(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0009572
(43) 공개일자 2016년01월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/265 (2006.01) *H01J 37/08* (2006.01)
H01J 37/317 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/26506 (2013.01)
H01J 37/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7033138
(22) 출원일자(국제) 2014년05월21일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2015년11월19일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/039028
(87) 국제공개번호 WO 2014/190087
국제공개일자 2014년11월27일
(30) 우선권주장
13/898,809 2013년05월21일 미국(US)

(71) 출원인
인티그리스, 인코포레이티드
미국 매사추세츠주 01821 콩코드 로드 빌러리카 129
(72) 발명자
마이어 제임스 제이
미국 텍사스주 78623 피셔 스탤리온 스프링스 드라이브 2111
레이 리차드 에스
미국 코네티컷주 06776 뉴 밀포드 콘코드 웨이 21
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인

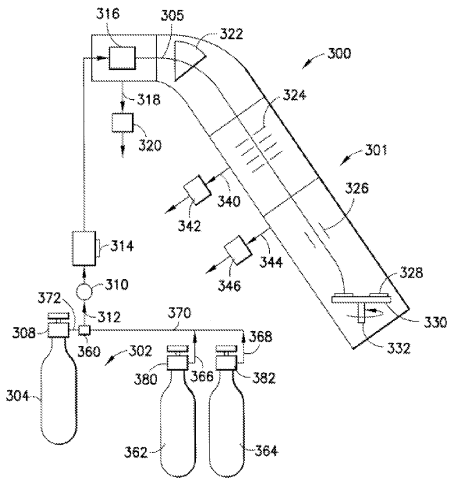
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 **규소 풍부 전구체 조성물 및 이를 이용하기 위한 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은, 동위원소 풍부한 규소 전구체 조성물이 결여된 상응하는 이온 주입에 비해 이온 주입에서 이온 주입 시스템의 성능을 향상시키는데 유용한 동위원소-풍부한 규소 전구체 조성물에 관한 것이다. 규소 도판트 조성물은 ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 존재비 초과량으로 동위원소-풍부한 하나 이상의 규소 화합물을 포함하고, 보조-종 가스 및 희석 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스를 포함할 수 있다. 또한, 이런 규소 도판트 조성물을 이온 주입기에 제공하기 위한 도판트 가스 공급 장치뿐만 아니라 이런 도판트 가스 공급 장치를 포함하는 이온 주입 시스템이 기재된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01J 37/3171 (2013.01)
H01J 2237/006 (2013.01)
H01L 2924/01014 (2013.01)
(72) 발명자
카임 로버트
미국 매사추세츠주 02446 브룩클린 워싱턴 스트리트 762
스위니 조셉 디
미국 코네티컷주 06776 뉴 밀포드 랜스 레인 9

명 세 서

청구범위

청구항 1

규소 도판트 조성물을 이온화시켜 이온화된 규소를 형성하는 단계, 및

상기 이온화된 규소를 기판과 접촉시켜 기판에 규소를 주입시키는 단계

를 포함하는, 규소를 이온 주입하는 방법으로서, 이때

상기 규소 도판트 조성물이, ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 발생비(natural abundance) 초과량으로 동위원소-풍부한(isotopically enriched) 하나 이상의 규소 화합물을 포함하고,

상기 규소 도판트 조성물이 ^{29}Si가 풍부한 사불화 규소로 이루어진 경우, 풍부 수준은 50 원자% 초과 100 원자% 이하인, 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 규소 도판트 조성물이 (i) 규소 도판트 가스로서의 기상 형태의 상기 규소 화합물, 및 (ii) 보조-종(co-species) 가스 및 희석 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스를 포함하는, 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 규소 도판트 조성물이, 이온화 장치를 사용하여 이온화되어 규소 이온의 이온 빔을 생성하고,

상기 방법이, 전계에 의해 상기 이온 빔을 가속화시켜 상기 접촉 단계에서 기판에 규소를 주입하는 것을 포함하는, 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 이온화된 규소가 플라즈마 함침 공정으로 기판과 접촉하여 기판에 규소를 주입시키는, 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 규소 도판트 조성물이, 사불화 규소(SiF_4), 실란(SiH_4), 다이실란(Si_2H_6), C_1-C_8 알킬실란, 플루오로실란, 및 클로로실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 규소 화합물을 포함하는, 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 규소 화합물이, ^{28}Si가 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 것인, 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 규소 화합물이, ^{28}Si가 92.3 원자% 초과 100 원자% 이하의 농도 범위로 동위원소-풍부한 사불화 규소를 포함하는 것인, 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 사불화 규소가, ^{28}Si가 단독동위원소성(homoisotopic)인 것인, 방법.

청구항 9

제 2 항에 있어서,

상기 보충 가스가, 아르곤, 수소, 불소, 크립톤, 네온, 헬륨, 암모니아, 아민, 물, 포스핀, 아르신(arsine), 저메인(germane), 수소 셀레나이드, 수소 설파이드, 질소, 산소, 일산화 탄소, 제논 다이플루오라이드, 다이보란, 메탄, 및 제논으로 이루어진 군으로부터 선택되는 희석 가스를 포함하는, 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 도판트 가스 조성물이 하기로 이루어진 군으로부터 선택되는 가스 조성물을 포함하는, 방법:

(i) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 제논 및 수소;

(ii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 실란;

(iii) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 실란;

(iv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 아르곤;

(v) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 다이실란;

(vi) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 다이실란;

(vii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소;

(viii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아;

(ix) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 제논;

(x) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소 및 크립톤;

(xi) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 크립톤;

(xii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소;

(xiii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 제논;

(xiv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 크립톤; 및

(xv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와, 수소, 질소, 암모니아, 제논, 및 아르곤 중 하나 이상.

청구항 11

(A) 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스와의 혼합물 형태로 규소 도판트 가스를 포함하는 규소 도판트 조성물을 함유하는 가스 저장 및 분사 용기로서, 이때 상기 규소 도판트 조성물은, ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 하나 이상의 기상 규소 화합물을 포함하는, 가스 저장 및 분사 용기; 및

(B) (i) 규소 도판트 가스를 함유하는 제 1 가스 저장 및 분사 용기, 및 (ii) 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스를 보유하는 제 2 가스 저장 및 분사 용기를 포함하는 가스 공급 키트로서, 이때 규소 도판트 가스 및 존재하는 경우의 보조-종 가스 중 하나 이상은, ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 것인, 가스 공급 키트

로 이루어진 군으로부터 선택되는, 규소의 이온 주입을 위한 도판트 가스 조성물 공급기.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

사불화 규소(SiF_4), 실란(SiH_4), 다이실란(Si_2H_6), C_1-C_8 알킬실란, 플루오로실란, 및 클로로실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 규소 화합물을 포함하는, 도판트 가스 조성물 공급기.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 규소 화합물이, ^{28}Si가 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 것인, 도판트 가스 조성물 공급기.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 규소 화합물이, ^{28}Si가 92.3 원자% 초과 100 원자% 이하의 농도 범위로 동위원소-풍부한 사불화 규소를 포함하는 것인, 도판트 가스 조성물 공급기.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 사불화 규소가, ^{28}Si가 단독동위원소성인 것인, 도판트 가스 조성물 공급기.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

상기 보충 가스가, 아르곤, 수소, 불소, 크립톤, 네온, 헬륨, 암모니아, 아민, 물, 포스핀, 아르신, 저메인, 수소 셀레나이드, 수소 설파이드, 질소, 산소, 일산화 탄소, 제논 다이플루오라이드, 다이보란, 메탄, 및 제논으로 이루어진 군으로부터 선택되는 희석 가스를 포함하는, 도판트 가스 조성물 공급기.

청구항 17

제 11 항에 있어서,

상기 도판트 가스 조성물이 하기로 이루어진 군으로부터 선택되는 가스 조성물을 포함하는, 도판트 가스 조성물 공급기:

(i) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 제논 및 수소;

(ii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 실란;

(iii) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 실란;

(iv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 아르곤;

(v) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 다이실란;

(vi) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 다이실란;

(vii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소;

(viii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아;

(ix) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 제논;

(x) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소 및 크립톤;

(xi) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 크립톤;

(xii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소;

(xiii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 제논;

(xiv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 크립톤; 및

(xv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와, 수소, 질소, 암모니아, 제논, 및 아르곤 중 하나 이상.

청구항 18

제 11 항에 있어서,

상기 도판트 가스 조성물 공급기가 (A)인, 도판트 가스 조성물 공급기.

청구항 19

제 11 항에 있어서,

상기 도판트 가스 조성물 공급기가 (B)인, 도판트 가스 조성물 공급기.

청구항 20

제 11 항에 따른 도판트 가스 조성물 공급기와 가스-수용 유동 연통(gas-receiving flow communication)식으로 구성된 이온 주입기를 포함하는 이온 주입 시스템.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 이온 주입기가

(A) 상기 도판트 가스 조성물 공급기로부터의 규소 도판트 조성물을 이온화시켜 이온화된 규소를 형성하고, 상기 이온화된 규소와 기판을 접촉시켜 기판에 규소를 주입하고;

(B) (i) 상기 이온화된 규소의 이온 빔을 생성시키고, 기판에 규소를 주입시키기 위해 상기 이온 빔을 전계에 의해 기판에 대해 가속시키거나, 또는 (ii) 기판에 규소를 주입시키기 위해 플라즈마 함침 공정을 수행하도록

개조된, 이온 주입 시스템.

청구항 22

제 11 항에 따른 도판트 가스 조성물 공급기를 이온 주입 시스템에서 사용하기 위해 제공하는 것을 포함하는, 이온 주입 시스템의 작동을 향상시키는 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 도판트 가스 조성물 공급기가 사불화 규소(SiF_4), 실란(SiH_4), 다이실란(Si_2H_6), C_1-C_8 알킬실란, 플루오로실란, 및 클로로실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 규소 화합물을 포함하는, 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 규소 화합물이, ^{28}Si가 92.3 원자% 초과 100 원자% 이하의 농도 범위로 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 사불화 규소를 포함하는 것인, 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 사불화 규소가, ^{28}Si가 단독동위원소성인 것인, 방법.

청구항 26

제 22 항에 있어서,

상기 보충 가스가, 아르곤, 수소, 불소, 크립톤, 네온, 헬륨, 암모니아, 아민, 물, 포스핀, 아르신, 저메인, 수소 셀레나이드, 수소 설파이드, 질소, 산소, 일산화 탄소, 제논 다이플루오라이드, 다이보란, 메탄, 및 제논으로 이루어진 군으로부터 선택되는 희석 가스를 포함하는, 방법.

