사 챔버를 포함한다. 다른 실시예에서, 분사 챔버는 제2 가스가 도입되는 제2 포트를 포함하고, 제1 가스가 도입되는 제1 포트를 포함한다. 일부 예에서, 분사 챔버의 제2 포트는 분사 챔버의 길이 방향 축에 수직으로 위치된다. 다른 예에서, 제2 포트는 제1 포트에 직교한다. 일부 예에서, 프로세서는 샘플 도입 디바이스로 도입되는 질소 중심을 포함하는 제2 가스의 양을 제어하도록 추가로 구성된다. 일부 실시예에서, 프로세서는 질량 분석계를 사용하여 분석될 피분석물에 기초하여 질소 중심을 포함하는 복수의 가스로부터 질소 중심을 포함하는 특정 가스를 선택하도록 추가로 구성된다.

[0019] 일부 예에서, 질량 분석계 시스템은 분사 챔버에 유체 결합된 네뷸라이저를 추가로 포함한다. 다른 실시예에서, 분사 챔버는 토치의 샘플 입구로 샘플의 층류를 공급하도록 구성되고, 샘플의 층류는 또한 질소 중심을 포함하는 제2 가스를 포함한다. 일부 실시예에서, 제3 포트가 분사 챔버 상에 존재하고, 제3 포트는 제1 가스 및 제2 가스와 상이한 가스를 수용한다.

[0020] 다른 양태에서, 광 방출 분광계 시스템은 제1 포트 및 제2 포트를 포함하는 샘플 도입 디바이스로서, 제1 포트는 제1 가스를 수용하고 제2 포트는 제1 가스와 상이한 제2 가스를 수용하고, 제2 가스는 질소 중심을 포함하는, 샘플 도입 디바이스, 샘플 도입 디바이스에 유체 결합되고 토치의 샘플 입구에서 샘플 도입 디바이스로부터 샘플을 수용하도록 구성된 토치, 샘플을 이온화하기 위해 토치에서 유도 결합 플라즈마를 유지하기 위해 토치에 무선 주파수 에너지를 공급하도록 구성된 유도 디바이스, 토치에서 여기된 피분석물의 광 방출을 검출하도록 구성된 광 검출기, 및 이온화되기 어려운 원소를 포함하는 샘플이 광 방출 분광계 시스템을 사용하여 분석될 때 샘플 도입 디바이스로의 제2 가스의 도입을 방지하고, 이온화되기 어려운 원소가 아닌 원소가 광 방출 분광계 시스템을 사용하여 분석될 때, 샘플 도입 디바이스로의 제2 가스의 진입을 허용하도록 구성된 프로세서를 포함한다.

[0021] 특정 실시예에서, 샘플 도입 디바이스는 토치의 상류에 위치되고 토치의 샘플 입구에 유체 결합된 분사 챔버를 포함한다. 일부 예에서, 분사 챔버는 제2 가스가 도입되는 제2 포트를 포함하고, 제1 가스가 도입되는 제1 포트를 포함한다. 다른 예에서, 분사 챔버의 제2 포트는 분사 챔버의 길이 방향 축에 수직으로 위치된다. 다른 예에서, 제2 포트는 제1 포트에 직교한다. 일부 예에서, 프로세서는 샘플 도입 디바이스로 도입되는 질소 중심을 포함하는 제2 가스의 양을 제어하도록 추가로 구성된다. 일부 예에서, 프로세서는 광 방출 분광계 시스템을 사용하여 분석될 피분석물에 기초하여 질소 중심을 포함하는 복수의 가스로부터 질소 중심을 포함하는 특정 가스를 선택하도록 추가로 구성된다. 다른 예에서, 본 시스템은 분사 챔버에 유체 결합된 네뷸라이저를 추가로 포함한다. 일부 실시예에서, 분사 챔버는 토치의 입구로 샘플의 층류를 공급하도록 구성되고, 샘플의 층류는 또한 질소 중심을 포함하는 제2 가스를 포함한다. 다른 예에서, 제3 포트가 분사 챔버 상에 존재하고, 제3 포트는 제1 가스 및 제2 가스와 상이한 가스를 수용한다.

[0022] 다른 양태에서, 네뷸라이저로부터 액체 샘플을 수용하고 분사 챔버의 출구 단부에 유체 결합된 이온화 디바이스로 분사 챔버의 출구 단부에서 에어로졸화된 샘플 스프레이를 제공하기 위해 분사 챔버의 입구 단부에서 네뷸라이저에 유체 결합되도록 구성되는 분사 챔버가 설명된다. 일부 예에서, 분사 챔버는 각각 외부 챔버 내에 접선 방향 가스 흐름을 제공하기 위해 가스를 수용하도록 구성된 입구 단부, 출구 단부 및 이중 보조 가스 입구 포트를 포함하는 외부 챔버, 외부 챔버 내의 내부 챔버로서, 내부 챔버는 이중 보조 가스 입구 포트로부터 외부 챔버로 도입된 보조 가스를 수용하도록 구성된 복수의 내부 마이크로채널을 포함하고, 내부 챔버는 내부 챔버 상의 액적 퇴적을 감소시키기 위해 내부 챔버의 외부 표면과 외부 챔버의 내부 표면 사이에 층류를 공급하도록 크기가 정해지고 구성되는, 내부 챔버, 및 이중 보조 가스 입구 포트와 분리되고 질소 중심을 포함하는 가스를 수용하도록 구성된 가스 포트로서, 분사 챔버는 이중 보조 가스 입구 포트로 도입된 보조 가스와 질소 중심을 포함하는 수용된 가스의 혼합을 허용하도록 구성되어, 질소 중심을 포함하는 가스가 분사 챔버의 출구 단부에서

분사 챔버를 빠져나가는 에어로졸화된 샘플 스프레이에 존재하는, 가스 포트를 포함한다.

[0023] 추가적인 양태, 실시예, 예 및 구성이 아래에서 더 상세히 설명된다.

도면의 간단한 설명

[0024] 특정한 구체적인 구성이 도면을 참조하여 아래에 설명된다.

도 1a, 도 1b 및 도 1c는 일부 실시예에 따른, 상이한 장소에서 질소 중심을 포함하는 가스를 수용할 수 있는 시스템의 예시이다.

도 2a, 도 2b 및 도 2c는 일부 실시예에 따른, 상이한 장소에서 질소 중심을 포함하는 가스를 수용할 수 있는 시스템의 예시이다.

도 3a는 일부 예에 따른, 하나의 입구 포트가 질소 중심을 포함하는 가스를 수용할 수 있는 2개의 입구 포트를 포함하는 샘플 도입 디바이스의 예시이다.

도 3b는 일부 예에 따른, 하나의 입구 포트가 질소 중심을 포함하는 가스를 수용할 수 있는 3개의 입구 포트를 포함하는 샘플 도입 디바이스의 예시이다.

도 3c는 일부 예에 따른, 하나의 입구 포트가 질소 중심을 포함하는 가스를 수용할 수 있는 3개의 입구 포트를 포함하는 샘플 도입 디바이스의 다른 예시이다.

도 3d는 일부 실시예에 따른, 샘플 도입 디바이스의 출구에 유체 결합된 포트를 포함하는 샘플 도입 디바이스의 예시이다.

도 4는 일부 예에 따른 혼합 챔버를 포함하는 시스템의 예시이다.

도 5는 일부 실시예에 따른, 질소 중심을 포함하는 가스에 유체 결합될 수 있는 분사 챔버의 예시이다.

도 6은 일부 실시예에 따른 토치 및 코일형 유도 디바이스의 예시이다.

도 7은 특정 구성에 따른 토치 및 플레이트 전극의 예시이다.

도 8은 일부 실시예에 따른 토치 및 핀형(finned) 유도 디바이스의 예시이다.

도 9는 일부 예에 따른, 질량 분석계에 존재할 수 있는 특정 구성 요소의 블록도이다.

도 10은 일부 실시예에 따른 광 방출 시스템의 블록도이다.

도 11은 특정 구성에 따른 원자 흡수 시스템의 예시이다.

도 12는 일부 실시예에 따른, 2개 이상의 구성 요소에 유체 결합된 가스 소스를 포함하는 시스템의 예시이다.

도 13은 많은 원소에 대한 배경 등가 농도 측정값을 나열한 표 3을 나타낸다.

본 개시의 이점을 감안할 때, 도면에 도시된 구성 요소는 사용될 수 있는 단지 특정 구성 요소 및 구성의 예시일 뿐이라는 것이 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 인식될 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 예를 들어, 다른 원자에 공유 결합된 질소 원자를 포함하는 가스와 같은 질소 중심을 포함하는 가스를 사용하여 적어도 특정 원소 종에 대해 개선된 검출 한계를 제공할 수 있는 특정 구성이 설명된다. 일부 경우에, 질소 중심을 포함하는 가스는 이온화 소스의 상류에서 이온화 소스로 직접 도입되거나 질소 중심을 포함하는 가스가 이온화 소스에 제공될 수 있는 다른 방식으로 도입될 수 있다. 많은 상이한 가스 및 가스 조합이 원하는 대로 사용될 수 있다. 사용되는 질소 중심을 포함하는 가스의 정확한 양은 변할 수 있으며 통상적으로 시스템을 통한 전체 가스 흐름, 예를 들어, 전체 가스 흐름의 부피 기준으로 소량보다 훨씬 더 적으며, 예를 들어, 50%보다 훨씬 더 적다. 아래에 더 상세히 언급되는 바와 같이, 샘플에서 특정 원소를 검출할 때, 질소 중심을 포함하는 가스의 도입을 제거하거나 방지하는 것이 바람직할 수 있다. 일부 경우에, 가스는 질소 중심을 포함하는 가스이거나 이를 포함하는 반면, 다른 예에서, 가스는 질소 중심을 포함하는 분자 또는 화합물이거나 이를 포함한다. 아래에서 논의되는 바와 같이, 검출은 질량 분석계, 광 방출 디바이스, 원자 흡수 디바이스, 비행 시간 디바이스 또는 다른 디바이스 및 시스템을 포함하는 많은 디바이스 및 시스템을 사용하여 달성될 수 있다. 임의의 특정 이론이나 구성에 구속되는 원을 원하는 것은 아니지만, 질소 중심을 포함하는 가스를 사용하면 배

경 등가 농도(BEC: background equivalent concentration)를 개선할 수 있으며, 이는 일반적으로 두어진 파장 또는 질량에서 측정된 배경과 동일한 강도를 나타내는 주어진 원소의 농도로서 규정된다. BEC는 통상적으로 식 [1]에 따라 계산된다.

[0026]
$$BEC = \frac{I_{블랭크}}{I_{표준} - I_{블랭크}} + C_{표준}$$

[0027] 여기서 $C_{표준}$은 표준의 농도이고, $I_{블랭크}$는 블랭크의 신호 강도이고, $I_{표준}$은 표준의 신호 강도이다. BEC의 단위는 표준의 단위와 동일하다. BEC는 검출 한계가 아니라 대신 원소와 배경으로부터의 신호의 상대적 크기이다. 일반적으로, BEC가 낮을수록 검출 한계가 낮아진다. 간섭 종의 배경 신호가 예를 들어, 간섭 종의 형성을 제거하거나 방지함으로써 감소될 수 있다면, BEC가 개선될 수 있다.

[0028] 아래의 특정 예에서, "이온화되기 어려운 원소"라는 문구는 이온화 소스로서 유도 결합 플라즈마를 사용하여 이온화가 어려운 특정 원소 종을 지칭한다. 이온화되기 어려운 원소의 예는 베릴륨, 아연, 셀레늄 및 비소가 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 본원에 설명된 방법 및 시스템은 질소 중심을 포함하는 가스를 선택적으로 사용하거나 사용하지 않음으로써 이온화하기 어려운 원소의 분석을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 질소 중심을 포함하는 가스는 특정 원소 종의 분석 동안 존재할 수 있는 간섭 및/또는 배경 신호를 감소시키기 위해 선택적으로 도입될 수 있다. 임의의 특정 과학 이론에 구속되기를 원하지 않고, 질소 원자를 이온화 소스에 도입함으로써 특정 간섭 이온 및/또는 간섭 이온 생성물이 감소되어 특정 원소에 대한 개선된 검출 한계를 제공할 수 있다. 예를 들어, 이온이 질량-대-전하(m/z) 비율에 기초하여 검출될 때, 특정 관심 피분석물과 같거나 유사한 m/z 비율을 갖는 특정 간섭이 생성될 수 있다. 질소 중심을 포함하는 가스를 도입함으로써, 이러한 간섭 종의 양은 감소될 수 있거나 그렇지 않으면 어떠한 실질적인 정도로 전혀 형성되지 않을 수 있다. 다른 경우에, 질소 중심을 포함하는 가스의 도입은 특정 원소의 검출을 더 어렵게 만들 수 있는 특정 m/z 비율에서 간섭 또는 간섭 종의 생성을 증가시킬 수 있다. 이와 같이, 특정 원소의 검출 동안 질소 중심을 포함하는 가스의 선택적인 도입 및 다른 원소의 검출 동안 질소 중심을 포함하는 가스의 제거(또는 미도입)는 일반적으로 분석 샘플에서 전부는 아니지만 대부분의 원소에 대한 검출 한계를 개선할 수 있다.

[0029] 특정 실시예에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 이온화 소스의 상류에, 예를 들어, 이온화 소스에 유체 결합되고 이온화 소스의 상류에 위치된 샘플 도입 디바이스로 도입될 수 있다. 도 1a를 참조하면, 플라즈마 또는 다른 이온화 소스(120)를 유지하는 데 사용될 수 있는 챔버 또는 토치에 유체 결합된 샘플 도입 디바이스(110)를 포함하는 시스템(100)이 도시되어 있다. 질소 중심을 포함하는 가스는 이온화 소스(120)의 상류에 위치된 샘플 도입 디바이스(110)로 도입될 수 있다. 이온화 소스(120)가 유도 결합 플라즈마인 경우, 가스의 질소 원자는 플라즈마를 유지하는 데 사용되는 아르곤 가스로부터 형성되는 특정 간섭 종을 감소시킬 수 있다. 일부 경우에, 아르곤은 99.99% 아르곤과 99.9999% 아르곤 사이의 순도를 포함하는 토치의 플라즈마를 유지하기 위해 토치에 도입되었다. 아래에서 더 논의되는 바와 같이, 프로세서 또는 제어기는 시스템(100)에 존재할 수 있고, 검출될 특정 원소에 따라 질소 중심을 포함하는 가스를 도입하거나 도입하지 않도록 프로그래밍될 수 있다. 질소 중심을 포함하는 가스는 통상적으로 소량으로, 예를 들어, 50 부피% 미만으로 샘플 도입 디바이스(110)에 도입되므로, 샘플이 상당한 정도로 희석되지 않는다. 질소 중심을 포함하는 가스는 샘플 도입 디바이스(110)로 간헐적으로 도입되거나, 연속적으로 도입되거나, 펄스 또는 다른 방식으로 도입될 수 있다. 샘플 도입 디바이스(110)는 네뷸라이저, 분사 챔버, 분사 팁, 분사 노즐 또는 에어로졸화된 샘플을 이온화 소스(120)로 도입할 수 있는 다른 형태를 포함하는 많은 형태를 취할 수 있다. 이온화 소스(120)에서 사용될 수 있는 이온화 소스의 다양한 예시 및 유형이 아래에서 더 상세히 논의된다.

