

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
H01L 21/00

(45) 공고일자 1996년 12월 07일  
(11) 공고번호 특 1996-0016218

(21) 출원번호	특 1988-0006284	(65) 공개번호	특 1989-0001151
(22) 출원일자	1988년 05월 28일	(43) 공개일자	1989년 03월 18일
(30) 우선권주장	62-139724 1987년 06월 05일 일본(JP) 62-217807 1987년 09월 02일 일본(JP) 가부시기가이샤 히다찌세이사꾸쇼 미다 가쓰시게 일본국 도오교도 지요다구 간다 스루가다이 4-6		
(73) 특허권자	일본국 도오교도 지요다구 간다 스루가다이 4-6		
(72) 발명자	스즈끼 게이조우 일본국 도오교도 쫘다이라이시 죠우스이훈쵸우 1568 에스데도 죠우스이훈쵸우 9-401 히라오가 스스무 일본국 도오교도 고구부지시 히가시고이가구보 3-1-3 히다찌다이 2교우 신료우 미즈다니 다쯔미 일본국 도오교도 고가네이시 다구이미나미쵸우 3-13-15-402 니시마쯔 시게루 백남기		
(74) 대리인	백남기		

심사관 : 김승조 (책자공보 제4743호)

(54) 표면처리방법 및 그 장치

요약

내용없음

대표도

도 1

명세서

[발명의 명칭]

표면처리방법 및 그 장치

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명의 표면처리장치의 1실시예의 구성도.

제2도는 각종 에너지의 크기를 도시하는 설명도.

제3도A,B는 입자빔의 작용을 설명하는 개념도.

제4도~제6도는 본 발명의 표면처리장치에 사용하는 활성입자빔 발생수단의 1실시예를 도시하는 구성도.

제7도는 본 발명의 표면처리장치에 사용하는 활성입자빔 발생수단의 1실시예를 도시한 단면도.

제8도는 화로온도  $T_{fA}$ 와 B입자의 병진에너지  $E_{iB}$ 의 관계를 도시하는 도면.

제9도, 제10도, A,B는 본 발명의 표면처리장치에 사용하는 활성입자빔 발생수단의 1실시예를 도시하는 단면도.

제11도는 본 발명에 의한 에칭을 도시하는 단면도.

제12도 제16도는 본 발명의 표면처리장치의 1실시예의 구성도.

제17도는 에피택시의 과정을 도시하는 설명도.

제18도는 본 발명의 표면처리장치의 1실시예의 구성도.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 고체표면을 처리하는 건식처리방법에 관한 것으로, 특히 반도체소자 제조등에 가장 적합한 무손상, 무오염, 높은 선택 또한 저온도의 프로세스를 실현할 수가 있는 표면처리방법 및 그 장치에 관한 것이다.

약 10년 정도 전부터 표면처리의 3분야 특히 반도체소자 제조분야에서는 건식처리방법이 활발하게 사용되고 있다. 여기에서 건식처리방법이란 이것 이전의 습식처리방법(수용액을 사용하는 방법)에 대한 것이며 표면을 진공중(광을 포함한다) 또는 기상중에서 처리하는 방식을 말한다. 그러나 종래의 건식처리방법에서는 기상으로써 플라즈마 또는 이온빔이 사용되고 있고 시료표면에 입사하는 전자, 이온, 이온빔의 운동에너지는 수  $eV \sim 10^4 eV$ 로 분포하고 있었다(제2도 참조). 그러나 결정중의 원자의 디스플레임먼트 에너지(displacement energy)(원자를 정규의 결정격자위치에서 옮기는데 필요한 에너지)  $E_d$ 는 약 10eV이다. 예를 들면 Si 결정에서는  $E_d \sim 12.9eV$ 이다(G. Carter and J.E.

