(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0088869
(43) 공개일자 2023년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32449 (2013.01)
H01J 37/32715 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7044323
(22) 출원일자(국제) 2021년10월22일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2022년12월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2021/056187
(87) 국제공개번호 WO 2022/087365
국제공개일자 2022년04월28일
(30) 우선권주장
63/198,513 2020년10월23일 미국(US)

(71) 출원인
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
허드슨, 에릭 에이.
미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
세리노, 앤드류 클라크
미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

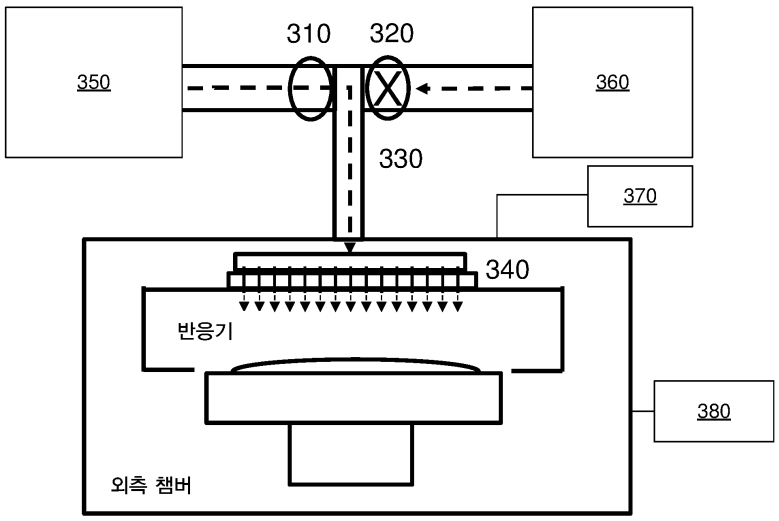
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **플라즈마 에칭 반응기 내로 증기 증착 프로세스의 통합**

(57) 요 약

본 명세서의 다양한 실시 예들은 단일 반응기로 기상 증착 프로세스 및 에칭 프로세스를 통합하기 위한 방법들 및 시스템들에 관한 것이다. 기상 증착 프로세스는 플라즈마의 부재 시 적어도 하나의 증착 증기의 전달을 수반한다. 에칭 프로세스는 플라즈마 에칭 프로세스이다. 다양한 피처들이 고품질 증착 결과 및 에칭 결과를 촉진하도록 목표된 대로 결합될 수도 있다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
H01J 2237/3321 (2013.01)
H01J 2237/334 (2013.01)
(72) 발명자
니콜슨, 사드
미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
찬드라세카란, 라메시
미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
쇼프, 알렌 엠.
미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판을 프로세싱하기 위한 장치에 있어서,

프로세싱 챔버로서,

외측 챔버, 및

유입구 및 유출구를 갖는 반응기로서, 상기 반응기는 상기 외측 챔버 내에 포지셔닝되는, 상기 반응기를 포함하는, 상기 프로세싱 챔버;

상기 반응기 내에 플라즈마를 제공하도록 구성된 플라즈마 생성기; 및

기판 지지부를 포함하고;

프로세싱 동안, 가스상 종 (gas phase species) 은 상기 반응기로부터, 상기 유출구를 통해, 상기 외측 챔버 내로 통과하고,

상기 반응기로부터 상기 외측 챔버 내로의 플로우 컨덕턴스 (flow conductance) 는 프로세싱 동안 가변되고 제어될 수 있고,

장치가 저 플로우 컨덕턴스 상태에 있을 때, 상기 반응기로부터 상기 외측 챔버 내로의 상기 플로우 컨덕턴스는 약 0.2 sccm/mTorr 이하인, 기판 프로세싱 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 반응기에 대한 상기 유출구에 근접한 이동 가능한 압력 제어 링을 더 포함하고, 상기 이동 가능한 압력 제어 링은 상기 반응기로부터 상기 외측 챔버 내로의 상기 플로우 컨덕턴스를 가변시키도록 조정 가능한, 기판 프로세싱 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 반응기 내에 이동 가능한 벽을 더 포함하고, 상기 이동 가능한 벽은 상기 반응기로부터 상기 외측 챔버로의 상기 플로우 컨덕턴스를 가변시키도록 조정 가능한, 기판 프로세싱 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 기판 지지부는 상기 반응기로부터 상기 외측 챔버로의 상기 플로우 컨덕턴스를 가변시키도록 조정 가능하게 구성되는, 기판 프로세싱 장치.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 장치가 고 플로우 컨덕턴스 상태에 있을 때, 상기 반응기로부터 상기 외측 챔버 내로의 상기 플로우 컨덕턴스는 약 1 sccm/mTorr 이상인, 기판 프로세싱 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 기판을 프로세싱하는 동안 상기 장치로 하여금 상기 저 컨덕턴스 상태와 상기 고 컨덕턴스 상태 사이를 스

위칭하게 하도록 구성된 제어기를 더 포함하는, 기판 프로세싱 장치.

청구항 7

기판을 프로세싱하기 위한 장치에 있어서,

프로세싱 챔버로서,

외측 챔버, 및

유입구 및 유출구를 갖는 반응기로서, 상기 반응기는 상기 외측 챔버 내에 포지셔닝되는, 상기 반응기를 포함하는, 상기 프로세싱 챔버;

상기 반응기 내에 그리고 상기 외측 챔버 내에 플라즈마를 제공하도록 구성된 플라즈마 생성기; 및

기판 지지부를 포함하고;

프로세싱 동안, 가스상 종은 상기 반응기로부터, 상기 유출구를 통해, 상기 외측 챔버 내로 통과하는, 기판 프로세싱 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 플라즈마 생성기는 상기 반응기 내에 직접 플라즈마를 제공하도록 구성되고, 상기 직접 플라즈마는 상기 반응기로 한정되지 (confine) 않는, 기판 프로세싱 장치.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 플라즈마 생성기는 상기 외측 챔버로 전달되는 리모트 (remote) 플라즈마를 생성하도록 구성되는, 기판 프로세싱 장치.

청구항 10

기판을 프로세싱하기 위한 장치에 있어서,

프로세싱 챔버;

기판 지지부;

약 1 sccm/mTorr 이상의 플로우 컨덕턴스를 갖는 바이패스 (bypass) 경로;

(i) 상기 프로세싱 챔버에 가스를 제공하는 복수의 오리피스들 (orifices), 및 (ii) 상기 바이패스 경로에 가스를 제공하는 바이패스 유출구를 포함하는 샤워헤드; 및

상기 샤워헤드에 가스를 제공하도록 구성된 가스 주입 경로를 포함하는, 기판 프로세싱 장치.

청구항 11

기판을 프로세싱하기 위한 장치에 있어서,

프로세싱 챔버;

기판 지지부;

상기 프로세싱 챔버로 적어도 퍼지 가스 및 증착 증기를 제공하기 위한 상기 프로세싱 챔버로의 제 1 유입구;

상기 프로세싱 챔버로의 선택 가능한 (optional) 제 2 유입구로서, 에칭 가스는 상기 제 1 유입구를 통해 또는 상기 선택 가능한 제 2 유입구를 통해 상기 프로세싱 챔버로 제공되는, 상기 제 2 유입구;

상기 제 1 유입구로 적어도 상기 퍼지 가스 및 상기 증착 증기를 교번적으로 (alternately) 제공하도록 구성된 가스 주입 경로;

상기 가스 주입 경로에 상기 퍼지 가스를 제공하도록 구성된 퍼지 가스 전달 경로;

상기 가스 주입 경로로 상기 증착 증기를 제공하도록 구성된 증착 증기 전달 경로;

상기 가스 주입 경로에 또는 상기 선택 가능한 제 2 유입구에 상기 에칭 가스를 제공하도록 구성된 에칭 가스 전달 경로;

밸브들을 통해 상기 퍼지 가스 전달 경로 및 상기 증착 증기 전달 경로에 유체적으로 커플링되는 (fluidically coupled) 바이패스 경로로서, 상기 바이패스 경로는 상기 프로세싱 챔버로 어떠한 가스도 전달하지 않는, 상기 바이패스 경로; 및

제어기로서, 상기 제어기는 (i) 상기 프로세싱 챔버 내로 상기 가스 주입 경로를 통해 상기 퍼지 가스 및 상기 증착 증기를 교번적으로 흘리게 하고, 그리고 (ii) 상기 바이패스 경로를 통해 상기 퍼지 가스 및 상기 증착 증기를 교번적으로 흘리게 하도록 구성되는, 상기 제어기를 포함하는, 기판 프로세싱 장치.

청구항 12

기판을 프로세싱하기 위한 장치에 있어서,

프로세싱 챔버;

상기 프로세싱 챔버 내에 플라즈마를 제공하도록 구성된 플라즈마 생성기;

기판 지지부;

상기 프로세싱 챔버로의 제 1 유입구로서, 상기 제 1 유입구는 상기 프로세싱 챔버로 증착 증기를 제공하도록 구성되는, 상기 제 1 유입구;

상기 프로세싱 챔버로의 제 2 유입구로서, 상기 제 2 유입구는 상기 프로세싱 챔버로 에칭 가스를 제공하도록 구성되고, 상기 증착 증기 및 에칭 가스는 상기 프로세싱 챔버 내로 통과하기 전에 서로 혼합되지 않는, 상기 제 2 유입구; 및

상기 프로세싱 챔버로의 유출구를 포함하는, 기판 프로세싱 장치.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

본 명세서에 기술된 임의의 방법들을 유발하도록 구성된 제어기를 더 포함하는, 기판 프로세싱 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

배 경 기 술

[0001] 반도체 디바이스들의 제조 동안 빈번하게 채용된 일 프로세스는 유전체 재료 내에 에칭된 실린더 또는 다른 리세스된 피처 (recessed feature) 의 형성이다. 이러한 프로세스가 발생할 수도 있는 일 예시적인 맥락은 DRAM 및 3D NAND와 같은 메모리 애플리케이션들 (applications) 이다. 반도체 산업이 발전하고 디바이스 치수들이 보다 작아짐에 따라, 이러한 리세스된 피처들은 특히 좁은 폭들 및/또는 깊은 깊이들을 갖는 고 종횡비 피처들에 대해 균일한 방식으로 에칭하는 것이 점점 더 어려워진다.

[0002] 본 명세서에 제공된 배경기술 기술 (description) 은 본 개시의 맥락을 일반적으로 제시할 목적이다. 이 배경기술 섹션에 기술된 정도의 본 명세서에 명명된 발명자들의 업적, 뿐만 아니라 출원 시 종래 기술로서 달리 인증되지 않을 수도 있는 본 기술의 양태들은 본 개시에 대한 종래 기술로서 명시적으로나 암시적으로 인정되지 않는다.

발명의 내용

[0003] 참조로서 인용

[0004] PCT 신청 양식이 본 출원의 일부로서 본 명세서와 동시에 제출되었다. 본 출원이 동시에 제출된 PCT 신청 양식

에서 식별된 바와 같이 우선권 또는 이익을 주장하는 출원 각각은 전체가 모든 목적들을 위해 본 명세서에 참조로서 인용되었다.

[0005] 일 양태는 기판을 프로세싱하기 위한 장치를 포함하고, 상기 장치는, 외측 챔버, 및 유입구 및 유출구를 갖는 반응기로서, 반응기는 외측 챔버 내에 포지셔닝되는, 반응기를 포함하는, 프로세싱 챔버; 반응기 내에 플라즈마를 제공하도록 구성된 플라즈마 생성기; 및 기판 지지부를 포함하고; 프로세싱 동안, 가스상 종 (gas phase species) 은 반응기로부터, 유출구를 통해, 외측 챔버 내로 통과하고, 반응기로부터 외측 챔버로의 플로우 컨덕턴스는 프로세싱 동안 가변되고 제어될 수 있고, 그리고 장치가 저 플로우 컨덕턴스 상태에 있을 때, 반응기로부터 외측 챔버로의 플로우 컨덕턴스는 약 0.2 sccm/mTorr 이하이다.

[0006] 일부 실시 예들에서, 장치는 이동 가능한 압력 제어 링이 반응기로부터 외측 챔버 내로의 플로우 컨덕턴스를 가변시키게 조정 가능하도록, 반응기에 대한 유출구에 근접한 이동 가능한 압력 제어 링을 더 포함한다.

[0007] 일부 실시 예들에서, 장치는 이동 가능한 벽이 반응기로부터 외측 챔버로의 플로우 컨덕턴스를 가변시키게 조정 가능하도록 반응기 내에 이동 가능한 벽을 더 포함한다.

[0008] 일부 실시 예들에서, 기판 지지부는 반응기로부터 외측 챔버로의 플로우 컨덕턴스를 가변시키도록 조정 가능하게 구성된다.

[0009] 다양한 실시 예들에서, 장치가 고 플로우 컨덕턴스 상태에 있을 때, 반응기로부터 외측 챔버 내로의 플로우 컨덕턴스는 약 1 sccm/mTorr 이상이다. 일부 실시 예들에서, 장치는 또한 기판을 프로세싱하는 동안 장치로 하여금 저 컨덕턴스 상태와 고 컨덕턴스 상태 사이를 스위칭하게 하도록 구성된 제어기를 포함한다.

[0010] 또 다른 양태는 기판을 프로세싱하기 위한 장치를 포함하고, 장치는, 프로세싱 동안, 가스상 종이 반응기로부터, 유출구를 통해, 외측 챔버 내로 통과하도록, 외측 챔버, 및 유입구 및 유출구를 갖는 반응기로서, 반응기는 외측 챔버 내에 포지셔닝되는, 반응기를 포함하는, 프로세싱 챔버; 반응기 및 외측 챔버 내에 플라즈마를 제공하도록 구성된 플라즈마 생성기; 및 기판 지지부를 포함한다.

[0011] 일부 실시 예들에서, 플라즈마 생성기는 반응기 내에 직접 플라즈마를 제공하도록 구성되고, 직접 플라즈마는 반응기로 한정되지 (confine) 않는다.

[0012] 일부 실시 예들에서, 플라즈마 생성기는 외측 챔버로 전달되는 리모트 플라즈마를 생성하도록 구성된다.

[0013] 또 다른 양태는 기판을 프로세싱하기 위한 장치를 수반하고, 장치는, 프로세싱 챔버; 기판 지지부; 약 1 sccm/mTorr 이상의 플로우 컨덕턴스를 갖는 바이패스 (bypass) 경로; (i) 프로세싱 챔버에 가스를 제공하는 복수의 오리피스들 (orifices), 및 (ii) 바이패스 경로에 가스를 제공하는 바이패스 유출구를 포함하는 샤워헤드; 및 샤워헤드에 가스를 제공하도록 구성된 가스 주입 경로를 포함한다.

