



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년10월06일  
(11) 등록번호 10-0920187  
(24) 등록일자 2009년09월28일

(51) Int. Cl.

H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0141335

(22) 출원일자 2007년12월31일

심사청구일자 2007년12월31일

(65) 공개번호 10-2009-0073404

(43) 공개일자 2009년07월03일

(56) 선행기술조사문헌

JP12100598 A\*

KR1020070022781 A\*

KR1020070065684 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

네스트 주식회사

경기 수원시 영통구 이의동 960-10 나노소자특화  
랩센터 14층

(72) 발명자

김영

미국, 캘리포니아 95014, 쿠퍼티노, 글렌뷰 에비  
뉴 10575

(74) 대리인

송해도, 이철희

전체 청구항 수 : 총 12 항

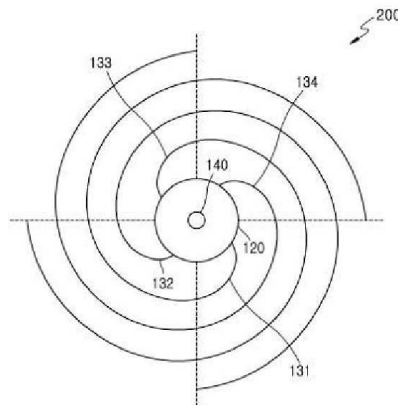
심사관 : 박귀만

(54) 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포를 제어하여 회로선폭(Critical Dimension : CD)의 조절과 식각율의 균일성을 획득하기 위한 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법에 관한 것으로서, 플라즈마 챔버를 이용한 반도체 소자의 제조 방법에 있어서, (a) 상기 플라즈마 챔버내의 의도하는 플라즈마 밀도 분포를 설정하는 단계; 및 (b) 상기 설정된 플라즈마 밀도 분포에 따라 상기 플라즈마 챔버내의 전압 분포를 제어하는 단계를 포함하여 구성되어, 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포를 제어함으로써 CD의 조절과 식각율의 균일성을 획득하는 효과가 있는 매우 유용한 발명이다.

대표도 - 도2



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

삭제

**청구항 2**

플라즈마 챔버를 이용한 반도체 소자의 제조 방법에 있어서,

(a) 상기 플라즈마 챔버내의 의도하는 플라즈마 밀도 분포를 설정하는 단계; 및

(b) 상기 설정된 플라즈마 밀도 분포에 따라 상기 플라즈마 챔버내의 전압 분포를 제어하는 단계를 포함하여 구성되고,

상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포는 상기 플라즈마 챔버내의 제조 대상체의 중앙부에 제 1 크기로 인가된 제 1 전압 및 상기 중앙부의 에지부터 상기 제조 대상체의 에지까지 상기 제 1 크기부터 '0' 까지 점차 작아지는 크기로 인가된 제 2 전압으로 이루어진 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 3**

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 전압은 선형적으로 감소하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 4**

플라즈마 챔버를 이용한 반도체 소자의 제조 방법에 있어서,

(a) 상기 플라즈마 챔버내의 의도하는 플라즈마 밀도 분포를 설정하는 단계; 및

(b) 상기 설정된 플라즈마 밀도 분포에 따라 상기 플라즈마 챔버내의 전압 분포를 제어하는 단계를 포함하여 구성되고,

상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포는 X축을 상기 플라즈마 챔버의 직경으로 Y축을 전압의 크기로 정의한 X-Y 평면상에서 오목 형태의 전압 분포로 이루어진 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 5**

플라즈마 챔버를 이용한 반도체 소자의 제조 방법에 있어서,

(a) 상기 플라즈마 챔버내의 의도하는 플라즈마 밀도 분포를 설정하는 단계; 및

(b) 상기 설정된 플라즈마 밀도 분포에 따라 상기 플라즈마 챔버내의 전압 분포를 제어하는 단계를 포함하여 구성되고,

상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포는 X축을 상기 플라즈마 챔버의 직경으로 Y축을 전압의 크기로 정의한 X-Y 평면상에서 볼록 형태의 전압 분포로 이루어진 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 6**

플라즈마 챔버를 이용한 반도체 소자의 제조 방법에 있어서,

(a) 상기 플라즈마 챔버내의 의도하는 플라즈마 밀도 분포를 설정하는 단계; 및

(b) 상기 설정된 플라즈마 밀도 분포에 따라 상기 플라즈마 챔버내의 전압 분포를 제어하는 단계를 포함하여 구성되고,

상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포는 상기 플라즈마 챔버내의 제조 대상체의 중앙부에 제 1 크기로 인가된 제 1 전압 및 상기 중앙부의 에지부터 상기 플라즈마 챔버의 에지까지의 범위에서 상기 제 1 크기부터 '0' 까지 비선형적으로 점차 작아지는 크기로 인가된 제 2 전압으로 이루어진 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플

라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 7**

제 2 항, 제 3 항 및 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 부싱의 디자인을 달리하여 상기 제 1 전압의 전압 분포를 조절하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,

상기 부싱의 단면의 형상을 달리하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 9**

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포는 소스의 디자인을 달리하여 조절하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 10**

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포는 소스 코일의 수를 달리하여 조절하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 11**

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포는 소스 코일의 굵기를 달리하여 조절하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 12**

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포는 소스 코일을 관 형상으로 형성하여 조절하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**청구항 13**

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포는 소스 코일의 외표면에 나선형 홈을 형성하여 조절하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

<1> 본 발명은 반도체 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포를 제어하여 회로선폭(Critical Dimension : CD)의 조절과 식각율의 균일성을 획득하기 위한 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 초고집적(ULSI) 회로소자들의 제조기술은 지난 20여 년간 눈부신 발전을 거듭하였다. 이는 극한의 기술이 요구

되는 공정기술들을 뒷받침할 수 있는 반도체 제조설비들이 뒷받침되었기 때문에 가능한 것이었다. 이들 반도체 제조설비들 중 하나인 플라즈마 챔버는 주로 사용되던 식각(etching) 공정 이외에도 증착(deposition) 공정 등에서도 사용되는 등 그 적용 범위를 점점 넓혀가고 있다.