Colligon, 'Ion Bombardment of Solids', Heineman Educational Books Ltd., London, 1968, p214). 이때문에 종래 건식처리방법에서는 시료표면에 손상이 불가피하게 형성된다. 또, 이와 같은 고 에너지 입자의 입사에 의해서 시료온도도 상승하여 경우에 따라서는 300℃ 이상으로 되었다. 이와 같은 시료온도상승은 시료표면에 다른 결정 결함(손상)을 형성하거나 프로세스의 적용범위를 극단적으로 한정하고 있었다. 또 이와 같은 고 에너지 입자가 시료 근방의 고체표면에 입사하면 이 표면 물질을 물리적, 화학적으로 스피터하여 이것이 시료 표면에 재부착되어 표면 오염을 발생시켰다. 반도체소자의 치수가 감소( $1\mu m$  이하)하면 이와 같은 손상, 오염 및 소자온도상승은 중대한 문제로 된다. 또, 가까운 장래에 실현이 기대되고 있는 3차원 구조의 반도체소자는 이와같은 손상, 오염, 온도상승은 치명적이며 종래의 건식처리방법은 사용불가능하게 된다.

표면처리에 있어서 해야할 본질적인 것은 시료표면 또는 기상중에서의 물리, 화학 반응을 사용하여 시료 표면 물질을 제거하거나(에칭), 시료표면에 물질을 퇴적하거나(데퍼지션, 에피택시), 시료 표면 물질을 변질하거나(산화, 질화등)하는 것이다. 이때에 물리반응보다 오히려 화학반응이 주역으로 된다. 이것은 화학반응 쪽이 변화가 많은 반응을 실현할 수 있기 때문이다. 제2도에 도시하는 바와 같이 화학반응에 관계한 에너지(화학 결합에너지)는 0.01~10eV로 분포하고 있으며 결정결함을 발생시키는 에너지는 약 10eV이다. 따라서 표면처리를 실행하기 위해서 사용하는 에너지로서 0.01~10eV의 범위가 적당하다. 그러나 실제로는 표면에 공급한 에너지가 모두 결정 결함을 형성하기 위해서 사용되는 것은 아니므로 상기 에너지의 상한은 약 10배 크게할 수가 있다. 즉 표면처리를 행하기 위해 표면에 공급하는 에너지로서는 0.01~100eV 정도가 가장 적합하다.

제2도에 도시하는 바와 같이 원자, 분자(이하 입자라고 칭한다)가 갖는 에너지, 즉 분자의 회전 준위 에너지, 분자의 진동 준위에너지 원자·분자의 전자 준위에너지 및 원자·분자의 병진 에너지의 크기는 상기 에너지 범위(0.01~100eV)중에서 제어하는 것이 가능하다. 따라서 이들의 에너지를 표면처리를 하기 위한 표면으로의 공급에너지로써 사용할 수가 있다. 즉 전 에너지  $E_w$ 가 0.01~100eV의 범위에 있는 원자·분자(이하 이와 같은 원자 분자를 활성입자라 한다)를 표면에 입사시키는 것에 의해서 표면처리를 행하는 것에 의해 표면손상이 매우 적은) 표면처리를 행할 수가 있다. 여기서 전 에너지는

$$E_w = E_r + E_v + E_e + E_t$$

$E_r$  : 회전 준위 에너지

$E_v$  : 진동 준위 에너지

$E_e$  : 전자 준위 에너지

$E_t$  : 병진 에너지

로 표현된다. 상기 4종의 에너지( $E_r, E_v, E_e, E_t$ )중 진동 준위 에너지가 여기된 분자 빔을 시료에 조사하여 시료의 표면을 처리하는 표면처리방법에 대해서는 일본국 특허 공개공보 소화 61-113776호(미국 특허 출원 795262호)에 제시되어 있다. 또 가스를 가열해서 가스 입자의 회전준위, 진동준위, 전자준위를 여기한 후 진공 중에 방출하여 빔으로 해서 시료를 조사하고, 이것을 처리하는 표면처리 장치에 대해서는 일본국 특허 공개 공보 소화 62-35521호(미국 특허 출원 891641호)에 제시되어 있다. 그러나 제2도에 도시하는 바와 같이 진동준위에너지의 최대값은 겨우 1eV이며 전자준위의 에너지도 100eV에는 달하지 않는다. 시료에 조사하는 입자의 에너지는 상술한 바와 같이 100eV를 넘지 않는 한 큰폭이 표면처리의 스루풋을 높일 수가 있으므로 바람직하지만, 종래의 기술에서 시료의 에너지의 공급에 이용하는 회전준위, 진동준위, 전자준위의 에너지로는 10eV이상의 에너지를 얻을 수가 없었다. 또 이들의 에너지를 독립으로 제어해서 입자빔을 바라는 에너지로 조정하는 것은 곤란하였다. 더우기 이들의 에너지는 이산적이며 임의의 바라는 에너지를 얻을 수는 없었다.