[0014] 또 다른 양태는 기판을 프로세싱하기 위한 장치를 수반하고, 장치는, 프로세싱 챔버; 기판 지지부; 프로세싱 챔버로 적어도 퍼지 가스 및 증착 증기를 제공하기 위한 프로세싱 챔버로의 제 1 유입구; 에칭 가스가 제 1 유입구를 통해 또는 선택 가능한 제 2 유입구를 통해 프로세싱 챔버로 제공되도록, 프로세싱 챔버로의 선택 가능한 (optional) 제 2 유입구; 적어도 퍼지 가스 및 증착 증기를 제 1 유입구에 교번적으로 (alternately) 제공하도록 구성된 가스 주입 경로; 가스 주입 경로에 퍼지 가스를 제공하도록 구성된 퍼지 가스 전달 경로; 가스 주입 경로로 증착 증기를 제공하도록 구성된 증착 증기 전달 경로; 가스 주입 경로 또는 선택 가능한 제 2 유입구에 에칭 가스를 제공하도록 구성된 에칭 가스 전달 경로; 바이패스 경로가 프로세싱 챔버로 어떠한 가스도 전달하지 않도록, 밸브들을 통해 퍼지 가스 전달 경로 및 증착 증기 전달 경로에 유체적으로 커플링되는 (fluidically coupled) 바이패스 경로; 및 (i) 프로세싱 챔버 내로 가스 주입 경로를 통해 퍼지 가스 및 증착 증기를 교번적으로 흘리게 하고, 그리고 (ii) 바이패스 경로를 통해 퍼지 가스 및 증착 증기를 교번적으로 흘리게 하도록 구성되는, 제어기를 포함한다.

[0015] 또 다른 양태는 기판을 프로세싱하기 위한 장치를 수반하고, 장치는, 프로세싱 챔버; 프로세싱 챔버 내에 플라즈마를 제공하도록 구성된 플라즈마 생성기; 기판 지지부; 프로세싱 챔버로의 제 1 유입구로서, 제 1 유입구는 프로세싱 챔버로 증착 증기를 제공하도록 구성되는, 제 1 유입구; 증착 증기 및 에칭 가스가 프로세싱 챔버 내로 통과하기 전에 서로 혼합되지 않도록, 프로세싱 챔버로 에칭 가스를 제공하도록 구성되는, 프로세싱 챔버로의 제 2 유입구; 및 프로세싱 챔버로의 유출구를 포함한다.

[0016] 임의의 상기 실시 예들에서, 장치는 또한 본 명세서에 기술된 임의의 방법들을 유발하도록 구성된 제어기를 포

함할 수도 있다.

[0017] 이들 및 다른 양태들은 도면들을 참조하여 이하에 더 기술된다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 명세서의 다양한 실시 예들에 따른 기판을 에칭하는 방법에 대한 흐름도를 제시한다.

도 2는 발생할 수 있는 다양한 문제들을 도시하는, 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다.

도 3은 증착 증기들 및 에칭 가스들을 위해 공유된 주입 경로를 사용하는 결합된 에칭/증착 반응기를 도시한다.

도 4는 증착 증기들 및 에칭 가스들을 위한 별개의 주입 경로들을 갖는 결합된 에칭/증착 반응기를 도시한다.

도 5는 고 플로우 퍼지를 가능하게 하는 바이패스 (bypass) 경로를 포함하는 결합된 에칭/증착 반응기를 도시한다.

도 6a 및 도 6b는 증착 증기들 및 퍼지 가스에 의해 교번적으로 (alternately) 사용되는 바이패스 경로를 갖는 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다.

도 7은 압력 제어 링을 사용하여 제어 가능한 플로우 컨덕턴스를 제공하는 결합된 에칭/증착 반응기를 도시한다.

도 8은 이동 가능한 벽을 사용하여 제어 가능한 플로우 컨덕턴스를 제공하는 결합된 에칭/증착 반응기를 도시한다.

도 9는 조정 가능한 반응기 갭을 사용하여 제어 가능한 플로우 컨덕턴스를 제공하는 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다.

도 10은 한정되지 (confine) 않은 플라즈마의 형성을 가능하게 하는 이동 가능한 하부 반응기 어셈블리를 갖는 결합된 에칭/증착 반응기를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하의 기술 (description) 에서, 제시된 실시 예들의 완전한 이해를 제공하기 위해 수많은 구체적 상세들이 제시되었다. 개시된 실시 예들은 이들 구체적인 상세들 중 일부 또는 전부 없이 실시될 수도 있다. 다른 예들에서, 공지된 프로세스 동작들은 개시된 실시 예들을 불필요하게 모호하게 하지 않기 위해 상세히 기술되지 않았다. 개시된 실시 예들이 구체적인 실시 예들과 함께 기술될 것이지만, 이는 개시된 실시 예들을 제한하는 것으로 의도되지 않았다는 것이 이해될 것이다.

[0020] 특정한 반도체 디바이스들의 제조는 플라즈마-기반 에칭 프로세스들을 사용하여 유전체 재료 내로 피처들 (features) 을 에칭하는 것을 수반한다. 다수의 경우들에서, 유전체 재료는 재료들의 교번하는 층들을 포함할 수도 있는, 재료들의 스택으로 제공된다. 예를 들어, 스택은 실리콘 옥사이드, 실리콘 나이트라이드, 및/또는 폴리실리콘의 임의의 조합을 포함할 수도 있다. 부가적인 층들이 특정한 적용 예에 대해 목표된 바와 같이 존재할 수도 있다.

[0021] 고 종횡비 피처들을 형성하기 위한 일 기법은 하나 이상의 증착 단계들을 에칭 프로세스에 통합하는 것을 수반한다. 증착 단계(들)는 증착 증기를 반응기로 전달하는 것을 수반하는 증기-기반 증착 단계(들)일 수도 있다. 증착 단계(들) 에 의해 증착된 막은 기판 상의 목표된 위치들에서 패시베이션 (passivation) 또는 에칭을 촉진할 수도 있다. 예를 들어, 증착된 막은 부분적으로 에칭된 피처들의 상부 측벽들을 패시베이팅할 수도 있고, 이에 따라 상부 측벽들의 측방향 에칭 없이 피처들의 하단부에서의 에칭을 허용한다. 증착 단계(들)는 상이한 기판들에 대한 단차 커버리지 (step coverage), 두께 및 선택도에 대한 우수한 제어를 제공한다.

[0022] 본 명세서의 실시 예들에서, 에칭 단계들 및 증착 단계(들) 모두는 피처들이 형성될 때 별개의 에칭 챔버와 증착 챔버 사이에서 기판을 이송할 필요가 없도록 동일한 프로세싱 챔버에서 발생한다. 기판 이송을 방지함으로써 달성된 증가된 효율은 특히 증착 단계가 에칭 프로세스 동안 에칭 단계와 함께 여러 번 순환되는 경우들에 관련된다.

[0023] 결합된 에칭/증착 반응기의 사용이 감소된 프로세싱 시간 및 증가된 쓰루풋 (throughput) 과 같은 다양한 이점들을 제공할 수도 있지만, 에칭/증착 장치들을 결합할 때 발생하는 다수의 엔지니어링 고려 사항들이 있다. 산업용 마이크로 일렉트로닉스 프로세싱을 위한 실용적인 패키지 내의 결합된 에칭/증착 반응기의 이점들을 실현하기 위해, 본 명세서의 실시 예들은 (1) 플라즈마 에칭을 위한 최적의 반응기 설계와 (2) 증기-기반 증착을 위한 최적의 반응기 설계 사이의 다수의 잠재적인 갈등들을 해결한다. 일반적으로 말하면, 플라즈마 에칭 단계들은 통상적으로 저압 및 고 컨덕턴스 (또는 고 컨덕턴스를 포함하는 가변 컨덕턴스) 에서 발생하고, 증착 도징 (dose) 단계들은 통상적으로 고압 및 저 컨덕턴스에서 발생하고, 그리고 퍼지 단계들은 통상적으로 고압 및 고 컨덕턴스에서 발생한다.

[0024] 본 명세서의 실시 예들은 단일 반응기로 플라즈마 에칭 및 증기-기반 증착을 결합하는 생산 가치가 있는 (production-worthy) 프로세스를 가능하게 하는 다수의 상이한 혁신들을 제시한다. 이러한 혁신들은 일반적으로 다음 카테고리들로 나뉜다: (a) 프로세싱 챔버 내로 증착 증기 및 에칭 가스 주입, (b) 넓은 범위의 컨덕턴스에 걸친 가변 가스 컨덕턴스에 대한 제어, (c) 넓은 범위의 펌프 플로우들에 걸친 펌핑 및 퍼지 능력, 및 (d) 프로세싱 챔버 내 원치 않은 증착물의 축적 (buildup) 에 대한 제어. 이들 혁신들은 특정한 애플리케이션에 대해 목표된 대로 결합될 수도 있다. 특정한 실시 예들은 이하에 더 논의된다.

[0025] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어 "증기"는 플라즈마 없이 프로세싱 챔버에 제공되는 가스상 종 (gas phase species) 을 지칭하도록 의도된다. 용어 "증착 증기"는 증착 동작 동안 플라즈마 없이 프로세싱 챔버에 제공된 가스상 반응 물질을 지칭하도록 의도된다. 유사하게, 용어 "증기-기반 증착"은 동시 플라즈마 (concurrent plasma) 없이 프로세싱 챔버로 증착 증기의 전달을 수반하는 증착을 지칭하도록 의도된다. 예시적인 증기-기반 증착 스킴들 (schemes) 은 예를 들어, 분자 층 증착, 자기-조립된 (self-assembled) 단층 증착, 열적으로 구동된 원자 층 증착 (atomic layer deposition; ALD), 및 플라즈마에 대한 노출 없이 (예를 들어, 이러한 경우들에서, 플라즈마는 증착 증기의 전달이 중단된 후 반응을 구동하도록 사용됨) 증착 증기의 전달을 수반하는 플라즈마-구동된 원자 층 증착을 포함한다. 본 명세서에 사용된 증기 종은 통상적으로 열적 질량 유량 제어기를 포함하는 종래의 플라즈마-에칭 가스 전달 시스템들과 함께 사용하기에 비실용적인 상대적으로 낮은 증기압들을 갖는 화학 물질들에 기초한다. 이러한 화학 물질들은 통상적으로 주변 조건들 하에서 액체 또는 고체 형태이다. 이와 같이, 증기들의 원치 않은 응결이 일반적인 문제이다. 대조적으로, 용어 "가스"는 보다 일반적으로 사용되고, 그리고 플라즈마를 사용하거나 사용하지 않고 프로세싱 챔버에 제공되는 종을 지칭할 수도 있다. 용어 "에칭 가스"는 에칭 동작 동안 프로세싱 챔버에 제공된 반응 물질을 지칭하도록 의도된다. 많은 경우들에서, 플라즈마가 챔버 내에 존재하는 동안 에칭 가스가 챔버에 제공된다. 흔히 사용되는 에칭 가스들은 통상적으로 종래의 열적 질량 유량 제어기들의 사용을 허용하도록 충분히 높은 증기압을 갖는다.

[0026] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어 "저압"은 달리 언급되지 않는 한, 약 800 mTorr 이하의 압력을 의미하도록 의도된다. 용어 "고압"은 달리 언급되지 않는 한, 약 1 Torr 이상의 압력을 의미하도록 의도된다. 용어 "저 컨덕턴스"는 달리 언급되지 않는 한, 약 0.05 sccm/mTorr 이하의 컨덕턴스를 의미하도록 의도된다. 용어 "고 컨덕턴스"는 달리 언급되지 않는 한, 약 1 sccm/mTorr 이상의 컨덕턴스를 의미하도록 의도된다.

[0027] I. 프로세스 플로우

[0028] 도 1은 본 명세서의 다양한 실시 예들에 따라 리세스된 피처 (recessed feature) 를 에칭하는 방법에 대한 흐름도를 예시한다. 도 1의 방법은 기판이 프로세싱 챔버 내에 수용되는 동작 (101) 에서 시작된다. 기판은 상부에 유전체 재료를 포함하는 재료들의 스택을 갖는다. 유전체 재료는 실리콘 옥사이드 및/또는 실리콘 나이트라이드일 수도 있다. 재료의 부가적인 층들이 특정한 적용 예를 위해 목표된 대로 제공될 수도 있다. 예시적인 재료 스택들은 이하에 더 논의된다. 패터닝된 마스크 층이 유전체 재료 위에 제공된다. 마스크 층의 패턴은 스택에서 피처들이 형성되는 위치를 규정한다.

[0029] 다음에, 동작 (103) 에서, 에칭 가스가 프로세싱 챔버 내로 흐르고 플라즈마가 에칭 가스로부터 생성된다. 기판은 플라즈마에 노출되고 피처들은 스택에서 부분적으로 에칭된다. 이어서, 동작 (105) 에서, 프로세싱 챔버는 과잉 에칭 가스 및/또는 에칭 부산물들을 제거하도록 선택 가능하게 (optionally) 퍼지된다. 퍼지 단계는 프로세싱 동안 나중에 도입될 증착 증기와 에칭 가스 사이의 원치 않은 반응물들을 감소시키는 것을 돕는다. 퍼지는 퍼지 가스의 전달 및/또는 프로세싱 챔버의 배기를 수반할 수도 있다. 다양한 경우들에서, 퍼지 동작 (105) 은 또한 예를 들어, 에칭 가스와 증착 증기 사이에 공유되는 임의의 전달 라인들을 포함하는, 에칭 가스를 프로세싱 챔버에 제공하도록 사용된 전달 라인들 중 일부 또는 전부를 퍼지하게 할 수도 있다.

[0030] 동작 (107) 에서, 증착 증기가 프로세싱 챔버 내로 흐르고 막이 부분적으로 에칭된 피처들의 측벽들 상에 증착

된다. 증착 메커니즘에 따라, 부가적인 반응 물질이 제공될 수도 있고 제공되지 않을 수도 있다. 예를 들어, 막이 자기-조립된 단층으로서 증착되는 경우, 어떠한 부가적인 반응 물질도 요구되지 않는다. 다른 한편으로, 막이 분자 층 증착 또는 원자 층 증착을 통해 증착되는 경우, 예를 들어, 증착 증기 및 부가적인 반응 물질은 순환적인 방식으로 프로세싱 챔버에 제공될 수도 있다. 일부 경우들에서, 증착은 컨포멀하다. 막은 측벽들의 전체 길이를 따라 연장할 수도 있고 연장하지 않을 수도 있다. 일부 경우들에서, 막은 측벽들의 상부 부분들 근방에 집중되지만, 측벽들의 하단 부분들 근방에 훨씬 더 박형이거나 또는 존재하지 않는다.

[0031] 동작 (109) 에서, 프로세스는 과잉 증착 반응 물질들 (예를 들어, 증착 증기 및 임의의 부가적인 반응 물질들) 및 부산물들을 제거하기 위해 프로세싱 챔버의 또 다른 선택 가능한 퍼지를 계속한다. 다양한 경우들에서, 퍼지 동작 (109) 은 또한 예를 들어, 에칭 가스와 증착 증기 사이에 공유되는 임의의 전달 라인들을 포함하는, 증착 증기를 프로세싱 챔버에 제공하도록 사용된 전달 라인들 중 일부 또는 전부를 퍼지하게 할 수도 있다.