청구항 27

제 22 항에 있어서,

상기 도판트 가스 조성물이 하기로 이루어진 군으로부터 선택되는 가스 조성물을 포함하는, 방법:

(i) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 제논 및 수소;

(ii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 실란;

(iii) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 실란;

(iv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 아르곤;

(v) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 다이실란;

(vi) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 다이실란;

(vii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소;

(viii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아;

(ix) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 제논;

(x) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소 및 크립톤;

(xi) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 크립톤;

(xii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소;

(xiii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 제논;

(xiv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 크립톤; 및

(xv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와, 수소, 질소, 암모니아, 제논, 및 아르곤 중 하나 이상.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 이온 주입용 규소 도판트 조성물, 및 이온 주입 시스템의 향상된 성능, 예컨대 이온 주입 시스템에서의 이온 공급원의 증가된 수명, 보다 높은 빔 전류의 달성 등을 성취하기 위한 이런 도판트 조성물의 용도에 관한 것이다.

[0002] 관련 출원과의 상호 참조

[0003] 본 국제 특허 출원은 "규소 풍부 전구체 조성물 및 이를 이용하기 위한 장치 및 방법"에 대해 제임스(James J. Mayer) 등의 명의로 2013년 5월 21일자로 출원된 미국 특허 출원 제 13/898,809 호를 우선권으로 주장한다. 미국 특허 출원 제 13/898,809 호는, 35 USC 119 하에서 "이온 주입 시스템의 이온 공급원의 수명 및 성능을 향상하기 위한 방법 및 장치"에 대해 로버트 카임(Robert Kaim) 등의 명의로 2010년 2월 26일자로 출원된 미국 임시 특허 출원 제 61/308,428 호 및 35 USC 119 하에서 "이온 주입 시스템의 이온 공급원의 수명 및 성능을 향상하기 위한 방법 및 장치"에 대해 로버트 카임 등의 명의로 2010년 10월 7일자로 출원된 미국 임시 특허 출원 제 61/390,715 호를 우선권으로 주장하는, 35 USC 120 하에서 "이온 주입 시스템의 이온 공급원의 수명 및 성능을 향상하기 위한 방법 및 장치"에 대해 로버트 카임 등의 명의로 2011년 2월 26일자로 국제 출원된 국제 출원 PCT/US2011/026388 호의 계속 출원인, 35 USC 120 하에서 "이온 주입 시스템의 이온 공급원의 수명 및 성능을 향상하기 위한 방법 및 장치"에 대해 로버트 카임 등의 명의로 2012년 2월 21일자로 출원된 미국 특허 출원 제 13/401,527 호(2012년 8월 7일자로 발행된 미국 특허 제 8,237,134 호)의 계속 출원인, 35 USC 120 하에서 "이온 주입 시스템의 이온 공급원의 수명 및 성능을 향상하기 위한 방법 및 장치"에 대해 로버트 카임 등의 명의로

2012년 8월 6일자로 출원된 미국 특허 출원 제 13/567,571 호(2013년 3월 19일자로 발행된 미국 특허 제 8,399,865 호)의 계속 출원인, 35 USC 120 하에서 "이온 주입 시스템의 이온 공급원의 수명 및 성능을 향상하기 위한 방법 및 장치"에 대해 로버트 카임 등의 명의로 2013년 3월 15일자로 출원된 미국 특허 출원 제 13/840,961 호의 계속 출원이다. 전술된 출원들의 개시내용을 각각 그 전체로 모든 목적을 위해 본원에 참고로 인용한다.

배 경 기 술

[0004] 적용례, 예컨대 반도체 제조 및 광전자 제품 제조에서 실시되는 이온 주입은, 기판 상에 주입 종의 활동적인(energetic) 이온을 충돌시켜 기판, 예컨대 웨이퍼에 주입 종을 혼입시키는 것을 포함한다. 이온성 주입 종을 생성시키기 위해, 도판트 종을 포함하는 도판트 조성물을 이온화시킨다. 이러한 이온화는 이온 공급원을 사용하여 이온 빔을 발생시킴으로써 수행된다.

[0005] 이온 공급원에서 생성된 이온 빔은 추출, 자성 여과, 가속/감속, 분석기 자석 가공, 시준, 주사 및 자성 교정에 의해 가공되어 기판 상에 충돌되는 최종 이온 빔을 생성한다.

[0006] 유도 가열된 캐쏘드 이온 공급원, 프리만(Freeman), 버나스(Bernas) 등을 비롯한 다양한 형태의 이온 공급원이 개발되었지만, 사용되는 이온 공급원의 특정 유형에 관계없이, 이온 공급원은 이온 공급원의 중단, 유지 또는 수리를 필요로 하는 "고장(glitching)" 또는 다른 손상 또는 망실을 일으키지 않으면서 연장된 기간 동안 연속 작동이 가능해야 한다. 따라서, 이온 공급원 수명은 이온 주입 시스템의 중요한 특징이다.

[0007] 더욱 일반적으로, 이온 주입 시스템은 바람직하게는 시스템의 낮은 작동 비용에서 높은 웨이퍼 처리량을 달성하도록 구성 및 작동된다.

[0008] 규소는 다양한 반도체 제조 작동에서 통상적으로 사용되는 침착 및/또는 도판트 종이다. 예컨대, 사불화 규소, SiF_4는 집적 회로의 표면을 개질하기 위해 사용되는 규소 이온을 생성하기 위한 전구체 물질로서 사용될 수 있다. SiF_4는 다양한 적용례, 예컨대 예비-비정질화(pre-amorphization) 주입에서 사용되거나 금속 침착의 선택성에 영향을 주기 위해 사용될 수 있다.

[0009] 이온 주입 시스템에서 긴 이온 공급원 수명, 높은 웨이퍼 처리량 및 낮은 작동 비용을 성취하는 것에 대한 요구의 결과로서, 업계에서는 이런 고성능 작동을 가능케 하는 효율적 전구체 조성물을 개발하려는 노력을 계속하고 있다.

발명의 내용

[0010] 본 발명은 이온 주입용 규소 도판트 조성물, 및 이온 주입 시스템의 향상된 성능, 예컨대 이온 주입 시스템에서의 이온 공급원의 증가된 수명, 보다 높은 빔 전류의 달성 또는 기타 성능 이점을 성취하기 위한 이런 도판트 조성물의 용도에 관한 것이다.

[0011] 하나의 양태에서, 본 발명은, 규소 도판트 조성물을 이온화시켜 이온화된 규소를 형성하는 단계, 및 상기 이온화된 규소를 기판과 접촉시켜 기판에 규소를 주입시키는 단계를 포함하는, 규소를 이온 주입하는 방법에 관한 것으로서, 이때 상기 규소 도판트 조성물이, ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 발생비(natural abundance) 초과량으로 동위원소-풍부한(isotopically enriched) 하나 이상의 규소 화합물을 포함하고, 상기 규소 도판트 조성물이 ^{29}Si가 풍부한 사불화 규소로 이루어진 경우, 풍부 수준은 50 원자% 초과 100 원자% 이하이다.

[0012] 또 다른 양태에서, 본 발명은, (A) 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스와의 혼합물 형태로 규소 도판트 가스를 포함하는 규소 도판트 조성물을 함유하는 가스 저장 및 분사 용기로서, 이때 상기 규소 도판트 조성물은, ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 하나 이상의 기상 규소 화합물을 포함하는, 가스 저장 및 분사 용기; 및 (B) (i) 규소 도판트 가스를 함유하는 제 1 가스 저장 및 분사 용기, 및 (ii) 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스를 보유하는 제 2 가스 저장 및 분사 용기를 포함하는 가스 공급 키트로서, 이때 규소 도판트 가스 및 존재하는 경우의 보조-종 가스 중 하나 이상은, ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 것인, 가스 공급 키트로 이루어진 군으로부터 선택되는, 규소의 이온 주입을 위한 도판트 가스 조성물 공급기에 관한 것이

다.

[0013] 본 발명의 추가의 양태는, 본 발명의 도판트 가스 조성물 공급기와 가스-수용 유동 연통식으로 구성된 이온 주입기를 포함하는 이온 주입 시스템에 관한 것이다.

[0014] 본 발명의 또 다른 양태는, 본 발명의 도판트 가스 조성물 공급기를 이온 주입 시스템에서 사용하기 위해 제공하는 것을 포함하는, 이온 주입 시스템의 작동을 향상시키는 방법에 관한 것이다.

[0015] 본 발명의 다른 양태, 특징 및 실시양태는 이후의 발명의 상세한 설명 및 첨부된 특허청구범위로부터 더욱 전체적으로 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 하나의 양태에 따른 이온 주입 공정 시스템의 개략도이다.

도 2는 본 발명의 다른 양태에 따른 이온 주입 공정 시스템의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본원에 사용된 단수 형태는 문맥상 달리 명백히 나타내지 않는 한 복수의 대상물을 포함한다.

[0018] 본 발명은, 본 발명의 특징, 양태 및 실시양태와 관련하여 본원에 다양하게 개시된 바와 같이, 구체적인 구현양태에서 상기 특징, 양태 및 실시양태의 일부 또는 전부뿐만 아니라 본 발명의 다양한 추가적인 구현양태를 구성하도록 집합된 이들의 요소 및 구성요소를 포함하거나, 이들로 이루어지거나, 또는 이들로 본질적으로 이루어지는 것으로 구성될 수 있다. 본 발명은 본 발명의 다양한 특징 및 양태에 관하여 본원에 다양한 실시양태로 개시된다. 본 발명은 이러한 특징, 양태 및 실시양태의 다양한 변형 및 조합이 본 발명의 범주 내에 드는 것으로 고려한다. 따라서, 본 발명은 이들 특정 특징, 양태 및 실시양태, 또는 이들 중 선택된 것(들)의 임의의 조합 및 변형을 포함하거나, 이들로 이루어지거나, 또는 이들로 본질적으로 이루어지는 것으로 구체화된다.

[0019] 본 발명의 화합물, 조성물, 특징, 단계 및 방법은 본원에 개시된 이들의 다양한 사양 및 예시와 관련하여, 적용 가능하다면, 특정 치환기, 동위원소, 잔기, 구조, 성분, 특징, 단계 또는 조건을 배제하는 단서 또는 한정에 의해 특정 실시양태로 더 구체화된다.