본 발명의 목적은 시료의 손상, 오염, 온도상승이 적고 또한 시료의 표면처리속도의 향상 및 표면처리상태의 제어에 적합한 표면처리방법 및 그 장치를 제공하는데 있다.

상기 목적은 시료를 0.01~100eV의 병진에너지를 갖는 입자를 포함하는 입자빔에 의해서 처리하는 것에 의해 달성된다. 병진에너지  $E_t$ 는 양자역학적으로도 연속적으로 분포해 있고, 또한 제2도에 도시하는 바와같이  $10^{-3} eV$ 에서  $10^2 eV$ 까지 광범위하게 제어가능 하기 때문에 표면으로의 공급에너지로서 사용한 경우, 높은 스루풋표시과 시료의 처리상태의 제어를 동시에 만족시킬 수가 있다.

본 명세서에서 입자라고 하는 것은 전기적으로 중성의 입자(입자 분자를 말함)도 정 또는 부에 이온화한 입자도 모두 포함하는 것으로 한다. 단, 이온화한 입자가 전기적으로 절연물의 표면에 입사하면 표면이 대전하여 손상발생의 원인으로 될 수 있다. 또 입사입자의 에너지가 궤도제어가 곤란하게 된다. 따라서 입자중 특히 전기적으로 중심적인 입자(이하 중성입자라 칭한다)는 실용적 가치가 특히 있는 것이다.

일반적으로 전하를 가진 입자에 비해서 전기적으로 중성적인 입자를 고속으로 가속 병진에너지가 큰 중성 활성 입자를 얻는 것 즉 고속중성 입자선을 얻는 것은 대단히 곤란한 일이다(입자선이라 함은 특정방향으로 거의 충돌없이 날아다니고 있는 입자의 집단을 의미한다). 고속 중성 입자선을 얻는 하나의 방법은 가스를 진공중에 분출해서 소위 초음속류를 형성하는 방법이다. 이 방법에 관해서는 (A.H Shapiro ; 'The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow', (The Ronald Press Company, New York, 1953, p.71~111))에 거론되고 있다. 분출하기 전의 가스를 가열하는 것에 의해서 고속중성입자선의 병진에너지(Et)를 크게 할수가 있다. 그러나 이와같이 하여도 얻어지는 Et의 크기는 통상 1eV이하이다.

한편 고속중성입자선의 표면처리기술로서의 응용을 고려하면 병진에너지 Et는 약 100eV를 넘지않는 한 큰폭이 바람직하다. 이것은 표면처리에 있어서는 일반적으로 화학반응을 사용하지만 Et가 클수록 화학반응이 촉진되어 스루풋(처리속도)가 향상하기 때문이다. 단 Et가 지나치게 크면 표면 손상이 발생하여 바람직하지 않는 상황이 발생한다. 10eV 정도의 Et를 얻는 방법으로서 시이딩(seeding)법에 이하 불려지는 방법이 알려져 있다. 시이딩법을 사용한 예는 문헌, C.T. Reettner등의 Dissociative Chemisorption of CH4 on W(110), Phys. Rev. Letts. 54,(1985) p2716~2719에서 알수가 있다. 시이딩법이란 질량이 작은 가스(가스 A)에 혼합하여 이 혼합가스를 고온으로 가열하고 나서 진공중에 분출하는 것에 의해서 Et가 큰 B입자(가스 B를 구성하는 입자(의 입자선을 얻는 방법이다. 이것은 질량이 작기 때문에 속도가 큰 A입자가 질량이 크고 늦은 B입자를 충돌에 의해서 가속하는 것으로 실행된다.