[0032] 동작 (111) 에서, 피처들이 최종 타깃 구조에 가까운지 여부가 결정된다. 그렇다면, 방법은 에칭 가스가 프로세싱 챔버 내로 흐르고, 플라즈마가 에칭 가스로부터 생성되고, 피처들이 최종적으로 에칭되는 동작 (113) 에서 계속된다. 이 시점에서, 방법은 완료된다. 동작 (111) 에서 피처들이 그들의 최종 타깃 구조에 가깝지 않다고 결정되면, 방법은 또 다른 부분적인 에칭 단계가 수행되는 동작 (103) 으로부터 반복된다. 도 1의 동작은 피처들이 최종 타깃 구조에 도달할 때까지 순환된다.

[0033] II. 잠재적인 위험들 및 중점 영역들

[0034] 도 2는 에칭 및 증착 모두에 사용되는 장치를 예시하고, 이들 프로세스들이 단일 장치 상에서 결합될 때 발생할 수 있는 일부 문제들을 도시한다. 도시된 장치는 에칭 플라즈마를 진공 챔버의 내측 영역으로 한정하는 (confine) 설계를 갖는다. 이 내측 영역은 "반응기"로 지칭된다. 프로세싱 동안, 기판은 기판 지지부 상에 포지셔닝되고, 그리고 반응기 내의 조건들에 노출된다. 예를 들어, 에칭 동안 기판은 반응기 내에 한정된 에칭 플라즈마에 노출된다. 진공 챔버의 외측 부분은 플라즈마에 노출되지 않고 "외측 챔버"로 지칭된다. 이 설계는 일반적으로 Lam Research Corp, Flex® 제품군과 같은 용량성 커플링 유전체 에칭 시스템들에 사용된다. 이하의 논의의 목적들을 위해, 이 구성이 가정된다. 그러나, 본 명세서에 개시된 기법들은 이 특정한 장치 구성으로 제한되지 않는다. 이러한 기법들은 플라즈마 에칭을 위한 다른 장치 구성들에 적용될 수도 있다.

[0035] 도 2의 예에서, 증착 증기들 및 에칭 가스들은 공유된 전달 라인을 통해 프로세싱 챔버로 선택적으로 전달된다. 발생할 수 있는 일 문제는 증착 증기들의 원치 않은 응결이다. 응결된 증착 증기 (210) 는 예를 들어, 전달 라인들에 그리고/또는 샤워헤드의 후면 상의 플레넘에 액체 잔류물 (220) 을 형성할 수도 있다. 이 응결은 시간 및 공간에서 증기 온도 및 압력의 변동이 액체 상태가 증기 상태보다 보다 유리한 조건을 생성할 수도 있기 때문에 발생할 수 있다. 이 액체 잔류물 (220) 은 증기 전달 경로의 효율적인 퍼지를 방지할 수도 있다. 일부 경우들에서, 액체 잔류물 (220) 은 기판의 표면 상에 증착되는 원치 않은 입자들 (230) 의 형성을 야기할 수 있는, 에어로졸화된 (aerosolize) 액적들을 형성할 수도 있다.

[0036] 프로세싱 동안 발생할 수 있는 또 다른 문제는 프로세싱 장치의 표면들 (예를 들어, 반응기 표면들, 프로세싱 챔버 표면들, 전달 라인들, 샤워헤드들, 등) 상의 원치 않은 재료의 형성이다. 많은 경우들에서, 이 원치 않은 재료는 에칭 가스들과 증착 증기들 사이의 반응으로부터 형성된다. 예를 들어, 원치 않은 증착물 (240) 은 에칭 가스들 및 증착 증기들 모두를 프로세싱 챔버에 제공하는 공유된 전달 라인에 형성될 수도 있다. 유사하게, 원치 않은 증착물 (250) 은 샤워헤드의 후면 상의 플레넘 내에, 그리고/또는 샤워헤드 홀들 (미도시) 내에 형성될 수도 있다. 원치 않은 증착물들 (240 및 250) 은 특히 액체 잔류물 (220) 및 에칭 가스들 모두가 존재하는 영역들, 예를 들어 증착 증기들/에칭 가스들에 의해 공유된 하드웨어에 형성될 가능성이 있다. 증착 증기들 및 에칭 가스들이 동시에 능동적으로 도입되지 않지만, 증기들 또는 가스들의 잔류량들은 전달 경로에 가스 형태로 남아 있을 수도 있고 그리고/또는 표면 상에 흡착되거나 응결될 수도 있고, 원치 않은 교차-반응들이 발생할 가능성이 있다. 특정한 예에서, 원치 않은 증착물들 (240 및 250) 은 (예를 들어, 에칭 가스로서 반응기로 흐르는) HBr과 선행 분자 층 증착 단계에서 사용된 디아민 증착 증기의 잔류물 사이의 반응으로부터 형성될 수도 있다.

[0037] 원치 않은 증착물 (260) 은 또한 외측 챔버의 벽들 상에 형성될 수 있다. 원치 않은 증착물 (260) 은 원치 않은 부반응물, 예를 들어 (1) 증착 증기와 에칭 가스 사이의 반응물, (2) 증착 증기와 에칭 프로세스/에칭 가스 플라즈마의 부산물들 사이의 반응물, (3) 증착 증기와 증착 반응의 부산물들 사이의 반응물로부터의 잔류물일 수도 있다. 일부 경우들에서, 원치 않은 증착물 (260) 은 폴리머, 예를 들어, 분자 층 증착 반응의 결과로서

형성되는 폴리머일 수도 있다.

[0038] 한정된 플라즈마 구성에 기초하고 에칭 동작들에만 사용되는 종래의 에칭 반응기들은 통상적으로 외측 챔버의 벽들 상에 증착물을 거의 생성하지 않거나 전혀 생성하지 않는다. 이와 같이, 종래의 에칭 장치에서 외측 챔버의 벽들로부터 이러한 증착물을 제거하기 위한 메커니즘을 포함할 필요 또는 이유가 없다. 대신, 이러한 반응기들은 종종 반응기 표면들을 자동 세정하는 데 사용될 수 있는 플라즈마 생성기들을 구비한다. 이들 자동 세정 프로세스들은 외측 챔버에 도달하지 않고, 따라서 이 영역에서 원치 않은 증착물을 제거하도록 작용하지 않는다.

[0039] 동일한 반응기에서 에칭 및 증착 모두를 수행할 때 해결되어야 하는 또 다른 문제는 프로세스 각각에 대해 반응기를 통한 플로우 컨덕턴스의 최적화이다. 예를 들어, 에칭은 통상적으로 조정 가능한 중간 내지 고 컨덕턴스 범위 (예를 들어, 약 1 내지 50 sccm/mTorr) 에 걸쳐 일어난다. 많은 경우들에서, 플라즈마 에칭은 상대적으로 고 컨덕턴스에서 발생하고, 반응기의 플라즈마 자동 세정은 중간 컨덕턴스에서 발생한다. 대조적으로, 증착은 통상적으로 반응기 내에서 고압 및 고 도즈, 그리고 외측 챔버 내에서 저압 및 저 도즈 모두를 가능하게 하도록 상대적으로 저 컨덕턴스 (예를 들어, 약 0.001 내지 0.03 sccm/mTorr) 로 발생한다. 증착 동안 낮은 컨덕턴스는 증착 증기의 보다 우수한 활용과 함께 반응기에서 보다 짧은 도즈 시간들을 가능하게 한다. 외측 챔버 내 저 도즈는 또한 외측 챔버 내 원치 않은 증착물을 최소화한다.

[0040] 이와 같이, 에칭 및 증착 모두가 동일한 반응기에서 발생할 때, 반응기를 통한 컨덕턴스가 가변적이고 넓은 범위에 걸쳐 제어 가능하다는 것을 보장하는 것이 유리하다. 이 가변 컨덕턴스는 반응기로부터 외측 챔버로 이어지는 하향-포인팅 화살표들의 세트들로 예시된다. 가변 컨덕턴스가 사용되는 경우, 쓰루풋 (throughput) 을 최대화하기 위해 컨덕턴스가 신속하게 변화될 수 있다는 것을 보장하는 것이 또한 유리하다.

[0041] III. 에칭

[0042] 일반적으로 말하면, 본 명세서의 실시 예들은 특정한 에천트 종 또는 에칭 조건들로 제한되지 않고, 그리고 에칭 단계는 종래의 프로세싱 조건들을 사용하여 수행될 수도 있다. 예시적인 프로세싱 조건들은 다음의 미국 특허들에서 논의되고, 이들 각각은 전체가 참조로서 본 명세서에 인용된다: 미국 특허 제 9,384,998 호, 미국 특허 제 9,887,097 호, 미국 특허 제 9,997,373 호.

[0043] 일부 실시 예들에서, 에칭 동안 압력은 (예를 들어, 용량성 커플링 플라즈마의 경우) 약 10 내지 200 mTorr, 또는 (예를 들어, 유도성 커플링 플라즈마의 경우) 약 1 내지 120 mTorr일 수도 있다. 에칭 가스에 대한 예시적인 플로우 레이트들은 약 100 내지 3000 sccm일 수도 있다. 터보 기계식 펌핑은 과잉 에칭 가스들을 제거하고 프로세싱 챔버로부터 부산물들을 에칭하도록 에칭 동안 사용될 수도 있고, 최대 터보 기계식 펌핑 플로우는 통상적으로 약 3000 sccm이다.

[0044] 많은 경우들에서, 에칭은 에칭 가스로부터 플라즈마를 생성하고 기판을 플라즈마에 노출하는 것을 수반한다. 에칭 가스는 예를 들어, 염소 소스, 브롬 소스, 탄소 소스, 불소 소스, 산소 소스, 및/또는 수소 소스를 포함할 수도 있다. 다양한 실시 예들에서, 상이한 에칭 가스들의 조합이 사용될 수도 있다. 에칭 가스에 제공될 수도 있는 예시적인 가스들은, 이로 제한되는 것은 아니지만, 염소 가스 (Cl_2), 수소 클로라이드 (HCl), 카르보닐 설파이드 (COS), 플루오로카본들 (C_xF_y), 하이드로플루오로카본들 ($C_xH_yF_z$), 클로로카본들 (C_xCl_y) , 하이드로클로로카본 (C_xCl_y), 질소 트리플루오라이드 (NF_3), 수소 브로마이드 (HBr), 트리플루오로아이오도메탄 (CF_3I), 산소 (O_2), 수소 (H_2), 등을 포함한다. 에칭 가스는 또한 하나 이상의 불활성 가스들을 포함할 수도 있다.

[0045] 특정한 피처들이 고 품질 에칭 결과들을 촉진하도록 에칭/증착 반응기에 제공될 수도 있다. 이들 피처들은 다음 중 임의의 조합을 포함할 수도 있다; (1) 프로세스 균일성의 제어를 촉진하기 위한 멀티존 (multizone) 가스 주입, (2) 균일한 가스 전달을 위한 샤워헤드 가스 주입, (3) 니켈-크롬-몰리브덴 합금과 같은 부식 방지 가스 라인 재료들, 및/또는 (4) (예를 들어, 저 컨덕턴스 및 고 컨덕턴스 모두 포함하는) 제어된 가변 가스 컨덕턴스. 추가 상세들은 이하의 예들에서 제공된다.

[0046] IV. 증착

[0047] 다수의 상이한 증기-기반 증착 메커니즘들이 다양한 실시 예들에 따라 사용될 수도 있다. 일부 경우들에서, 분자 층 증착이 사용된다. 일부 경우들에서, 자기-조립된 단층 증착이 사용된다. 일부 예들에서, 원자 층 증착 (ALD) 이 사용된다. 원자 층 증착이 사용되는 경우, 반응은 열적으로 구동되거나 플라즈마 구동될 수도 있다. 원자 층 증착 반응이 플라즈마 구동되는 경우, 동시 플라즈마 없이 증착 증기를 프로세싱 챔버로 전달하는 것을

수반하는 적어도 하나의 단계가 있다. 다른 증기-기반 증착 메커니즘들이 특정한 적용 예에 적절하게 사용될 수도 있다.

[0048] 본 명세서의 실시 예들은 임의의 특정한 증착 증기들 또는 증착 조건들에 의해 제한되지 않는다. 증착 단계들은 종래의 증착 조건들을 사용하여 일어날 수도 있다. 많은 경우들에서, 증착 단계들은 기판 상에, 예를 들어 부분적으로 에칭된 피처들의 측벽들 상에 공지되고 제어된 조성을 갖는 박막을 증착하도록 설계된다. 증기-기반 증착 프로세스들은 통상적으로 약 1 내지 40 Torr의 압력에서 발생한다. 상대적으로 높은 증착 압력은 기판 표면에 도달하는 종의 보다 높은 플럭스 (flux) 로 인해 상대적으로 짧은 프로세싱 시간들을 가능하게 한다. 종래의 증착 반응기들은 통상적으로 신속하고 효과적인 퍼지를 가능하게 하도록 고압들 (예를 들어, 2 Torr 초과) 에서 5 SLM 초과의 플로우들을 제공하는 능력을 갖는다. 퍼지는 예를 들어 잔류 증기와 후속 반응 물질 사이의 원치 않은 반응물들을 방지하기 위해 교번하는 화학 물질들이 서로 순환되는 경우들에서 특히 유리하다.

[0049] 다수의 피처들이 고품질 증착 결과들을 촉진하도록 에칭/증착 반응기에 제공될 수도 있다. 이들 피처들은 다음 중 임의의 조합을 포함할 수도 있다; (1) 증기 경로에 최소 데드 레그들 (dead legs) 을 사용한 효율적인 고압/고 플로우 퍼지, (2) 데드 레그들 없이 신속한 퍼지를 가능하게 하는 사용 시점 밸브들, (3) 정상 상태에서 그리고 개방 또는 폐쇄되는 동안, 증기 응결의 위험을 최소화하도록 설계된 가열된 사용 시점 밸브들, (4) 증착 증기 소스로부터 프로세싱 챔버로의 증착 증기 전달 경로를 따라 제어되고 점진적으로 보다 높은 벽 온도, (5) 증기의 급속한 팽창을 방지함으로써 예를 들어, 작은 오리피스들 (orifices) 을 통한 플로우를 방지함으로써, 응결을 방지하는 설계들, 및 (6) 이들 표면들 상의 원치 않은 증착을 감소시키기 위한 가열된 챔버 벽들. 가열된 컴포넌트들이 사용되는 경우, 온도들은 증착 증기들 또는 다른 반응 물질들의 흡착을 감소시키도록 선택될 수도 있는 한편, 유기 반응 물질들이 사용되는 일부 경우들에서 보다 높은 온도들, 예를 들어 약 250 ℃ 이상에서 발생할 수도 있는 원치 않은 분해 (decomposition) 를 방지한다. 이들 피처들은 고품질 에칭 결과들을 촉진하는 것으로 상기 열거된 피처들과 결합될 수도 있다. 추가 상세들은 이하의 예들에서 제공된다.

[0050] V. 예들

[0051] 도 3 내지 도 11은 본 명세서의 실시 예들에 따른 다수의 구현 예들을 도시한다. 다양한 피처들이 이들 예들과 관련하여 논의된다. 피처들이 특정한 예와 관련하여 기술될 수도 있지만, 피처들은 특정한 애플리케이션에 대해 목표된 대로 결합될 수도 있다는 것이 이해된다.