[0020] 본 발명은 이온 주입용 규소 도판트 조성물, 및 이온 주입 시스템의 향상된 성능을 성취하기 위한 이런 도판트 조성물의 용도뿐만 아니라 이런 규소 도판트 조성물의 사용을 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 이런 향상된 성능은, 본 발명의 동위원소-풍부한 도판트 가스 조성물이 결여된 상응하는 이온 주입 시스템에 비해 예컨대 이온 주입 시스템에서의 이온 공급원의 증가된 수명, 보다 높은 빔 전류의 달성 또는 기타 성능 이점을 포함할 수 있다.

[0021] 더욱 구체적으로, 본 발명은 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 하나 이상의 규소-함유 화합물을 포함하는 규소 도판트 조성물에 관한 것이다. 규소는 하기의 자연 발생적 동위원소를 하기 열거된 원자%로 포함하며, 이때 모든 이런 동위원소 퍼센트는 합계 100 원자%이다.

[0022]

규소 동위원소	자연 발생비, 원자%
^{28}Si	92.2
^{29}Si	4.7
^{30}Si	3.1

[0023] 규소 도판트 가스 및/또는 보조-종 가스와 관련하여 본원에서 사용되는 용어 "동위원소-풍부한" 또는 "풍부한"은, 이런 가스(들) 중의 도판트 종이, 도판트 종의 자연 발생적 동위원소 분포로부터 변하여, ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 발생비적 양보다 높게 존재하는 것을 의미한다. 그러므로, 용어 "동위원소-풍부한"은, 고려되는 특정 동위원소 종의 (자연 발생비 수준 대비) 증가된 농도를 지시하는 것으로서 이해된다. 특정 규소 동위원소 종과 관련하여 용어 "단독동위원소성(homoisotopic)"은, 가스 또는 조성물이 100 원자%의 이런 특정 규소 동위원소를 함유하는 것을 의미한다.

[0024] 본 발명의 규소 도판트 조성물에서, 하나 이상의 자연 발생적 규소 동위원소는 이의 자연 발생비를 초과하는 수준으로 조성물에 존재한다. 많은 변형이 가능하다. 예컨대, 도판트 조성물은 모든 3종의 자연 발생적 동위원

소를 함유할 수 있고, 이때 이런 동위원소 중 하나 또는 둘은 자연 발생비를 초과하는 수준으로 존재한다. 다르게는, 도판트 조성물은 이런 동위원소 중 단지 단일의 하나만을 100% 존재비로 함유할 수 있다. 다르게는, 도판트 조성물은 이런 동위원소 중 2개를 함유할 수 있고, 이때 하나 이상이 자연 발생비를 초과한다.

[0025] 본 발명의 규소 도판트 조성물은, 규소 도판트 조성물을 함유하는 가스 공급 용기(들)를 포함하는 가스 공급 패키지에 제공될 수 있다. 이를 위해, 규소 도판트 조성물은, 임의적으로 보충 가스와의 혼합물 형태로, 규소 도판트 가스를 함유하는 단일 용기에 공급될 수 있거나, 또는 규소 도판트 조성물은, 규소 도판트 가스를 함유하는 하나의 용기, 및 보충 가스(예컨대, 이런 다른 용기 중 하나는 보조-종 및/또는 희석 가스를 함유하고, 이런 용기 중 또 다른 하나는 동일하거나 상이한 가스를 함유함)를 함유하는 또 다른 용기를 포함하는 다중 용기에 제공되어 이온 주입 시스템 및 공정용 가스 공급기를 집단적으로 구성할 수 있다. 규소 도판트 조성물 공급 패키지는 다양한 유형의 용기를 포함할 수 있고, 예컨대 이후에서 추가로 기재되는, 흡착제계 유체 저장 및 분사 용기(들) 및/또는 압력-조절식 유체 저장 및 분사 용기(들)을 포함할 수 있다. 다양한 보충 가스 종이 본 발명의 규소 도판트 조성물에서 사용될 수 있다.

[0026] 이온 주입 시스템 및 공정에서 사용되는 본 발명의 동위원소-풍부한 규소 도판트 조성물은, 이런 동위원소-풍부한 규소 도판트 조성물을 사용하지 않는 상응하는 이온 주입 시스템 및 공정에 비해 향상된 성능, 예컨대 향상된 수명, 보다 높은 빔 전류, 보다 낮은 가스 유속 등을 성취한다.

[0027] 본원에 사용된 "도판트 가스"라는 용어는 비-도판트 성분, 예를 들어 수소화물, 할로겐화물, 유기 또는 다른 잔기에 배위되거나 회합되는 도판트 종, 즉 이온 주입 기판에 주입되는 종을 비롯한 기상 물질을 나타낸다. 규소 도판트 가스의 예는, 비제한적으로, 사불화 규소(SiF_4), 실란(SiH_4), 다이실란(Si_2H_6), C_1-C_8 알킬실란(예컨대, SiH_3CH_3, $SiH_2(CH_3)_2$, $SiH(CH_3)_3$, $Si(CH_3)_4$, $SiH_3(C_2H_5)$, $SiH_2(C_2H_5)_2$, $SiH(C_2H_5)_3$, $Si(C_2H_5)_4$, 등), 플루오로실란(예컨대, $SiHF_3$, SiH_2F_2, SiH_3F), 및 클로로실란(예컨대, $SiCl_4$, $SiHCl_3$, SiH_2Cl_2, SiH_3Cl)을 포함한다.

[0028] 본원에 사용된 "보충 가스"라는 용어는 희석 가스 또는 보조-종 가스를 나타낸다.

[0029] 희석 가스는, 도판트 종을 함유하지 않으며 도판트 가스를 갖는 혼합물에서 효과적이어서 희석 가스의 부재 하에 도판트 가스를 처리하는 상응하는 이온 공급원의 수명 및 성능에 비해 상기 도판트 가스를 갖는 희석 가스-함유 혼합물을 처리하는 이온 공급원의 수명 및 성능을 향상하는 가스이다. 예시적인 희석 가스의 예는 아르곤, 수소, 불소, 크립톤, 네온, 헬륨, 암모니아, 아민, 물, 포스핀, 아르신, 저메인, 수소 셀레나이드, 수소 설파이드, 질소, 산소, 일산화 탄소, 제논 다이플루오라이드, 다이보란, 메탄, 및 제논을 포함한다.

[0030] 보조-종(co-species) 가스는, 도판트 가스와 동일한 도판트 종을 함유하는 가스로서, 상기 동일한 도판트 종은 상기 도판트 가스의 비-도판트 성분과 상이한 비-도판트 성분에 배위되거나 회합된다.

[0031] 예를 들면, 상기 도판트 가스는 사불화 규소, (SiF_4)일 수 있고, 상기 보조-종 가스는 실란, SiH_4일 수 있다. 이런 보조-종 조성물의 다양한 실시양태에서, 도판트 가스 및 보조-종 가스는 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부할 수 있다. 다른 실시양태에서, 보조-종 가스는 규소를 이의 자연 발생적 동위원소의 자연 발생비 및 분포로 함유할 수 있다. 또 다른 실시양태에서, 보조-종 가스는 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비를 초과하여 풍부할 수 있는 반면, 도판트 가스는 이의 규소 함량의 동위원소 분포가 자연 발생비인 것이다.

[0032] 다양한 실시양태에서 본 발명은, 규소 도판트 조성물을 이온화시켜 이온화된 규소를 형성하는 단계, 및 상기 이온화된 규소를 기판과 접촉시켜 기판에 규소를 주입시키는 단계를 포함하는, 규소를 이온 주입하는 방법에 관한 것으로서, 이때 상기 규소 도판트 조성물이, ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 하나 이상의 규소 화합물을 포함하고, 상기 규소 도판트 조성물이 ^{29}Si가 풍부한 사불화 규소로 이루어진 경우, 풍부 수준은 50 원자% 초과 100 원자% 이하이다.

[0033] 이런 방법에서, 상기 규소 도판트 조성물은 (i) 규소 도판트 가스로서의 기상 형태의 전술된 규소 화합물, 및 (ii) 보조-종 가스 및 희석 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스를 포함한다.

[0034] 상기 방법은, 상기 규소 도판트 조성물이, 이온화 장치를 사용하여 이온화되어 규소 이온의 이온 빔을 생성하고, 상기 이온 빔이 전계에 의해 가속되어 접촉 작동으로 기판에 규소를 주입하는 것에 의해 수행될 수 있다. 다르게는, 상기 이온화된 규소는 플라즈마 함침 공정으로 기판과 접촉하여 기판에 규소를 주입시킬 수 있다. 상기의 논의에서 기재된 바와 같이, 상기 규소 도판트 조성물은 사불화 규소(SiF_4), 실란(SiH_4), 다이실

란(Si_2H_6), C_1-C_8 알킬실란, 플루오로실란, 및 클로로실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 규소 화합물을 포함할 수 있다.

[0035] 특정 실시양태에서 상기 방법은, ^{28}Si가 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 규소 화합물, 예컨대 ^{28}Si가 92.3 원자% 초과 100 원자% 이하의 농도 범위로 동위원소-풍부한 사불화 규소를 사용하여 수행될 수 있다. 특정 실시양태에서 상기 사불화 규소는, ^{28}Si가 단독동위원소성인 것일 수 있다.

[0036] 본 발명의 규소 도판트 조성물에서 사용되는 보충 가스는 임의의 적합한 유형의 것일 수 있고, 예컨대 아르곤, 수소, 불소, 크립톤, 네온, 헬륨, 암모니아, 아민, 물, 포스핀, 아르신, 저메인, 수소 셀레나이드, 수소 설파이드, 질소, 산소, 일산화 탄소, 제논 다이플루오라이드, 다이보란, 메탄, 및 제논으로 이루어진 군으로부터 선택되는 희석 가스를 포함할 수 있다.

[0037] 매우 다양한 도판트 가스 조성물이 본 발명의 폭 넓은 실시에서 사용될 수 있으며, 이는 하기로 이루어진 군으로부터 선택되는 가스 조성물을 포함한다:

[0038] (i) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 제논 및 수소;

[0039] (ii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 실란;

[0040] (iii) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 실란;

[0041] (iv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 아르곤;

[0042] (v) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 다이실란;

[0043] (vi) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 다이실란;

[0044] (vii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소;

[0045] (viii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아;

[0046] (ix) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 제논;

[0047] (x) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소 및 크립톤;

[0048] (xi) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 크립톤;

[0049] (xii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소;

[0050] (xiii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 제논;

[0051] (xiv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 크립톤; 및

[0052] (xv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와, 수소, 질소, 암모니아, 제논, 및 아르곤 중 하나 이상.