B입자가 A입자와 같은 속도까지 가속되면

$$E_{tB} = \frac{m_B}{M_A} E_{tA} \quad (1)$$

Et<sub>x</sub> : X입자선의 병진에너지

m<sub>x</sub> : X입자의 질량

로 된다. 예를 들면 B입자로서 Cl<sub>2</sub>, A입자로서 He를 사용하면 m<sub>B</sub>/m<sub>A</sub> ≒ 17.5로 되고, Et<sub>A</sub>로서 1eV를 실현하면 Et<sub>B</sub>로써는 17.5eV를 실현할 수 있게 된다. 상기한 것은 입자 B를 입자 A에 의해 가속하는 방법이지만 이 반대도 필요에 따라서 가능하다. 즉 입자 B보다도 질량이 큰 입자 A를 사용하는 것에 의해서 입자 B를 입자 A로 감속할 수도 있다. 단, 전자의 것이 실용적 가치가 큰 것이다.

그러나 상기와 같은 시이딩 방법에는 다음과 같은 문제점이 있다.

(1) 가스 B를 화학적으로 활성적인 가스로 하면 혼합가스를 가열하는 과정에서 가열 용기내벽이 가스 B와 반응하고 만다. 이 때문에 혼합가스를 충분히 가열할 수 없으며 따라서 큰 Et<sub>B</sub>를 얻을 수가 없다.

(2) 가스 B를 분해하기 쉬운 가스로 하면 혼합가스를 가열하는 과정에서 가스 B가 분해하고 만다. 이 때문에 가스 B를 분해하지 않고 큰 Et<sub>B</sub>를 얻을 수가 없게 된다.

표면처리 기술에 있어서 사용되는 가스는 화학적으로 활성이거나 분해하기 쉬운 성질인 것이 많다. 이 때문에 상기 문제점을 시이딩법을 표면처리에 사용할때의 한계를 제시하고 있다.

상기 문제점을 해결하여 화학적으로 활성이거나 분해하기 쉬운 성질을 갖는 가스입자를 고속으로 가속해서 표면처리에 가장 적합한 고속 중성입자선을 얻을 수가 있는 입자선 형성수단을 원리를 다음에 설명한다.

이 수단은 미리 가스 A를 가열해 두고 가스 A를 진공중에 분출하기 직전, 분출도중 또는 분출후에 가스 B를 혼합하는 것을 그 특징으로 한다.

이와같이 하는 것에 의해서 가스 B자체에 고온으로 가열되지 않기 때문에 가열용기 내벽과 반응하거나 분해하거나 하는 일은 없다. 한편 가스 A는 필요한 온도로 가열되어 있기 때문에 분출후에는 A,B 입자 다같이 고속으로 되어 큰 Et<sub>B</sub>를 실현할 수 있다. 입자 A와 입자 B의 속도가 최종적으로 같이 된다고 하면 시이딩법과 마찬가지로 식(1)이 성립한다.

이와같은 작용을 실현하기 위해서는 가스 B를 가스 A에 혼합한 후의 입자 A,B간의 충돌회수를 적당한 수로 유지할 필요가 있다. 즉 충돌회수가 지나치게 적으면 입자 B는 충분히 가속되지 않고 큰 Et<sub>B</sub>를 얻을 수가 없게 되며 충돌회수가 지나치게 크면 입자 B의 내부 에너지가 높아져 내벽과의 반응이나 분해가 발생하게 된다. 적당한 충돌회수는 A,B 가스의 조합에 의해서 변화하지만 통상은 1~1000회 정도이다.

활성입자를 사용해서 행하는 표면처리에 있어서는 제3도(A)에 도시하는 바와같이 활성입자를 시료(3) 표면에 공급하기 위해서 동방적인 속도분포를 하고 있는 활성입자 집단을 사용하는 방법과 제3도(B)에 도시하는 바와 같이 비등방적인 속도분포를 하고 있는 활성입자집단(즉 활성입자 빔)을 사용하는 방법이 있다. 도면에 있어서 p\*는 활성입자를 나타낸다. 일반적으로 표면처리에서는 시료표면에 대하여 비등방적인 처리(예를 들면 비등방에칭)가 요구되는 것이 많고, 활성입자빔을 사용하는 것이 상책이다. 또, 활성입자빔을 사용하는 것에 의해 프로세스의 제어성이 향상한다.