[0052] A. 증착 증기 및 에칭 가스를 위한 공유된 주입

[0053] 도 3은 다양한 실시 예들에 따른 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다. 이 예에서, 증착 증기들 및 에칭 가스들을 교번적으로 전달하도록 사용되는 주입 경로 (330) 가 있다. 증착 증기들은 증기 소스 (350) 로부터 유래되고, 그리고 에칭 가스들은 에칭 가스 소스 (360) 로부터 유래된다. 예시의 용이성을 위해, 증기 소스 (350) 및 에칭 가스 소스 (360) 는 나머지 도면들에서 생략되지만, 이들이 포함된다는 것이 이해된다. 유사하게, 도 3은 나머지 도면들에서 생략되지만 포함되는 것으로 이해되는 플라즈마 생성기 (370) 를 예시한다. 플라즈마 생성기 (370) 는 반응기 내에 용량성 커플링된 플라즈마를 제공하도록 구성될 수도 있다. 특정한 경우들에서 다른 타입들의 플라즈마가 제공될 수도 있다. 밸브 (310) 는 증착 증기들의 전달을 제어하고, 그리고 밸브 (320) 는 에칭 가스들의 전달을 제어한다. 밸브들 (310 및 320) 은 사용 시점 밸브들일 수도 있다. 예시적인 밸브 구조체들은 2012년 9월 25일 출원된, 미국 특허 공보 제 2013/0333768 호 및 2018년 4월 18일 출원된 미국 특허 공보 제 2019/0323125 호에서 논의되고, 이들 각각은 전체가 참조로서 인용된다. 이들 공보들에 기술된 밸브 구조체들은 전달 시스템에서 데드 레그들 없이 신속한 퍼지를 가능하게 한다. 일반적으로 말하면, 본 명세서에 기술된 임의의 밸브들은 사용 시점 밸브들일 수도 있다.

[0054] 도 3의 예에서, 증착 증기 및 에칭 가스 모두는 단일 공유된 샤워헤드 (340) 를 통해 프로세싱 챔버의 반응기 내로 선택적으로 주입된다. 다양한 대안들이 이용 가능하다. 예를 들어, 증착 증기는 가스 링, 하나 이상의 노즐들, 증착 증기 및 에칭 가스를 위한 별개의 전달 경로들을 갖는 듀얼 샤워헤드, 등과 같은 또 다른 전달 시스템을 통해 별개로 제공될 수도 있다.

[0055] 또한 도 3에서 본 명세서에 기술된 방법들 및 동작들을 유발하기 위해 장치를 제어하도록 사용될 수도 있는, 제어기 (380) 가 도시된다. 제어기 (380) 는 나머지 도면들에서 생략되지만, 이러한 제어기가 통상적으로 존재한다는 것이 이해된다. 제어기는 이하에 더 논의된다.

[0056] 도 3의 실시 예의 일 이점은 단순성이다. 단일 샤워헤드만이 사용되기 때문에, 하드웨어 비용이 상대적으로 낮

다. 도 3의 실시 예의 또 다른 이점은 두 종 모두 샤워헤드를 통해 전달되기 때문에, 증착 증기 및 에칭 가스 모두의 고도의 균일한 플럭스를 기판으로 제공한다는 것이다. 이는 높은 정도의 프로세스 균일성을 촉진한다. 도 3에 도시된 실시 예에서, 흐르는 증착 증기와 에칭 가스 잔류물들 사이, 또는 흐르는 에칭 가스와 증착 증기 잔류물들 사이에 원치 않은 부반응물들 (side reactions) 의 위험이 있을 수도 있다. 이들 원치 않은 부반응물들을 최소화하기 위해, 상대적으로 보다 실질적인 퍼지 조건들, 예를 들어 5 초보다 보다 긴 매우 긴 퍼지 시간들이 사용될 수도 있다.

[0057] B. 증착 증기 및 에칭 가스를 위한 별개의 주입

[0058] 도 4는 다양한 실시 예들에 따른 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다. 이 예에서, 증착 증기들 및 에칭 가스들을 반응기로 전달하기 위해 별개의 전달 라인들이 제공된다. 증착 증기 전달 경로 (410) 는 증착 증기를 플레넘 및 가스 링 (420) 으로 전달하는 한편, 에칭 가스 전달 경로 (430) 는 에칭 가스를 플레넘 및 샤워헤드 (440) 로 전달한다.

[0059] 도 4의 실시 예의 일 이점은 증착 증기 및 에칭 가스가 반응기로 전달되기 전에 서로 콘택트하지 않고, 이에 따라 흐르는 증착 증기들과 에칭 가스 잔류물들 사이, 그리고 흐르는 에칭 가스들과 증착 증기 잔류물들 사이의 원치 않은 부반응물들의 위험을 최소화한다는 것이다. 도 4의 실시 예는 증착 증기가 샤워헤드를 통해 전달되는 도 3의 실시 예와 비교하여, 기판 상에 보다 덜 균일한 증착 증기의 플럭스를 제공할 수도 있다. 그러나, 증착 메커니즘은 통상적으로 단층 흡착에 의존하거나 그렇지 않으면 자기-제한적일 (self-limiting) 수도 있기 때문에, 도 4에서 보다 덜 균일한 플럭스가 고 품질 증착 결과들을 제공하기에 충분할 수도 있다.

[0060] 도 4와 유사한 또 다른 실시 예에서, 듀얼 샤워헤드가 제공될 수도 있다. 듀얼 샤워헤드는 증착 증기 및 에칭 가스의 전달을 위해 별개의, 분리된 경로들을 제공한다. 증착 증기 전달 경로 (410) 및 에칭 가스 전달 경로 (430) 는 각각 듀얼 샤워헤드의 분리된 포트들 내로 피딩될 (feed) 수 있고, 증착 증기 및 에칭 가스가 반응기에 도달할 때까지 물리적으로 분리된 채로 남는 것을 보장한다. 도 4와 유사한 또 다른 실시 예에서, 증착 증기는 (도 4에 도시된 바와 같이, 상단부로부터가 아니라) 반응기의 측면으로부터 반응기 내로 주입될 수도 있다.

[0061] C. 퍼지 경로 바이패스

[0062] 도 5는 다양한 실시 예들에 따른 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다. 도 5의 실시 예에서, 증착 증기 및 에칭 가스는 샤워헤드 (530) 를 통해 반응기로 전달된다. 증기 전달 경로 (510) 및 에칭 가스 전달 경로 (520) 는 샤워헤드 (530) 를 피딩하는 단일 주입 경로 내로 피딩된다. 퍼지 가스는 유사하게 증착 증기 전달 경로 (510) 및 증착 증기 및 에칭 가스에 의해 공유된 주입 경로를 통과한 후, 샤워헤드 (530) 를 통해 반응기에 제공된다. 이 예에서, 샤워헤드 (530) 는 (1) 에칭 가스, 증착 증기, 및 퍼지 가스를 반응기로 전달하기 위한 복수의 작은 오리피스들, 및 (2) 가스 (예를 들어, 퍼지 가스) 를 샤워헤드 (530) 로부터 상대적으로 높은 레이트로 제거하기 위한 바이패스 유출구 (540) 를 포함하는 2 가지 타입들의 유출구들을 포함한다. 바이패스 유출구는 고용량 펌프 (560) 에 연결된 바이패스 경로 (550) 를 피딩한다. 바이패스 경로 (550) 는 고 컨덕턴스 (예를 들어, 1 sccm/mTorr 초과) 경로이다. 고용량 펌프 (560) 는 예를 들어 3000 sccm 초과의 플로우를 지지할 수도 있다. 밸브 (540) 는 바이패스 경로 (550) 를 통한 플로우를 제어한다.

[0063] 바이패스 경로 (550) 가 부재하는 경우들에서, 샤워헤드 (530) 는 반응기 내로 퍼지 가스의 최대 달성 가능한 플로우를 제한한다. 이 제한은 상대적으로 낮은 컨덕턴스를 발생시키는 작은 오리피스들의 어레이를 갖는 샤워헤드 (530) 의 구성으로 인해 발생한다. 대조적으로, 바이패스 경로 (550) 및 고용량 펌프 (560) 가 존재하는 경우, 퍼지 가스는 바이패스 경로 (550) 의 컨덕턴스 및 고 용량 펌프 (560) 의 펌핑 용량에 의해서만 제한되는, 훨씬 보다 높은 레이트로 흐를 수도 있다.

[0064] 퍼지 가스가 보다 높은 레이트로 흐를 수 있기 때문에, (예를 들어, 증착 증기들 또는 에칭 가스들로부터) 원치 않은 잔류물들이 보다 효율적으로 제거될 수 있다. 이는 보다 짧은 퍼지 시간들을 가능하게 하고, 이는 쓰루풋을 증가시킨다. 단축될 수도 있는 퍼지 시간들은 증착 증기들 및 에칭 가스들에 기초한 프로세스 단계들 사이의 퍼지들, 뿐만 아니라 증착 동안 상이한 증착 증기들 및/또는 부가적인 반응 물질들에 기초한 프로세스 단계들 사이의 퍼지들을 포함한다 (예를 들어, 분자 층 증착 또는 원자 층 증착과 같은 순환적 증착 방법들이 사용됨). 밸브 (540), 바이패스 경로 (550), 및 고용량 펌프 (560) 를 포함하는 도 5의 실시 예는 시스템에 비용, 전력 소비, 및 복잡성을 부가할 수도 있다.

[0065] D. 압력 강하 (pressure drop) 최소화를 위한 바이패스

[0066] 도 6a 및 도 6b는 다양한 실시 예들에 따른 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다. 이 예에서 (증착 증기 전달 경로 (610) 를 통해 전달된) 증착 증기와 (퍼지 가스 전달 경로 (620) 를 통해 전달된) 퍼지 가스 사이에 교번적으로 공유되는 바이패스 경로 (660) 가 있다. 예를 들어, 도 6a는 퍼지 가스가 프로세싱 챔버로 전달되는 동안 증착 증기로 하여금 바이패스 경로 (660) 를 통해 흐르게 하는 밸브 구성 (630) 을 도시한다. 대조적으로, 도 6b는 증착 증기가 프로세싱 챔버로 전달되는 동안 퍼지 가스로 하여금 바이패스 경로 (660) 를 통해 흐르게 하는 밸브 구성 (680) 을 도시한다.

[0067] 펌프 (670) 는 바이패스 경로 (660) 를 따라 플로우를 구동한다. 펌프 (670) 는 도 1과 관련하여 기술된 바와 같이 고용량 펌프일 수도 있고, 또는 터보 기계식 펌프일 수도 있다. 유사하게, 바이패스 경로 (660) 는 도 5와 관련하여 기술된 바와 같이 고 컨덕턴스 경로일 수도 있거나, 또는 보다 낮은 컨덕턴스를 가질 수도 있다. 플로우 제한기 (650) 가 바이패스 경로 (660) 내에 제공될 수도 있다. 플로우 제한기 (650) 는 예를 들어 고정된 사이즈의 오리피스 또는 조정 가능한 니들 밸브일 수도 있다. 플로우 제한기 (650) 는 증착 증기/퍼지 가스를 프로세싱 챔버 내 반응기로 교번적으로 전달하는 주입 경로 (640) 의 플로우 컨덕턴스와 매칭하도록 바이패스 경로 (660) 내 플로우 컨덕턴스를 가변/제어하도록 구성될 수도 있다. 바이패스 경로 (660) 는 증착 증기 및 퍼지 가스의 플로우로 하여금 프로세싱 챔버의 반응기로 지향되기 전에 확립/안정화되게 한다. 이 구성은 퍼지 가스와 증착 증기 사이에서 스위칭할 때 밸브들 (630 또는 680) 근방의 국부적인 압력 변동들 (pressure fluctuations) 을 최소화한다. 이는 스위칭 동안 증착 증기의 원치 않은 응결을 방지한다.

[0068] 도 6a 및 도 6b의 실시 예의 일 이점은, 제어된 컨덕턴스 및 연관된 밸브를 갖는 공유된 바이패스 경로 (660) 가 퍼지 가스와 증착 증기 사이를 스위칭할 때 밸브들 (630 또는 680) 근방의 국부적인 압력 변동들을 최소화한다는 것이다. 이는 스위칭 동안 증착 증기의 원치 않은 응결 위험을 감소시킨다. 응결의 위험이보다 적기 때문에, 도 2와 관련하여 설명된 바와 같이, 원치 않은 부반응물들이 발생할 가능성이 적고, 그리고 원치 않은 입자들이 기판 또는 반응기 표면 상에 형성될 것이다. 바이패스 경로 (660), 플로우 제한기 (650), 및 펌프 (670) 를 포함하는 도 6a 및 도 6b의 실시 예는 시스템에 비용 및 복잡성을 부가할 수도 있다.

[0069] E. 가변 컨덕턴스를 위한 압력 제어 링

[0070] 도 7은 다양한 실시 예들에 따른 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다. 이 예는 반응기로부터 외측 챔버로 가변 플로우 컨덕턴스 (750) 를 제공하기 위한 일 메커니즘을 도시한다. 반응기는 한정 슈라우드 (710) 에 의해 적어도 부분적으로 규정된다. 가스상 종은 반응기로부터 유출구 (720) 를 통해 외측 챔버로 통과한다. 유출구 (720) 는 도시된 바와 같이 한정 슈라우드 (710) 의 슬롯형 또는 그렇지 않으면 천공된 부분으로서 형성될 수도 있다.

[0071] 도 7에서, 압력 제어 링 (730) 은 유출구 (720) 에 근접하게 포지셔닝된다. 압력 제어 링 (730) 의 높이는 반응기로부터 외측 챔버로 넓은 범위의 플로우 컨덕턴스를 제공하도록 조정 가능하다. 예를 들어, 압력 제어 링 (730) 이 (유출구 (720) 에 상대적으로 보다 가까운) 상부 포지션에 있을 때, 반응기로부터 외측 챔버로의 플로우는 보다 제한되어, 보다 낮은 플로우 컨덕턴스를 발생시킨다. 대조적으로, 압력 제어 링 (730) 이 (유출구 (720) 로부터 상대적으로 보다 먼) 하부 포지션에 있을 때, 반응기로부터 외측 챔버로의 플로우는 보다 덜 제한되고, 보다 높은 플로우 컨덕턴스를 발생시킨다.

[0072] 결합된 에칭/증착 반응기의 이 실시 예에 대해, 압력 제어 링 (730) 이 상부 포지션에 포지셔닝될 때 플로우 컨덕턴스를 더 감소시키기 위해, 예를 들어 압력 제어 링 (730) (도 7에 도시됨) 의 상부 표면 위에 또는 반응기의 하부 표면 아래에 탄성 시일 (seal) (740) 이 제공될 수도 있다. 탄성 시일 (740) 은 반응기로부터 외측 챔버로의 플로우를 방지하거나 실질적으로 제한하도록 인게이지할 수도 있고, 매우 낮은 컨덕턴스 상태를 생성한다. 이 매우 낮은 컨덕턴스 상태는 증기 증착 동안, 예를 들어 증착 증기(들)가 반응기에 제공되고 기판 표면 상에 흡착되게 하는 도즈 단계들 동안 특히 유용하다.