[0053] 본 발명은, (A) 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스와의 혼합물 형태로 규소 도판트 가스를 포함하는 규소 도판트 조성물을 함유하는 가스 저장 및 분사 용기로서, 이때 상기 규소 도판트 조성물은, ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 하나 이상의 기상 규소 화합물을 포함하는, 가스 저장 및 분사 용기; 및 (B) (i) 규소 도판트 가스를 함유하는 제 1 가스 저장 및 분사 용기, 및 (ii) 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스를 보유하는 제 2 가스 저장 및 분사 용기를 포함하는 가스 공급 키트로서, 이때 규소 도판트 가스 및 존재하는 경우의 보조-종 가스 중 하나 이상은, ^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si 중 하나 이상이 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 것인, 가스 공급 키트로 이루어진 군으로부터 선택되는, 규소의 이온 주입을 위한 도판트 가스 조성물 공급기에 관한 것이다.

[0054] 상기 도판트 가스 조성물 공급기는 사불화 규소(SiF_4), 실란(SiH_4), 다이실란(Si_2H_6), C_1-C_8 알킬실란, 플루오로실란, 및 클로로실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 규소 화합물을 포함할 수 있다. 특정 실시양태에서, 상기 규소 화합물은, ^{28}Si가 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 규소 화합물, 예컨대 ^{28}Si가 92.3 원자% 초과 100 원자% 이하의 농도 범위로 동위원소-풍부한 사불화 규소이다. 상기 사불화 규소는, 상기 도판트 가스 조성물 공급기의 특정 주입에서 ^{28}Si가 단독동위원소성인 것일 수 있다.

[0055] 다양한 실시양태에서 도판트 가스 조성물 공급기는 아르곤, 수소, 불소, 크립톤, 네온, 헬륨, 암모니아, 아민, 물, 포스핀, 아르신, 저메인, 수소 셀레나이드, 수소 설파이드, 질소, 산소, 일산화 탄소, 제논 다이플루오라이드, 다이보란, 메탄, 및 제논으로 이루어진 군으로부터 선택되는 희석 가스를 포함하는 보충 가스를 포함한다. 특정 적용례에서 도판트 가스 조성물 공급기는, 하기로 이루어진 군으로부터 선택되는 가스 조성물을 포함하는 도판트 가스 조성물을 제공하도록 구성될 수 있다:

[0056] (i) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 제논 및 수소;

[0057] (ii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 실란;

[0058] (iii) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 실란;

[0059] (iv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 아르곤;

[0060] (v) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 다이실란;

[0061] (vi) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 다이실란;

[0062] (vii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소;

[0063] (viii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아;

[0064] (ix) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 제논;

[0065] (x) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소 및 크립톤;

[0066] (xi) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 크립톤;

[0067] (xii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소;

[0068] (xiii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 제논;

[0069] (xiv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 크립톤; 및

[0070] (xv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와, 수소, 질소, 암모니아, 제논, 및 아르곤 중 하나 이상.

[0071] 추가 양태에서 본 발명은, 상기에서 다양하게 기재된 도판트 가스 조성물 공급기와 가스-수용 유동 연통식으로 구성된 이온 주입기를 포함하는 이온 주입 시스템에 관한 것이다. 상기 이온 주입 시스템에서, 상기 이온 주입기는, (A) 상기 도판트 가스 조성물 공급기로부터의 규소 도판트 조성물을 이온화시켜 이온화된 규소를 형성하고, 상기 이온화된 규소와 기판을 접촉시켜 기판에 규소를 주입하고;

[0072] (B) (i) 상기 이온화된 규소의 이온 빔을 생성시키고, 기판에 규소를 주입시키기 위해 상기 이온 빔을 전계에 의해 기판에 대해 가속시키거나, 또는 (ii) 기판에 규소를 주입시키기 위해 플라즈마 함침 공정을 수행하도록 개조될 수 있다.

[0073] 본 발명은 또한, 상기에서 다양하게 기재된 도판트 가스 조성물 공급기를 이온 주입 시스템에서 사용하기 위해 제공하는 것을 포함하는, 이온 주입 시스템의 작동을 향상시키는 방법을 고려한다. 이런 방법은 다양한 방식으로 수행될 수 있다. 예컨대, 상기 도판트 가스 조성물 공급기는 사불화 규소(SiF_4), 실란(SiH_4), 다이실란(Si_2H_6), C_1-C_8 알킬실란, 플루오로실란, 및 클로로실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 규소 화합물을 포함할 수 있다. 특정 실시양태에서의 규소 화합물은, ^{28}Si가 92.3 원자% 초과 100 원자% 이하의 농도 범위로 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 사불화 규소(SiF_4), 예컨대 ^{28}Si가 단독동위원소성인 사불화 규소를 포함할 수 있다. 아르곤, 수소, 불소, 크립톤, 네온, 헬륨, 암모니아, 아민, 물, 포스핀, 아르신, 저메인, 수소 셀레나이드, 수소 설파이드, 질소, 산소, 일산화 탄소, 제논 다이플루오라이드, 다이보란, 메탄, 및 제논으로 이루어진 군으로부터 선택되는 희석 가스를 포함하는 보충 가스가 사용될 수 있다.

[0074] 특정 실시양태에서, 상기 방법은 하기로 이루어진 군으로부터 선택되는 가스 조성물을 포함하는 도판트 가스 조성물을 사용하여 수행될 수 있다:

[0075] (i) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 제논 및 수소;

[0076] (ii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 실란;

[0077] (iii) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 실란;

[0078] (iv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 아르곤;

[0079] (v) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 다이실란;

[0080] (vi) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 다이실란;

[0081] (vii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소;

[0082] (viii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아;

[0083] (ix) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 제논;

[0084] (x) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소 및 크립톤;

[0085] (xi) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 크립톤;

[0086] (xii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소;

[0087] (xiii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 제논;

[0088] (xiv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 크립톤; 및

[0089] (xv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와, 수소, 질소, 암모니아, 제논, 및 아르곤 중 하나 이상.

[0090] 다른 양태에서, 본 발명은, 주입용 이온성 도판트 종의 생성을 위해 이온 공급원에 도판트 조성물을 흘려보내는 것을 포함하는 이온 주입 방법에 관한 것으로서, 이때 상기 도판트 조성물은

[0091] (i) 질량 28, 29 또는 30 중 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비 수준 초과량으로 동위원소-풍부한 규소 화합물(이때, 상기 하나 이상의 규소 동위원소의 동위원소-풍부 수준은 질량 28 규소 동위원소가 92.2%를 초과하고, 질량 29 규소 동위원소가 4.7%를 초과하고, 질량 30 규소 동위원소가 3.1%를 초과하며, 단 상기 규소 화합물이 단지 질량 29 규소 동위원소만 풍부한 사불화 규소인 경우, 상기 풍부 수준은 50% 초과 100% 이하임); 및

[0092] (ii) 규소 도판트 가스 및 보충 가스를 포함하는 도판트 가스 제형(이때, 상기 보충 가스는 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하고, 상기 도판트 가스 및 존재하는 경우, 보조-종 가스 중 하나 이상은 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부함)

[0093] 으로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0094] 다양한 실시양태에서, 도판트 조성물은 질량 28, 29 또는 30 중 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비 수준 초과량으로 동위원소-풍부한 규소 화합물로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있고, 이때 상기 규소 화합물이 단지 질량 29 규소 동위원소만 풍부한 사불화 규소인 경우, 상기 풍부 수준은 50% 초과 100% 이하이다.

[0095] 다른 실시양태에서의 이온 주입 방법은 사불화 규소 및 실란 중 하나 이상을 포함하는 규소 화합물을 사용하여 실시될 수 있다. 예를 들면, 상기 규소 화합물은 사불화 규소를 포함할 수 있고, 여기서 상기 사불화 규소 중의 규소는, 92.2% 초과 100% 이하의 동위원소-풍부한 수준의 질량 28 규소 동위원소; 50% 초과 100% 이하의 동위원소-풍부한 수준의 질량 29 규소 동위원소; 또는 3.1% 초과 100% 이하의 동위원소-풍부한 수준의 질량 30 규소 동위원소를 가질 수 있다.

[0096] 다른 실시양태에서, 상기 규소 화합물은, 질량 29 규소 동위원소가 동위원소-풍부할 뿐만 아니라, 질량 28 규소 동위원소 및 질량 30 규소 동위원소 중 하나 이상이 동위원소-풍부한 사불화 규소를 포함한다. 이런 조성물에서, 질량 29 규소 동위원소가 동위원소-풍부하다는 것은 4.7% 초과이고, 이때 조성물 중의 모든 규소 동위원소의 모든 원자%는 합계 100 원자%이다.

[0097] 모든 3종의 자연 발생적 규소 동위원소(^{28}Si, ^{29}Si, 및 ^{30}Si)가 존재하는 다양한 실시양태에서, 이들 동위원소 중 2종이 과량의 자연 발생비적 양으로 존재하고, 다른 하나는 이런 동위원소의 자연 발생비적 양 미만의 양으로 존재하는데, 이는 모든 이들 동위원소의 모든 원자% 양의 합계가 총 100 원자%이어야 하기 때문이다. 다른 실시양태에서, 모든 3종의 자연 발생적 규소 동위원소가 존재할 수 있으며, 이때 이들 동위원소 중 단지 하나가 자연 발생비 수준 초과량으로 존재하고, 다른 2개의 동위원소는 자연 발생비적 양 미만으로 존재하거나, 이런 다른 동위원소 중 하나가 자연 발생비적 양으로 존재하고, 이런 다른 동위원소 중 나머지가 자연 발생비적 양

미만으로 존재한다. 이러한 변형 모두가 가능함이 인정될 것이다.

[0098] 또한, 본 발명의 조성물이 단독동위원소성 규소-함유 가스를 사용할 수 있으며, 여기서 모든 규소 원자 또는 실질적으로 모든 규소 원자는 단일의 동위원소 종(^{28}Si, ^{29}Si, 또는 ^{30}Si)의 것임이 인정될 것이다. 이런 단독동위원소성 도판트 가스는 빔 전류를 증가시킬 수 있고, 이온 주입기 장비의 성능 및 작동 수명에서 현저한 개선을 성취할 수 있다. 예를 들면, ^{28}Si가 단독동위원소성인 사불화 규소의 사용은, 규소의 구성 동위원소 종에 대해 자연 발생비의 것인 사불화 규소의 상응하는 이온 주입 시스템에서의 사용에 비해 약 10%의 빔 전류 증가를 성취할 수 있다.