[0030] 특정 구성에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 샘플 도입 디바이스와 이온화 소스 사이의 일부 지점에서, 예를 들어, 포트, 가스 라인 또는 샘플 도입 디바이스와 이온화 소스 사이에 위치된 디바이스를 통해 도입될 수 있다. 도 1b를 참조하면, 이온화 소스(150)에 유체 결합된 샘플 도입 디바이스(140)를 포함하는 시스템(130)이 도시되어 있다. 질소 중심을 포함하는 가스는 예를 들어, 샘플 도입 디바이스(140)와 이온화 소스(150) 사이에 위치되는 포트, 분사 챔버, 흐름 제어기, 밸브, 매니폴드 등을 통해 이온화 소스(150)와 샘플 도입 디바이스(140) 사이의 시스템(130)에 도입될 수 있다. 가스는 예를 들어, 질소 중심을 갖는 분자 또는 화합물의 추가에 의해 샘플 도입 디바이스(140)로부터 빠져나오는 가스 스트림으로 도입될 수 있다. 다른 예에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 샘플 도입 디바이스(140)를 빠져나가는 가스 스트림으로 도입될 수 있다. 원하는 경우, 혼합 챔버 또는 다른 디바이스가 샘플 도입 디바이스(140)와 이온화 소스(150) 사이에 존재하여 샘플 도입 디바이스(140)를 빠져나가는 샘플과 질소 중심을 포함하는 가스의 혼합물을 허용할 수 있어, 실질적으로 균질한 가스가

이온화 소스(150)로 도입된다. 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이, 프로세서 또는 제어기가 시스템(130)에 존재할 수 있고, 검출될 특정 원소에 따라 질소 중심을 포함하는 가스를 도입하거나 도입하지 않도록 프로그래밍될 수 있다. 질소 중심을 포함하는 가스는 통상적으로 소량으로, 예를 들어, 50 부피% 미만으로 샘플 도입 디바이스(140)를 빠져나가는 가스 스트림으로 도입되어, 샘플이 상당한 정도로 희석되지 않는다. 샘플 도입 디바이스(140)는 네뷸라이저, 분사 챔버, 분사 팁, 분사 노즐 또는 에어로졸화된 샘플을 이온화 소스(150)로 도입할 수 있는 다른 형태를 포함하는 많은 형태를 취할 수 있다. 이온화 소스(150)에 사용될 수 있는 다양한 예시 및 유형의 이온화 소스 소스(150)가 아래에서 더 상세히 논의된다.

[0031] 일부 구성에서, 질소 중심을 포함하는 가스를 이온화 소스에 직접 도입하는 것이 바람직할 수 있다. 도 1c를 참조하면, 이온화 소스(180)에 유체 결합된 샘플 도입 디바이스(170)를 포함하는 시스템(160)이 도시되어 있다. 질소 중심을 포함하는 가스는 특정 원소의 분석 동안 간섭의 형성을 감소시키기 위해 (또는 간섭의 형성을 방지하기 위해) 이온화 소스(180)로 직접 도입될 수 있다. 가스는 이온화 소스(180)에 유체 결합된 포트, 별도의 분사 챔버, 흐름 제어기, 밸브, 매니폴드 등을 통해 이온화 소스(180)로 직접 도입될 수 있다. 예를 들어, 이온화 소스(180)가 유도 결합 플라즈마(ICP: inductively coupled plasma)를 포함하는 경우, 질소 중심을 포함하는 가스는 예를 들어, ICP를 유지하도록 구성된 토치의 내부 튜브로 도입되거나 플라즈마 가스와 직접 혼합될 수 있어, 가스는 플라즈마 가스와 혼합된다. 예를 들어, 질소 중심을 포함하는 가스는 토치 내에서 플라즈마를 유지하기 위해 하나 이상의 유도 디바이스와 조합하여 사용되는 아르곤 플라즈마 가스 흐름과 혼합될 수 있다. 원하는 경우, 혼합 챔버 또는 다른 디바이스가 존재할 수 있어 질소 중심을 포함하는 가스와 플라즈마 가스가 혼합되어 실질적으로 균질한 플라즈마 가스 혼합물이 플라즈마를 유지하기 위해 이온화 소스(180)로 도입된다. 질소 중심을 포함하는 가스는 통상적으로 유도 결합 플라즈마를 유지하는 플라즈마 토치와 관련하여 사용될 수 있는 임의의 냉각 가스, 배리어 가스 또는 다른 보조 가스에 제공되지 않는다. 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이, 프로세서 또는 제어기가 시스템(160)에 존재할 수 있고 검출될 특정 원소에 따라 질소 중심을 포함하는 가스를 도입하거나 도입하지 않도록 프로그래밍될 수 있다. 질소 중심을 포함하는 가스는 통상적으로 소량으로, 예를 들어, 50 부피% 미만으로 이온화 소스(180)로 도입되므로, 플라즈마 가스는 상당한 정도로 희석되지 않는다. 샘플 도입 디바이스(170)는 네뷸라이저, 분사 챔버, 분사 팁, 분사 노즐 또는 에어로졸화된 샘플을 이온화 소스(180)로 도입할 수 있는 다른 형태를 포함하는 많은 형태를 취할 수 있다. 이온화 소스(180)에 사용될 수 있는 이온화 소스의 다양한 예시 및 유형이 아래에서 더 상세히 논의된다.

[0032] 특정 구성이 질소 중심을 포함하는 가스가 도입될 수 있는 상이한 장소 또는 지점의 도 1a 내지 도 1c에 도시되어 있지만, 원하는 경우, 질소 중심을 포함하는 가스가 2개 이상의 상이한 장소에 도입될 수 있거나 상이한 질소 중심을 포함하는 상이한 유체가 2개 이상의 다른 장소에 도입될 수 있다. 추가적으로 그리고 아래에서 더 상세히 언급되는 바와 같이, 질소 중심을 포함하는 가스는 또한 시스템의 다른 구성 요소에 의해, 예를 들어, 이온화 소스의 하류에 위치된 충돌 셀, 반응 셀 또는 충돌-반응 셀에 의해 사용될 수 있다.

[0033] 다른 예에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 질소 원자를 포함하는 하나 이상의 분자, 화합물 또는 종을 포함하는 가스일 수 있다. 예를 들어, 가스는 질소 가스, 암모니아 가스, 아산화질소, 이산화질소, 가스 아세토니트릴 또는 암모늄 이온을 포함하는 가스일 수 있다. 질소 원자를 포함하는 가스의 조합이 또한 사용될 수 있다. 원하는 경우, 질소 중심을 포함하는 2개 이상의 상이한 가스가 또한 시스템으로 함께 도입될 수도 있거나, 질소 중심을 포함하는 2개 이상의 상이한 가스가 시스템의 상이한 장소 또는 지점에 도입될 수 있다.

[0034] 특정 구성에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 하나 이상의 흐름 제어기를 사용하여 시스템으로 도입될 수 있다. 도 2를 참조하면, 흐름 제어기(230), 예를 들어, 질량 흐름 제어기가 샘플 도입 디바이스(210) 및 질소 중심을 포함하는 가스를 공급하도록 구성된 가스 소스(205)에 유체 결합된 시스템(200)이 도시되어 있다. 흐름 제어기(230)는 샘플 도입 디바이스(210)로 도입되는 질소 중심을 포함하는 가스의 양 또는 부피를 제어하기 위해 프로세서(240)에 전기적으로 결합된다(또는 자체 프로세서를 포함할 수 있음). 가스 소스(205)는 질소 중심을 포함하는 가스가 샘플 도입 디바이스(210)로 도입될 수 있고 이온화 소스(220)의 하류에 제공되는 샘플과 혼합될 수 있도록 질소 중심을 포함하는 가스를 도입할 수 있다. 프로세서(240)는 어떠한 특정 원소가 분석되고 있는지에 따라 가스 소스(205)로부터의 가스가 샘플 도입 디바이스(210)로 도입되도록 허용하거나 이를 방지할 수 있다. 도 2b 및 도 2c에 도시된 바와 같이, 흐름 제어기(230)는 대신 샘플 도입 디바이스(210)와 이온화 소스(220)(도 2b의 시스템(250) 참조) 사이에 또는 이온화 소스(220)(도 2c의 시스템(260) 참조)에 직접 유체 결합될 수 있다. 대안적으로, 질소 중심을 포함하는 가스는 2개 이상의 상이한 장소에 도입될 수 있거나 상이한 질소 중심을 포함하는 상이한 가스가 2개 이상의 상이한 장소에 도입될 수 있다. 추가적으로 그리고 아래에서 더 상세히 언급되는 바와 같이, 질소 중심을 포함하는 가스를 공급하는 가스 소스(205)는 또한 시스템의 다른 구성 요

소에 의해, 예를 들어, 이온화 소스(220)의 하류에 위치된 충돌 셀, 반응 셀 또는 충돌-반응 셀에 의해 사용될 수 있다.

[0035] 특정 구성에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 샘플 도입 디바이스의 포트로 도입될 수 있다. 예시가 도 3a에 도시되어 있으며, 여기서 샘플 도입 디바이스(310)는 샘플을 수용하도록 구성된 입구(312), 및 샘플 도입 디바이스(310)로부터 샘플의 배출을 허용하도록 구성된 출구(314)를 포함한다. 샘플은 일반적으로 디바이스(310)의 본체 내의 입구(312)로부터 출구(314)로 흐른다. 포트(320)는 샘플 도입 디바이스(310) 상에 존재할 수 있으며 질소 중심을 포함하는 가스에 유체 결합될 수 있다. 포트(320)가 디바이스(310)를 통해 샘플의 흐름에 수직인 방식으로 질소 중심을 포함하는 가스를 도입하는 위치에 도시되어 있지만, 이러한 위치 결정이 필요한 것은 아니다. 질소 중심을 포함하는 가스는 평행 흐름, 반대 흐름, 샘플 흐름에 수직 또는 다른 각도로 도입될 수 있다. 도시되지는 않았지만, 밸브 또는 다른 작동 디바이스는 포트(320)를 통해 질소 중심을 포함하는 가스의 흐름을 허용하거나 방지하기 위해 포트(320)에 유체 결합될 수 있다. 밸브는 예를 들어, 솔레노이드 밸브일수 있거나 흐름 제어기에 존재할 수 있다.

[0036] 일부 경우에, 샘플 도입 디바이스 상에 별도의 포트가 있을 수 있다. 예를 들어, 분사 챔버의 경우, 별도의 포트가 보조 가스 입구 또는 포트에 유체 결합되어 허용할 수 있다. 하나의 일반화된 예시가 도 3b에 도시되어 있으며, 여기서 샘플 도입 디바이스(330)는 입구(332), 출구(334), 제1 포트(340) 및 제2 포트(342)를 포함한다. 질소 중심을 포함하는 가스가 포트(340)로부터 디바이스(330)의 본체로의 벌크 가스의 도입 전에 혼합을 위해 포트(342)를 통해 포트(340)로 도입될 수 있다. 예를 들어, 제1 포트(340)는 디바이스(330)를 통해 샘플 피분석물을 운반하고/운반하거나 개별 입자, 셀 등의 격리를 지원하는 데 사용되는 가스를 수용할 수 있다. 질소 중심을 포함하는 가스는 제1 포트(340)를 통해 도입된 가스와 함께 디바이스(330)의 본체로 공동-도입될 수 있다. 도시되지 않았지만, 밸브 또는 다른 작동 디바이스가 제2 포트(342)에 유체 결합되어 제2 포트(342)를 통한 질소 중심을 포함하는 가스의 흐름을 허용하거나 방지할 수 있다. 밸브는 예를 들어, 솔레노이드 밸브일 수 있거나 흐름 제어기에 존재할 수 있다.

[0037] 다른 구성에서, 샘플 도입 디바이스는 포트 중 하나가 질소 중심을 포함하는 가스를 수용할 수 있는 3개 이상의 개별 포트를 포함할 수 있다. 예시가 도 3c에 도시되어 있으며, 여기서 샘플 도입 디바이스(350)는 입구(352), 출구(354) 및 포트(362, 364, 366)를 포함한다. 포트(362, 364, 366)가 디바이스(350)의 동일한 측면 또는 표면 상에 위치하는 것으로 도시되어 있지만, 이러한 위치 결정이 필요한 것은 아니다. 포트(362, 364, 366) 중 하나 이상은 대신 디바이스(350)의 상이한 표면 또는 측면 상에 위치될 수 있다. 포트(362, 364, 366) 중 임의의 하나 이상은 예를 들어, 질소 중심을 포함하는 가스를 디바이스(350)로 도입하는 데 사용될 수 있다. 포트(362, 364, 366)의 직경, 형상 등은 동일하거나 상이할 수 있다. 도시되지 않았지만, 밸브 또는 다른 작동 디바이스(또는 다중 밸브 또는 작동 디바이스)가 포트(362, 364, 366) 중 하나 이상에 유체 결합되어 각 포트를 통한 질소 중심을 포함하는 가스의 흐름을 허용하거나 방지할 수 있다. 밸브는 예를 들어, 솔레노이드 밸브일 수 있거나 흐름 제어기에 존재할 수 있다.