[0073] 압력 제어 링이 사용되는 다양한 실시 예들에서, 반응기로부터 외측 챔버로의 컨덕턴스는 넓은 범위에 걸쳐 튜닝 가능하다. 예를 들어, 일부 경우들에서 컨덕턴스는 압력 제어 링 (730) 이 최상단 포지션에 있을 때 약 0.01 sccm/mTorr만큼 낮게 튜닝될 수도 있고, 그리고 압력 제어 링 (730) 이 최하단 포지션에 있을 때 약 50 sccm/mTorr만큼 높게 튜닝될 수도 있다. 프로세싱 동안, 압력 제어 링 (730) 은 특정한 증착 단계들 동안, 예를 들어 증기 전구체가 반응기에 도즈될 때 상대적으로 보다 높은 포지션 (예를 들어, 최상단 포지션) 에 포지셔닝될 수도 있다. 대조적으로, 압력 제어 링 (730) 은 에칭 단계들 및/또는 퍼지 단계들과 같은 다른 프로세싱 단계들 동안 상대적으로 보다 낮은 포지션 (예를 들어, 최하단 포지션) 에 위치될 수도 있다.

[0074] 도 7의 실시 예의 일 이점은 압력 제어 링 (730) 이 반응기로부터 외측 챔버로의 플로우 컨덕턴스에 대해 넓은 제어 범위를 가능하게 한다는 것이다. 이는 에칭 단계 및 증착 단계로 하여금 실질적으로 상이한 프로세싱 조건들에서 발생하게 한다. 또한, 이는 매우 상이한 조건들이 반응기 내 대 (versus) 외측 챔버 내에서 동시에 확립되게 한다. 예를 들어, 기상 증착 프로세스 동안, 반응기 내의 압력은 외측 챔버 내의 압력보다 훨씬 보다 높을 수 있다. 특정한 예에서, 반응기 내의 압력은 상기 규정된 바와 같이 고압일 수도 있고, 그리고 외측 챔버 내의 압력은 20 mTorr 미만일 수도 있다. 이 구성은 증착 증기들을 사용하여 기판의 효율적인 도징을 허용하고, 외측 챔버에서 훨씬 낮은 도징으로, 외측 챔버에서 원치 않은 증착의 위험을 감소시킨다. 도 7의 실시 예의 또 다른 이점은 압력 제어 링 (730) 이 신속하게 이동될 수 있고, 도즈 단계들 (낮은 컨덕턴스가 요구되는 경우) 로부터 퍼지 단계들 (높은 컨덕턴스가 요구되는 경우) 로 그리고 그 반대의 경우를 허용한다는 것이다. 도 7에 도시된 실시 예에서, 전체 반응기는 기상 증착 프로세스의 화학 물질에 노출될 수도 있다.

[0075] F. 가변 컨덕턴스를 위한 이동 가능한 벽

[0076] 도 8은 다양한 실시 예들에 따른 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다. 이 예는 반응기로부터 외측 챔버로 가변 플로우 컨덕턴스를 제공하기 위한 또 다른 메커니즘을 도시한다. 반응기는 한정 슈라우드 (810) 에 의해 적어도 부분적으로 규정된다. 이동 가능한 벽 또는 파티션 (840) 은 반응기를 내측 반응기 영역 (도 8에서 "내측 반응기"로 라벨링됨) 및 주변 반응기 영역 (도 8에서 "830"으로 라벨링됨) 으로 분할한다 (split). 내측 반응기 영역은 이동 가능한 벽 (840) 의 방사상으로 내부인 한편, 주변 반응기 영역 (830) 은 내측 반응기 영역과 외측 챔버 사이에 있다. 프로세싱 동안, 가스상 종은 내측 반응기 영역으로부터, 이동 가능한 벽 (840) 아래, 주변 반응기 영역 (830) 내로, 유출구 (820) 를 통해, 그리고 외측 챔버 내로 통과한다. 이 구현 예에서, 유출구 (820) 는 한정 슈라우드 (810) 의 슬롯형 또는 그렇지 않으면 천공된 부분으로서 제공된다.

[0077] 특히, 이동 가능한 벽 (840) 은 목표된 대로 상승 및 하강될 수 있다. 이동 가능한 벽 (840) 은 샤워헤드 및 기판의 주변부 둘레에서 링 형상으로 연장한다. 이 예에서, 이동 가능한 벽 (840) 이 최하단 포지션에 있을 때 이동 가능한 벽 (840) 의 하부 부분은 기판 지지부 (860) 의 상부 표면과 인게이지한다. 대안적인 실시 예에서, 이동 가능한 벽 (840) 의 하부 부분은 예를 들어 유출구 (820) 의 방사상으로 내측 포지션에서 한정 슈라우드 (810) 의 부분과 인게이지할 수도 있다. 이동 가능한 벽 (840) 이 상대적으로 낮을 때, 내측 반응기 영역으로부터 주변 반응기 영역으로의 플로우는 보다 제한되고, 그리고 연관된 플로우 컨덕턴스는 보다 낮다. 이동 가능한 벽 (840) 이 상승될 때, 이동 가능한 벽 (840) 의 일부 또는 전부가 포켓 (850) 내로 후퇴하여 (recede), 플로우에 대한 제한을 제거/감소시키고, 그리고 상대적으로 보다 큰 컨덕턴스를 제공한다.

[0078] 일부 실시 예들에서 탄성 시일 (미도시) 이 이동 가능한 벽 (840) 의 하부 부분과 이동 가능한 벽 (840) 이 가장 낮은 포지션에 있을 때 함께 인게이지하는 표면 사이에 제공될 수도 있다. 예를 들어, 이러한 시일은 이동 가능한 벽 (840) 의 하단 표면 아래, 기판 지지부의 상부 표면 위에, 또는 한정 슈라우드 (810) 의 상부 표면 위에 제공될 수도 있다. 유사하게, 일부 실시 예들에서, 탄성 시일 (미도시) 이 이동 가능한 벽 (840) 의 상부 부분과 이동 가능한 벽 (840) 이 가장 낮은 포지션에 있을 때 함께 인게이지하는 한정 슈라우드 (810) 또는 포켓 (850) 상의 표면 사이에 제공될 수도 있다.

[0079] 이동 가능한 벽 (840) 이 사용되는 다양한 실시 예들에서, 반응기로부터 외측 챔버로의 컨덕턴스는 넓은 범위에 걸쳐 튜닝 가능하다. 예를 들어, 일부 경우들에서 컨덕턴스는 이동 가능한 벽 (840) 이 최하단 포지션에 있을 때 약 0.01 sccm/mTorr만큼 낮게 튜닝될 수도 있고, 그리고 이동 가능한 벽 (840) 이 최상단 포지션에 있을 때 약 50 sccm/mTorr만큼 높게 튜닝될 수도 있다. 프로세싱 동안, 이동 가능한 벽 (840) 은 특정한 증착 단계들 동안, 예를 들어 증기 전구체가 내측 반응기 영역으로 도즈될 때 상대적으로 보다 낮은 포지션 (예를 들어, 최하단 포지션) 에 포지셔닝될 수도 있다. 대조적으로, 이동 가능한 벽 (840) 은 에칭 단계들 및/또는 퍼지 단계들과 같은 다른 프로세싱 단계들 동안 상대적으로 보다 높은 포지션 (예를 들어, 최상단 포지션) 에 포지셔닝될 수도 있다.

[0080] 도 8의 실시 예의 일 이점은 도 7의 실시 예와 매우 유사하게 플로우 컨덕턴스에 대한 넓은 제어 범위를 제공한다는 것이다. 도 8의 실시 예는 또한 기상 증착 프로세스 및 에칭 프로세스로 하여금 실질적으로 상이한 프로세싱 조건들에서 발생하게 한다. 더욱이, 도 8의 실시 예는 매우 상이한 프로세싱 조건들이 내측 반응기 영역 대 주변 반응기 영역 (830) 대 외측 챔버 내에서 동시에 확립되게 한다. 이 실시 예의 또 다른 이점은 내측 반응기 영역이 기상 증착 프로세스/화학 물질에 노출되어, 주변 반응기 영역 및 외측 챔버에서 훨씬 보다 낮은 도징으로, 이들 영역들에서 원치 않은 증착의 위험을 감소시킨다는 것이다. 이는 결국 기판을 도징하기 위해 요구되는 증착 증기의 총량을 감소시킨다. 또한, 이동 가능한 벽 (840) 이 최하단 포지션에 있을 때 이동 가능한

벽 (840) 이 기판을 둘러싸는 관련 프로세싱 볼륨을 효과적으로 감소시키기 때문에, 충진 시간들 및 퍼지 단계들의 지속 기간이 감소될 수 있다. 충진 시간은 도징 단계 동안 타깃 압력에 도달하는 데 걸리는 시간이다. 이와 같이, 주어진 타깃 도징에 대해, 보다 짧은 충진 시간은 보다 짧은 도징 지속 기간과 상관된다. 도 8에 도시된 실시 예에서, 단계들 사이에서 목표된 바와 같이 이동 가능한 벽 (840) 의 포지션을 가변시키는 것은 상대적으로 보다 긴 시간 (예를 들어, 수 초까지) 걸릴 수도 있다.

[0081] G. 가변 컨덕턴스를 위한 조정 가능한 반응기 갭

[0082] 도 9는 다양한 실시 예들에 따른 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다. 이 예는 내측 반응기 영역으로부터 외측 챔버로 가변 플로우 컨덕턴스를 제공하기 위한 또 다른 메커니즘을 도시한다. 상기 주지된 바와 같이, 반응기는 한정 슈라우드 (910) 에 의해 적어도 부분적으로 규정된다. 상부 반응기 립 (lip) (940) 및 하부 반응기 립 (950) 은 반응기를 내측 반응기 영역 (도 9에서 "내측 반응기"로 라벨링됨) 및 주변 반응기 영역 (도 9에서 "930"으로 라벨링됨) 으로 분할한다. 내측 반응기 영역은 상부 반응기 립 (940) 및 하부 반응기 립 (950) 의 방사상으로 내부에 있는 한편, 주변 반응기 영역은 내측 반응기 영역과 외측 챔버 사이에 있다. 프로세싱 동안, 가스상 종은 내측 반응기 영역으로부터, 상부 반응기 립 (940) 과 하부 반응기 립 (950) 사이에서, 주변 반응기 영역 (930) 내로, 유출구 (920) 를 통해, 외측 챔버 내로 통과한다. 이 구현 예에서, 유출구 (920) 는 한정 슈라우드 (910) 의 슬롯형 또는 그렇지 않으면 천공된 부분으로서 제공된다.

[0083] 이 예에서, 하부 반응기 어셈블리 (960) 는 조정 가능한 높이를 갖는다. 이는 하부 반응기 어셈블리 (960) 와 샤워헤드 사이의 갭의 높이가 조정 가능하다는 것을 의미한다. 하부 반응기 어셈블리 (960) 는 적어도 기판 지지부 및 하부 반응기 립 (950) 을 포함한다. 하부 반응기 어셈블리 (960) 가 상대적으로 보다 낮은 포지션에 있을 때, 내측 반응기 영역으로부터 주변 반응기 영역으로 그리고 외측 챔버 내로의 플로우에 대해 보다 적은 제한이 있어서, 상대적으로 보다 큰 플로우 컨덕턴스를 제공한다. 대조적으로, 하부 반응기 어셈블리 (960) 가 상대적으로 보다 높은 포지션에 있을 때, 상부 반응기 립 (940) 및 하부 반응기 립 (950) 은 서로 접근하여, 내측 반응기 영역으로부터 주변 반응기 영역으로 그리고 외측 챔버 내로의 플로우를 제한하고 그리고 상대적으로 보다 낮은 플로우 컨덕턴스를 제공한다.

[0084] 다양한 경우들에서, 상부 반응기 립 (940) 및 하부 반응기 립 (950) 은 서로 콘택트할 수도 있고, 이에 따라 내측 반응기 영역을 시일링한다. 일부 실시 예들에서, 탄성 시일 (미도시) 이 도 7과 관련하여 논의된 것과 동일한 이유들로 상부 반응기 립 (940) 과 하부 반응기 립 (950) 사이에 제공될 수도 있다. 탄성 중합체 시일은 상부 반응기 립 (940) 및 하부 반응기 립 (950) 중 하나 또는 모두 상에 제공될 수도 있다.

[0085] 다양한 실시 예들에서, 이동 가능한 하부 반응기 어셈블리 (960) 가 도 9에 도시된 바와 같이 상부 반응기 립 (940) 및 하부 반응기 립 (950) 과 조합하여 사용되고, 내측 반응기 영역으로부터 외측 챔버로의 컨덕턴스는 넓은 범위에 걸쳐 튜닝 가능하다. 예를 들어, 일부 경우들에서 컨덕턴스는 이동 가능한 하부 반응기 어셈블리 (960) 가 최상단 포지션에 있을 때 약 0.01 sccm/mTorr만큼 낮게 튜닝될 수도 있고, 그리고 이동 가능한 하부 반응기 어셈블리(960) 가 최하단 포지션에 있을 때 약 50 sccm/mTorr만큼 높게 튜닝될 수도 있다. 프로세싱 동안, 이동 가능한 하부 반응기 어셈블리 (960) 는 특정한 증착 단계들 동안, 예를 들어 증기 전구체가 내측 반응기 영역으로 도즈될 때 상대적으로 보다 높은 포지션 (예를 들어, 최상단 포지션) 에 포지셔닝될 수도 있다. 대조적으로, 이동 가능한 하부 반응기 어셈블리 (960) 는 에칭 단계들 및/또는 퍼지 단계들과 같은 다른 프로세싱 단계들 동안 상대적으로 보다 낮은 포지션 (예를 들어, 최하단 포지션) 에 포지셔닝될 수도 있다.

[0086] 도 9의 실시 예의 일 이점은 도 7 및 도 8의 실시 예들과 매우 유사하게, 플로우 컨덕턴스에 대한 넓은 제어 범위를 제공한다는 것이다. 이들 구현 예들과 유사하게, 도 9의 실시 예는 에칭 동작 및 증착 동작으로 하여금 상이한 프로세싱 조건들에서 발생하게 한다. 유사하게, 이 실시 예는 매우 상이한 프로세싱 조건들이 내측 반응기 영역 대 주변 반응기 영역 대 외측 챔버 내에서 동시에 확립되게 한다. 예를 들어, 기상 증착 프로세스는 주변 반응기 영역 및 외측 챔버에서 동시에 확립된 보다 낮은 압력과 비교하여, 내측 반응기 영역 내에서 훨씬 보다 높은 압력에서 동작할 수 있다. 이는 주변 반응기 영역 및 외측 챔버에서 도징을 최소화하고, 이들 영역들에서 원치 않은 증착의 위험을 감소시킨다. 이 실시 예의 또 다른 이점은 (전체 반응기와 비교하여) 보다 작은 체적의 내측 반응기 영역이 보다 신속하게 충진되고 퍼지될 수 있다는 것이다. 이 실시 예는 하부 반응기 어셈블리 (960) 가 이동될 때마다 포지셔닝하는 데 상대적으로 보다 긴 시간 (예를 들어, 수 초까지) 걸릴 수도 있다.