[0099] 빔 전류에서의 개선을 성취하는 대안으로서, 본 발명에 따른 동위원소-풍부한 도판트 가스 조성물의 사용은 동위원소-풍부한 규소 물질의 유속이 감소되게 할 수 있어서, 주입 시스템에서의 공급원 수명이 개선된다. (이온 주입기에서 자연 발생비 물질의 사용과 관련된 동일한 빔 전 전류에서) 최대 빔 전류 개선이 성취되는 환경과 최대 유속 감소가 성취되는 환경 사이에서 가변성인, 유속의 실제 감소는 주입 설비의 특정 요구사항(need)에 대해 결정될 수 있다. 유속 감소 대 개선된 수명에서의 구체적인 거래(trade-off)는 특정 이온 주입 설비에서의 목적하는 성능 개선 및 경제적 이점을 제공하기 위해 당업계의 기술 내에서 본원의 개시내용에 기초하여 용이하게 결정될 수 있다.

[0100] 상기에서 폭넓게 기재된 이온 주입 방법은, 상기 규소 도판트 조성물이 규소 도판트 가스 및 보충 가스를 포함하는 규소 도판트 가스 조성물로 이루어진 군으로부터 선택되는 다른 실시양태에서 수행될 수 있으며, 이때 상기 보충 가스는 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하고, 도판트 가스 및 존재하는 경우의 보조-종 가스 중 하나 이상은, 질량 28, 질량 29, 및 질량 30 규소 동위원소 중 하나 이상이 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부한 것이다. 다양한 실시양태에서, 규소 도판트 가스 및, 존재하는 경우, 규소 보조-종 가스 중 하나 이상은, 질량 28, 29, 또는 30의 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비 수준 초과량으로 동위원소-풍부한 것이다. 이런 동위원소-풍부한 규소 화합물의 예시적 예는 질량 28 규소 동위원소가 92.2% 초과로 동위원소-풍부한 규소 화합물; 질량 29 규소 동위원소가 4.7% 초과로 동위원소-풍부한 규소 화합물; 및 질량 30 규소 동위원소가 3.1% 초과로 동위원소-풍부한 규소 화합물을 포함한다.

[0101] 규소 도판트 가스 및 규소 보조-종 가스는, 이온 주입 적용례에서 유용한 임의의 적합한 유형의 것일 수 있다. 예를 들면, 상기 규소 도판트 가스 및 규소 보조-종 가스는 SiF_4; SiH_4; 및 Si_2H_6; 메틸 실란, 예컨대, SiH_3CH_3, $SiH_2(CH_3)_2$, $SiH(CH_3)_3$, 및 $Si(CH_3)_4$; 플루오로실란, 예컨대, $SiHF_3$, SiH_2F_2, 및 SiH_3F; 및 클로로실란, 예컨대, $SiHCl_3$, SiH_2Cl_2, 및 SiH_3Cl로부터 선택될 수 있다.

[0102] 다른 실시양태에서, 상기 보충 가스는 희석 가스, 예컨대, 아르곤, 수소, 불소, 크립톤, 네온, 헬륨, 암모니아, 아민, 물, 포스핀, 아르신, 저메인, 수소 셀레나이드, 수소 설파이드, 메탄, 질소, 산소, 일산화 탄소, 제논 다이플루오라이드, 다이보란, 및 제논으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 가스 종을 포함할 수 있다. 또 다른 실시양태는 보조-종 가스 및 희석 가스를 포함하는 보충 가스를 포함할 수 있다.

[0103] 특정 실시양태에서 도판트 조성물은, 아르곤, 수소, 불소, 크립톤, 네온, 헬륨, 암모니아, 아민, 물, 포스핀, 아르신, 저메인, 수소 셀레나이드, 수소 설파이드, 메탄, 질소, 산소, 일산화 탄소, 제논 다이플루오라이드, 다이보란, 및 제논으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 희석 가스 종을 포함하는 희석 가스와 함께 질량 28, 질량 29, 또는 질량 30 중 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비를 초과하여 풍부한 사불화 규소, 실란, 및 다이실란 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0104] 상기 방법의 임의의 실시양태에서의 규소 도판트 조성물은 하기로 이루어진 군으로부터 선택되는 가스 조성물을 포함할 수 있다:

[0105] (i) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 제논 및 수소;

[0106] (ii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 실란;

[0107] (iii) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 실란;

[0108] (iv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 아르곤;

[0109] (v) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 다이실란;

[0110] (vi) 동위원소-풍부한 사불화 규소 및 동위원소-풍부한 다이실란;

[0111] (vii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소;

[0112] (viii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아;

[0113] (ix) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 제논;

[0114] (x) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 수소 및 크립톤;

[0115] (xi) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 암모니아 및 크립톤;

[0116] (xii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소;

[0117] (xiii) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 제논;

[0118] (xiv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와 질소 및 크립톤; 및

[0119] (xv) 동위원소-풍부한 사불화 규소와, 수소, 질소, 암모니아, 제논, 및 아르곤 중 하나 이상.

[0120] 다양한 이온 주입 실시양태에서, 상기 도판트 가스 및 보조-종 가스는 서로 혼합된 상태로 이온 공급원으로 흘러가서 주입용 이온성 도판트 종을 생성시킨다. 상기 방법의 다른 실시양태는 상기 도판트 가스 및 보조-종 가스가 순차적으로 이온 공급원으로 흘러가서 주입용 이온성 도판트 종을 생성시키도록 수행된다.

[0121] 또한, 본 발명은, 동위원소-풍부한 규소 도판트 가스가, 혼합물 형태로 또는 주입기의 진공 챔버로 별도로 공급되는 별개의 스트림으로서 또 다른 도판트 가스와 동시에 이온 주입기로 흐르는 실시양태를 고려한다.

[0122] 상기 이온 주입 방법에서, 이온 공급원은, 하나의 실시양태에서, 상기 도판트 조성물에 포함된 상이한 도판트 물질들을 상기 이온 공급원으로 순차적으로 흘려보내는 단계; 상기 상이한 도판트 물질들의 상기 이온 공급원으로의 순차적 흐름 동안 상기 이온 공급원의 작동 중에 캐쏘드 바이어스 전력을 모니터링하는 단계; 및 상기 모니터링된 캐쏘드 바이어스 전력에 응답하여, 상기 순차적으로 공급된 도판트 조성물 중 하나 이상의 유속을 조절하여 이온 공급원, 캐쏘드 및/또는 상기 이온 공급원의 하나 이상의 다른 구성요소의 작동 수명을 연장시키는 단계를 포함하는 방법에 따라 작동될 수 있다.

[0123] 또 다른 양태에서, 본 발명은 도판트 공급원료로부터 이온 주입을 위한 이온성 도핑 종을 생성시키도록 구성된 이온 공급원의 성능 및 수명을 개선하는 방법에 관한 것으로서, 이는 본원에 다양하게 기재된 바와 같은 본 발명의 임의의 도판트 조성물로부터 상기 이온성 도핑 종을 생성시키는 것을 포함한다. 이러한 방법의 하나의 실시양태에서, 도판트 가스 및 보조-종 가스는 서로 혼합된 형태로 주입용 이온성 도판트 종의 생성을 위해 이온 공급원으로 흘러간다. 이러한 방법의 또 다른 실시양태에서, 도판트 가스 및 보조-종 가스는 순차적으로 주입용 이온성 도판트 종의 생성을 위해 이온 공급원으로 흘러간다.

[0124] 이온 공급원 및 상기 이온 공급원에 도판트 조성물을 공급하도록 구성된 도판트 조성물 공급원을 포함하되, 상기 도판트 조성물 공급원은 본원에 다양하게 기재된 임의의 도판트 조성물을 포함하는, 가변형의 이온 주입 시스템이 고려된다. 이러한 이온 주입 시스템에서, 상기 도판트 조성물은 도판트 가스 및 보조-종 가스를 포함할 수 있고, 상기 도판트 조성물 공급원은 도판트 가스 및 보조-종 가스를 서로 혼합된 형태로 상기 이온 공급원으로 흘려보내 이곳에 도판트 조성물을 공급하도록 구성될 수 있다. 다르게는, 상기 도판트 조성물 공급원은 도판트 가스 및 보조-종 가스를 이온 공급원에 순차적으로 흘려보내 이곳에 도판트 조성물을 공급하도록 구성될 수 있다.

[0125] 본 발명의 추가적 양태는 도판트 공급원료 장치에 관한 것으로서, 이는 내부 부피를 갖는 용기 및 상기 내부 부피 안의 도판트 공급원료를 포함하되, 상기 도판트 공급원료는 본원에 다양하게 기재된 임의의 도판트 조성물을 포함한다.

[0126] 또 다른 양태에서 본 발명은 규소 이온을 기판에 주입시키는 이온 주입 시스템에서 공급원 수명 및 터보 펌프 수명 중 하나 이상을 증가시키는 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 상기 이온 주입 시스템의 이온화 챔버에서 규소-함유 도판트 가스를 이온화하는 것을 포함하되, 이때 상기 규소-함유 도판트 가스는 사불화 규소와 수소, 아르곤, 질소 및 헬륨 중 하나 이상의 혼합물을 포함하고, 상기 도판트 가스는 하나 이상의 Si 동위원소 종들이 동위원소-풍부하다.

[0127] 예컨대, 사불화 규소는 혼합물의 총 부피를 기준으로 5 내지 98 부피% 범위의 농도로 이런 혼합물 중에 존재할 수 있다. 특히 높은 빔 전류가 성취되어야 하는 적용례에서, 사불화 규소는 혼합물의 총 부피를 기준으로 80 내지 98 부피% 범위의 농도로 혼합물 중에 존재할 수 있다.