[0038] 일부 예에서, 샘플 도입 디바이스의 출구에서 질소 중심을 포함하는 가스를 도입하는 것이 바람직할 수 있다. 예시가 도 3d에 도시되어 있으며, 여기서 샘플 도입 디바이스(370)는 입구(372), 출구(374) 및 출구(374)에 유체 결합된 포트(376)를 포함한다. 피분석물이 출구(374)를 통해 디바이스(370)를 빠져나갈 때, 이는 포트(376)를 통해 질소 중심을 포함하는 가스를 도입함으로써 질소 중심을 포함하는 가스와 혼합될 수 있다. 도시되지 않았지만, 질소 중심을 포함하는 가스는 대신 디바이스(370)의 입구(372)로 도입될 수 있다. 대안적으로, 질소 중심은 샘플 도입 디바이스의 상류에 도입되어, 샘플 도입 디바이스에 제공되기 전에 이미 샘플과 혼합된다.

[0039] 일부 예에서, 질소 중심을 포함하는 가스를 샘플 도입 디바이스와 이온화 소스 사이에 위치된 혼합 챔버에 도입하는 것이 바람직할 수 있다. 도 4를 참조하면, 샘플 도입 디바이스(410), 혼합 챔버(420), 이온화 소스(430) 및 검출기(440)를 포함하는 시스템(400)이 도시되어 있다. 혼합 챔버(420)는 포트, 밸브, 매니폴드 또는 다른 디바이스를 통해 질소 중심을 포함하는 가스를 수용하도록 구성될 수 있다. 샘플 도입 디바이스(410)로부터 혼합 챔버(420)로 진입하는 샘플은 질소 중심을 포함하는 가스와 혼합될 수 있으므로, 샘플과 질소 중심을 포함하는 가스의 실질적으로 균질한 혼합물이 혼합 챔버(420)를 빠져나간다. 혼합 챔버(420)는 샘플과 질소 중심을 포함하는 가스를 혼합할 수 있는 선형 흐름, 원형 흐름 또는 다른 가스 흐름을 허용하는 본체 또는 캐비티를 포함할 수 있다. 일부 경우에, 혼합 챔버(420)는 본원에 설명된 바와 같은 분사 챔버의 형태를 취할 수 있다. 이온화 소스(430)는 플라즈마 또는 다른 이온화 소스일 수 있다. 검출기(440)는 질량 분석계, 광 방출 디바이스, 원자 흡수 디바이스, 비행 시간 디바이스 또는 다른 검출기일 수 있다.

[0040] 샘플 도입 디바이스가 존재하는 구성에서, 샘플 도입 디바이스는 네뷸라이저, 에어로졸라이저, 분사 노즐 또는 헤드 또는 다른 디바이스일 수 있다. 일부 실시양태에서, 샘플 도입 디바이스는 도 5에 도시된 바와 같이 분사 챔버로서 구성될 수 있다. 분사 챔버(500)는 일반적으로 외부 챔버 또는 튜브(510) 및 내부 챔버 또는 튜브(520)를 포함한다. 외부 챔버(510)는 이중 보조 가스 입구(512, 514) 및 배출구(518)를 포함한다. 보조 가스 입구(512, 514)는 통상적으로 공통 가스 소스에 유체 결합되지만, 원하는 경우 다른 가스가 사용될 수 있으며, 예를 들어, 가스 포트 중 하나는 질소 중심을 포함하는 가스를 수용할 수 있다. 필수는 아니지만, 보조 가스 입구(512, 514)는 입구 단부(511)에 인접하여 위치되는 것으로 도시되어 있지만, 대신 중앙에 또는 출구 단부(513)를 향해 위치될 수 있다. 내부 챔버 또는 튜브(520)는 네뷸라이저 팁(505)에 인접하여 위치되고, 샘플이 내부 챔버 또는 튜브(520) 상에 역류 및/또는 퇴적되는 것을 감소 또는 방지하기 위해 보조 가스 흐름을 제공하도록 구성된 2개 이상의 마이크로채널(522, 524)을 포함할 수 있다. 내부 챔버 또는 튜브(520)의 구성 및 위치 결정은 임의의 액적 퇴적으로부터 외부 챔버(510)의 내부 표면을 차폐하도록 작용하는 영역(540, 542)에서의 층류를 공급한다. 입구(512, 514)를 통해 분사 챔버(500)로의 가스 도입을 통해 제공되는 접선 방향 가스 흐름은 특정 액적을 선택하도록 작용할 수 있다. 내부 챔버 또는 튜브(520)의 마이크로채널(522, 524)은 또한 액적 퇴적으로부터 내부 챔버 또는 튜브(520)의 표면을 차폐하기 위해 보조 가스 입구(512, 514)로부터의 가스 흐름을 허용하도록 설계된다. 특정 예에서, 마이크로채널(522, 524)은 유사한 방식으로 구성될 수 있고, 예를 들어, 동일한 크기 및/또는 직경을 가질 수 있는 반면, 다른 구성에서 마이크로채널(522, 524)은 다르게 크기가 정해지거나 배열될 수 있다. 일부 예에서, 적어도 2, 3, 4, 5개 또는 그 이상의 개별 마이크로채널이 내부 챔버 또는 튜브(520)에 존재할 수 있다. 마이크로채널의 정확한 크기, 형태 및 형상은 다양할 수 있으며 각각의 마이크로채널이 동일한 크기, 형태 또는 형상을 가질 필요는 없다. 일부 예에서, 원하는 차폐 효과를 제공하기 위해 내부 튜브의 길이 방향 축 L1을 따라 다른 반경 방향 평면에 상이한 직경의 마이크로채널이 존재할 수 있다. 예시적인 분사 챔버는 예를 들어, 2017년 5월 17일자로 출원된 미국 출원 15/597,608호에 설명되어 있으며, 그 전체 개시 내용은 모든 목적을 위해 본원에 참조로 통합된다. 본원에서 보다 상세하게 언급된 바와 같이, 제3 포트(또는 추가 포트)가 존재할 수 있고 질소 중심을 포함하는 가스를 분사 챔버(500)로 도입하는 데 사용될 수 있다.

[0041] 특정 실시예에서, 분사 챔버(500)의 정확한 치수는 다양할 수 있다. 특정 구성에서, 네뷸라이저 팁(505)으로부터 분사 챔버(500)의 단부까지의 길이 방향 길이는 약 10 cm 내지 약 15 cm, 예를 들어, 약 12 또는 13 cm일 수 있다. 외부 튜브(510)의 직경은 약 1 cm 내지 약 5 cm, 예를 들어, 약 3 cm 또는 4 cm로 다양할 수 있다. 내부 튜브(520)의 최대 직경은 약 0.5 cm 내지 약 4 cm로 다양할 수 있으며, 내부 튜브(520)의 외부 표면과 외부 튜브(510)의 내부 표면 사이의 거리는 원하는 층류 속도를 제공하기 위해 선택될 수 있으며, 예를 들어, 거리는 약 0.1 cm 내지 약 0.75 cm일 수 있다. 특정 예에서, 내부 튜브(520)는 외부 챔버(510)의 길이 방향 축을 따라 일반적으로 증가하는 내부 직경을 갖는 것으로 도시되지만, 이러한 치수 변화가 필요한 것은 아니다. 내부 튜브(520)의 일부 부분은 층류를 향상시키기 위해 "편평"하거나 길이 방향 축 L1과 일반적으로 평행할 수 있거나, 대안적인 구성에서, 내부 튜브(520)의 일부 부분은 층류를 향상시키기 위해 적어도 일부 길이에 대해 일반적으로 외부 튜브(510)의 표면에 평행할 수 있다. 외부 챔버(510)의 내경은 입구 단부(511)로부터 출구 단부(513)를 향하여 어느 지점까지 증가한 후 출구 단부(513)를 향해 감소하여 외부 챔버(510)의 내경은 입구 단부(511)보다 출구 단부(513)에서 더 작다. 원하는 경우, 외부 챔버(510)의 내경은 입구 단부(511)로부터 출구 단부(513)를 향해 일정하게 유지될 수 있거나, 입구 단부(511)로부터 출구 단부(513)를 향해 증가할 수 있다. 원하는 경우, 동일하거나 상이한 2개 이상의 상이한 분사 챔버가 개별 셀의 선택을 돕기 위해 서로 유체 결합될 수 있다.

[0042] 특정 구성에서, 본원에 설명된 시스템은 하나 이상의 이온화 소스를 포함할 수 있으며, 이는 많은 상이한 형태를 취할 수 있고 일반적으로 샘플에 존재하는 원소 종을 이온화하도록 구성된다. 일부 예에서, 이온화 소스는 예를 들어, 직류 플라즈마, 유도 결합 플라즈마, 아크, 스파크와 같은 평균 온도가 약 4000 켈빈(Kelvin) 이상인 고온 이온화 소스 또는 다른 고온 이온화 소스일 수 있다. 사용된 정확한 이온화 소스는 분석될 특정 원소 및/또는 셀에 따라 변할 수 있으며, 예시적인 이온화 소스는 검출될 원소 종을 원자화 및/또는 이온화할 수 있는 이온화 소스, 예를 들어 이러한 이온화 소스는 금속, 준금속 및 다른 무기 종 또는 유기 종을 원자화 및/또는 이온화할 수 있는 이온화 소스를 포함한다. 다른 예에서, 이온화 소스는 전자 충격 소스, 화학적 이온화 소스, 필드 이온화 소스, 예를 들어, 고속 원자 폭격, 필드 탈착, 레이저 탈착, 플라즈마 탈착, 열 탈착, 전기 유체 역학적 이온화/탈착 등을 위해 구성된 소스와 같은 탈착 소스, 열 분사 또는 전자 분사 이온화 소스 또는 다른 유형의 이온화 소스를 포함할 수 있다.

[0043] 특정 예에서, 이온화 소스는 하나 이상의 토치 및 하나 이상의 유도 디바이스를 포함할 수 있다. 이온화 소스의 특정 구성 요소는 도 6 내지 도 8에 도시되어 있다. 예시적인 유도 디바이스 및 토치는 예를 들어, 미국 특허 9,433,073호 및 9,360,403호에 설명되어 있으며, 그 전체 개시 내용은 모든 목적을 위해 본원에 참조로 통합된다. 도 6을 참조하면, 유도 코일(620)과 조합하여 토치(610)를 포함하는 디바이스가 도시되어 있다. 유도 코일(620)은 통상적으로 무선 주파수 생성기(미도시)에 전기적으로 결합되어 무선 주파수 에너지를 토치(610)에 공급하고 토치(610)의 일부 부분 내에 유도 결합 플라즈마(650)를 유지한다. 샘플 도입 디바이스(미도시)는 샘플에 존재하는 원소 종을 이온화 및/또는 원자화하기 위해 샘플을 플라즈마(650)에 도입하는 데 사용될 수 있다. 본원에서 언급된 바와 같이, 질소 중심을 포함하는 가스는 예를 들어, 샘플 도입 디바이스를 통해, 토치의 포트를 통해 또는 그 사이 어느 장소를 통해 플라즈마(650)의 상류에 도입될 수 있다. 예를 들어, 질소 가스, 암모니아 가스, 아산화질소, 이산화질소 또는 암모늄 이온을 포함하는 가스가 플라즈마(650)의 상류에 도입될 수 있다. 이온화된 및/또는 원자화된 원소 종은 축 방향 또는 반경 방향 검출을 사용하여 토치 내에서 검출될 수 있거나, 검출 또는 추가 선택 및/또는 필터링을 위해 하류 챔버 또는 다른 디바이스, 예를 들어, 질량 분석기에 제공될 수 있다.

[0044] 대안적인 구성에서, 도 6의 유도 코일(620)은 하나 이상의 플레이트 전극으로 대체될 수 있다. 예를 들어, 도 7을 참조하면, 제1 플레이트 전극(720) 및 제2 플레이트 전극(721)은 토치(710)를 수용할 수 있는 개구를 포함하는 것으로 도시되어 있다. 예를 들어, 토치(710)는 플레이트 전극(720, 721)을 포함하는 유도 디바이스의 일부 영역 내에 배치될 수 있다. 플라즈마(750) 또는 예를 들어, 유도 결합 플라즈마와 같은 다른 이온화/원자화 소스는 토치(710) 및 플레이트(720, 721)로부터의 유도 에너지를 사용하여 유지될 수 있다. 무선 주파수 생성기(730)는 각각의 플레이트(720, 721)에 전기적으로 결합된다. 원하는 경우, 단일 플레이트 전극만이 대신 사용될 수 있다. 샘플 도입 디바이스는 샘플의 종을 이온화 및/또는 원자화하기 위해 개별 샘플을 플라즈마(750)로 도입하는 데 사용될 수 있다. 본원에 언급된 바와 같이, 질소 중심을 포함하는 가스는 플라즈마(750)의 상류에 도입될 수 있다. 예를 들어, 질소 가스, 암모니아 가스, 아산화질소, 이산화질소 또는 암모늄 이온을 포함하는 가스는 플라즈마(750)의 상류에 도입될 수 있다. 예시적인 무선 주파수 생성기는 예를 들어, 미국 특허 4,629,940호, 6,329,757호 및 9,420,679호에 설명되어 있다.

[0045] 다른 구성에서, 하나 이상의 반경 방향 핀(fin)을 포함하는 유도 디바이스가 대신 본원에 설명된 방법 및 시스템에서 사용될 수 있다. 도 8을 참조하면, 디바이스 또는 시스템은 적어도 하나의 반경 방향 핀 및 토치(810)를 포함하는 유도 코일(820)을 포함할 수 있다. 플라즈마 또는 예를 들어, 유도 결합 플라즈마와 같은 이온화/원자화 소스(미도시)는 토치(810) 및 반경 방향 핀형 유도 디바이스(820)로부터의 유도 에너지를 사용하여 유지될 수 있다. 무선 주파수 생성기(미도시)는 유도 디바이스(820)에 전기적으로 결합되어 토치(810)에 무선 주파수 에너지를 공급할 수 있다. 샘플 도입 디바이스(미도시)는 개별 샘플을 토치(810)로 도입하는 데 사용될 수 있다. 질소 중심을 포함하는 가스는 토치(810)에 유지되는 플라즈마의 상류에 도입될 수 있다. 예를 들어, 질소 가스, 암모니아 가스, 아산화질소, 이산화질소 또는 암모늄 이온을 포함하는 가스는 토치(810)에서 유지되는 플라즈마의 상류에 도입될 수 있다. 도입된 샘플의 원소 종은 하류 질량 분석기를 사용하여 이온화되거나 원자화되고 분리될 수 있다. 다른 경우에, 예를 들어, 용량성 코일 또는 용량성 플레이트와 같은 하나 이상의 용량성 디바이스가 이온화 소스에서 사용될 수 있다. 플라즈마와 같은 원자화/이온화 소스를 유지하기 위해 토치에 에너지를 공급할 수 있는 추가의 2개 이상의 유도 디바이스, 용량성 디바이스 또는 다른 디바이스가 또한 사용될 수 있다.