<3> 플라즈마 챔버는 내부에 플라즈마를 형성시키고 그 플라즈마를 이용하여 식각 또는 증착 등의 공정들을 수행하기 위한 반도체 제조설비이다. 이와 같은 플라즈마 챔버는 플라즈마 발생 소스에 따라 전자 사이클로트론 공진(ECR: Electron Cyclotron Resonance) 플라즈마 소스, 헬리콘파 여기 플라즈마(HWEP: Helicon-Wave Excited Plasma) 소스, 용량성 결합 플라즈마(CCP: Capacitively Coupled Plasma) 소스, 유도성 결합 플라즈마(ICP: Inductively Coupled Plasma) 소스 등 여러 가지 형태로 분류된다. 최근에는 용량성 결합 플라즈마 소스와 유도성 결합 플라즈마 소스의 장점을 모두 갖는 적응형 결합 플라즈마(ACP: Adaptively Coupled Plasma) 소스가 제안된 바 있다.

<4> 도 1은 종래의 ACP 소스를 포함하는 플라즈마 챔버를 개략적으로 나타낸 단면도이고, 도 2는 도 1의 ACP 소스의 평면도이다.

<5> 도 1 및 도 2를 참조하면, 플라즈마 챔버(100)는 챔버 외벽(102)과 돔(112)에 의해서 일정 크기로 한정되는 내부의 반응공간(104)을 갖는다. 이 반응공간(104)의 일정 영역에는 일정 조건하에서 플라즈마(110)가 형성된다. 비록 도면상에는 플라즈마 챔버(100)의 하부에서 반응공간(104)이 개방된 것으로 도시되어 있으나, 이는 도면을 간단화하기 위한 것으로서, 실제로는 플라즈마 챔버(100)의 하부도 외부와 격리되어 있으며, 따라서 플라즈마 챔버(100) 내부는 진공 상태를 유지할 수 있다. 플라즈마 챔버(100)의 하부에는 웨이퍼지지대(또는 정전척)(106)가 배치되는데, 처리가 이루어질 반도체 웨이퍼(108)는 웨이퍼지지대(106)의 상부면 위에 안착된다. 웨이퍼지지대(106)는 외부의 RF 바이어스 전원(116)과 연결된다. 도면에 나타내지는 않았지만, 웨이퍼지지대(106) 내에는 히터(heater)가 배치될 수도 있다. 돔(112)의 외측 표면에는 플라즈마(110) 형성을 위한 플라즈마 소스(200)가 배치된다. 이 플라즈마 소스(200)는, 도 2에 도시된 바와 같이, 복수개, 예컨대 4개의 제1, 제2, 제3 및 제4 단위코일(131, 132, 133, 134)과, 부싱(bushing)(120)을 포함하여 구성된다. 구체적으로 부싱(120)이 중심에 배치되고, 제1, 제2, 제3 및 제4 단위코일(131, 132, 133, 134)이 부싱(120)으로부터 연장되어 부싱(120) 둘레를 나선형으로 감는다. 비록 여기서는 예시적으로 4개의 단위코일들로 한정하였지만, 4개보다 더 적을 수도 있고 더 많을 수도 있다. 부싱(120)의 중앙에는 부싱(120)의 상부면으로부터 수직한 방향으로 돌출되는 지지봉(140)이 배치된다. 지지봉(140)은 RF 전원(114)의 일 단자에 연결된다. RF 전원(114)의 다른 단자는 접지된다. RF 전원(114)으로부터의 파워는 지지봉(140) 및 부싱(120)을 통하여 각각 제1, 제2, 제3 및 제4 단위코일(131, 132, 133, 134)로 공급된다. 이와 같은 종래의 플라즈마 소스코일(200)은, 부싱(120)으로부터 연장되어 부싱(120) 둘레를 둘러싸는 원형(circular)의 구조를 갖는다. 이와 같은 원형의 구조에 의해 아래의 수학식 1에 따른 자계의 세기(intensity of magnetic field)를 형성한다.

<6> 수학식 1

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -\nabla \times \mathbf{E}$$

<7> 상기 수학식 1에서 B는 자속밀도를,  $\nabla$ 은 델 연산자를, 그리고 E는 전기의 세기를 나타낸다.

<8> 이와 같은 맥스웰 방정식에 의한 자계의 형성은 원형구조의 대부분의 플라즈마 소스코일에 적용되는데, 이와 같은 플라즈마 소스코일은 중심으로부터 가장자리에 이르기까지 방사상 방향으로의 자계 편차가 발생하게 되며, 그 결과 특히 중심과 가장자리에서의 CD(Critical Dimension)의 조절과 식각율의 균일성을 얻기가 용이하지 않다는 문제가 있다.

**발명의 내용**

<9> 이러한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포를 제어하여 CD의 조절과 식각율의 균일성을 획득하기 위한 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법을 제공하고자 하는 것이다.

<10> 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 한 측면에 따른 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어 방법은, 플라즈마 챔버를 이용한 반도체 소자의 제조 방법에 있어서, (a) 상기 플라즈마 챔버내의 의도하는 플라즈마 밀

도 분포를 설정하는 단계; 및 (b) 상기 설정된 플라즈마 밀도 분포에 따라 상기 플라즈마 챔버내의 전압 분포를 제어하는 단계를 포함하여 구성된다.