[0128] 또 하나의 양태에서 본 발명은 사불화 규소를 도입하고 이온 공급원에서 이온화시키는 이온 주입 시스템에서 이온 공급원 수명을 증가시키는 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 상기 사불화 규소와 함께 암모니아를 상기 이온 공급원에 주입하는 것을 포함하되, 이때 상기 사불화 규소는 하나 이상의 Si 동위원소 종들이 풍부하다. 이러한 방법에서, 상기 암모니아 및 사불화 규소는, 혼합물을 이온 공급원에 도입하기 위해 분사되는 공급 용기에 혼합물 형태로 제공될 수 있다. 다르게는, 이러한 방법에서, 상기 암모니아 및 사불화 규소는 이들을 이온 공급원에 도입하기 위해 분사되는 별개의 공급 용기에 제공될 수 있다. 또 하나의 실시양태로서, 상기 암모니아 및 사불화 규소는 이온 공급원에 이들을 도입한 후 이온 공급원에서 서로 혼합될 수 있다. 아민은 이런 방법에서 암모니아 대신에 또는 이것에 부가하여 사용될 수 있다.

[0129] 이러한 방법의 또 다른 변형양태는, 상기 이온 공급원에 제논을 도입시키는 것을 포함한다. 제논은 암모니아 및/또는 사불화 규소와의 혼합물로 도입될 수 있다.

[0130] 이런 방법의 또 다른 변형법은 제논을 이온 공급원에 도입하는 것을 포함한다. 제논은 암모니아 및/또는 사불화 규소와의 혼합물로서 도입될 수 있다.

[0131] 본 발명은 규소 도판트 가스 및 보충 가스를 포함하는 다양한 규소 도판트 가스 조성물을 고려하며, 이때 상기 보충 가스는 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하며, 규소 도판트 가스 및 존재하는 경우의 보조-종 가스 중 하나 이상은, 질량 28, 29, 또는 30의 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비 수준 초과량으로 동위원소-풍부한 것이다.

[0132] 본 발명의 도판트 조성물은, 동위원소-풍부한 도판트 가스 및/또는 동위원소-풍부한 보충 가스를 사용하지 않는 상응하는 공정의 성능에 비해 주입 공정의 성능을 개선하는데 효과적이다. 성능 개선은, 도판트 가스 조성물 중에 동위원소-풍부한 종이 결여된 도판트 가스 조성물, 즉 자연 발생비의 동위원소 종을 함유하는 도판트 가스 조성물을 사용한 상응하는 주입 공정에 비해 보다 높은 빔 전류, 보다 긴 이온 공급원 수명, 연속적 점검(maintenance) 일과들 사이의 보다 긴 평균 시간, 이온 주입기 내의 표면 상의 물질 침착 감소, 또는 기타 성능 개선에 관한 것일 수 있다.

[0133] 다양한 특정 실시양태에서, 도판트 조성물은, ^{28}Si가 자연 발생비 수준 초과량으로 풍부한, 예컨대 ^{28}Si의 농도가 92.2% 초과, 예를 들면 93%, 94%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99%, 또는 99.9% 초과 100% 이하인 하나 이상의 규소 화합물을 함유할 수 있다. 다른 특정 실시양태에서, 도판트 조성물은, ^{29}Si가 자연 발생비 수준 초과량으로 풍부한, 예컨대 ^{29}Si의 농도가 4.7% 초과, 예를 들면 5%, 7%, 10%, 12%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 50%, 51%, 52%, 53%, 54%, 55%, 56%, 57%, 58%, 59%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99%, 또는 99.9% 초과 100% 이하인 하나 이상의 규소 화합물을 함유할 수 있다. 또 다른 구체적 실시양태에서, 도판트 조성물은, ^{30}Si가 자연 발생비 수준 초과량으로 풍부한, 예컨대 ^{30}Si의 농도가 3.1% 초과, 예를 들면 3.5%, 4%, 5%, 7%, 10%, 12%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99%, 또는 99.9% 초과 100% 이하인 하나 이상의 규소 화합물을 함유할 수 있다.

[0134] 따라서, 본 발명은 동위원소-풍부한 규소 도판트 가스 및/또는 동위원소-풍부한 보조-종 가스를 광범위하게 고려하며, 이때 유리한 동위원소의 농도는, 도판트 및/또는 보조-종 가스가 자연 발생비 농도 수준으로부터 동위원소 조절되지 않은 상응하는 시스템에 비해 이온 주입 시스템의 성능을 개선시키는 정도로 상기 도판트 및/또는 보조-종 가스가 자연 발생하는 것에 비해 증가한다.

[0135] 규소 도판트 가스 조성물이 도판트 가스 및 보조-종 가스를 포함하는 실시양태에서, 이러한 개별 가스들은, 서로의 혼합물 형태로 또는 흐름 라인이 분리된 순방향 흐름 관계로 이들을 공급하기 위해 이온 공급원으로 흘러가도록 이온 주입 시스템 내에 제공되거나, 또는 이들의 개별 공급원으로부터의 가스들이 이온 주입 시스템으로 흘러가도록 제공될 수 있다. 다르게는, 이런 개별 가스들은 순차적으로 이들의 이온 주입 시스템으로 흘러갈 수 있다. 이러한 순차적인 작동은 각각의 도판트 가스 및 보조-종 가스의 동일 시간-기반 흐름을 사용하여 임의의 적합한 방식으로 수행되거나, 또는 다르게는 상기 개별적인 시간-기반 흐름은 서로에 대해 상이하거나, 또는 다르게는 원하는 특징의 도핑된 기판을 제공하도록 조절될 수 있다.

[0136] 본 발명에 따라 이온성 종에 의해 이온 주입되는 기판은 임의의 적합한 유형의 것일 수 있다.

[0137] 기판은 규소, 탄화 규소, 질화 갈륨, 또는 임의의 다른 적합한 기판 조성물을 포함할 수 있다. 기판은 마이크로전자 장치 기판, 즉 마이크로전자 장치 또는 장치 전구체 요소를 제조하기 위해 마이크로전자 구조를 제조하

는 데 사용되는 기판을 포함할 수 있다.

[0138] 다른 실시양태에서, 기판은 평면-패널 디스플레이 및 태양열 패널과 같은 제품의 제조용으로 주입될 수 있다. 본 발명은 임의의 적합한 특징을 갖는 이온 주입 적용례에 적용할 수 있다.

[0139] 도판트 조성물은, 내부에 도판트 조성물을 보유하기 위한 내부 부피를 갖는 저장 및 분사 용기에서의 사용을 위해 공급될 수 있으며, 이때 상기 도판트 조성물은 본원에 기재된 임의의 적합한 유형의 것일 수 있다. 이러한 도판트 조성물 저장 및 분사 용기는 예컨대 도판트 조성물을 이온 공급원에 적절하게 흘려보내기 위한 적절한 수단 및 제어 요소를 함유하는 적합한 유동 회로에 의해 이온 공급원과 커플링되도록 구성될 수 있다. 상기 저장 및 분사 용기는 내부 부피에 고체 물리적 흡착제를 함유하는 흡착제계 함유 용기를 포함할 수 있으며, 여기서 흡착제는 도판트 조성물에 대한 수착성 친화도(sorptive affinity)를 갖는다. 이로 인해 도판트 조성물은 저장 동안 흡착제 상에 수착식으로 보유되고, 분사 조건 하에 흡착제로부터 탈착되어, 탈착된 도판트 조성물이 이온 주입 시스템으로 흘러가도록 용기로부터 배출될 수 있다. 이런 용기 내의 물리적 흡착제는 탄소 흡착제, 예컨대 상표명 브라이트블랙(BRIGHTBLACK)으로 에이티엠아이 인코포레이티드(ATMI, Inc.)(미국 코넥티컷주 댄버리 소재)로부터 상업적으로 입수가능한 유형의 것을 포함할 수 있다. 다르게는, 도판트 가스에 대해 적합한 수착성 친화도를 갖는 임의의 다른 고체 물리적 흡착제뿐만 아니라 임의의 다른 저장 매질, 예컨대 도판트 가스가 내부에 저장되고 도판트 가스가 분사 조건 하에 분사될 수 있는 이온성 액체가 사용될 수 있다. 이러한 유형의 흡착제계 용기는 에이티엠아이 인코포레이티드(미국 코넥티컷주 댄버리 소재)로부터 상표명 SDS 및 SAGE로서 상업적으로 입수가능하다.

[0140] 다르게는, 도판트 조성물은, 용기의 내부 부피에 하나 이상의 압력 조절기를 함유하는 내부 압력-조절식 유형의 용기에 제공될 수 있다. 이러한 압력-조절식 용기는 에이티엠아이 인코포레이티드(미국 코넥티컷주 댄버리 소재)로부터 상표명 VAC로 입수가능하다. 내부 부피에 흡착제를 추가로 함유하는 이런 압력-조절식 유형의 용기는 또한 에이티엠아이 인코포레이티드(미국 코넥티컷주 댄버리 소재)로부터 상표명 VACSorb로서 상업적으로 입수가능하다.

[0141] 또 하나의 대안으로서, 가스 공급 용기는 예를 들어 용기 및/또는 그 내용물을 가열함으로써 휘발되어 증발 또는 승화 생성물로서 도판트 가스를 발생시키는 고체상 도판트 공급원 물질 형태의 도판트 조성물을 함유할 수 있다. 이러한 유형의 고체 전달 용기는 에이티엠아이 인코포레이티드(미국 코넥티컷주 댄버리 소재)로부터 상표명 ProE-vap로 상업적으로 입수가능하다.

[0142] 추가 실시양태에서의 본 발명은, (i) 규소 도판트 공급원 가스를 보유하는 제 1 가스 저장 및 분사 용기, 및 (ii) 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스를 보유하는 제 2 가스 저장 및 분사 용기를 포함하는, 이온 주입 시스템용 가스 공급 키트를 고려하며, 이때 도판트 가스 및 존재하는 경우의 보조-종 가스 중 하나 이상은, 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비 수준 초과량으로 동위원소-풍부하다.

[0143] 다른 양태에서 본 발명은, 이온 주입 시스템에서의 사용을 위해 (i) 규소 도판트 공급원 가스를 보유하는 제 1 가스 저장 및 분사 용기, 및 (ii) 희석 가스 및 보조-종 가스 중 하나 이상을 포함하는 보충 가스를 보유하는 제 2 가스 저장 및 분사 용기를 제공하는 것을 포함하는, 이온 주입 시스템의 작동을 향상시키는 방법에 관한 것으로서, 이때 규소 도판트 가스 및 존재하는 경우의 보조-종 가스 중 하나 이상은, 하나 이상의 규소 동위원소가 자연 발생비 수준 초과량으로 동위원소-풍부하다.