[0087] H. 제한되지 않은 플라즈마에 의한 외측 챔버 세정

[0088] 도 10은 다양한 실시 예들에 따른 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다. 이 예에서, 하부 반응기 어셈블리(1010)는 조정 가능한 높이를 갖는다. 하부 반응기 어셈블리(1010)는 적어도 기판 지지부를 포함한다. 도 10은 상대적으로 보다 낮은 포지션(예를 들어, 최하단 포지션)에 있는 하부 반응기 어셈블리(1010)를 도시한다. 대조적으로, 반응기 어셈블리(1010)가 상대적으로 보다 높은 포지션(예를 들어, 최상단 포지션)에 있을 때, 도 3에 도시된 장치와 유사할 수도 있다(예를 들어, 반응기 및 하부 반응기 어셈블리의 상대적인 높이들을 고려함).

[0089] 하부 반응기 어셈블리(1010)가 상대적으로 보다 높은 포지션에 있을 때, 반응기 내에서 생성된 모든 플라즈마는 반응기로 한정된다. 이러한 한정된 플라즈마는 예를 들어 에칭 동작 동안 기판들을 프로세싱하는 데 유용하다. 이 포지셔닝은 또한 기상 증착 단계들에 유용하다. 대조적으로, 하부 반응기 어셈블리(1010)가 상대적으로 보다 낮은 포지션에 있을 때, (예를 들어, O_2와 같은 플라즈마 세정 가스로부터) 반응기 내에서 생성된 플라즈마는 더 이상 이 볼륨에 한정되지 않는다. 대신, 플라즈마는 반응기 및 외측 챔버 모두에서 지속된다. 예를 들어, 플라즈마(1020)가 외측 챔버 내에 존재할 수도 있다. 따라서, 플라즈마는 외측 챔버의 표면들(예를 들어, 벽들)로부터 원치 않은 잔류물들에 도달하고 세정할 수도 있다. 종래의 에칭 반응기들은 외측 챔버의 표면들 상에 원치 않은 축적(buildup)을 실질적으로 생성하지 않기 때문에, 이들 표면들을 세정하기 위한 메커니즘을 제공할 필요 또는 이유가 없다. 대조적으로, 이러한 원치 않은 축적은 에칭 및 증착 모두가 동일한 반응기의 동일한 기판 상에서 발생하는 경우에 문제가 될 수도 있다. 이들 경우들에서, 외측 챔버의 표면들을 주기적으로 또는 간헐적으로 세정하는 것이 유리하다.

[0090] 도 10의 실시 예의 일 이점은 외측 챔버 내 잔류물들의 축적을 제어한다는 것이다. 이 실시 예에서, 외측 챔버의 컴포넌트들(예를 들어, 벽들 및 임의의 다른 노출된 컴포넌트들)이 플라즈마에 노출되기 때문에, 이러한 컴포넌트들은 바람직하게 플라즈마 노출과 양립 가능한 재료들로 제조되어야 한다.

[0091] I. 리모트 플라즈마에 의한 외측 챔버 세정

[0092] 도 11은 다양한 실시 예들에 따른 결합된 에칭/증착 반응기를 예시한다. 이 예에서, 리모트 플라즈마 소스(1110)는 리모트 플라즈마(1130)로서 외측 챔버로 전달되는 플라즈마를 생성한다. 밸브(1120)는 외측 챔버로의 플라즈마의 전달을 제어하도록 사용될 수도 있다. 도 10의 실시 예에서 생성된 플라즈마와 비교하여, 도 11의 리모트 플라즈마는 챔버 세정을 위해 상대적으로 고 밀도의 반응성 라디칼들을 제공한다. 리모트 플라즈마(1130)는 또한 상대적으로 저 밀도의 이온들을 제공할 수도 있다.

[0093] 도 11의 실시 예의 일 이점은 리모트 플라즈마(1130)가 외측 챔버 내의 잔류물들의 축적을 제어하도록 사용될 수 있다는 것이다. 이 실시 예에서, 리모트 플라즈마 세정은 (예를 들어, 도 10에서 사용된 바와 같이) 직접 제한되지 않은 플라즈마보다 보다 덜 효율적일 수도 있다. 또한, 외측 챔버의 컴포넌트들이 리모트 플라즈마 조건들에 노출되기 때문에, 이들은 바람직하게 리모트 플라즈마 노출과 양립 가능한 재료들로 제조되어야 한다. 리모트 플라즈마 소스는 또한 시스템에 비용 및 복잡성을 부가할 수도 있다.

[0094] J. 제어기

[0095] 본 명세서에 기술된 임의의 장치들은 제어기를 포함할 수도 있다. 일부 구현 예들에서, 제어기는 상기 기술된 예들의 일부일 수도 있는 시스템의 일부이다. 이러한 시스템들은, 프로세싱 툴 또는 툴들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱용 플랫폼 또는 플랫폼들 및/또는 특정 프로세싱 컴포넌트들(웨이퍼 페데스탈, 가스 플로우 시스템, 등)을 포함하는, 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수 있다. 이들 시스템들은 반도체 웨이퍼 또는 기판의 프로세싱 이전에, 프로세싱 동안에, 그리고 프로세싱 이후에 그들의 동작을 제어하기 위한 전자 장치들과 통합될 수도 있다. 전자 장치는 시스템들 또는 시스템의 서브 파트들 또는 다양한 컴포넌트들을 제어할 수도 있는 "제어기(controller)"로서 지칭될 수도 있다. 제어기는, 시스템의 프로세싱 요건들 및/또는 타입에 따라서, 프로세싱 가스들의 전달, 온도 설정들(예를 들어, 가열 및/또는 냉각), 압력 설정들, 진공 설정들, 전력 설정들, 무선 주파수(RF) 생성기 설정들, RF 매칭 회로 설정들, 주파수 설정들, 플로우 레이트 설정들, 유체 전달 설정들, 위치 및 동작 설정들, 툴 및 다른 이송 툴들 및/또는 특정 시스템과 연결되거나 인터페이싱된 로드 록들 내외로의 웨이퍼 이송들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 프로세스들 중 임의의 프로세스들을 제어하도록 프로그래밍될 수도 있다.

[0096] 일반적으로 말하면, 제어기는 인스트럭션들을 수신하고, 인스트럭션들을 발행하고, 동작을 제어하고, 세정 동작들을 가능하게 하고, 엔드포인트 측정들을 가능하게 하는, 등을 하는 다양한 집적 회로들, 로직, 메모리 및/또는 소프트웨어를 갖는 전자 장치로서 규정될 수도 있다. 집적 회로들은 프로그램 인스트럭션들을 저장하는 펌

웨어의 형태의 칩들, 디지털 신호 프로세서들 (DSPs), ASICs (Application Specific Integrated Circuits) 로서 규정되는 칩들 및/또는 프로그램 인스트럭션들 (예를 들어, 소프트웨어) 을 실행하는 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 마이크로제어기들을 포함할 수도 있다. 프로그램 인스트럭션들은 반도체 웨이퍼 상에서 또는 반도체 웨이퍼에 대한 특정 프로세스를 수행하기 위한 동작 파라미터들을 규정하는, 다양한 개별 설정들 (또는 프로그램 파일들) 의 형태로 제어기와 통신하는 또는 시스템과 통신하는 인스트럭션들일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 동작 파라미터들은 하나 이상의 층들, 재료들, 금속들, 옥사이드들, 실리콘, 실리콘 다이옥사이드, 표면들, 회로들 및/또는 웨이퍼의 다이들 (dies) 의 제조 동안에 하나 이상의 프로세싱 단계들을 달성하도록 프로세스 엔지니어들에 의해서 규정된 레시피의 일부일 수도 있다.

[0097] 제어기는, 일부 구현 예들에서, 시스템과 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 그렇지 않으면 시스템에 네트워킹되거나, 또는 이들의 조합인 컴퓨터에 커플링되거나 이의 일부일 수도 있다. 예를 들어, 제어기는 웨이퍼 프로세싱의 원격 액세스를 가능하게할 수 있는 팹 (fab) 호스트 컴퓨터 시스템의 전부 또는 일부이거나 "클라우드" 내에 있을 수도 있다. 컴퓨터는 제조 동작들의 현 진행을 모니터링하거나, 과거 제조 동작들의 이력을 조사하거나, 복수의 제조 동작들로부터 경향들 또는 성능 계측치들을 조사하거나, 현 프로세싱의 파라미터들을 변경하거나, 현 프로세싱을 따르는 프로세싱 단계들을 설정하거나, 새로운 프로세스를 시작하기 위해서, 시스템으로의 원격 액세스를 가능하게 할 수도 있다. 일부 예들에서, 원격 컴퓨터 (예를 들어, 서버) 가 로컬 네트워크 또는 인터넷을 포함할 수도 있는, 네트워크를 통해 프로세스 레시피들을 시스템에 제공할 수 있다. 원격 컴퓨터는 차후에 원격 컴퓨터로부터 시스템으로 전달될 파라미터들 및/또는 설정들의 입력 또는 프로그래밍을 가능하게 하는 사용자 인터페이스를 포함할 수도 있다. 일부 예들에서, 제어기는 하나 이상의 동작들 동안 수행될 프로세싱 단계들 각각에 대한 파라미터들을 특정하는, 데이터의 형태의 인스트럭션들을 수신한다. 파라미터들은 제어기가 제어하거나 인터페이싱하도록 구성되는 툴의 타입 및 수행될 프로세스의 타입에 특정적일 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서 상기 기술된 바와 같이, 제어기는 본 명세서에 기술된 프로세스들 및 제어들과 같이, 예를 들어 공통 목적을 향해 함께 네트워킹되고 작동하는 하나 이상의 개별 제어기들을 포함함으로써, 분산될 수도 있다. 이러한 목적들을 위한 분산형 제어기의 일 예는 챔버 상의 프로세스를 제어하도록 조합되는 (예를 들어, 플랫폼 레벨에서 또는 원격 컴퓨터의 일부로서) 원격으로 위치한 하나 이상의 집적 회로들과 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들일 수 있다.

[0098] 비한정적으로, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-린스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, 물리적 기상 증착 (physical vapor deposition; PVD) 챔버 또는 모듈, 화학적 기상 증착 (chemical vapor deposition; CVD) 챔버 또는 모듈, 원자 층 증착 챔버 또는 모듈, 원자 층 에칭 (atomic layer etch; ALE) 챔버 또는 모듈, 이온 주입 챔버 또는 모듈, 트랙 (track) 챔버 또는 모듈 및 반도체 웨이퍼들의 제조 및/또는 제작 시에 사용되거나 연관될 수도 있는 임의의 다른 반도체 프로세싱 시스템들을 포함할 수도 있다.

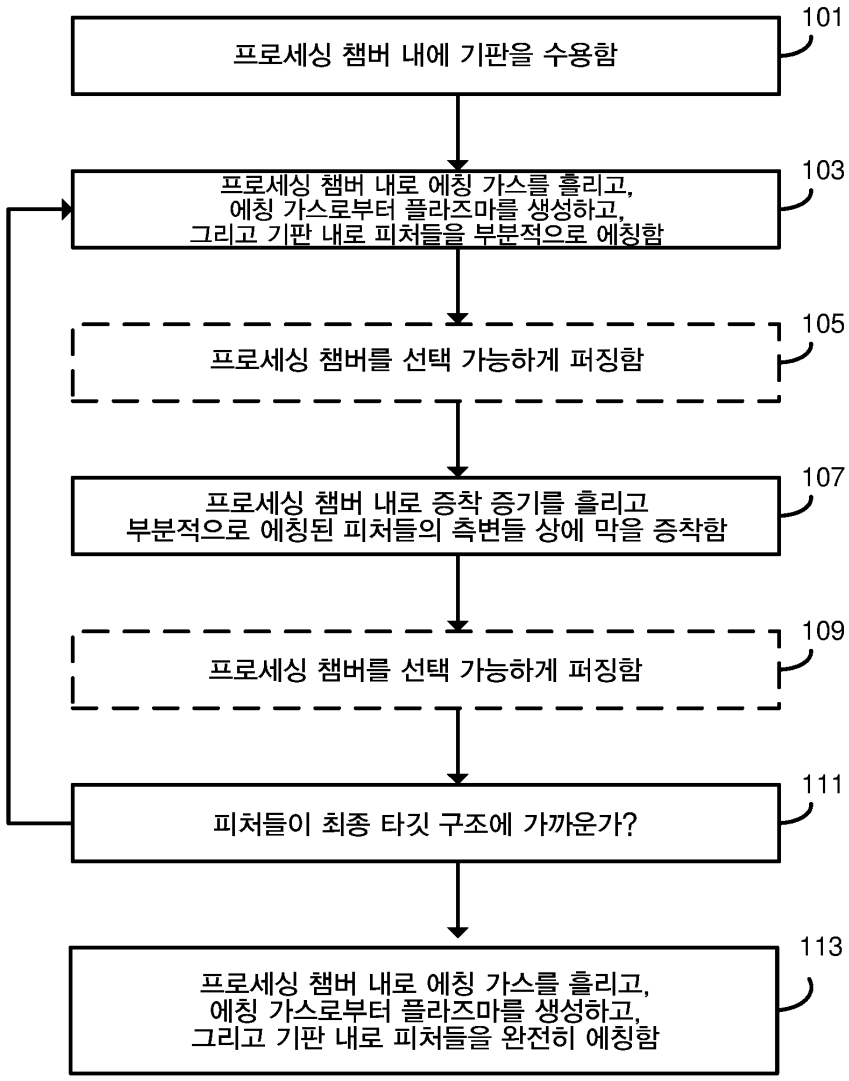
[0099] 상술한 바와 같이, 툴에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 제어기는, 반도체 제작 공장 내의 툴 위치들 및/또는 로드 포트들로부터/로드 포트들로 웨이퍼들의 컨테이너들을 이동시키는 재료 이송 시에 사용되는, 다른 툴 회로들 또는 모듈들, 다른 툴 컴포넌트들, 클러스터 툴들, 다른 툴 인터페이스들, 인접 툴들, 이웃하는 툴들, 공장 도처에 위치한 툴들, 메인 컴퓨터, 또 다른 제어기, 또는 툴들 중 하나 이상과 통신할 수도 있다.