- <11> 상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포의 일예는 상기 플라즈마 챔버내의 제조 대상체의 중앙부에 제 1크기로 인가된 제 1 전압 및 상기 중앙부의 에지부터 상기 제조 대상체의 에지까지 상기 제 1 크기부터 '0' 까지 점차 작아지는 크기로 인가된 제 2 전압으로 이루어질 수 있고, 상기 제 2 전압은 선형적으로 감소한다.
- <12> 상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포의 다른 예는 X축을 상기 플라즈마 챔버의 직경으로 Y축을 전압의 크기로 정의한 X-Y 평면상에서 오목 형태의 전압 분포로 이루어질 수 있다.
- <13> 상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포의 또 다른 예는 X축을 상기 플라즈마 챔버의 직경으로 Y축을 전압의 크기로 정의한 X-Y 평면상에서 볼록 형태의 전압 분포로 이루어질 수 있다.
- <14> 상기 (b) 단계에서, 상기 전압 분포의 또 다른 예는 상기 플라즈마 챔버내의 제조 대상체의 중앙부에 제 1크기로 인가된 제 1 전압 및 상기 중앙부의 에지부터 상기 플라즈마 챔버의 에지까지의 범위에서 상기 제 1 크기부터 '0' 까지 비선형적으로 점차 작아지는 크기로 인가된 제 2 전압으로 이루어질 수 있다.
- <15> 또한, 상기 (b) 단계에서 부싱의 디자인, 예를 들어 부싱의 단면 형상을 달리하여 상기 제 1 전압의 전압 분포를 조절할 수 있다.
- <16> 또한, 상기 (b) 단계에서 상기 전압 분포는 소스의 디자인, 예를 들어 소스 코일의 수 및/또는 소스 코일의 굵기를 달리하거나 소스 코일을 관 형상으로 형성하거나 소스 코일의 외표면에 나선형 홈을 형성하여 조절할 수 있다.
- <17> 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 의하면, 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포를 제어하여 의도하는 CD의 조절과 식각율의 균일성을 획득할 수 있는 효과가 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- <18> 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 당업자에게 자명하거나 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- <19> 도 3은 일반적인 전압 제어를 설명하는 도면으로서, X축을 플라즈마 챔버의 직경으로 Y축을 전압의 크기로 정의한 X-Y 평면상에서, 부싱(100)이 위치한 중앙부에 인가된 제 1 크기의 제 1 전압과 상기 중앙부의 에지부터 플라즈마 챔버의 에지까지 상기 제 1 크기부터 '0' 까지 선형적으로 점차 작아지는 크기로 인가된 제 2 전압으로 이루어진 전압 분포를 형성한다.
- <20> 일반적으로 ACP 소스는 코일 및 부싱의 두 부분을 갖는데, 도 3에 도시된 바와 같이 절대 전압은 부싱(100)을 포함하는 중앙부에서 피크(peak)이고, 접지(ground)에서 '0' 이다. 이 전압은 코일의 길이에 달려있고, 자체를 결정하는 전계를 결정하며, 챔버내의 유도자속에 직접적인 영향을 미친다. 이 유도자속은 플라즈마 밀도를 결정한다.
- <21> CD는 전자계의 크기, 가스의 화학적 성질과 량, 온도 및 압력 등에 의해 결정된다. 전압 분포는 CD를 결정하는 중요한 디자인 파라미터 중의 하나이다. 즉, CD는 전압 분포의 적절한 제어에 의해 변경될 수 있다. 기존에 CD는 프로세스 파라미터 (온도, 압력, 가스 등) 및 하드웨어에 의해 주로 변경되었다.
- <22> 본 발명에 따른 전압 분포 제어 방법은 프로세스 파라미터 및 하드웨어의 변경 없이 CD를 제어하는 방법에 대한 것이며, ICP 소스 또는 ACP 소스에 모두 적용 가능한 것으로서, 적절한 소스 디자인을 통해 CD 및 식각 속도를 제어할 수 있도록 할 수 있다.
- <23> 도 4는 본 발명에 따른 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어를 위한 전압 분포 제어의 제 1 예를 나타낸 도면으로서, X축은 플라즈마 챔버의 직경을 나타내고, Y축은 전압의 크기를 나타낸다.
- <24> 본 발명에 따른 전압 분포 제어의 제 1 예는, 도 4에 도시된 바와 같이, 플라즈마 챔버내의 제조 대상체(이하, 웨이퍼) 상의 부싱(100)을 포함하는 중앙부에 제 1크기의 제 1 전압이 인가되도록 하고, 상기 중앙부의 에지부터 상기 웨이퍼의 에지까지 상기 제 1 크기부터 '0' 까지 선형적으로 점차 작아지는 크기의 제 2 전압이 인가

되도록 제어한다.