[0046] 특정 실시예에서, 본원에 설명된 시스템은 질량 분석계로서 구성될 수 있다. 도 9를 참조하면, 질량 분석계(900)는 이온화 소스(930)에 유체 결합된 샘플 도입 디바이스(920)를 포함한다. 이온화 소스(930)는 질량 분석기(940)에 유체 결합된다. 질량 분석기는 일체형 또는 질량 분석기(940)로부터 분리될 수 있는 검출기(950)에 유체 결합된다. 프로세서(960)는 다양한 서브-시스템을 제어하기 위해 시스템(900)의 하나 이상의 구성 요소에 전기적으로 결합될 수 있다. 본원에서 논의된 바와 같이, 샘플 도입 디바이스 (920)은 네뷸라이저, 에어로졸라이저, 분사 노즐 또는 헤드 또는 셀을 이온화 소스(930)에 제공할 수 있는 다른 디바이스일 수 있다. 샘플 도입 디바이스(920)는 도 5에 도시된 분사 챔버일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 이온화 소스(930)는 본원에 설명된 이온화 소스 중 임의의 것, 예를 들어, 도 6 내지 도 8에 도시된 유도 디바이스 및/또는 토치일 수 있다. 질량 분석기(940)는 일반적으로 샘플 특성, 원하는 해상도 등에 따라 많은 형태를 취할 수 있다. 특정 실시예에서, 질량 분석기(940)는 스캐닝 질량 분석기, 자기 섹터 분석기(예를 들어, 단일 및 이중-포커싱 MS 사용하기 위함), 사중극자 질량 분석기, 이온 트랩 분석기(예를 들어, 사이클로트론, 사중극자 이온 트랩), 비행 시간 분석기 및 다른 질량-대-전하 비율을 갖는 원소 종을 분리하거나 필터링(또는 둘 모두)할 수 있는 다른 적

절한 질량 분석기일 수 있다. 질량 분석기(940)는 이온화 소스(930)로부터 수신된 이온을 선택 및/또는 식별하기 위해 직렬로 배열된 2개 이상의 다른 디바이스, 예를 들어, 탠덤 MS/MS 디바이스 또는 삼중 사중극자 디바이스를 포함할 수 있다.

[0047] 특정 예에서, 검출기(950)는 기존의 질량 분석기와 함께 사용될 수 있는 임의의 적절한 검출 디바이스, 예를 들어, 전자 증배관, 패러데이(Faraday) 컵, 코팅된 포토그래픽 플레이트, 섬광 검출기 등 및 본 개시의 이점을 감안하여 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 선택될 다른 적절한 디바이스일 수 있다. 프로세서(960)는 통상적으로 시스템(900)에 도입된 샘플의 분석을 위한 마이크로프로세서 및/또는 컴퓨터 및 적절한 소프트웨어를 포함한다. 원하는 경우, 시스템(900)에 도입된 종의 화학적 아이덴티티의 결정을 위해 하나 이상의 데이터베이스가 프로세서(960)에 의해 액세스될 수 있다.

[0048] 특정 구성에서, 샘플에 존재하는 원소 종은 광 방출 분광법(OES: optical emission spectroscopy)을 사용하여 검출될 수 있다. 도 10을 참조하면, OES 디바이스 또는 시스템(1000)은 샘플 도입 디바이스(1010), 이온화 소스 또는 디바이스(1020) 및 검출기 또는 검출 디바이스(1030)를 포함한다. 샘플 도입 디바이스(1010)는 분사 챔버, 네뷸라이저 또는 다른 형태를 포함할 수 있다. 이온화 디바이스(1020)는 예를 들어, 도 6 내지 도 8에 예시된 바와 같은 하나 이상의 구성 요소 또는 이온화 소스를 제공하거나 유지할 수 있는 다른 디바이스 및 구성 요소를 포함할 수 있다. 검출기 또는 검출 디바이스(1030)는 많은 형태를 취할 수 있으며 광 방출(1025)과 같은 원소 종으로부터의 광 방출을 검출할 수 있는 임의의 적절한 디바이스일 수 있다. 원하는 경우, 검출 디바이스(1030)는 렌즈, 거울, 프리즘, 윈도우, 대역-통과 필터 등과 같은 적절한 광학계를 포함할 수 있다. 검출 디바이스(1030)는 또한 다중-채널 OES 디바이스를 제공하기 위해 에셀(echelle) 격자와 같은 격자를 포함할 수 있다. 에셀 격자와 같은 격자는 다중 방출 파장의 검출을 허용할 수 있다. 격자는 모니터링할 하나 이상의 특정 파장의 선택을 위해 모노크로메이터(monochromator) 또는 다른 적절한 디바이스 내에 위치될 수 있다. 검출 디바이스(1030)는 자외선, 가시광선, 근적외선 및 원적외선 등을 포함하지만 이에 한정되지 않는 큰 파장 범위에 걸쳐 방출 파장을 모니터링하도록 구성될 수 있다. OES 디바이스(1000)는 마이크로프로세서 및/또는 원하는 신호를 제공하고/제공하거나 데이터 수집을 위한 컴퓨터 및 적절한 회로와 같은 적절한 전자 기기를 추가로 포함할 수 있다. 적절한 추가 디바이스 및 회로는 본 기술 분야에 알려져 있으며, 예를 들어, PerkinElmer Health Sciences, Inc.로부터 상업적으로 이용 가능한 Optima 2100DV 시리즈, Optima 5000 DV 시리즈 OES 디바이스 또는 Optima 8000 또는 8300 시리즈 OES 디바이스와 같은 상업적으로 이용 가능한 OES 디바이스에서 찾을 수 있다. 판독, 스크린, 프린터, 컴퓨터 등이 될 수 있는 선택적인 디스플레이(1040)가 원소 종의 검출을 모니터링하기 위해 존재할 수 있다. OES 디바이스는 PerkinElmer Health Sciences, Inc.로부터 상업적으로 이용 가능한 AS90 및 AS93 자동 샘플러와 같은 자동 샘플러 또는 다른 공급자로부터 이용 가능한 유사한 디바이스를 추가로 포함할 수 있다. OES 디바이스(1000)는 예를 들어, 각 원소를 정량화하는 데 사용될 수 있는 각 원소에 대한 교정 곡선을 제공하기 위해 알려진 크기의 입자 및 원소의 표준 농도를 사용하여 교정될 수 있다. 원하는 경우, 피크 높이, 피크 면적 또는 둘 모두가 개별 입자에 존재하는 각 원소의 양을 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0049] 특정 실시예에서, 검출된 방출된 광의 정확한 파장은 샘플에 존재하는 특정 원소 종을 식별하는 데 사용될 수 있다. 많은 원소가 단일 파장보다 많은 광을 방출할 수 있다. 원자 종은 또한 이온화된 종과 다른 파장에서 광을 방출할 수 있다. 일부 다른 원소 종에 대한 예시적인 광 방출 파장은 은의 경우 328.066 nm 또는 338.288 nm, 알루미늄의 경우 396.151 nm 또는 308.212 nm, 비소의 경우 188.980 nm 또는 193.696 nm, 붕소의 경우 249.772 nm 또는 249.676 nm, 바륨의 경우 455.402 nm 또는 233.524 nm, 베릴륨의 경우 313.104 nm 또는 313.042 nm, 칼슘의 경우 317.932 nm 또는 422.673 nm, 카드뮴의 경우 226.502 nm 또는 214.434 nm, 코발트의 경우 228.615 nm 또는 230.785 nm, 크롬의 경우 205.560 nm 또는 267.711 nm, 구리의 경우 324.754 nm 또는 327.393 nm, 철의 경우 238.201 nm 또는 239.568 nm, 칼륨의 경우 766.490 nm, 리튬의 경우 670.784 nm, 마그네슘의 경우 285.212 nm 또는 279.076 nm, 망간의 경우 257.607 nm 또는 293.305 nm, 몰리브덴의 경우 202.032 nm 또는 203.846 nm, 나트륨의 경우 589.587 nm 또는 330.237 nm, 나트륨의 경우 231.604 nm, 인의 경우 213.617 nm 또는 178.224 nm, 납의 경우 220.354 nm, 황(황산염)의 경우 180.671 nm 또는 181.975 nm, 안티몬의 경우 206.834 nm 또는 217.582 nm, 셀레늄의 경우 196.029 nm, 실리콘의 경우 251.609 nm 또는 221.663 nm, 스트론튬의 경우 421.549 nm 또는 460.733 nm, 토륨의 경우 283.730 nm 또는 401.913 nm, 티타늄의 경우 334.943 nm 또는 368.519 nm, 탈륨의 경우 190.801 nm, 바나듐의 경우 292.402 nm 또는 290.880 nm, 우라늄의 경우 409.014 nm, 텅스텐의 경우 207.912 nm 또는 239.708 nm, 아연의 경우 213.858 nm 또는 206.199 nm, 루테튬의 경우 291.138 nm를 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 추가의 적절한 원소 방출 파장은 본 개시의 이점을 감안할 때, 그리고 선택된 검출기, 반경 방향 검출의 사용, 축 방향 검출의 사용 등에 따라 본 기술 분야의 통

상의 기술자에 의해 선택될 것이다.

[0050] 특정 예에서, 샘플에 존재하는 원소 종은 상이한 원소 종에 의해 흡수된 광을 측정하기 위해 원자 흡수 분광계(AAS: atomic absorption spectrometer)를 사용하여 검출될 수 있다. 도 11을 참조하면, 단일 빔 AAS 디바이스(1100)는 광원(1110), 샘플 도입 디바이스(1120), 이온화 디바이스 또는 소스(1130), 및 검출 디바이스(1140)를 포함한다. 샘플 도입 디바이스(1120)는 본원에 설명된 임의의 하나 이상의 디바이스, 예를 들어, 분사 챔버 또는 다른 적절한 샘플 도입 디바이스일 수 있다. 전원(미도시)은 광원(1110)에 전력을 공급하도록 구성될 수 있으며, 이는 이온화 소스(1130)에서 원자 및 이온에 의한 흡수를 위한 광(1112)의 하나 이상의 파장을 제공한다. 적절한 광원은 수은 램프, 캐소드 광선 램프, 레이저 등을 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 광원(1110)은 적절한 초퍼(chopper) 또는 펄싱된 전원을 사용하여 펄싱될 수 있거나, 레이저가 구현되는 예에서, 레이저는 선택된 주파수, 예를 들어, 5, 10 또는 20회/초로 펄싱될 수 있다. 광원(1110)의 정확한 구성은 다양할 수 있다. 예를 들어, 광원(1110)은 이온화 디바이스(1130)의 토치를 따라 축 방향으로 광을 제공할 수 있거나, 이온화 디바이스(1130)의 토치를 따라 반경 방향으로 광을 제공할 수 있다. 도 11에 도시된 예는 광원(1110)으로부터의 광의 축 방향 공급을 위해 구성된다. 신호의 축 방향 보기를 사용하여 신호-대-잡음 이점이 있을 수 있다. 원하는 경우, 광원은 이온화 소스(1130)와 별도의 챔버, 예를 들어, 이온화 소스(1130)의 하류에 위치된 챔버에 광을 제공할 수 있다. 예를 들어, 원소 종은 이온화 소스(1130)로부터 광원(1110)에 광학적으로 결합된 하류 챔버로 제공될 수 있다. 많은 상이한 구성이 가능함에도 불구하고, 검출 디바이스(1140)는 특정 원소 종에 의해 흡수된 광량이 검출되도록 광원(1110)에 광학적으로 결합된다. 일부 예에서, 광원(1110)은 하나의 파장이 제1 원소 종에 의해 흡수되고 다른 파장의 광이 제2 원소 종에 의해 흡수되는 적어도 2개의 상이한 파장의 광을 제공할 수 있다. 원하는 경우, 원소 종에 의한 흡수를 위한 복수의 상이한 개별 광 파장을 제공하기 위해 광원(1110)과 이온화 소스(1130)(또는 2차 챔버) 사이에 분광계가 존재할 수 있다. 이온화 소스(1130)는 도 6 내지 도 8에 도시된 바와 같은 하나 이상의 구성 요소 또는 이온화 소스를 제공하거나 유지할 수 있는 다른 디바이스 및 구성 요소를 포함할 수 있다. 샘플이 이온화 디바이스(1130)에서 원자화 및/또는 이온화됨에 따라, 광원(1110)으로부터의 입사광(1112)은 원자를 여기시킬 수 있다. 즉, 광원(1110)에 의해 공급되는 광(1112)의 일부 퍼센티지는 이온화 디바이스(1130)의 원자 및 이온에 의해 흡수될 수 있다. 나머지 퍼센티지의 광은 파장(1132)으로서 검출 디바이스(1140)에 전달될 수 있다. 검출 디바이스(1140)는 예를 들어, 프리즘, 렌즈, 격자 및 예를 들어, OES 디바이스와 관련하여 위에서 논의된 것과 같은 다른 적절한 디바이스를 사용하여 하나 이상의 적절한 파장을 제공할 수 있다. 이온화 디바이스(1130)에서 샘플에 의한 흡수량을 설명하기 위해, 샘플 도입 전에 물 또는 입자가 결여된 임의의 원소 종과 같은 블랭크가 도입되어 100% 투과율 기준값을 제공할 수 있다. 이온화 디바이스(1130)에 샘플이 유입되면 투과되는 광량 측정될 수 있고, 샘플에 투과되는 광량은 기준값 나누어 투과율을 구할 수 있다. 투과율의 음의 $\log_{10}$은 흡광률과 같다. AAS 디바이스(1100)는 원하는 신호를 제공하고/제공하거나 데이터 획득을 위해 마이크로프로세서 및/또는 컴퓨터 및 적절한 회로와 같은 적절한 전자 기기를 추가로 포함할 수 있다. 적절한 추가 디바이스 및 회로는 예를 들어, PerkinElmer Health Sciences, Inc.로부터 상업적으로 이용 가능한 AAnalyst 시리즈 분광계 또는 PinAAcle 분광계와 같은 상업적으로 이용 가능한 AAS 디바이스에서 찾을 수 있다. AAS 디바이스는 PerkinElmer Health Sciences, Inc.로부터 상업적으로 이용 가능한 AS- 90A, AS-90plus 및 AS-93plus 자동 샘플러와 같은 본 기술 분야에 알려진 자동 샘플러를 추가로 포함할 수 있다. 이온화 소스(1130)가 유도 결합 플라즈마를 유지하도록 구성되는 경우, 유도 디바이스에 전기적으로 결합된 무선 주파수 생성기가 존재할 수 있다. 특정 실시예에서, 단일 빔 AAS 디바이스 대신 이중 빔 AAS 디바이스가 대신 사용될 수 있다.