[0100] 결론

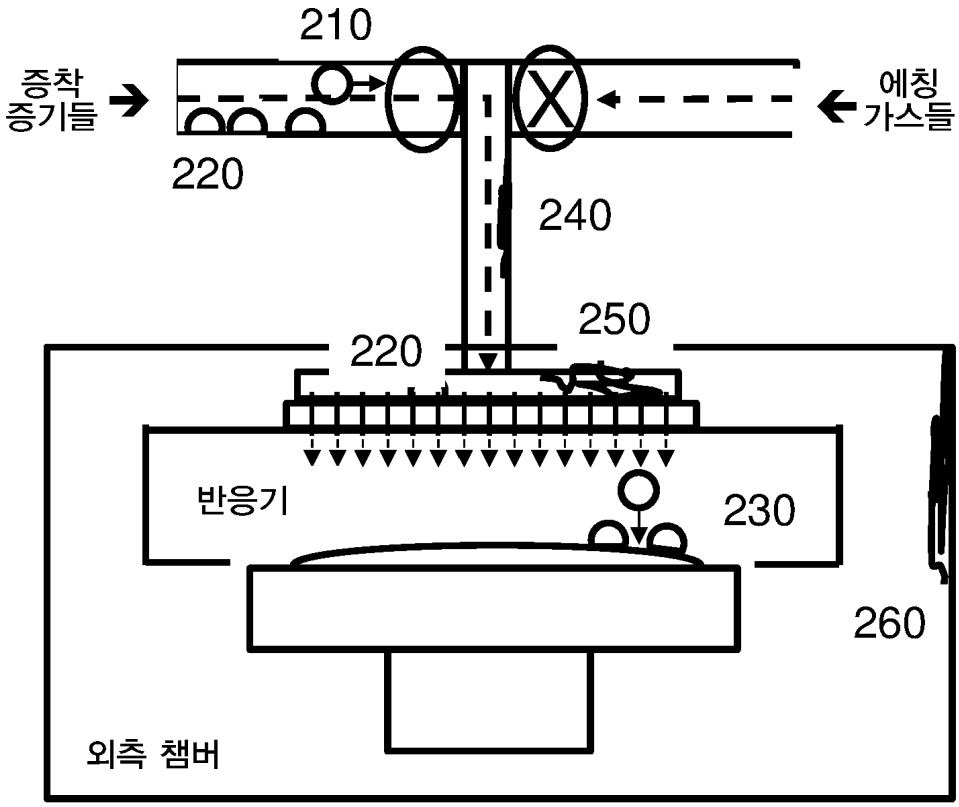
[0101] 전술한 실시 예들이 이해의 명확성의 목적들을 위해 다소 상세히 기술되었지만, 특정한 변화들 및 수정들이 첨부된 청구항들의 범위 내에서 실시될 수도 있다는 것이 자명할 것이다. 본 실시 예들의 프로세스들, 시스템들 및 장치를 구현하는 많은 대안적인 방식들이 있다는 것을 주의해야 한다. 따라서, 본 실시 예들은 예시적이고, 제한적이지 않은 것으로 간주될 것이며, 실시 예들은 본 명세서에 주어진 상세들로 제한되지 않을 것이다.

도면

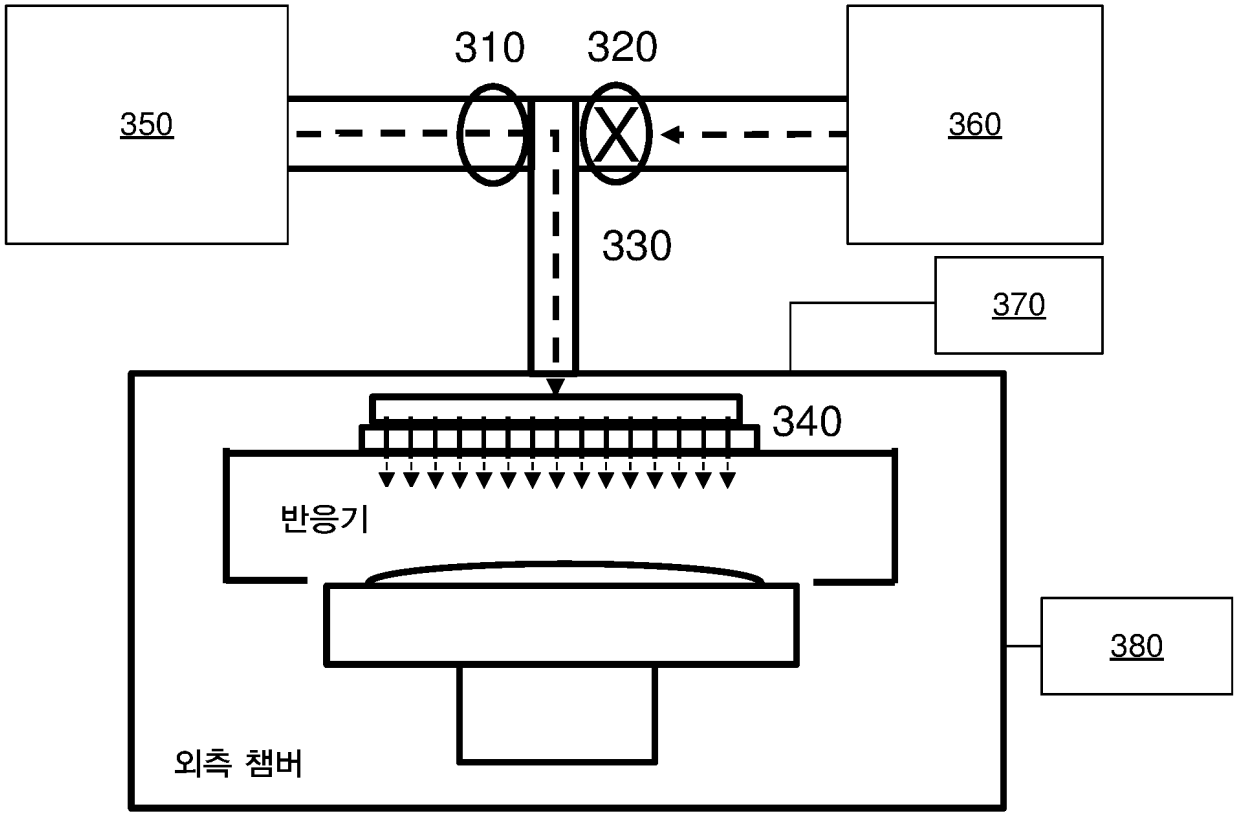
도면1


101
프로세싱 챔버 내에 기판을 수용함
103
프로세싱 챔버 내로 에칭 가스를 흘리고,
에칭 가스로부터 플라즈마를 생성하고,
그리고 기판 내로 피처들을 부분적으로 에칭함
105
프로세싱 챔버를 선택 가능하게 퍼징함
107
프로세싱 챔버 내로 증착 증기를 흘리고
부분적으로 에칭된 피처들의 측변들 상에 막을 증착함
109
프로세싱 챔버를 선택 가능하게 퍼징함
111
피처들이 최종 타깃 구조에 가까운가?
113
프로세싱 챔버 내로 에칭 가스를 흘리고,
에칭 가스로부터 플라즈마를 생성하고,
그리고 기판 내로 피처들을 완전히 에칭함