- <25> 상기 제 1 예는 웨이퍼의 에지부 부터 챔버의 에지까지 접지를 형성한다. 상기 제 1 예와 같은 전압 분포는 웨이퍼의 외측으로부터 오는 전계 분포가 배제되기 때문에 웨이퍼 에지에서의 프로파일 틸팅(profile tilting)을 감소시킨다. 상기 제 1 예와 같은 전압 분포는 플라즈마 밀도 분포의 변화를 초래하며, 이 플라즈마 밀도 분포의 변화는 CD 및 식각 속도에 영향을 준다.
- <26> 도 5는 본 발명에 따른 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어를 위한 접압 분포 제어의 제 2 예를 나타낸 도면으로서, X축을 상기 플라즈마 챔버의 직경으로 Y축을 전압의 크기로 정의한 X-Y 평면상에서 오목 형태의 전압 분포로 이루어진 것을 나타낸다.
- <27> 전형적으로 기존의 플라즈마 밀도는 볼록(convex) 형태를 갖는데, 이것은 웨이퍼 중심에서의 제품에 의한 비효율적 확산 때문에 식각 균일성 측면에서 바람직하지 않다. 플라즈마 밀도 분포는 전압 분포를 완전히 따르지 않는다. 플라즈마 밀도가 볼록(convex) 형태일지 오목(concave) 형태일지는 챔버 디자인 및 소스 디자인에 따라 다르다.
- <28> 도 5의 제 2 예와 같은 오목 형태의 전압 분포는 웨이퍼 중심에서의 제품에 의한 보다 효과적인 확산 때문에 식각 균일성 측면에서 보다 유리하다. CD 분포는 균일하지 않은 다른 전계 분포에 의해 영향을 받는다. 제 2 예와 같은 전압 분포에 의한 오목 형태의 플라즈마 밀도 분포는 균일한 식각에 매우 유리할 것이다. 하지만, 공정상의 요구에 따라 볼록 형태의 플라즈마 밀도 분포도 요구될 수 있을 것이다.
- <29> 도 6은 본 발명에 따른 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어를 위한 접압 분포 제어의 제 3 예를 나타낸 도면으로서, X축을 상기 플라즈마 챔버의 직경으로 Y축을 전압의 크기로 정의한 X-Y 평면상에서 오목 형태의 전압 분포로 이루어진 것을 나타내며, 도 3의 제 2 예와 비교하여 접지 위치만을 제외하고는 매우 유사한 전압 분포를 갖는다.
- <30> 도 6의 제 3예와 같은 전압 분포는 방사 방향을 따라 전압 변화가 작기 때문에 균일한 CD 분포를 갖는다. 제 3 예와 같은 전압 분포에 의한 오목 형태의 플라즈마 밀도 분포는 균일한 식각에 매우 유리하다. 하지만, 공정상의 요구에 따라 도 7에 도시된 제 4 예와 같이 볼록 형태의 플라즈마 밀도 분포도 요구될 수 있을 것이다.
- <31> 도 8은 본 발명에 따른 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어를 위한 전압 분포 제어의 제 5 예를 나타낸 도면으로서, 플라즈마 챔버내의 제조 대상체(이하, 웨이퍼) 상의 부싱(100)을 포함하는 중앙부에 제 1 크기의 제 1 전압이 인가되도록 하고, 상기 중앙부의 에지부터 상기 플라즈마 챔버의 에지까지 상기 제 1 크기부터 '0' 까지 비선형적으로 점차 작아지는 크기의 제 2 전압이 인가되도록 제어한다.
- <32> 도 8의 제 5 예와 같은 전압 분포에 따라 CD 및 식각 속도의 균일성을 개선할 수 있고, 웨이퍼 에지에서의 프로파일 틸팅을 피할 수 있다. 또한, 도 8의 제 5 예와 같은 전압 분포에 더하여 소스 디자인 및 대응하는 챔버 디자인 간의 조합으로 챔버 프로세스 성능을 향상할 수 있다. 물론, 부싱의 형상(직경, 두께 다양한 모양 및 재질 등)도 프로세스 성능에 미치는 요소로서 하나의 역할을 할 수 있을 것이다.
- <33> 도 9의 제 6 예와 같은 전압 분포 및 도 10의 제 7 예와 같은 전압 분포는 식각 속도의 균일성 및 CD의 균일성을 향상할 수 있으며, 제 6,7 예의 전압 분포에 따라 플라즈마 밀도 분포도 상응하게 변화된다. 제 6,7 예의 전압 분포 및 챔버 디자인의 조합은 최종 플라즈마 밀도 분포를 결정할 것이다. 도 9의 제 6 예와 같은 전압 분포 및 도 10의 제 7 예와 같은 전압 분포는 특정 프로세스 요구 조건에 따라 하나가 선택될 수 있을 것이다.
- <34> 도 10의 (a)~(i)는 본 발명에 따라 부싱의 디자인을 변화시켜 그 부싱 범위내의 전압 분포를 변화시킨 다양한 예를 나타낸 것이다.
- <35> ACP 소스는 부싱, 전압 분포 및 챔버 디자인 중 하나 이상의 적절한 선택으로 다양한 플라즈마 밀도 분포를 얻을 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 도 11의 (a)~(i)에 도시된 바와 같이 부싱의 디자인을 다양하게 변화시켜 그 부싱 범위내의 전압 분포를 변화시킬 수 있다.
- <36> 도 11의 (a)~(i)에 도시된 바와 같이 부싱 디자인의 다양한 변화는 그 부싱 범위내의 전압 분포를 다양하게 변화시키고, 그 전압 분포의 변화는 플라즈마 밀도 분포를 변화할 수 있으며, 그 플라즈마 밀도 분포의 변화는 균일한 식각 속도 및 균일한 CD에 영향을 줄 수 있다.
- <37> 단일 라인 소스 디자인은 높은 임피던스, 낮은 전속(current flux) 및 낮은 플라즈마 밀도 분포를 나타낸다. 상대적으로 분기된 복수 라인 소스 디자인은 낮은 임피던스, 높은 전속 및 높은 플라즈마 밀도 분포를 나타낸다.



- <38> 최종적인 플라즈마 밀도 분포는 소스 디자인 및 챔버 디자인에 의해 결정될 것이다. 따라서, 단일 또는 복수 라인의 소스 디자인은 다양한 전압 분포 형태를 디자인할 수 있게 한다.
- <39> 도 12 내지 도 14는 본 발명에 따라 소스 코일의 디자인을 달리하는 것을 설명하는 도면이다.
- <40> 도 12의 (a)는 일반적인 코일을 나타내고 (b)는 (a)의 코일보다 직경이 작은 코일을 나타낸다. (a)의 코일과 같이 직경을 작게 하면 표면적이 작아져 저항이 증가한다. 즉, (b)의 코일은 (a)의 코일과 비교하여 전류의 흐름을 제한할 수 있고, 결과적으로 더 작은 유도 자계장을 나타내어 플라즈마 밀도를 낮추게 된다.
- <41> 도 13의 (a)는 일반적인 코일을 나타내고 (b)는 (a)의 코일과 비교하여 속이 빈 튜브형 코일을 나타낸다. RF 전류는 코일의 표면을 따라 흐르기 때문에, (b)와 같은 튜브형 코일은 (a)와 같은 코일보다 유리하다. 즉, (b)의 튜브형 코일은 고전력에 응용할 경우 냉각제를 채용할 수 있을 것이다.
- <42> 도 14의 (a)는 일반적인 코일을 나타내고 (b)는 (a)의 코일과 비교하여 표면에 나선형 홈이 형성된 코일을 나타낸다. (b)의 코일은 (a)의 코일과 비교하여 동일 직경에서 더 넓은 표면적을 갖는다. 추가로 도 13의 (b)와 도 14의 (b)의 형태를 합친 형태의 코일은 다른 형태보다 효율적으로 이용될 수 있을 것이다.
- <43> 이상 설명한 바와 같이 본 발명에 따른 ICP 소스 또는 ACP 소스를 위한 코일 전압 제어 기술은 전기적인 착상을 이용하여 개발된 것이다. 본 발명에 따른 전압 제어는 챔버 디자인과의 조합으로 플라즈마 밀도에 영향을 주고, 이에 따라 식각 속도의 균일성 및 CD의 균일성과 같은 공정 성능에 영향을 미친다. 또한, 본 발명에 따른 다양한 부싱 형태는 코일의 전압 분포를 제어하도록 개발되었으며, 이것은 플라즈마 밀도 분포를 통해 공정 성능에 직접적인 영향을 미친다. 또한, 공정 성능에 영향을 미치는 플라즈마 밀도는 다양한 소스 분기를 통해 변경할 수 있고, 이것은 전기적 연결 컨셉에 기초한 것이다. 또한, 소스 코일의 단면은 플라즈마 밀도 분포를 결정하는데 중요한 역할을 할 수 있고, 결과적으로 공정 성능에 영향을 미친다.
- <44> 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