[0051] 일부 예에서, 흡수된 광의 파장은 샘플에 존재하는 원소 종을 식별하는 데 사용될 수 있다. 많은 원소가 2개 이상의 다른 파장에서 빛을 흡수할 수 있다. 또한, 원자 종은 이온화된 종과 다른 파장의 광을 흡수할 수 있다. 이온화된 원소 종에 2개 이상의 파장의 강이 제공될 때 서로 중첩하지 않는 모니터링 파장을 선택하는 것이 바람직할 수 있다. 또한, 선택된 파장은 축 방향 검출 및 반경 방향 검출을 사용할 때 다를 수 있다. 일부 다른 원소 종에 대한 예시적인 흡수 파장은 은의 경우 328.1 nm, 알루미늄의 경우 309.3 nm, 비소의 경우 193.7 nm, 금의 경우 242.8 nm, 붕소의 경우 249.7 nm, 바륨의 경우 553.6, 베릴륨의 경우 234.9 nm, 비스무트의 경우 223.1 nm, 칼슘의 경우 422.7 nm, 카드뮴의 경우 228.8 nm, 코발트의 경우 240.7 nm, 크롬의 경우 357.9 nm, 세슘의 경우 852.1 nm, 구리의 경우 324.8 nm, 디스프로슘의 경우 404.6 nm, 에르븀의 경우 400.8 nm, 유로퓸의 경우 459.4 nm, 철의 경우 248.3 nm, 갈륨의 경우 287.4 nm, 가돌리늄의 경우 368.4 nm, 게르마늄의 경우 265.1 nm, 하프늄의 경우 286.6 nm, 수은의 경우 253.7 nm, 홀뮴의 경우 410.4 nm, 인듐의 경우 303.9 nm, 이리듐의 경우 264.0 nm, 칼륨의 경우 766.5 nm, 란탄의 경우 550 nm, 리튬의 경우 670.8, 루테튬의 경우 336.0 nm, 마그네슘 285.2 nm, 망간의 경우 279.5 nm, 몰리브덴의 경우 313.3 nm, 나트륨의 경우 589 nm,

니오븀의 경우 334.4 nm, 네오디뮴의 경우 492.4 nm, 니켈의 경우 232.0 nm, 오스뮴의 경우 290.9 nm, 인의 경우 213.6 nm, 납의 경우 283.3 nm, 팔라듐의 경우 244.8 nm 팔라듐, 프라세오디뮴의 경우 495.1 nm, 백금의 경우 265.1 nm, 루비듐의 경우 780.0 nm, 레늄의 경우 346.9 nm, 로듐의 경우 343.5 nm, 루테늄의 경우 349.9 nm, 안티몬의 경우 217.6 nm, 스칸듐의 경우, 391.2 nm, 셀레늄의 경우 196.0 nm, 실리콘의 경우 251.16 nm, 사마륨의 경우 429.7 nm, 주석의 경우 286.3 nm, 스트론튬의 경우 460.7 nm, 탄탈륨의 경우 271.5 nm, 토륨의 경우 432.6 nm, 테크네튬의 경우 261.4 nm, 텔루륨의 경우 214.3 nm, 티타늄의 경우 364.3 nm, 탈륨의 경우 267.8 nm, 툴륨의 경우 371.8 nm, 우라늄의 경우 351.5 nm, 바나듐의 경우 318.4 nm, 텅스텐의 경우 255.1 nm, 이트륨의 경우 410.2 nm, 이테르븀의 경우 398.8 nm, 아연의 경우 213.9 nm, 지르코늄의 경우 360.1 nm를 포함하지만 이에 한정되지 않는다.

[0052] 특정 실시예에서, 질소 중심을 포함하는 유체는 어떠한 특정 원소가 검출되는지에 따라 선택적으로 스위칭 온(on) 또는 오프(off)될 수 있다. 본원에서 언급한 바와 같이, 특정의 "이온화하기 어려운" 요소의 분석 동안, 질소 중심을 포함하는 가스의 도입은 이온화하기 어려운 원소의 검출을 어렵게 만들 수 있는 배경 신호를 증가시키는 간섭을 생성할 수 있다. 비분석물 샘플은 이온화하기 어려운 원소와 이온화하기 어렵지 않은 원소 모두를 포함할 수 있으므로, 이온화하기 어렵지 않은 원소에 대한 검출 한계를 개선하는 동시에 이온화하기 어려운 원소에 대한 검출 한계를 변경하거나 감소시키지 않는 것이 바람직할 수 있다. 다른 원소가 아닌 특정 원소에 대해 질소 중심을 포함하는 가스를 선택적으로 도입함으로써, 관심 피분석물이 개선된 신호-대-잡음비 및/또는 간섭 종으로부터 감소된 배경 신호로 검출할 수 있다. 프로세서는 질소 중심을 포함하는 가스의 선택적 도입(또는 선택적 중단)과 특정 원소의 검출을 상관시키는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 시스템은 이온화하기 어려운 원소가 검출되지 않는 한, 질소 중심을 포함하는 가스를 가스 샘플에 지속적으로 도입하도록 설계될 수 있다. 이러한 경우에, 프로세서는 흐름 제어기를 스위칭 오프하거나 아니면 질소 중심을 포함하는 가스의 흐름을 정지시켜 이온화 소스에 도입된 임의의 질소 중심이 없는 경우 이온화하기 어려운 원소의 검출을 허용할 수 있다. 그 다음, 프로세서는 다른 원소의 검출 동안 질소 중심을 포함하는 가스의 흐름을 다시 온으로 스위칭할 수 있다. 대안적인 구성에서, 특정 원소에 대해 질소 중심을 포함하는 가스의 존재 하에 검출 한계가 개선되지 않는 한, 시스템은 질소 중심을 포함하는 가스 없이 동작하도록 구성될 수 있다. 이러한 경우, 가스는 이러한 원소의 분석 동안 온으로 스위칭된 후 다른 원소의 분석 동안 다시 오프로 스위칭될 수 있다. 질소 중심을 구성하는 가스는 통상적으로 이온화하기 어려운 원소의 검출 동안 도입되지 않지만, 신호의 차등 비교를 제공하기 위해 도입될 수 있다. 예를 들어, 이온화되기 어려운 원소는 질소 중심을 포함하는 임의의 가스의 부재 및 질소 중심을 포함하는 가스의 존재 시에 검출될 수 있다. 결과 신호는 예를 들어, 존재할 수 있는 간섭 종의 측정치를 획득하거나 간섭 신호의 배경 개선의 일부 표시를 제공하기 위해 비교될 수 있다. 또한, 차동 신호가 특정 질소 함유 종이 특정 원소에 대해 다른 종보다 더 잘 작동할 수 있는지를 결정하기 위해 다른 질소 중심을 갖는 유체를 사용하여 비교될 수 있다.

[0053] 특정 예에서, 본원의 방법 및 시스템은 시스템 또는 기구의 일부일 수 있거나 기구와 함께 사용되는 예를 들어, 컴퓨터, 랩톱, 모바일 디바이스 등과 같은 관련 디바이스에 존재할 수 있는 프로세서를 포함하거나 이를 사용할 수 있다. 예를 들어, 프로세서는 시스템의 다른 구성 요소를 제어하는 데 사용할 수 있다. 특정 구성에서, 프로세서는 시스템을 동작시키기 위한, 예를 들어, 샘플 도입 디바이스, 이온화 소스, 검출기 등을 제어하기 위한 마이크로프로세서 및/또는 적절한 소프트웨어를 포함하는 하나 이상의 컴퓨터 시스템 및/또는 공통 하드웨어 회로에 존재할 수 있다. 일부 예에서, 검출 디바이스 또는 검출기 자체는 그 자신의 각각의 프로세서, 운영 체제 및 다양한 원소 종의 검출을 허용하는 다른 특징부를 포함할 수 있다. 프로세서는 시스템에 통합될 수 있거나, 시스템의 구성 요소에 전기적으로 결합된 하나 이상의 액세서리 보드, 인쇄 회로 보드 또는 컴퓨터 상에 존재할 수 있다. 프로세서는 통상적으로 시스템의 다른 구성 요소로부터 데이터를 수신하고 필요하거나 원하는 경우에 다양한 시스템 파라미터의 조정을 허용하기 위해 하나 이상의 메모리 유닛에 전기적으로 결합된다. 프로세서는 Unix, Intel PENTIUM-유형 프로세서, Motorola PowerPC, Sun UltraSPARC, Hewlett-Packard PA-RISC 프로세서 또는 임의의 다른 유형의 프로세서에 기초한 것과 같은 범용 컴퓨터의 일부일 수 있다. 임의의 유형의 컴퓨터 시스템 중 하나 이상이 기술의 다양한 실시예에 따라 사용될 수 있다. 또한, 시스템은 단일 컴퓨터에 연결되거나 통신 네트워크에 의해 연결된 복수의 컴퓨터 중에 분산될 수 있다. 네트워크 통신을 포함하는 다른 기능이 수행될 수 있고 기술은 임의의 특정 기능 또는 기능 세트를 갖는 것으로 제한되지 않음을 이해해야 한다. 다양한 양태는 범용 컴퓨터 시스템에서 실행되는 특수 소프트웨어로 구현될 수 있다. 컴퓨터 시스템은 디스크 드라이브, 메모리, 또는 데이터를 저장하기 위한 다른 디바이스와 같은 하나 이상의 메모리 디바이스에 연결된 프로세서를 포함할 수 있다. 메모리는 통상적으로 시스템 동작 중에 프로그램, 교정 곡선, 방출 또는 흡수 파장, 데이터 값을 저장하는 데 사용된다. 컴퓨터 시스템의 구성 요소는 하나 이상의 버스(예를 들어, 동일한 기계

내에 통합된 구성 요소 간) 및/또는 네트워크(예를 들어, 별도의 개별 기계에 상주하는 구성 요소 간)를 포함할 수 있는 상호 연결 디바이스에 의해 결합될 수 있다. 상호 연결 디바이스는 시스템의 구성 요소 간에 교환될 통신(예를 들어, 신호, 데이터, 명령)을 제공한다. 컴퓨터 시스템은 통상적으로 시스템의 신속한 제어를 허용하기 위해 프로세싱 시간, 예를 들어, 수 밀리초, 수 마이크로초 또는 그 이하 내에서 커맨드를 수신 및/또는 발행할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 제어는 샘플 도입, 질소 중심을 포함하는 가스의 흐름, 검출기 파라미터 등을 제어하기 위해 구현될 수 있다. 프로세서는 통상적으로 예를 들어, 직류 전류원, 교류 전류원, 배터리, 연료 전지 또는 다른 전원 또는 전원의 조합일 수 있는 전원에 전기적으로 결합된다. 전원은 시스템의 다른 구성 요소에 의해 공유될 수 있다. 시스템은 또한 하나 이상의 입력 디바이스, 예를 들어, 키보드, 마우스, 트랙볼, 마이크로폰, 터치 스크린, 수동 스위치(예를 들어, 오버라이드 스위치) 및 하나 이상의 출력 디바이스, 예를 들어, 인쇄 디바이스, 디스플레이 스크린, 스피커를 포함할 수 있다. 또한, 시스템은 (상호 연결 디바이스에 추가로 또는 대안으로) 컴퓨터 시스템을 통신 네트워크에 연결하는 하나 이상의 통신 인터페이스를 포함할 수 있다. 시스템은 또한 시스템에 존재하는 다양한 전기 디바이스로부터 수신된 신호를 변환하는 적절한 회로를 포함할 수 있다. 이러한 회로는 인쇄 회로 보드 상에 존재할 수 있거나, 적절한 인터페이스, 예를 들어, 직렬 ATA 인터페이스, ISA 인터페이스, PCI 인터페이스 등을 통해 또는 하나 이상의 무선 인터페이스, 예를 들어, 블루투스(Bluetooth), Wi-Fi, 근거리 통신(Near Field Communication) 또는 다른 무선 프로토콜 및/또는 인터페이스를 통해 인쇄 회로 보드에 전기적으로 결합된 별도의 보드 또는 디바이스 상에 존재할 수 있다.