본 발명은 상기한 방법에 따라 병진에너지가 0.01~100eV 범위에 있는 활성입자로 구성되는 활성입자 빔을 표면처리수단의 적어도 일부로서 사용한 표면처리방법 및 이들의 방법을 실현가능하게한 표면처리장치를 제공한다.

본 발명에서는 전 에너지가 0.01~100eV의 활성입자를 사용하고 있으므로 무손상(또는 극저손상)의 표면처리가 가능하다. 또, 활성입자를 비등방적인 빔으로서 표면에 공급하기 때문에 방향성이 있는 표면처리가 가능하게 된다.

본 발명의 표면처리장치의 1실시예를 제1도에 도시한다. 실시예는 활성입자빔 발생수단(1), 콜리메이터(collimator)(2), 시료(3), 시료대(4)로 구성되어 있다. 콜리메이터(2)와 시료(3), 시료대(4)는 진공실(5)중에 배치되어 있다. 활성입자빔 발생수단은 활성입자빔을 발생시키기 위한 수단이다. 콜리메이터(2)는 이것을 통과시키는 것에 의해 빔을 형성하는 활성입자의 속도분포를 더욱 한쪽 방향으로 가지런히 하기 위한 것이다. 콜리메이터는 예를 들면 빔 통과 방향으로 관통한 무수의 미세한 구멍으로 구성할 수가 있다. 미세한 구멍의 벽에 충돌한 활성입자는 에너지를 상실하여 활성입자로써 없어지기 때문에 콜리메이터 통과후의 활성입자의 비행방향은 더욱 가지런한 것으로 된다. 미세한 구멍을 구성하는 벽을 냉각하는 것에 의해 콜리메이터의 작용을 더욱 향상시킬 수가 있다. 시료대에는 시료온도 제어가능(21)을 갖게하여 처리중의 시료 온도를 실내온도(약 20℃)이하, 실내온도정도, 실내온도 이상으로 따라서 제어하는 것도 가능하다. 또 큰 면적의 시료를 처리할 경우(또는 여러개의 시료를 처리할 경우)는 시료대(4)와 시료(3)을 빔에 대하여 상대적으로 구동시키는 것에 의해서 일양성이 좋은 처리가 가능하게 된다.

제4도에 활성입자빔 발생수단의 1실시예를 도시하고 있다. 실시예는 가스도입밸브(6), 회로(7), 가열수단(8), 미세구멍(9)로 구성되어 있다. 본 실시예의 활성입자빔 발생수단을 가열로 방식이라고 칭하는 것으로 한다. 가스도입밸브(6)에 의해서 화로(7)내에 도입된 원자분자(이하 p라고 표기함)는 가열수단(8)에 의해서 필요한 온도로 가열되어 일부가 활성입자(이하 p\*라고 표기함)로 된다. p가 분자일때 p\*의 분자구조는 p와 같을 경우도 있으며 p가 분해해서 p\*를 형성할 경우도 있다. 가열수단(8)로서는 전기적인 저항가열, 적외선 램프에 의한 가열, RF 가열등이 사용가능 하다. 활성입자 p\*는 단수 또는 여러개의 미세구멍(9)에서 진공실(5)내로 분출하는 것에 의해서 병진에너지가 큰 활성입자빔으로 된다. 경우에 따라서는 가스를 가열하는 일없이 미세구멍(9)를 통하여 진공실(5)내로 분출하는 것만으로 활성입자 빔으로 되는 것이 있다. 이 경우는 가열수단(8)은 필요없게 된다.