[0144] 이런 가스 공급 키트 및 향상 방법 양태에서, 도판트 가스 및 보조-종 가스는, 공급된 도판트 가스 및 보조-종 가스 화합물에서 둘다 동일한 단일의 규소 동위원소, 예컨대 ^{28}Si가 단독동위원소인 것일 수 있다.

[0145] 상기 가스 공급 키트 및 향상 방법은 개별 용기에서 도판트 가스 및 희석 가스를 사용할 수 있으며, 이때 상기 도판트 가스는, 자연 발생적 규소 동위원소 중 하나 이상이 자연 발생비 초과량으로 동위원소-풍부하다. 예컨대, 상기 도판트 가스는, 예컨대 ^{28}Si가 단독동위원소인 기상 규소 화합물을 포함할 수 있다. 상기 희석 가스는 임의의 적합한 가스 종 또는 혼합물을 포함할 수 있고, 예컨대 아르곤, 수소, 불소, 크립톤, 네온, 헬륨, 암모니아, 아민, 물, 포스핀, 아르신, 저메인, 수소 셀레나이드, 수소 설파이드, 질소, 산소, 일산화 탄소, 제논 다이플루오라이드, 다이보란, 메탄, 및 제논, 또는 다른 적합한 가스 또는 가스들을 포함할 수 있다.

[0146] 이제 도면을 참고하면, 도 1은 본 발명의 하나의 양태에 따른 이온 주입 공정 시스템의 개략도이다.

[0147] 이온 주입 공정 시스템(300)은, 예시된 이온 주입 챔버(301)에서 기판(328)의 규소 이온 주입 도핑에 공급되는 규소 도판트 가스를 보유하는 내부 부피를 갖는 저장 및 분사 용기(302)를 포함한다. 상기 저장 및 분사 용기

는, 규소 도판트 가스가 가스 저장을 위해 물리적으로 흡착되는 흡수성 매질을 함유하는 유형의 것일 수 있으며, 이때 가스는 분사 조건 하에 상기 용기로부터의 배출을 위해 상기 흡수성 매질로부터 탈착된다. 흡수성 매질은 고체상 탄소 흡착제 물질을 포함할 수 있다.

[0148] 도 1에서, 저장 및 분사 용기(302)는 도판트 가스를 흡착된 상태, 유리 가스 또는 액화 가스 상태로 보유하는 내부 부피를 감싸는 관형 용기 벽(304)을 포함한다.

[0149] 저장 및 분사 용기(302)는 혼합 챔버(360)(임의적 요소)와 분사 라인(372)을 통해 가스 유동 연통식으로 커플링되고 이후 배출 라인(312)에 연결되는 밸브 헤드(308)를 포함한다. 압력 센서(310)는 질량 유량 조절기(314)와 함께 라인(312)에 배치될 수 있고, 다른 임의적인 모니터링 및 센서 요소들이 상기 라인과 커플링되고 액추에이터, 피드백 및 컴퓨터 제어 시스템, 사이클 타이머 등과 같은 제어 수단과 인터페이스될 수 있다.

[0150] 혼합 챔버(360)는 또한 사용되는 경우 가스 공급 라인(370)과 유동 연통식으로 결합될 수 있고, 여기에 보충 가스 공급 용기(362 및 364)와 커플링되고, 이들 각각은 서로 동일하거나 상이한 유형의 것일 수 있고, 상기 기재된 용기(302)와 동일하거나 상이한 유형의 것일 수 있다. 용기(362)는 예를 들어 희석 가스를 함유할 수 있고, 용기(364)는 예를 들어 보조-종 가스를 함유하도록 구성되어, 희석 가스 및/또는 보조-종 가스와 함께 도판트 가스를 함유하는 도판트 가스 혼합물을 제조할 수 있다.

[0151] 보충 용기(362)는 이후 보충 용기 공급 라인(366)과 커플링되는 밸브 헤드(380)가 고정되는 주요 용기 부분을 갖도록 형성된다. 유사한 방식으로, 보충 용기(364)는 밸브 헤드(382)가 고정되는 주 용기 부분을 갖도록 형성된다. 밸브 헤드(382)는 보충 용기 공급 라인(368)에 커플링된다. 이러한 구성에 의한 공급 라인(366 및 368)은 희석 및/또는 보조-종 가스(들)를 혼합 챔버(360)에 전달하여 희석 및/또는 보조-종 가스(들)를 함유하는 도판트 가스 혼합물을 제공하여 주입기의 이온 공급원으로 보낸다. 이러한 목적을 위해, 보충 용기 공급 라인(366 및 368) 및 분사 라인(372)은 용기로부터 분사된 물질의 흐름 또는 다른 특성들을 수동 또는 자동으로 조절하기에 적합한 밸브, 제어기 및/또는 센서를 구비할 수 있고, 이러한 밸브, 제어기 및/또는 센서는 임의의 적합한 방식으로 상응하는 공급/분사 라인과 커플링되거나 그와 연결될 수 있다.

[0152] 이러한 밸브는 이후 중앙 처리 유닛(CPU)과 연결되어 작동되는 밸브 액추에이터와 커플링될 수 있다. CPU는 상기 언급된 제어기 및/또는 센서와 신호 연통 관계로 커플링되고, 서로 용기 각각으로부터 분사되는 유체의 속도, 조건 및 양을 제어하도록 프로그래밍되어, 라인(312)에서 혼합 챔버(360)로부터 흐르는 도판트 가스 혼합물이 이온 주입 작업을 수행하기에 바람직한 조성물, 온도, 압력 및 유속을 갖는다.

[0153] 예시된 시스템(300)에서, 이온 주입 챔버(301)는 라인(312)으로부터 분사된 규소 도판트 가스 혼합물을 수용하는 이온 공급원(316)을 함유하고 이온 빔(305)을 발생시킨다. 이온 빔(305)은, 필요한 이온들을 선택하고 비-선택된 이온들을 거부하는 질량 분석기 유닛(322)을 통과한다.

[0154] 선택된 이온은 가속 전극 어레이(324)를 통과한 후에 편향 전극(326)을 통과한다. 생성 집속 이온 빔은 스핀들(332) 위에 장착된 회전가능한 홀더(330) 위에 배치된 기판 요소(328)에 충돌한다. 도판트 이온의 이온 빔을 사용하여 원하는 기판을 도핑하여 도핑된 구조를 형성한다.

[0155] 이온 주입 챔버(301)의 개개의 구역은 각각 펌프(320, 342 및 346)에 의해 라인(318, 340 및 344)을 통해 배출된다.

[0156] 다르게는, 이온 주입 챔버(301)는 적합한 함침 공정에 의해 기판에서 규소 주입을 수행하도록 개조된 플라즈마 함침 챔버일 수 있다.

[0157] 도 2는 본 발명의 또 다른 양태에 따른 이온 주입 공정 시스템의 개략도이다. 도 2 시스템은 도 1과 동일한 구성요소 및 특징에 따라 상응하게 번호를 붙였지만 도 2 시스템은 유동 회로 구성의 개별적인 도판트 가스 및 보충 가스 용기를 사용하며, 이때 용기(304, 362 및 364) 각각은 그의 분사 라인에 독립적인 질량 흐름 제어기(314, 400 및 402)를 갖는다. 이러한 구성에 의해, 각각의 용기로부터의 가스 흐름은 관련 분사 라인에서 전용 질량 흐름 제어기에 의해 조절되어, 작동 중인 각각의 가스들의 선택된 유속 또는 유속 비를 달성한다. 각각의 질량 흐름 제어기는, 각각의 질량 흐름 제어기를 시스템의 최적화를 위해 작동시키는 데 필요한 만큼 또는 원하는 만큼 작동 중에 조절할 수 있는 중앙 처리 유닛(CPU)과 연결되어 작동될 수 있다.

[0158] 본 발명의 또 하나의 양태에서, 도판트 가스는 일례로 하나 이상의 보충 가스(들), 즉 희석 및/또는 보조-종 가스를 함유하는 혼합물로 공급될 수 있으며, 여기서 도판트 가스 및 보충 가스의 혼합물은 단일 공급 용기에 함유되며, 이로부터 가스 혼합물은 이온 주입 시스템의 이온 공급원으로 분사 및 흘려보낼 수 있다. 예를 들어,

도 1 시스템에서, 용기(302)는 규소 도판트 가스 및 보충 가스 혼합물을 함유하는 단일 가스 공급 용기(보충 용기(362 및 364)는 없음)를 구성할 수 있다.

[0159] 이러한 접근법은, 단일 공급 용기로부터 제공될 수 있는 공동 패키징된 혼합물로서 수소, 불활성 가스 또는 기타 희석 가스를 포함하는 혼합물 중의 도판트 가스로서 사불화 규소를 제공하기 위해 이용될 수 있다.

[0160] 단일 공급 용기에 제공되는 본 발명의 광범위한 실시에 유리하게 사용될 수 있는 동위원소-풍부한 사불화 규소 가스 혼합물의 구체적인 예로서, 상기 사불화 규소-함유 가스 조성물은 조성물의 총 부피를 기준으로 5 내지 35 부피%의 사불화 규소, 및 나머지량으로 수소, 아르곤, 질소 및 헬륨 중 하나 이상을 포함할 수 있으며, 이때 상기 사불화 규소는 자연 발생 규소 동위원소들 중 하나 이상, 예컨대 ^{28}Si가 동위원소-풍부하다.

[0161] 또 다른 양태에서, 본 발명은 사불화 규소와 순방향 흐름(co-flow) 가스로서 암모니아를 사용하여 이온 주입 시스템의 공급원 수명을 증가시키는 것에 관한 것이며, 이때 사불화 규소는 도판트 가스로서 사용되고 사불화 규소는 하나 이상의 Si 동위원소 종, 예컨대 ^{28}Si가 동위원소-풍부하다.

[0162] 규소를 주입시키는 경우 사불화 규소와 혼합물 형태로 암모니아를 보충 가스로 사용함으로써, 암모니아(NH_3)의 질소 및 수소 성분은 사불화 규소로부터 불소를 효과적으로 제거할 것이다. 이러한 불소 제거의 결과, SiF_4/NH_3 혼합물은, 아크 슬릿(slit) 상에서 성장하는 텅스텐 휘스커(whisker) 및/또는 캐쏘드 및/또는 애노드 상에 침착되는 텅스텐으로 인해 불량한 공급원 수명을 일으키는 이온 공급원 내의 할로겐 사이클을 적어도 부분적으로 억제할 것이다.