[0054] 특정 실시예에서, 본원에 설명된 시스템에서 사용되는 저장 시스템은 통상적으로 프로세서에 의해 실행될 프로그램 또는 프로그램에 의해 프로세싱될 매체 상에 또는 매체에 저장된 정보에 의해 사용될 수 있는 소프트웨어의 코드가 저장될 수 있는 컴퓨터 판독 가능 및 기입 가능한 비휘발성 기록 매체를 포함한다. 매체는 예를 들어, 하드 디스크, 솔리드 스테이트 드라이브 또는 플래시 메모리일 수 있다. 프로세서에 의해 실행될 프로그램 또는 명령은 로컬로 또는 원격으로 위치될 수 있고, 상호 연결 메커니즘, 통신 네트워크 또는 원하는 경우 다른 수단을 통해 프로세서에 의해 검색될 수 있다. 통상적으로, 동작 시에, 프로세서는 데이터가 비휘발성 기록 매체로부터 매체보다 프로세서에 의한 정보에의 더 빠른 액세스를 허용하는 다른 메모리로 판독되게 한다. 이 메모리는 통상적으로 동적 랜덤 액세스 메모리(DRAM) 또는 정적 메모리(SRAM)와 같은 휘발성, 랜덤 액세스 메모리이다. 이는 저장 시스템이나 메모리 시스템에 있을 수 있다. 프로세서는 일반적으로 집적 회로 메모리 내의 데이터를 조작한 다음 프로세싱이 완료된 후 데이터를 매체에 복사한다. 매체와 집적 회로 메모리 요소 사이의 데이터 이동을 관리하기 위한 다양한 메커니즘이 알려져 있으며, 해당 기술은 이에 한정되지 않는다. 이 기술은 또한 특정 메모리 시스템이나 저장 시스템에 한정되지 않는다. 특정 실시예에서, 시스템은 또한 특수-프로그래밍된, 특수-목적 하드웨어, 예를 들어, 주문형 집적 회로(ASIC) 또는 필드 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA)를 포함할 수 있다. 기술의 양태는 소프트웨어, 하드웨어 또는 펌웨어, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현될 수 있다. 또한, 이러한 방법, 작용, 시스템, 시스템 요소 및 이들의 구성 요소는 위에서 설명된 시스템의 일부로서 또는 독립 구성 요소로서 구현될 수 있다. 특정 시스템이 기술의 다양한 양태가 실시될 수 있는 시스템의 하나의 유형으로서 예로서 설명되지만, 양태는 설명된 시스템에서 구현되는 것으로 한정되지 않는다는 것을 이해해야 한다. 상이한 아키텍처 또는 구성 요소를 갖는 하나 이상의 시스템에서 다양한 양태가 실시될 수 있다. 시스템은 하이-레벨 컴퓨터 프로그래밍 언어를 사용하여 프로그래밍 가능한 범용 컴퓨터 시스템을 포함할 수 있다. 시스템은 특별히 프로그래밍된 특수 목적 하드웨어를 사용하여 구현될 수도 있다. 시스템에서, 프로세서는 통상적으로 Intel Corporation으로부터 이용할 수 있는 공지된 Pentium 클래스 프로세서와 같은 상업적으로 이용 가능한 프로세서이다. 다른 많은 프로세서도 상업적으로 이용 가능하다. 이러한 프로세서는 일반적으로 예를 들어, Microsoft Corporation으로부터 이용 가능한 Windows 95, Windows 98, Windows NT, Windows 2000(Windows ME), Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8 또는 Windows 10 운영 체제, Apple로부터 이용 가능한 MAC OS X, 예를 들어, Snow Leopard, Lion, Mountain Lion 또는 다른 버전, Sun Microsystems로부터 이용 가능한 Solaris 운영 체제, 또는 다양한 소스로부터 이용 가능한 UNIX 또는 Linux 운영 체제일 수 있는 운영 체제를 실행시킨다. 많은 다른 운영 체제가 사용될 수 있고, 특정 실시예에서 커맨드 또는 명령의 간단한 세트가 운영 체제로서 기능할 수 있다. 또한, 프로세서는 하나 이상의 큐비트를 사용하여 하나 이상의 기능을 수행하도록 설계된 양자 프로세서로서 설계될 수 있다.

[0055] 특정 예에서, 프로세서 및 운영 체제는 하이-레벨 프로그래밍 언어로 된 어플리케이션 프로그램이 작성될 수 있는 플랫폼을 함께 정의할 수 있다. 이 기술은 특정 시스템 플랫폼, 프로세서, 운영 체제 또는 네트워크에 한정되지 않음을 이해해야 한다. 또한, 본 개시의 이점을 고려할 때, 본 기술이 특정 프로그래밍 언어 또는 컴퓨터 시스템에 한정되지 않는다는 것은 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 또한, 다른 적절한 프로그래밍 언어 및 다른 적절한 시스템이 또한 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 특정 예에서, 하드웨어 또는 소

프트웨어는 인지 아키텍처, 신경망 또는 다른 적절한 구현을 구현하도록 구성될 수 있다. 원하는 경우, 컴퓨터 시스템의 하나 이상의 부분은 통신 네트워크에 연결된 하나 이상의 컴퓨터 시스템에 걸쳐 분산될 수 있다. 이러한 컴퓨터 시스템은 또한 범용 컴퓨터 시스템일 수 있다. 예를 들어, 다양한 양태는 하나 이상의 클라이언트 컴퓨터에 서비스(예를 들어, 서버)를 제공하거나 분산 시스템의 일부로서 전체 작업을 수행하도록 구성된 하나 이상의 컴퓨터 시스템 사이에 분산될 수 있다. 예를 들어, 다양한 양태는 다양한 실시예에 따라 다양한 기능을 수행하는 하나 이상의 서버 시스템 사이에 분산된 구성 요소를 포함하는 클라이언트-서버 또는 다중-계층 시스템 상에서 수행될 수 있다. 이러한 구성 요소는 통신 프로토콜(예를 들어, TCP/IP)을 사용하여 통신 네트워크(예를 들어, 인터넷)를 통해 통신하는 실행 가능한, 중간(예를 들어, IL) 또는 인터프리팅된(예를 들어, Java) 코드일 수 있다. 또한 이 기술은 임의의 특정 시스템 또는 시스템 그룹 상에서 실행되는 것으로 한정되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 또한, 이 기술은 임의의 특정 분산 아키텍처, 네트워크 또는 통신 프로토콜에 한정되지 않음을 이해해야 한다.

[0056] 일부 경우에, 다양한 실시예는 예를 들어 SQL, SmallTalk, Basic, Java, Javascript, PHP, C++, Ada, Python, iOS/Swift, Ruby on Rails 또는 C#(C-Sharp)와 같은 객체-지향 프로그래밍 언어를 사용하여 프로그래밍될 수 있다. 다른 객체-지향 프로그래밍 언어도 사용할 수 있다. 대안적으로, 기능적, 스크립팅 및/또는 논리적 프로그래밍 언어가 사용될 수 있다. 다양한 구성이 프로그래밍되지 않은 환경(예를 들어, 브라우저 프로그램의 윈도우에서 볼 때, 그래픽-사용자 인터페이스(GUI)의 양태를 렌더링하거나 다른 기능을 수행하는 HTML, XML 또는 다른 포맷으로 작성된 문서)에서 구현될 수 있다. 특정 구성은 프로그래밍된 요소나 프로그래밍되지 않은 요소, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현될 수 있다. 일부 경우에, 시스템은 유선 또는 무선 인터페이스를 통해 통신할 수 있고 원하는 경우 원격으로 시스템의 동작을 허용할 수 있는 모바일 디바이스, 태블릿, 랩톱 컴퓨터 또는 다른 휴대용 디바이스 상에 존재하는 것과 같은 원격 인터페이스를 포함할 수 있다.

[0057] 특정 예에서, 프로세서는 또한 광 방출 파장, 광 흡수 파장 및 다른 공통 정보를 포함할 수 있는 원소 종 등에 관한 정보의 데이터베이스를 포함하거나 이에 액세스할 수 있다. 예를 들어, 상이한 원소 종에 대한 교정 곡선의 컬렉션이 데이터베이스에 저장되고 사용자가 각 원소에 대한 교정 곡선을 수행할 필요 없이 샘플의 원소 농도를 추정하는 데 사용될 수 있다. 이러한 방법은 샘플 양이 제한된 경우 특히 바람직할 수 있다. 메모리에 저장된 명령은 시스템에 대한 소프트웨어 모듈 또는 제어 루틴을 실행할 수 있으며, 이는 사실상 시스템의 제어 가능한 모델을 제공할 수 있다. 프로세서는 프로세서에서 실행되는 하나 이상의 소프트웨어 모듈과 함께 데이터베이스로부터 액세스된 정보를 사용하여 시스템의 다른 구성 요소에 대한 제어 파라미터 또는 값, 예를 들어, 상이한 가스 유속, 모니터링될 상이한 광 파장 등을 결정할 수 있다. 제어 명령을 수신하는 입력 인터페이스 및 시스템의 다른 시스템 구성 요소에 링크된 출력 인터페이스를 사용하여, 프로세서는 시스템에 대한 능동 제어를 수행할 수 있다. 예를 들어, 프로세서는 검출 디바이스, 샘플 도입 디바이스, 이온화 소스, 흐름 제어기 등을 제어할 수 있다.

[0058] 일부 실시예에서, 질소 중심을 포함하는 가스는 또한 이온화 소스의 하류에 있는 시스템의 다른 구성 요소로 도입될 수 있다. 도 12를 참조하면, 질소 중심을 갖는 가스를 포함하는 가스 소스(1230)가 샘플 도입 디바이스(1210) 및 이온화 소스(1220)의 하류에 있는 셀(1240)에 유체 결합되는 시스템(1200)이 도시되어 있다. 원하는 경우, 선택적인 흐름 제어기(1235)가 존재할 수 있으며, 샘플 도입 디바이스(1210) 및 가스 소스(1230)로부터 셀(1240)로의 가스 흐름을 독립적으로 제어하는 데 사용될 수 있다. 일부 예에서, 예를 들어, 미국 특허 8,426,804호에서, 셀(1240)은 충돌 셀, 반응 셀 또는 충돌-반응의 형태를 취할 수 있다. 특정 예에서, 가스 소스(1230)로부터의 가스는 또한 또는 대신에 셀(1240) 이외의 하류 구성 요소에 제공될 수 있고, 예를 들어, 이는 검출기, 질량 분석기 또는 이온화 소스(1220)로부터 하류의 다른 구성 요소에 제공될 수 있다.

[0059] 본원에 설명된 기술의 신규하고 진보적인 양태의 일부를 예시하기 위해 특정한 구체적인 예가 아래에 설명된다.

[0060] 실시예 1

[0061] PerkinElmer Health Sciences, Inc.로부터 상업적으로 이용 가능한 분사 챔버, 예를 들어, All Matrix Solution 분사 챔버를 포함하는 유도 결합 질량 분석계 시스템(NexION ICP-MS)이 신호(배경 신호 및 원소 신호)를 측정하는 데 사용되었다. 아래 표 1은 검출된 각 원소에 대한 초당 카운트(cps)를 나타내는 값으로 결과를 나타낸다. 각 원소의 1조당 100 파트가 질량 분석계에 별도로 도입되었다. 질소 중심 가스는 분사 챔버에 도입되지 않았다. 반응 셀에 암모니아가 있는 상태에서 DRC 모드로 분석이 수행되었다.

[표 1]

검출된 원소	원소 신호 (cps)	평균 배경 신호 (cps)	검출 한계 (ppt)	BEC (ppt)
철	7042.04	643.9	0.60	10.06
칼슘	6890.0	527.3	0.64	8.29
칼륨	6710.9	409.9	0.93	6.51

[0062]

[0063] 검출 한계는 분석 신호에 의해 나누어진 블랭크 신호의 표준 편차(블랭크 신호의 3x 표준 편차)를 사용하여 계산되었다. 원하는 검출 한계는 1 ppt 이하이다. 철, 칼슘 및 칼륨에 대한 배경 등가 농도는 각각 10.6, 8.29 및 6.51 ppt였다.

[0064] 실시예 2

[0065] 예 1에서 사용된 동일 시스템을 사용하여 분사 챔버에 도입된 질소 가스(1 부피%)의 존재하에서 신호(배경 신호 및 원소 신호)를 측정하였다. 아래 표 2는 검출된 각 원소에 대한 초당 카운트(cps)를 나타내는 값으로 결과를 나타낸다. 각 원소의 1조당 100 파트가 질량 분석계에 별도로 도입되었다.

[표 2]

검출된 원소	원소 신호 (cps)	평균 배경 신호 (cps)	검출 한계 (ppt)	BEC (ppt)
철	4304.0	25.2	0.33	0.59
칼슘	3361.4	223.9	1.64	7.13
칼륨	3136.0	409.9	0.93	1.18

[0066]

[0067] 결과는 암모니아 가스로 반응 셀을 동작시키는 동안 분사 챔버에 도입된 질소 가스의 존재 하에 개선되는 배경 등가 농도(BEC)와 일치했다. 주요 간섭이 Ar+이고 질소가 이 종에 영향을 미치지 않았기 때문에 칼슘 검출 한계는 개선되지 않았다. 질소가 도입될 때 ArX+ 종이 형성되지 않음으로 인해(또는 낮은 정도로 형성) BEC 및 이에 따른 다른 원소에 대한 검출 한계가 개선되었다. 배경 신호는 예 1에서 측정된 배경 신호와 비교하여 상당히 감소했다. 모든 원소(분석 및 배경 신호)에 대한 신호 상도 또한 예 1의 신호 강도에 비해 감소했지만, 배경 신호에 비해 감소된 비율로 감소했다. 철, 칼슘 및 칼륨에 대한 질소 가스 존재 시 배경 등가 농도(BEC)는 각각 0.59, 7.13 및 1.18 ppt였다. 3개의 원소 모두에 대해 BEC가 개선되었다.

[0068] 실시예 3

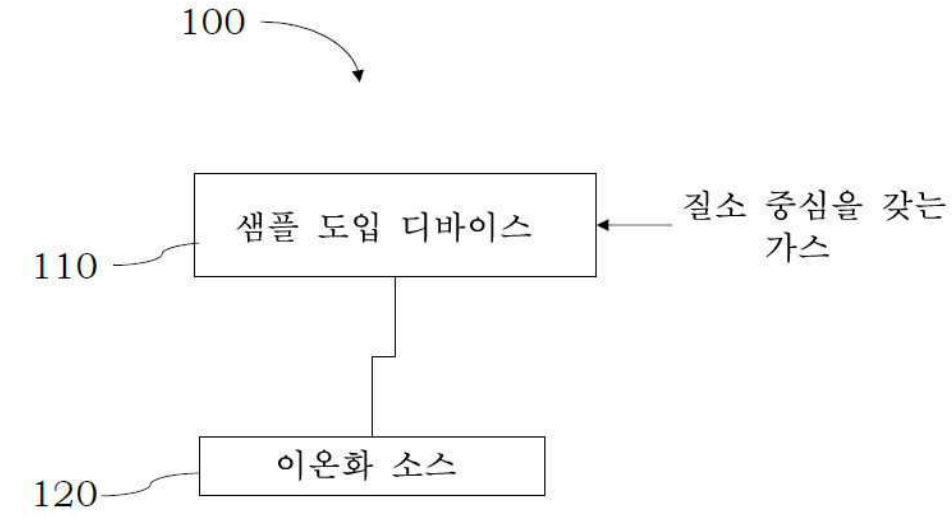
[0069] 도 13의 표 3에 나타낸 원소 각각에 대해 질소 가스의 부재 및 존재하에서의 배경 등가 농도(BEC)가 표 1의 시스템을 사용하여 결정되었다. 원소는 13% 질산 수용액에 존재하였다. 질소 가스의 추가는 많은 원소, 특히 쉽게 산화되는 원소(우라늄, 바나듐)에 대한 BEC를 개선하였다. 표 3의 값은 (로그 BEC)/1조당 파트로 표현된다.