**산업이용 가능성**

- <45> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명은 반도체 제조 방법에 적용되어, 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포를 제어함으로써 회로선폭(Critical Dimension : CD)의 조절과 식각율의 균일성을 획득하는 효과가 있는 매우 유용한 발명이다.

**도면의 간단한 설명**

- <46> 도 1은 종래의 ACP 소스를 포함하는 플라즈마 챔버를 나타낸 단면도,
- <47> 도 2는 도 1의 ACP 소스의 평면도,
- <48> 도 3은 일반적인 전압 제어를 설명하는 도면,
- <49> 도 4는 본 발명에 따른 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어를 위한 접압 분포 제어의 제 1 예를 나타낸 도면,
- <50> 도 5는 본 발명에 따른 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어를 위한 접압 분포 제어의 제 2 예를 나타낸 도면,
- <51> 도 6 및 도 7은 본 발명에 따른 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어를 위한 접압 분포 제어의 제 3 예 및 제 4 예를 나타낸 도면,
- <52> 도 8은 본 발명에 따른 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어를 위한 접압 분포 제어의 제 5 예를 나타낸 도면,
- <53> 도 9 및 도 10은 본 발명에 따른 플라즈마 챔버내의 플라즈마 밀도 분포 제어를 위한 전압 분포 제어의 제 6 예

및 제 7 예를 나타낸 도면,

<54> 도 11의 (a)~(i)는 본 발명에 따라 부싱의 디자인을 변화시켜 그 부싱 범위내의 전압 분포를 변화시킨 다양한 예를 나타낸 도면,

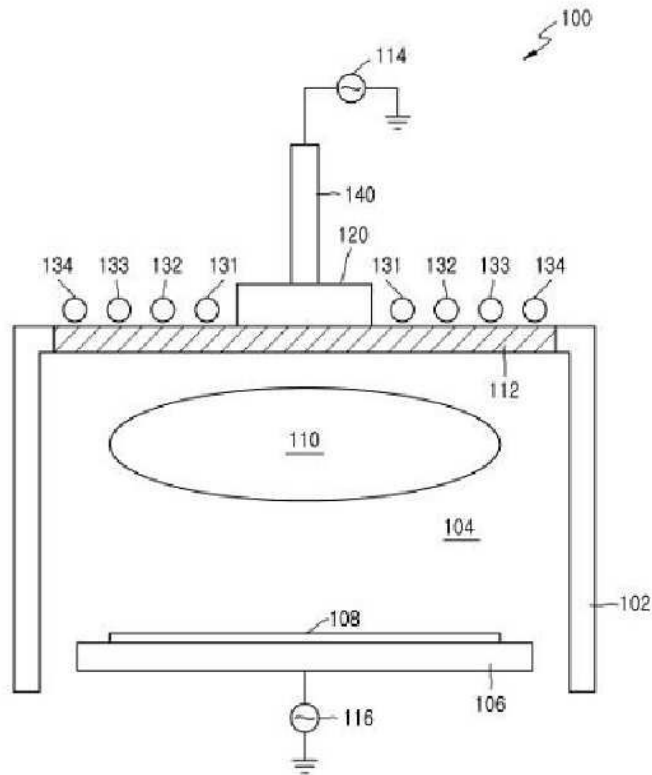
<55> 도 12 내지 도 14는 본 발명에 따라 소스 코일의 디자인을 달리하는 것을 설명하는 도면이다.