[0163] SiF_4와 순방향 흐름 가스로서의 암모니아의 사용은 임의의 다양한 구성에서 수행될 수 있다. 하나의 실시양태에서, 암모니아 및 사불화 규소에 대한 별도의 가스 공급 용기가 사용되고, 각각의 가스 공급 용기로부터의 가스들은 이온 공급원에 순방향으로 흐른다. 순방향으로 흐르는 가스들은 질량 흐름 제어기를 통과하기 전에 혼합되거나, 또는 질량 제어기와 이온 공급원 사이에서 혼합되거나, 또는 이온 공급원 내에서 혼합될 수 있다.

[0164] 다르게는, 암모니아 및 사불화 규소의 혼합물을 임의의 적합한 상대 비율로 함유하는 단일 공급 용기가 제공될 수 있다.

[0165] 암모니아 대신에 또는 암모니아 이외에, 임의의 적합한 아민이 유사하게 이점을 위해 사용될 수 있다.

[0166] 또 하나의 대안으로서, 제논은 별도의 공급 용기에서 보충 가스로서 제공될 수 있다. 공급 용기로부터 분사된 후, 제논은 암모니아 및/또는 사불화 규소와 혼합될 수 있다. 제논은 또한 암모니아 및/또는 사불화 규소와 혼합된 제논을 함유하는 가스 용기에서 보충 가스로서 제공될 수 있다. 이온 공급원에 도입되는 가스 중의 제논의 존재는 제논의 캐쏘드 상에의 스퍼터링 효과에 의해 공급원 수명을 개선하여 상기 캐쏘드 상에 침착되는 임의의 과잉의 텅스텐을 제거한다.

[0167] 본 발명은 또 다른 양태에서 하나 이상의 동위원소-풍부한 규소 도판트 물질, 예컨대 실란 또는 사불화 규소를 이온화 챔버 내로 흘려보내 이온성 도판트 종을 생성시키고, 상기 이온화 챔버로부터 상기 이온성 도판트 종을 추출하고, 사전 결정된 이온성 도판트 종을 선택하고, 상기 선택된/원하는 규소 이온성 도판트 종을 광전, 평면-패널, 마이크로전자 또는 반도체 기판 내로 주입하는 것을 포함하거나, 이들로 본질적으로 이루어지거나, 또는 이들로 이루어지는 개선된 이온 주입 방법에 관한 것이다.

[0168] 본 발명에 따른 원하는 규소 동위원소의 풍부도는 상기 동위원소의 풍부도 또는 농도를 증가시키고, 그에 따라 이온 빔 내 동위원소의 양을 증가시키도록 제공된다. 이는 이후 더 낮은 농도/양의 동일/원하는 규소 동위원소를 함유하는 규소 공급원을 사용하는 시스템 및/또는 공정에 비해 처리량에서 상응하는 이점을 제공한다.

[0169] 본 발명은 도판트 물질들의 순차적인 흐름을 고려하며, 이때 캐쏘드 바이어스 전력은 이온 공급원의 작동 중에 모니터링되고, 상기 모니터링된 캐쏘드 바이어스 공급원 전력은 예를 들어 이온 공급원의 작동 중에 사전 결정된 캐쏘드 바이어스 전력을 유지함으로써 이온 공급원에 전달되는 각각의 도판트 화합물들 사이를 제어/선택/교류하는 피드백 제어 공정에 사용되어 이온 공급원 또는 이의 성분들의 작동 수명을 연장한다. 이러한 방법은 이온 공급원의 작동 중에 사전 결정된 캐쏘드 바이어스 전력을 유지하거나 또는 달리 달성하는 데 필요한 정도로 이온 공급원의 캐쏘드를 수리 또는 교정, 즉 캐쏘드의 재성장 또는 에칭을 수행하는 데 사용될 수 있다.

[0170] 이온 공급원은 상기 모니터링되고 제어된 공정에서 임의의 적합한 유형의 것, 예컨대 간접 고온 캐쏘드(IHC) 이온 공급원일 수 있다. 이러한 방법에서 캐쏘드 바이어스 전력은 유리하게는 피드백 메커니즘으로 사용되어 상

이한 도판트 화합물의 순차적 흐름을 제어함으로써 이온 공급원/캐쏘드의 작동 수명을 연장시킨다.

[0171] 이온 공급원의 작동 효율을 유지하기 위해 이온 공급원의 아크 챔버에 캐쏘드를 포함하는 이러한 이온 주입 시스템을 작동시키는 방법은, 하나의 실시양태에서, 순차적으로 공급되는 도판트 조성물과 캐쏘드를 접촉시키면서 캐쏘드 바이어스 전력을 측정하고, 상기 측정된 캐쏘드 바이어스 전력에 응답하여, 상기 순차적으로 공급된 도판트 조성물의 하나 이상을 조절함으로써, 이온 공급원, 캐쏘드 및/또는 상기 이온 공급원의 하나 이상의 다른 구성요소의 작동 수명을 연장시킨다.

[0172] 상기 순차적으로 공급된 도판트 조성물과 관련하여 "조절하는"이라는 용어는 상기 순차적으로 공급된 도판트 조성물의 하나 이상에 대한 순서, 기간, 공정 조건 또는 도판트 조성물 선택을 상기 측정된 캐쏘드 바이어스 전력에 응답하여 제어하는, 즉 선택적으로 변하는 것을 의미한다. 따라서, 각각의 도판트 조성물에 대한 공급 기간은 설정 캐쏘드 바이어스 전력을 유지하도록 서로 변하거나, 또는 하나의 도판트 조성물이 다른 것보다 더 높은 전압 조건에서 공급될 수 있거나, 또는 피드백 모니터링 및 제어 시스템이 각각의 도판트 조성물 사이에서 달리 제어/선택/교류하도록 구성될 수 있다.

[0173] 또 다른 실시양태에서, 상기 방법은 하나 이상의 도판트 조성물과 관련하여 이온 공급원을 통해 세정제 또는 침착제를 동시에 또는 순차적으로 흘려보내는 데 사용될 수 있으며, 이때 예를 들어 상기 모니터링된 전력 사용이 초기 또는 다른 사전 결정된 또는 설정 값 또는 수준보다 증가하는 경우, 상기 캐쏘드 바이어스 전력 또는 이온 공급원의 다른 전력 이용 변수는, 이온 공급원을 통해 에칭제를 흘려보냄으로써 캐소드의 에칭을 수행하여 이로부터의 침착물을 제거하는 데 이용되고/되거나 상기 모니터링된 전력 사용이 초기 또는 다른 사전 결정된 또는 설정 값보다 감소하는 경우, 상기 캐쏘드 바이어스 전력 또는 이온 공급원의 다른 전력 이용 변수는, 이온 공급원을 통해 침착제를 흘려보냄으로써 캐쏘드 물질의 재성장을 수행하는 데 이용된다.

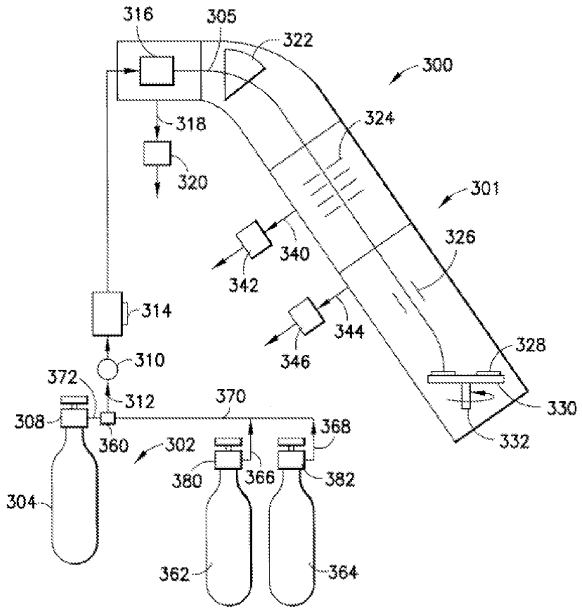
[0174] 그러므로, 본 발명은 동위원소-풍부한 규소 도판트 조성물의 사용과 관련된 다양한 양태, 특징 및 이점을 고려한다.

[0175] 따라서, 본 발명의 조성물, 공정, 방법, 장치 및 시스템은 폭넓고 다양한 방식으로 구현되고 적용될 수 있어 이온 주입 시스템의 성능을 상응하게 개선할 수 있음을 알 수 있을 것이다.

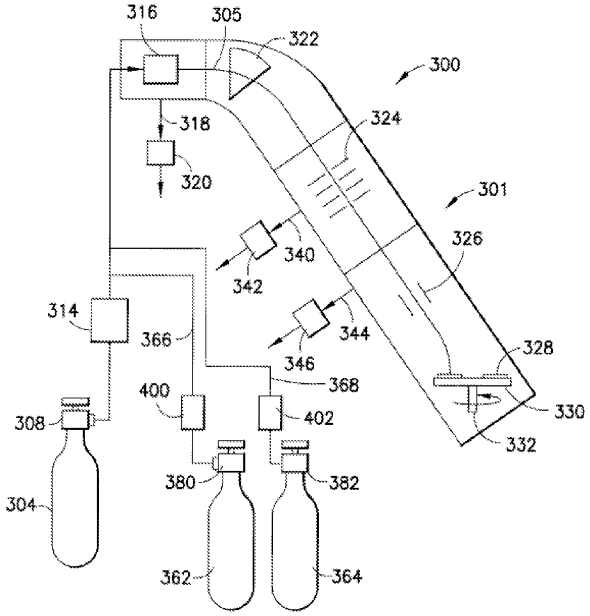
[0176] 본 발명을 특정 양태, 특징 및 예시적 실시양태를 참조하여 본원에 개시하였지만, 본 발명의 사용이 그에 제한되지 않고 본원의 기재내용을 기초로 본 발명 분야의 통상의 숙련자에게 시사되는 한 오히려 다수의 다른 변형, 변경 및 다른 실시양태들로 연장되거나 또는 이들을 포함할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 따라서, 이후의 특허청구범위 발명은 본 발명의 진의 및 범주 내에 드는 이러한 모든 변형, 변경 및 다른 실시양태를 포함하는 것으로 폭넓게 해석되는 것으로 의도된다.

도면

도면1


316
305
322
300
318
320
324
301
340
342
326
314
344
346
328
310
330
372
312
370
308
360
302
368
332
380
366
382
304
362
364

도면2


316
305
322
300
318
320
324
301
340
342
326
314
344
366
346
328
368
330
400
402
308
332
380
382
304
362
364