[0070] 본원에 개시된 예의 요소를 도입할 때, 관사 "어느(a)", "어떤(an)", "그(the)" 및 "상기(said)"는 하나 이상의 요소가 있음을 의미하도록 의도된다. 포함하는(comprising)", "포괄하는(including)" 및 "갖는(having)"과 같은 용어는 개방형으로 의도되며, 나열된 요소 이외의 추가 요소가 있을 수 있음을 의미한다. 본 개시의 이점을 고려할 때, 예의 다양한 구성 요소는 다른 예에서의 다양한 구성 요소로 대체되거나 치환될 수 있음이 본 기술 분야의 통상의 기술자에게 인식될 것이다.

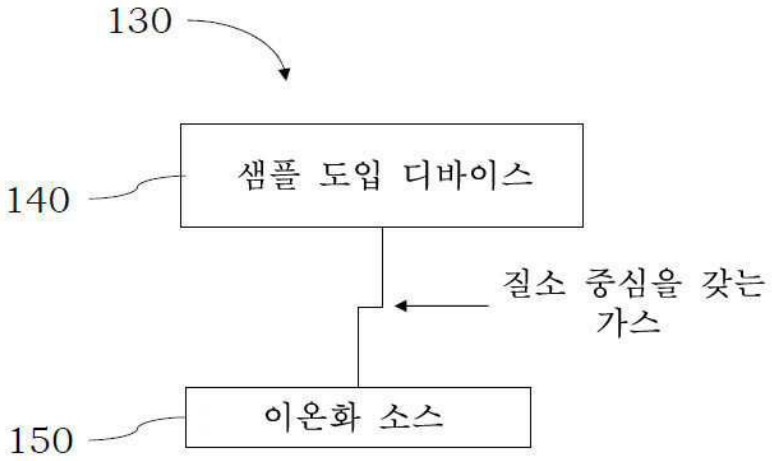
[0071] 특정 양태, 예 및 실시예가 위에서 설명되었지만, 본 개시의 이점을 고려할 때, 개시된 예시적인 양태, 예 및 실시예의 추가, 치환, 수정 및 변경이 가능하다는 것이 본 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 인식될 것이다.