<56> < 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

<57> 300 : 부싱

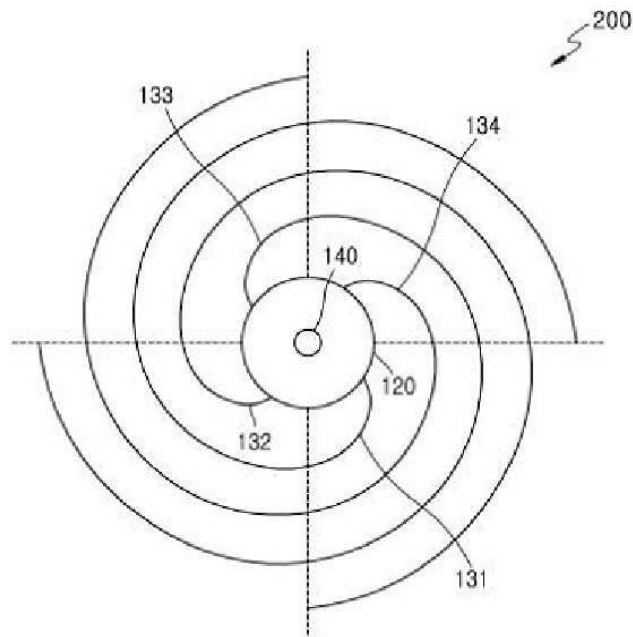
**도면**

**도면1**

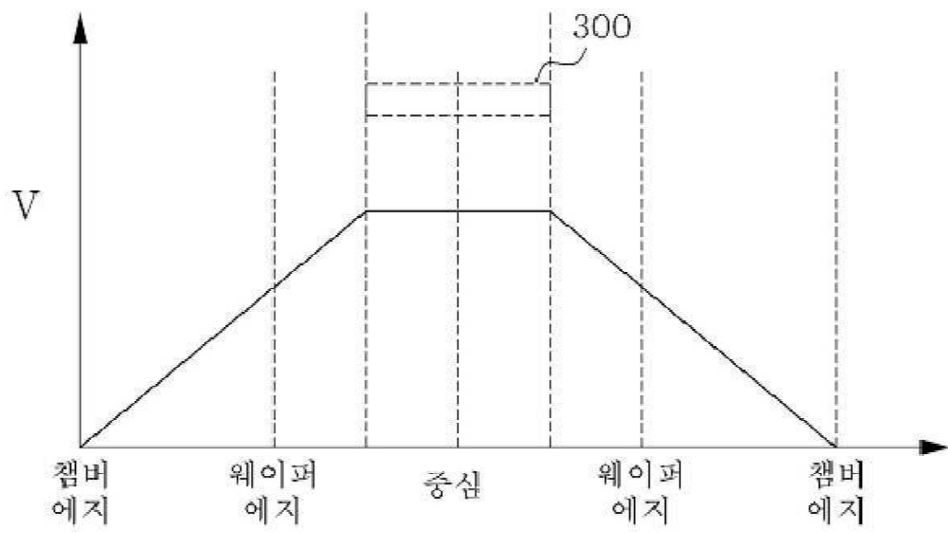




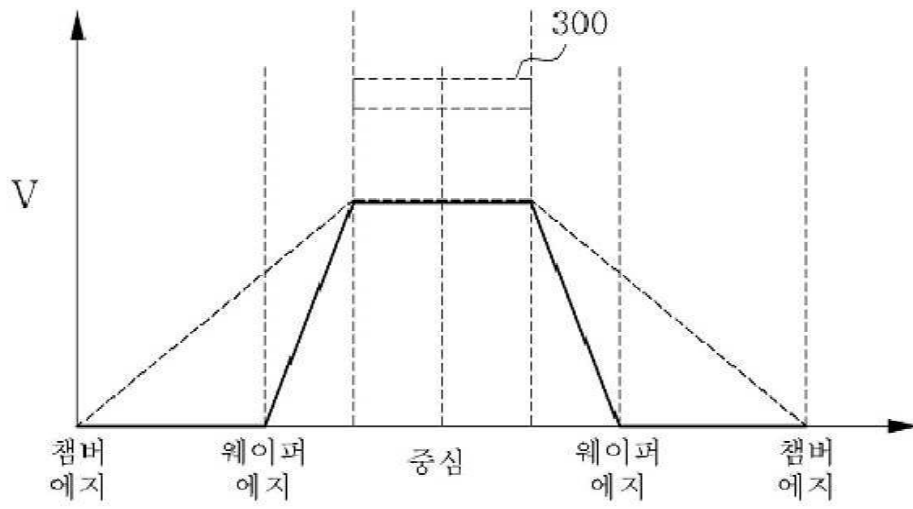
도면2