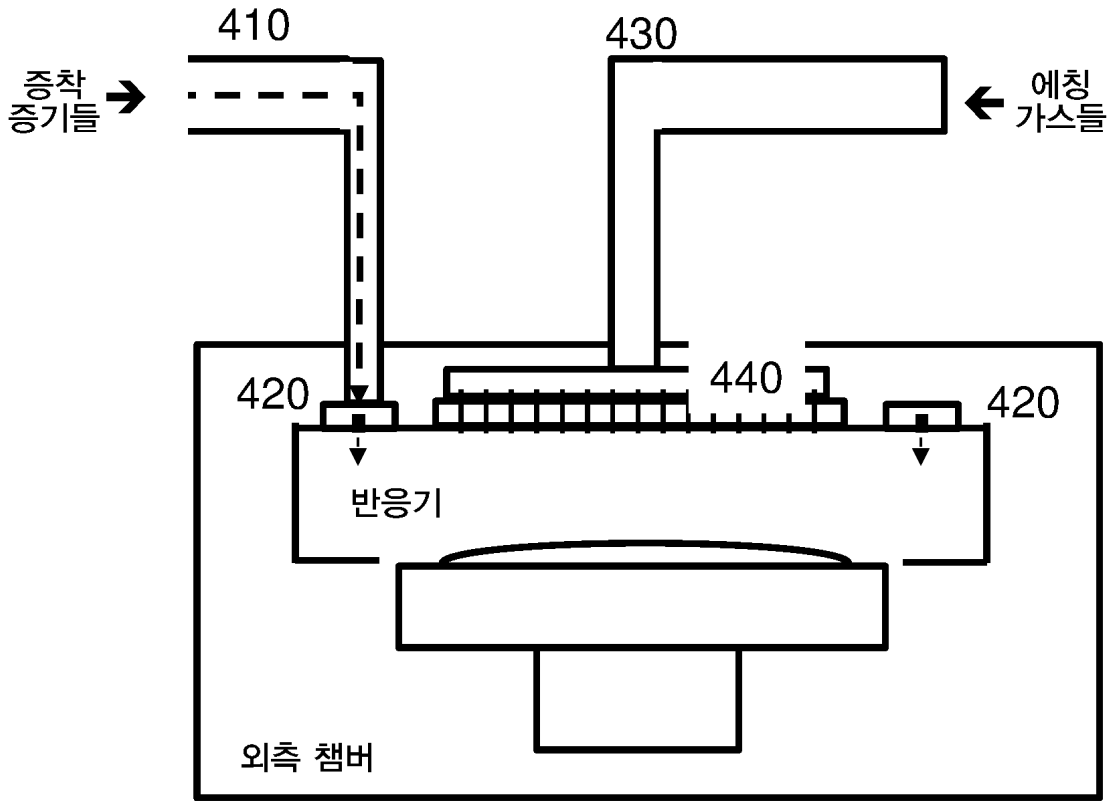
도면2


210
증착
증기들
에칭
가스들
220
240
250
220
반응기
230
260
외측 챔버

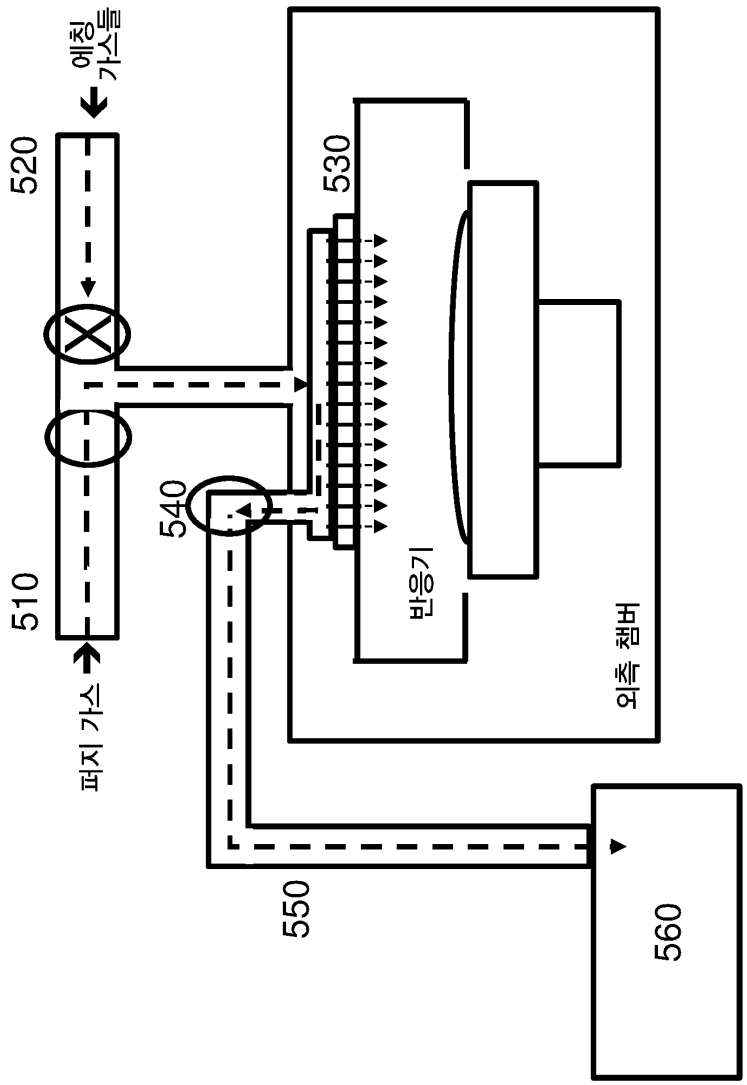
도면3


350
310
320
360
330
370
340
반응기
380
외측 챔버

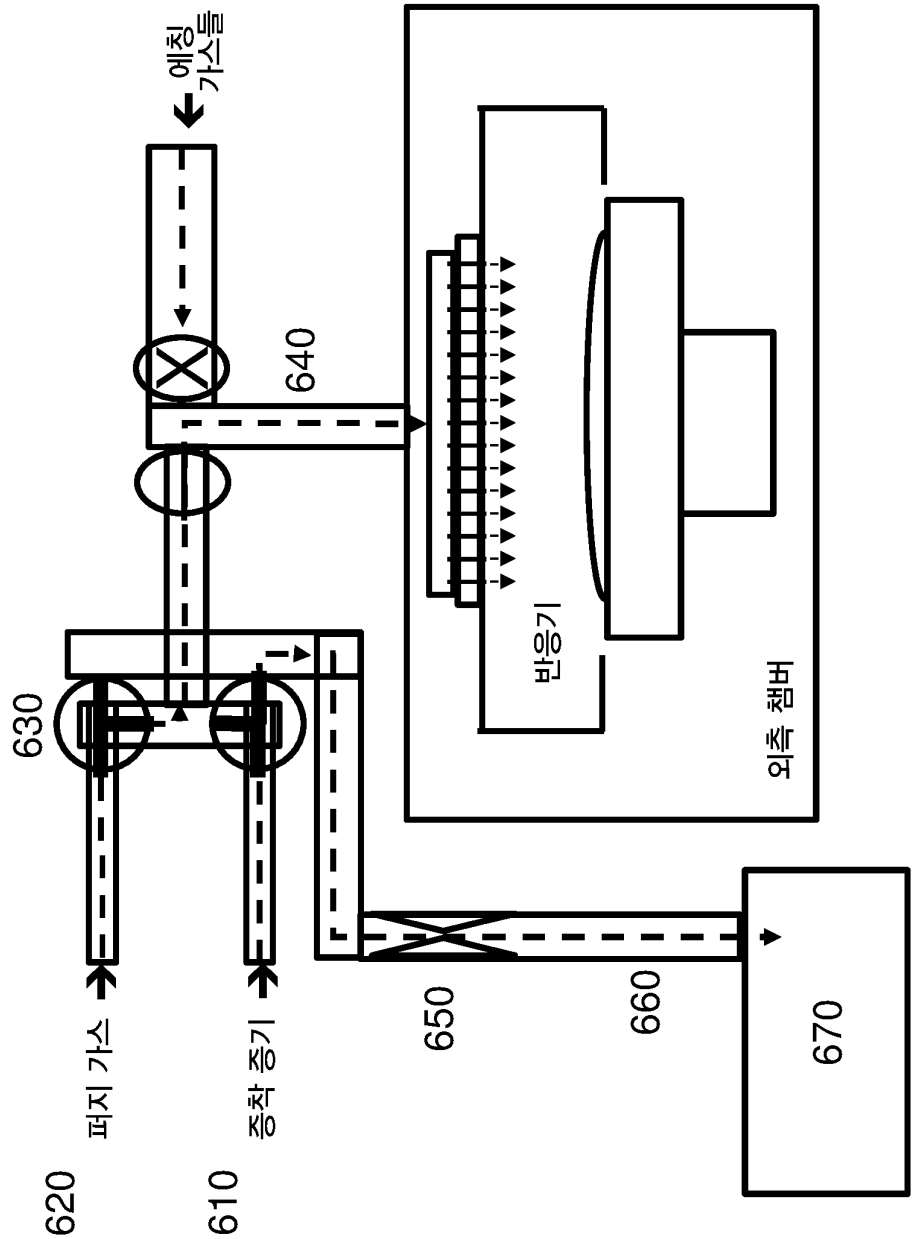
도면4



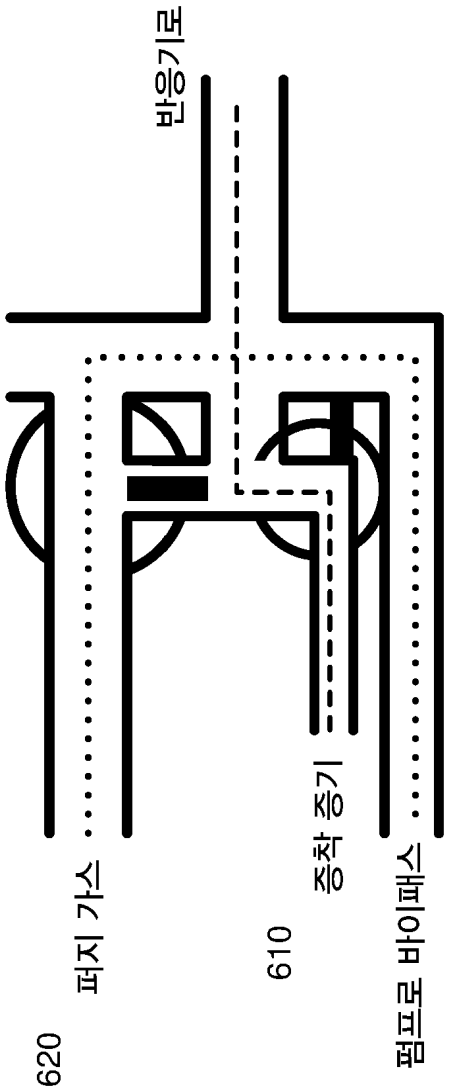
도면5



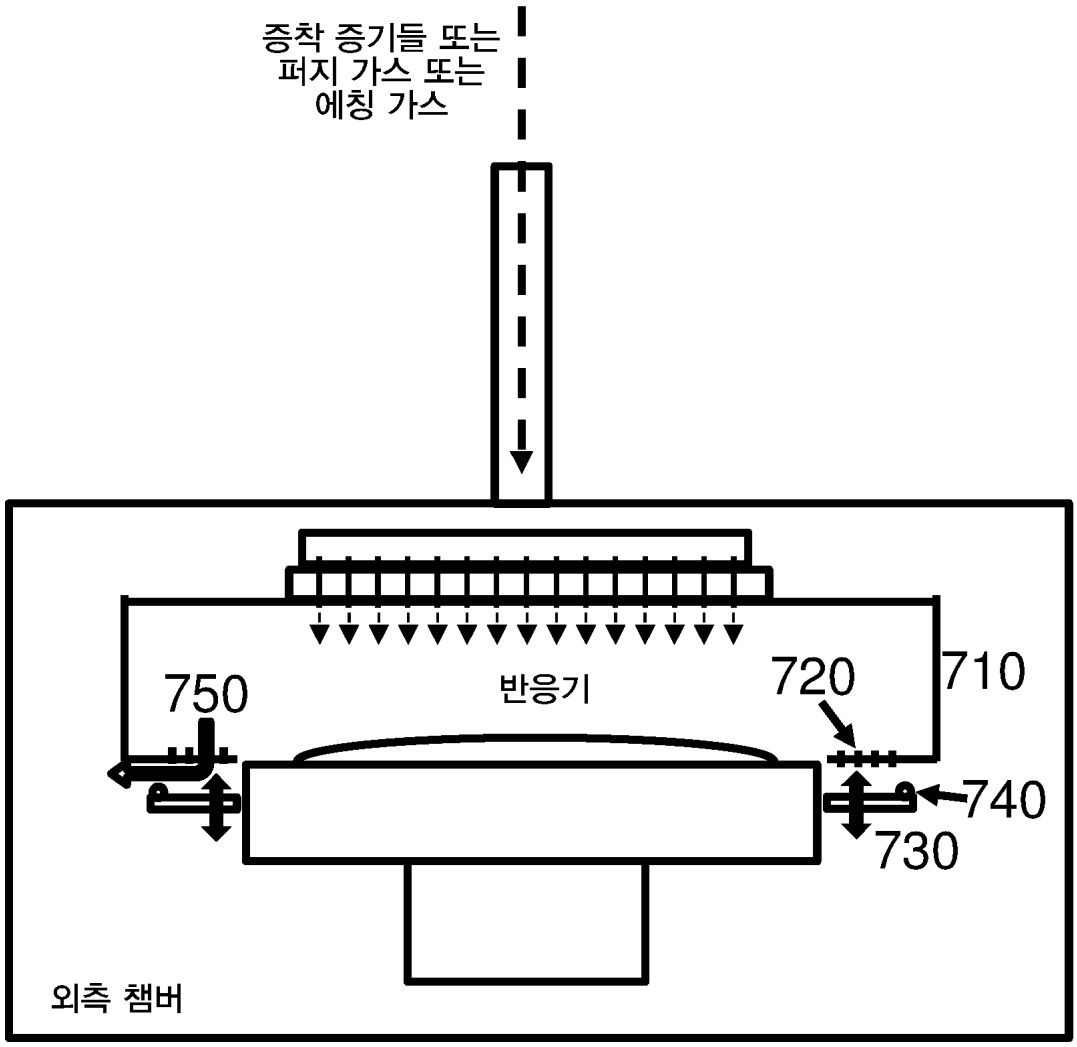
도면6a



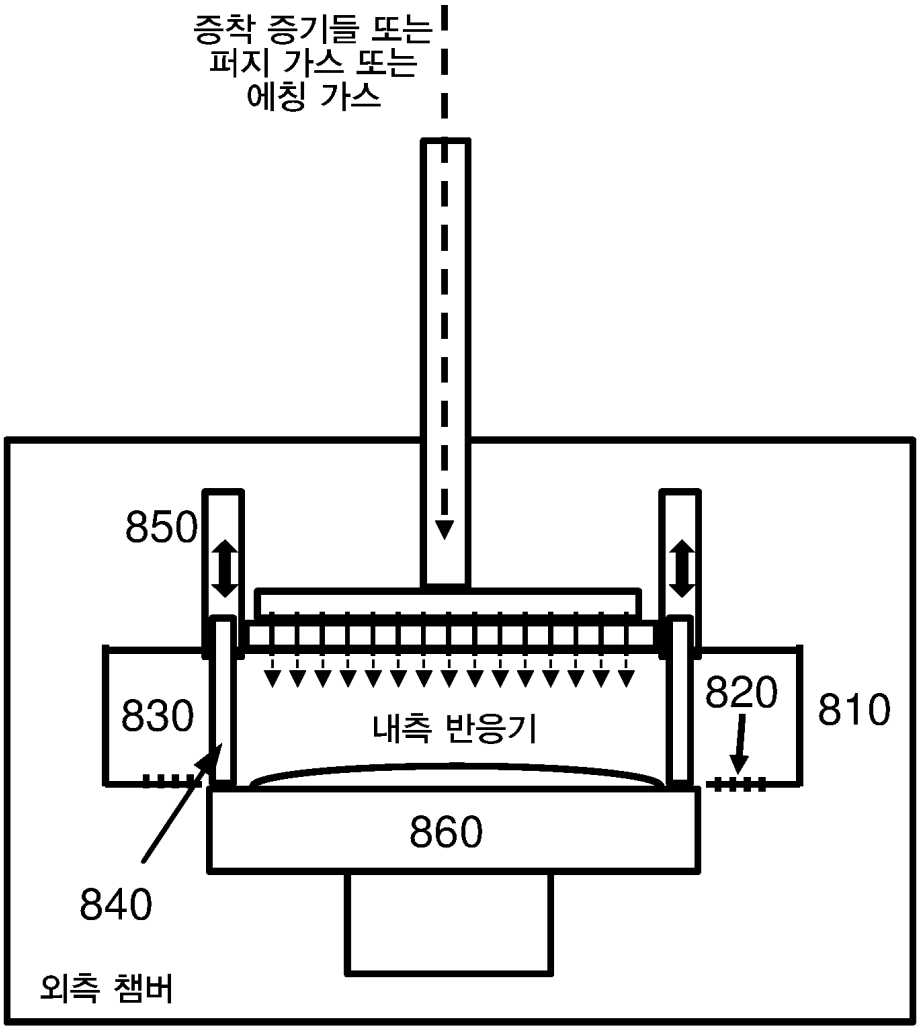
도면6b



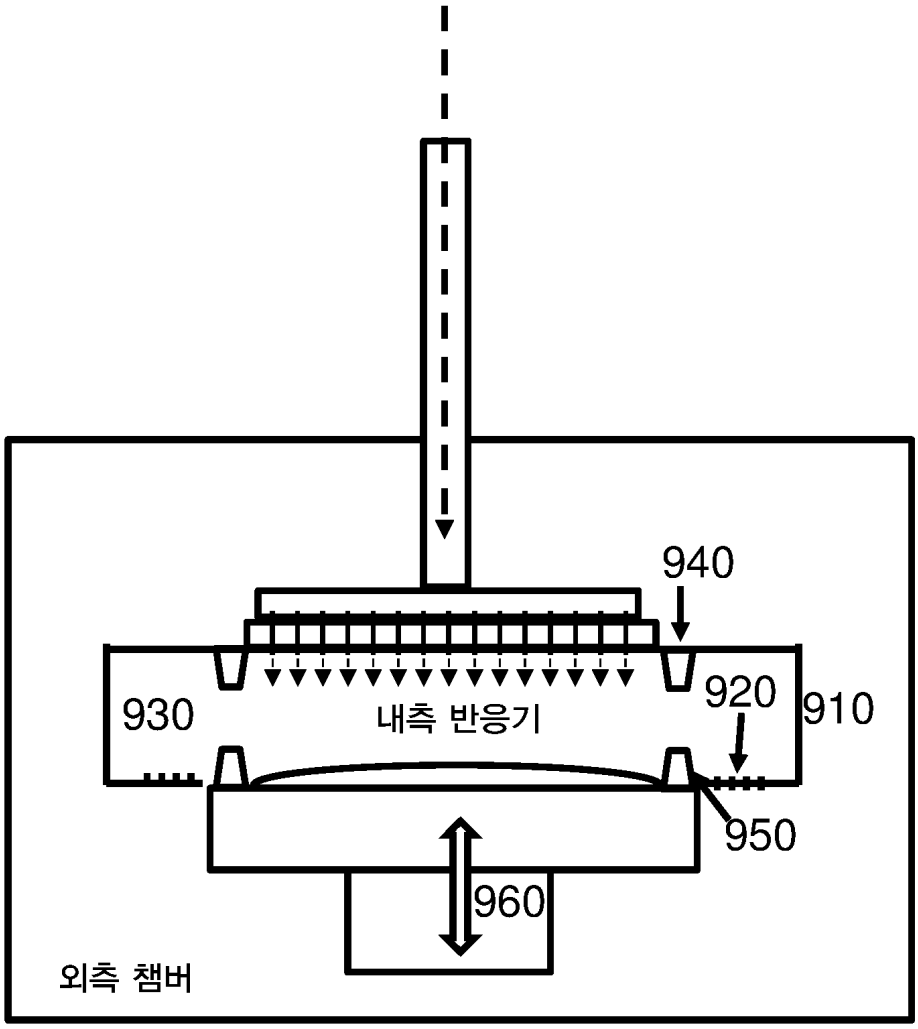
도면7



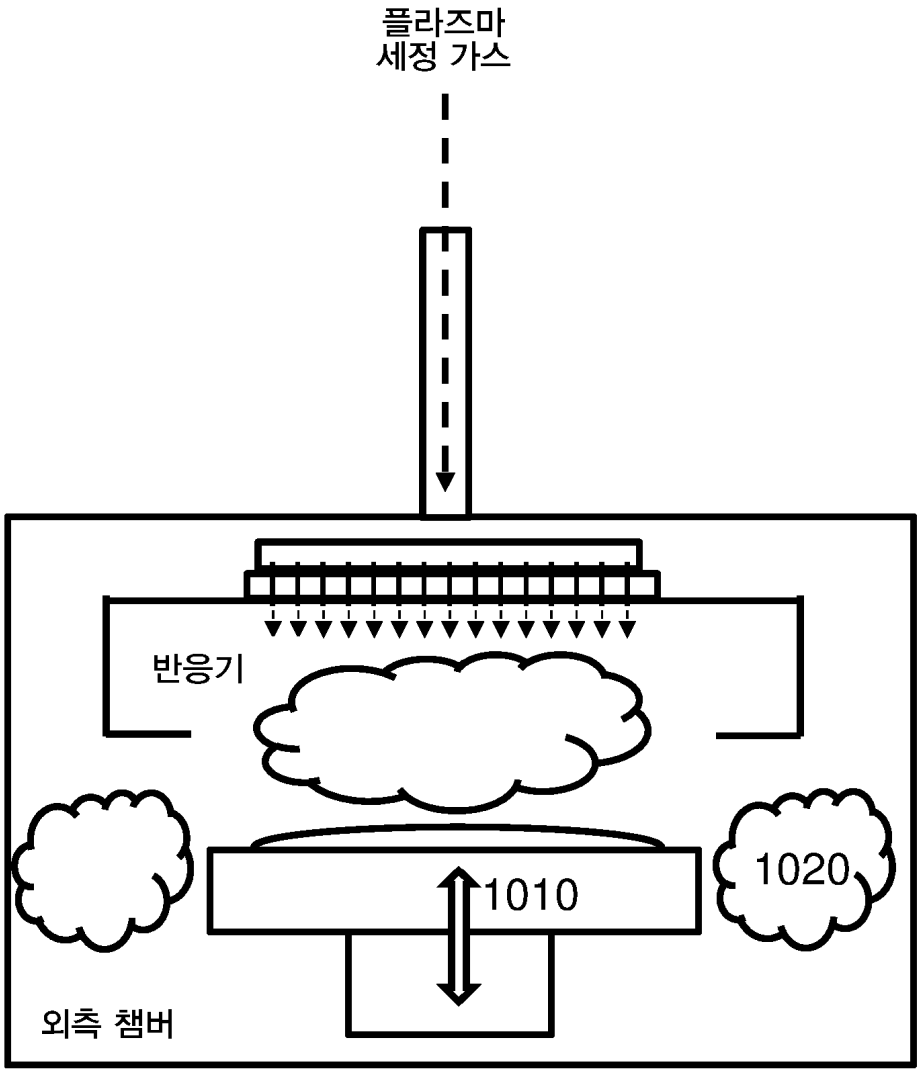
도면8



도면9



도면10



도면11