도면

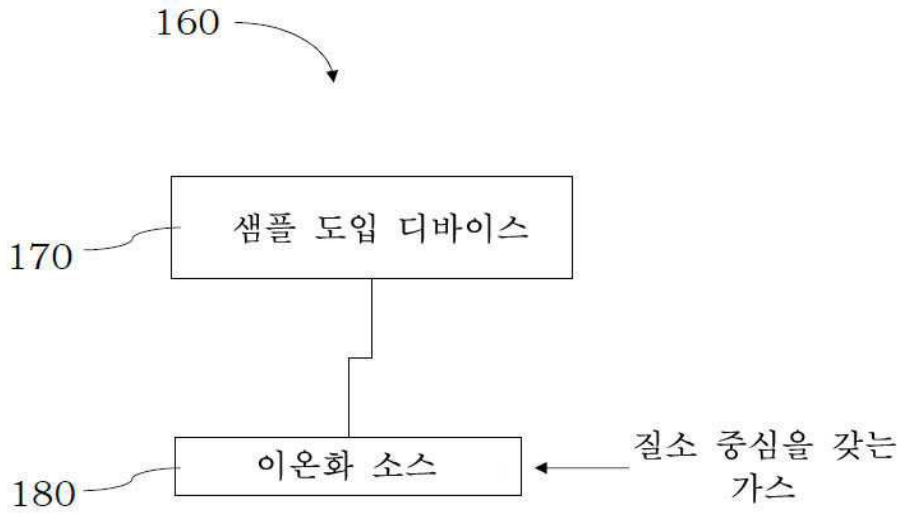
도면1a


100
샘플 도입 디바이스
질소 중심을 갖는 가스
110
이온화 소스
120

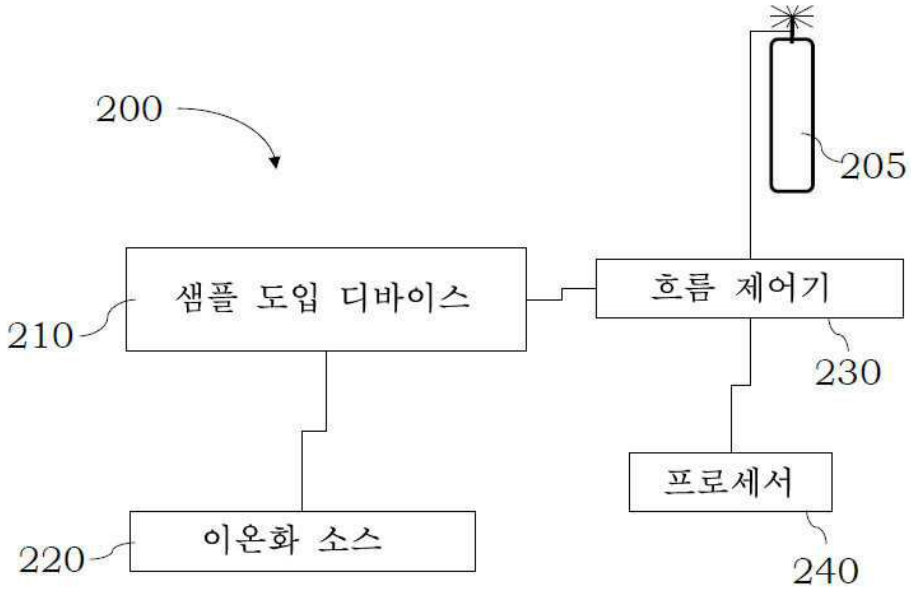
도면1b


130
샘플 도입 디바이스
140
질소 중심을 갖는 가스
이온화 소스
150

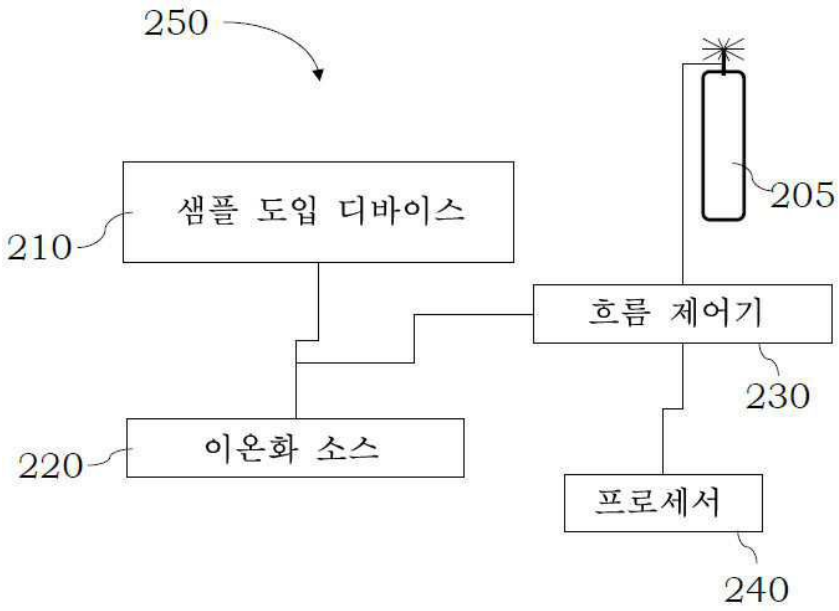
도면1c


160
샘플 도입 디바이스
170
이온화 소스
180
질소 중심을 갖는 가스

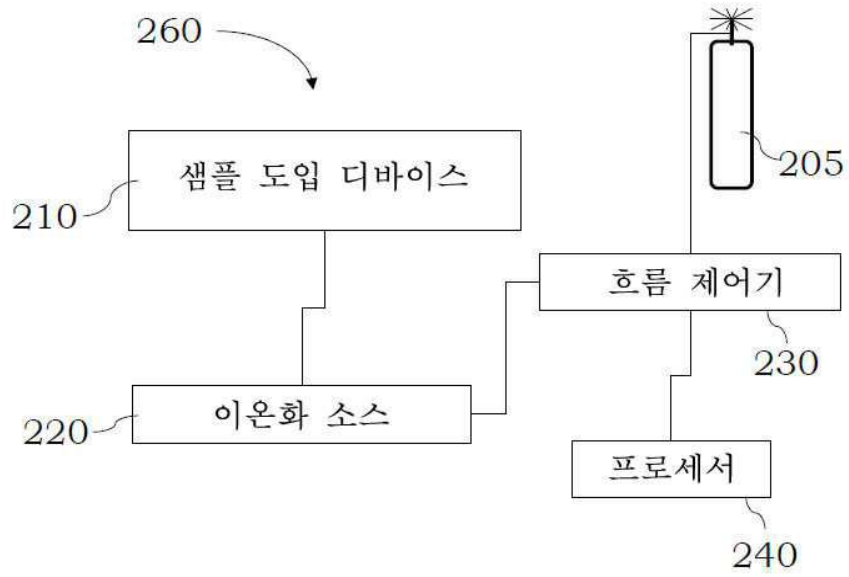
도면2a


200
205
샘플 도입 디바이스
210
흐름 제어기
230
프로세서
240
이온화 소스
220

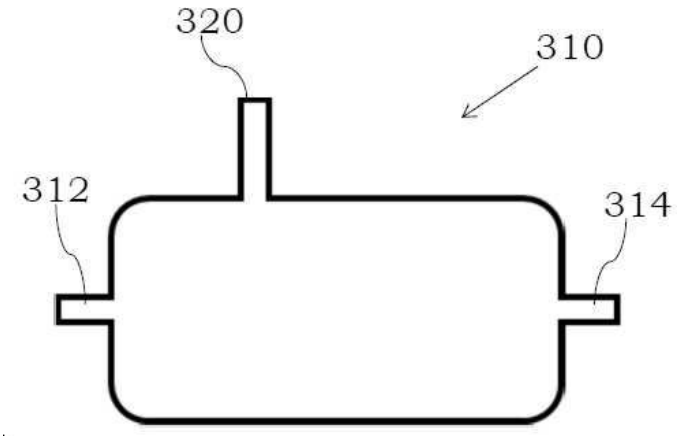
도면2b


250
205
샘플 도입 디바이스
210
흐름 제어기
230
220
이온화 소스
프로세서
240

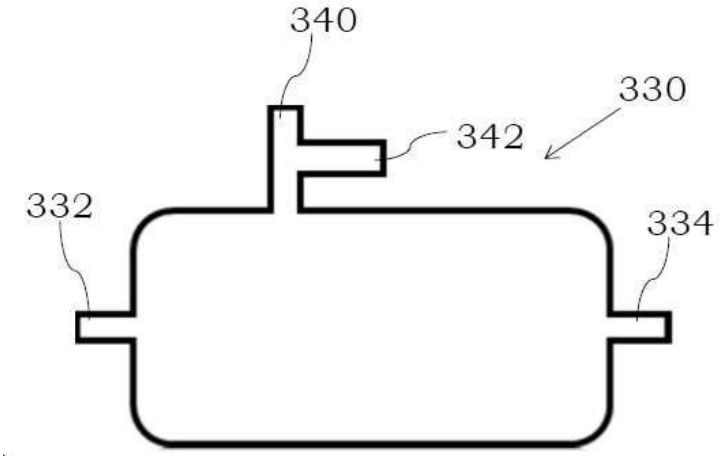
도면2c


260
205
샘플 도입 디바이스
210
흐름 제어기
230
220
이온화 소스
프로세서
240

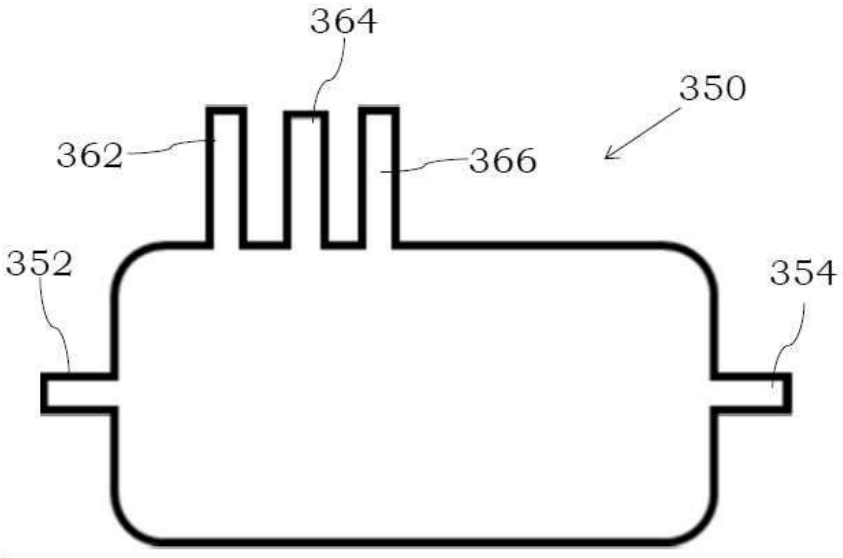
도면3a



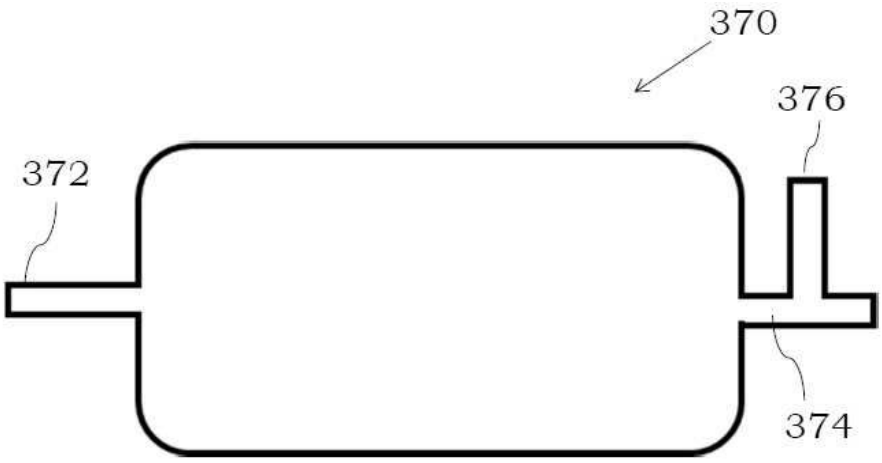
도면3b



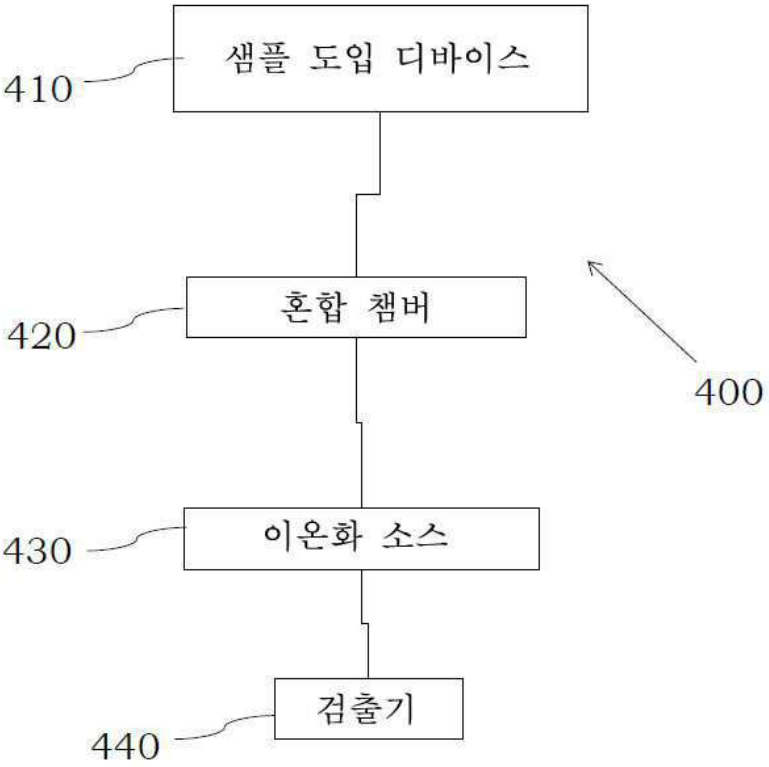
도면3c



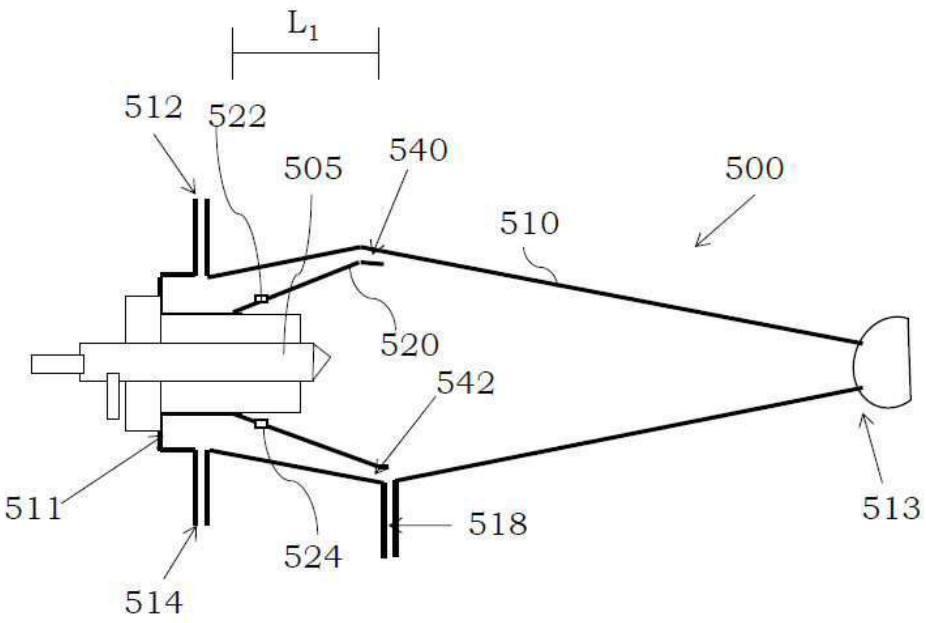
도면3d



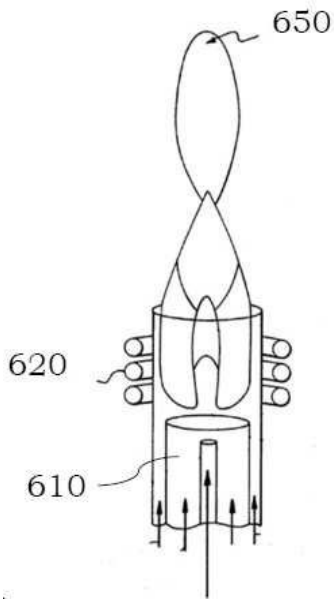
도면4



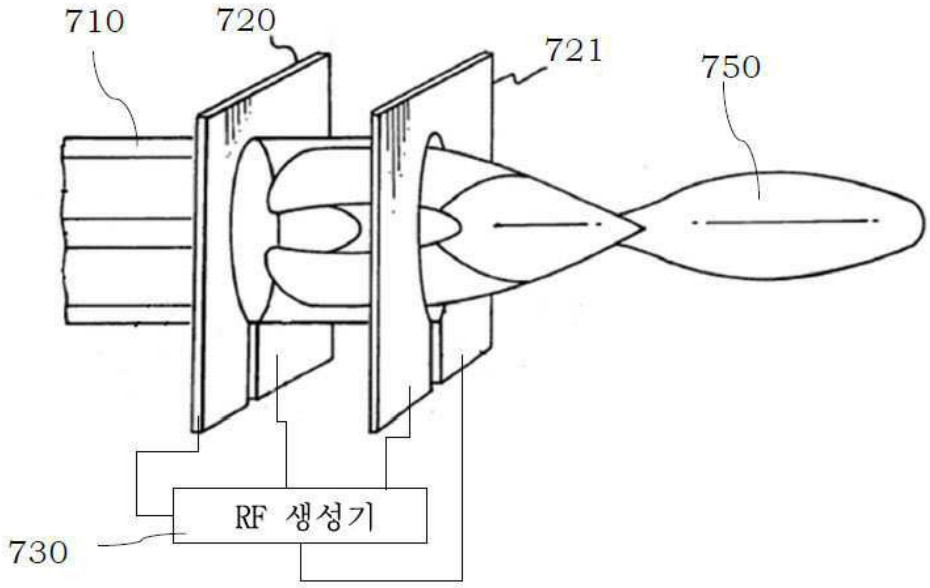
도면5


L1
512
522
505
540
500
510
520
542
511
524
518
513
514

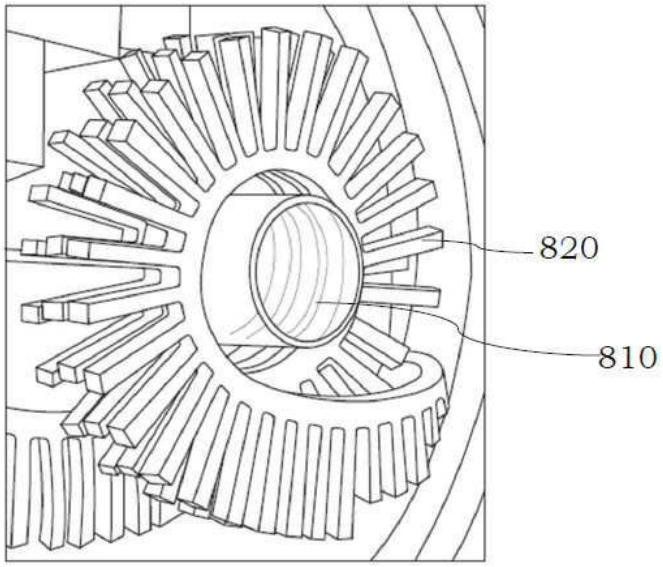
도면6


650
620
610

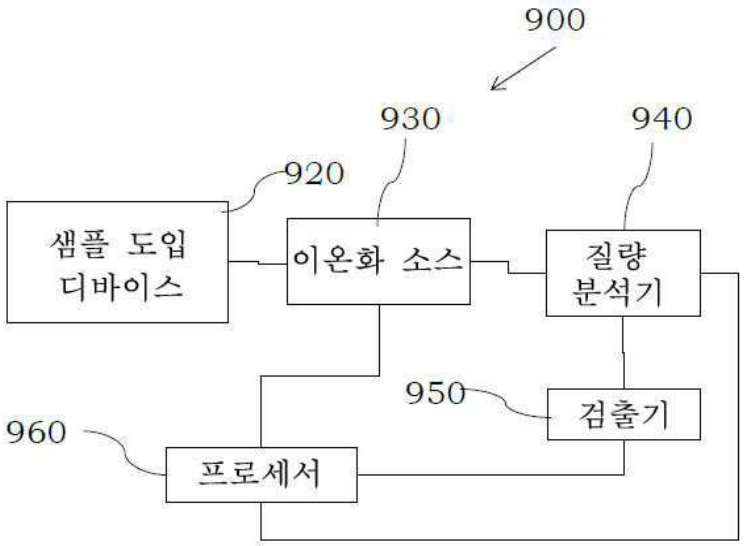
도면7



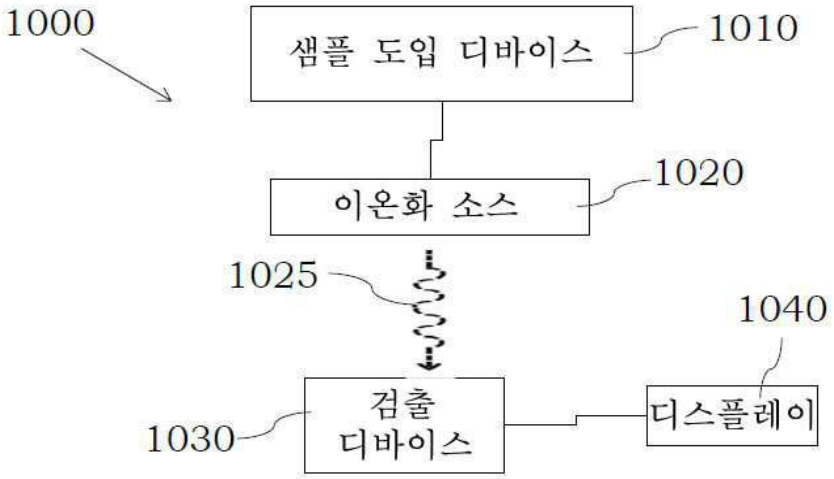
도면8



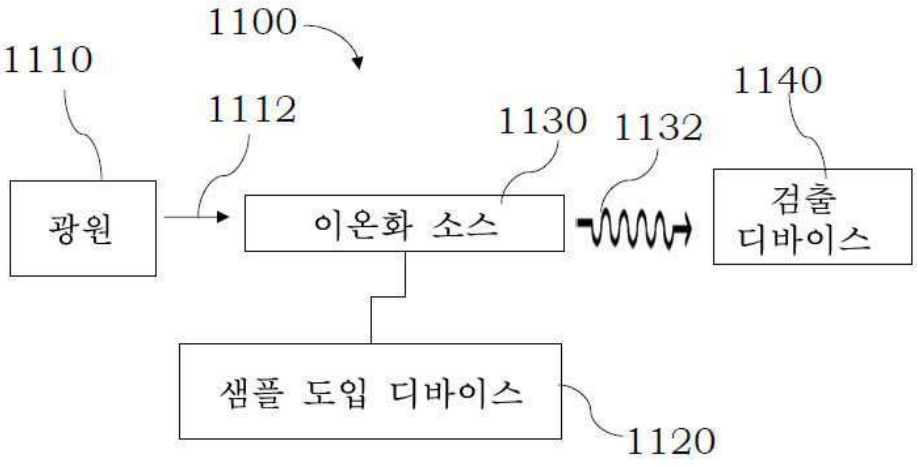
도면9



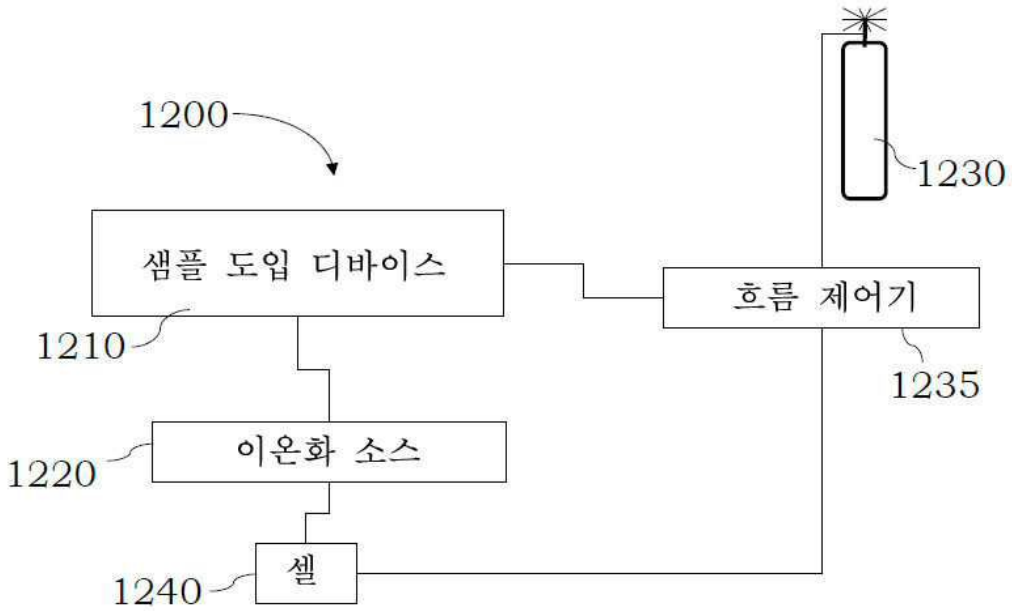
도면10



도면11



도면12



도면13

표 3

원소	질소 가스 없음	질소 가스 추가
Li7	0.03	0.04
Be9	0.08	0.07
Na23	0.86	0.36
Mg24	0.82	0.93
K39	0.62	0.26
Ca40	4.72	6.24
Ti48	0.53	1.62
V51	1.27	0.87
Cr52	0.69	0.26
Mn55	0.20	0.16
Fe56	2.24	1.59
Ni58	0.58	0.15
Co59	0.46	0.15
Ni60	0.50	0.14
Cu63	0.26	0.08
Zn64	0.15	0.45
Cu65	0.25	0.10
Zn66	0.09	0.28
As75	0.95	0.38
Se82	0.00	0.00
Rb85	0.30	0.07
Sr88	0.01	0.01
Ag107	0.20	0.66
Cd111	0.00	0.01
In115	0.01	0.00
Cs133	0.02	0.01
Ba138	0.01	0.02
Ce140	0.00	0.00
Tl205	2.02	0.99
Pb208	0.02	0.01
Bi209	0.03	0.04
U238	0.06	0.04