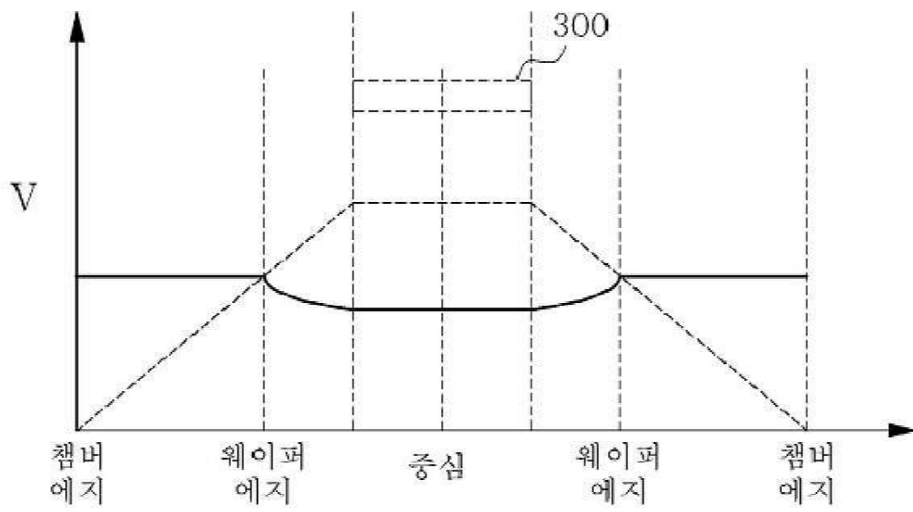
도면3



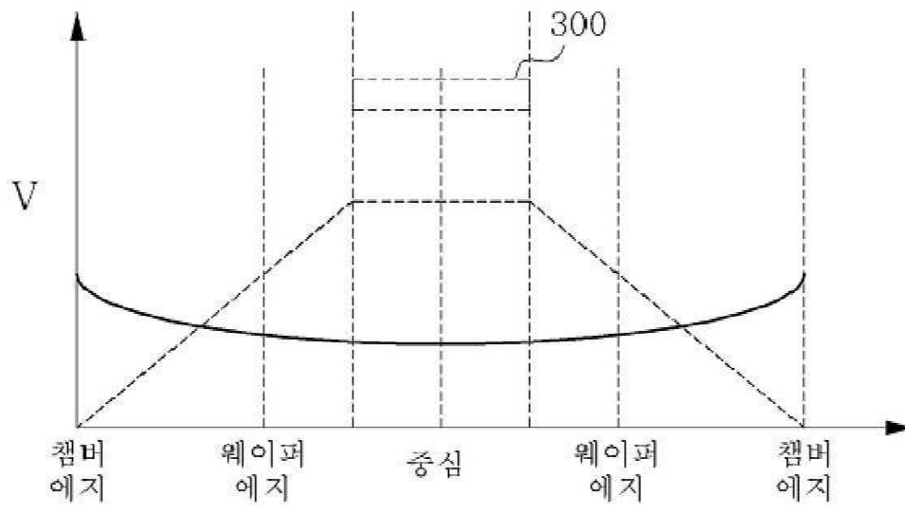
도면4



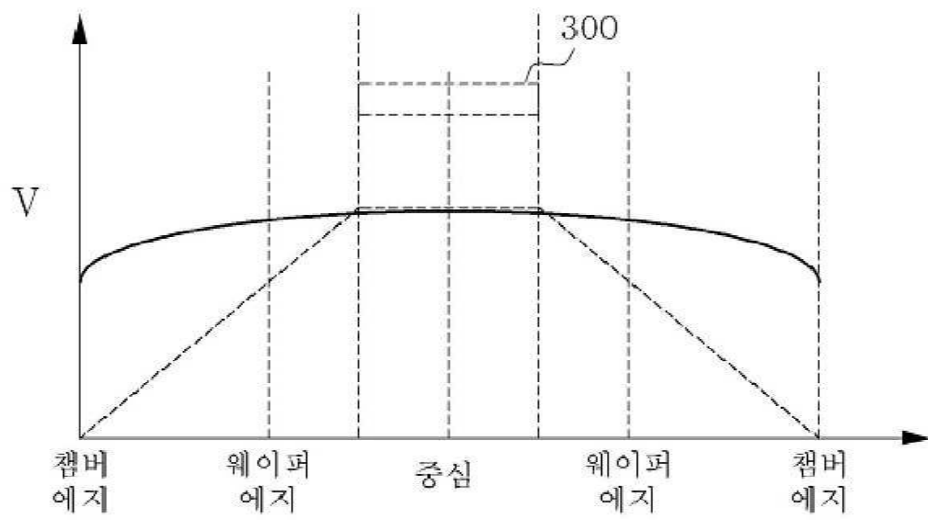
도면5



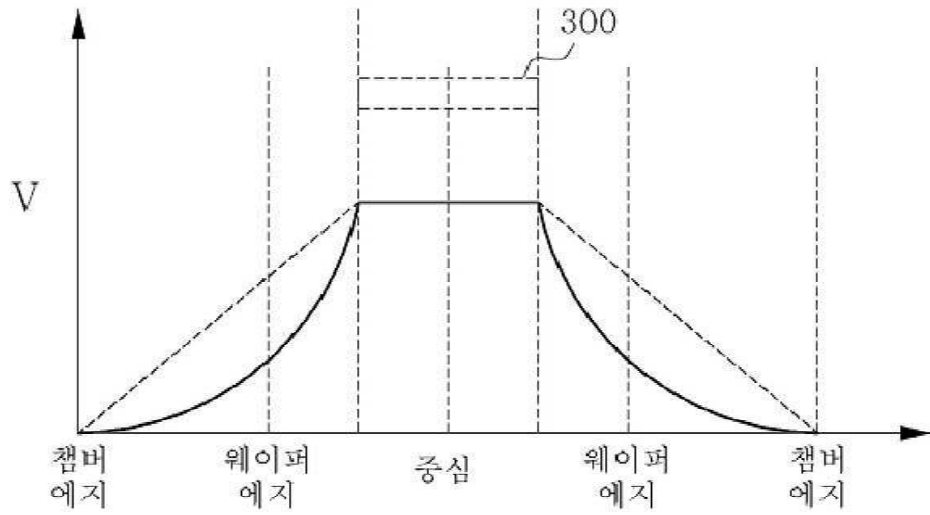
도면6



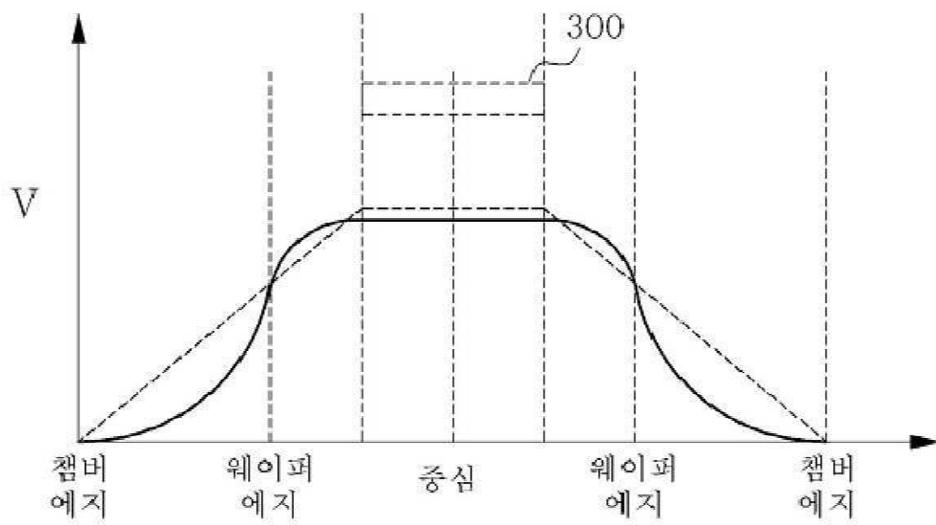
도면7



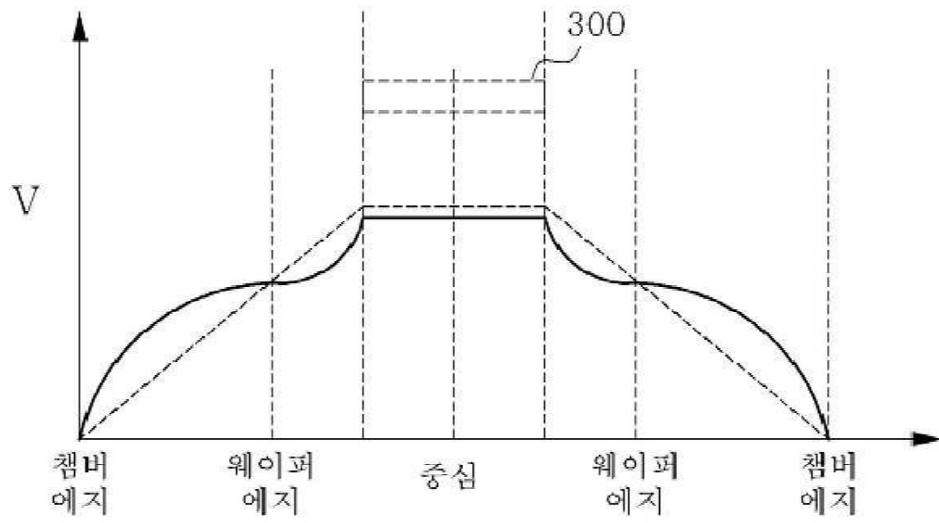
도면8



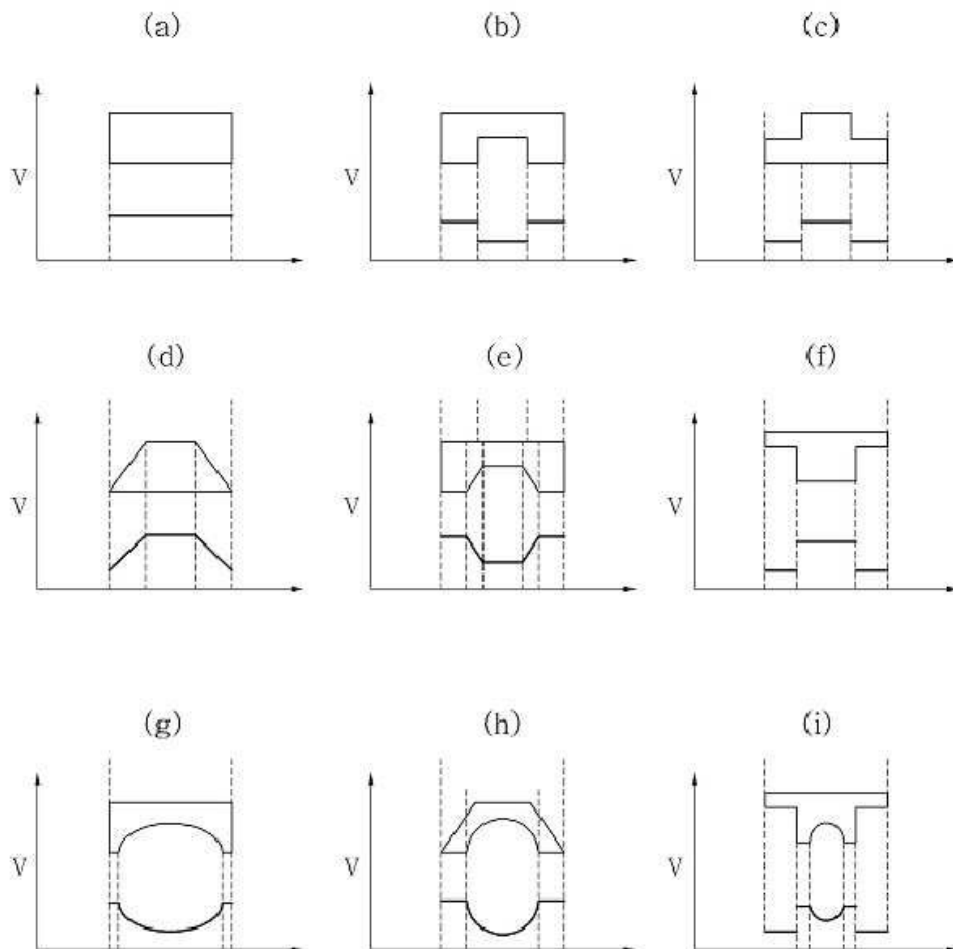
도면9



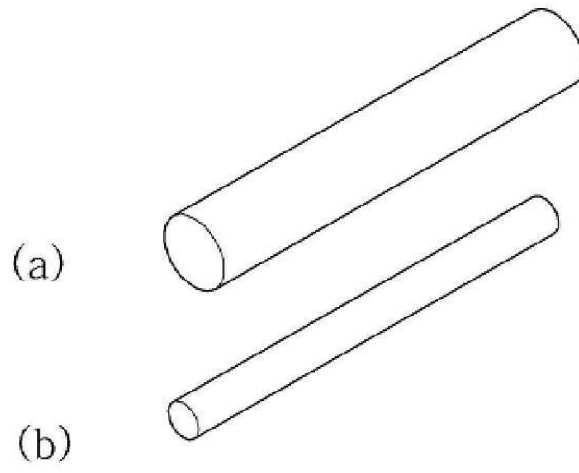
도면10



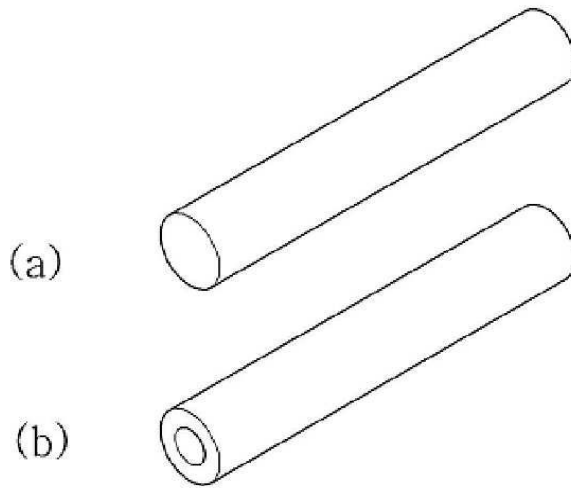
도면11



도면12



도면13





도면14