제5도에 활성입자빔 발생수단의 다른 실시예를 도시하고 있다. 고압영역에서 광을 사용하여 가스입자를 여기하고 다시 이가스를 저압영역으로 분출하여 시료의 처리를 행하는 기술에 관해서는 영국 특허출원 No. 8412110호에 개시되어 있지만, 본 실시예는 광을 사용해서 원자/분자가 갖는 각 에너지 준위를 직접 여기하여 전 에너지를 제어하는 방법이다. 예를 들면 X선에 의해서 내부 쉘(inner shell)의 전자준위를 자외/가시광에 의해서 전자준위를, 적외광에 의해서 진동준위를, 마이크로파에 의해서 회전준위를 여기할 수가 있다. 동일 도면에 있어서 가스의 원자/분자 p가 가스 도입 밸브를 거쳐서 가스저장통(10)내로 도입된다. 가스 저장통(10)중의 원자/분자의 일부는 광원(11)에서 발생되어 렌즈(12)로 집광되고 광투과창(13)을 거쳐서 도입된 광에 의해서 여기되어 활성입자 p\*로 된다. 광원으로서는 레이저 또는 통상 광 램프의 어느것을 사용하여도 좋다. 활성입자는 미세구멍(9)를 통해서 진공실(5)중으로 분출하는 것에 의해 병진 에너지가 큰 활성입자 빔으로 된다. 가이드관(14)는 활성입자 빔의 비행방향을 가지런히 하는 작용을 한다. 가이드관(14)로써는 예를 들면 가스유체분야에서 널리 사용되는 디·라발관을 사용할 수 있다. 가스저장통(10)의 내벽을 반사경면으로 하던가 또는 가스저장통(10)내에 반사경을 마련하는 것에 의해서, 광을 가스저장통(10)해서 다중 반사시키는 것에 의해서 원자/분자를 활성입자로 하는 효율을 크게 할 수가 있다.

제6도에는 2종류 이상(본 도면에서는 2종류로 도시하고 있다)의 가스 A,B를 도입하는 것에 의해 바라는 가스의 활성입자(본 실시예의 설명에서는 B\*)의 병진에너지 E<sub>t</sub>를 다른 에너지(E<sub>r</sub>,E<sub>v</sub>,E<sub>e</sub>)와는 독립으로 제어하는 실시예를 도시하고 있다. 장치의 구성, 작용은 제4도의 실시예와 같다. 본 실시예를 시이딩법이라 칭하는 것으로 한다. 본 실시예에서는 가스 A의 유량 Q<sub>A</sub>가 가스 B의 유량 Q<sub>B</sub>보다 충분히 가스 A의 유량 Q<sub>A</sub>가 가스 B의 유량 Q<sub>B</sub>보다 충분히 큰 것으로 한다. 예를 들면 Q<sub>A</sub>=aQ<sub>B</sub>로써 a>10으로 한다. 단, 반드시 a>10일 필요는 없고 경우에 따라 다르다. A를 모체가스, B를 시이딩 가스라고 칭한다. 이 경우 A\*의 병진에너지 E<sub>tA</sub>는 화로의 가열온도 T<sub>f</sub>에 의해서 정해지며,

$$E_{tA} = \frac{1}{2} mAu^2A$$

$$\mu A = (2\gamma ckT_f/mA(\gamma c-1))^{1/2}$$

k : 볼츠만 정수

mA : 입자 A의 질량

으로 된다.  $\gamma c$ 는 정압비열과 정적비열의 비율이고  $\gamma c=(f+2)/f$ 로 된다. f는 가스 분출시에 입자가 에너지를 상실하는 자유도의 수이다.  $\gamma c=5/3\sim 1$ 의 범위에 있다. 이때 활성입자 B\*의 병진에너지 E<sub>tB</sub>는 식(1)과 같이 된다. 즉 화로온도 T<sub>f</sub>를 일정하게 한 채로도 mB/mA의 값을 바꾸는 것에 의해서 즉 가스 A의 종류를 바꾸는 것에 의해서 E<sub>tB</sub>를 제어하는 것이 가능하게 된다. 일반적으로 다른 에너지 특히 진동준위에너지 E<sub>v</sub>는 회로온도 T<sub>f</sub>에 의해 결정되기 때문에 시이딩법에 의해서 시이딩가스 B로

형성되는 활성입자 B\*의 병진에너지와 진동준위 에너지를 서로 독립으로 제어하는 것이 가능하게 된다. 모체가스 A로써는 화학적으로 불활성의 가스 예를 들면 He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn 등의 희소가스를 사용하는 것이 바람직할 경우와 많다.

제7도에 활성입자빔 발생수단의 다른 실시예를 도시한다.

장치구성은 도면의 중심축(1점쇄선)의 둘레에 회전대칭으로 되어 있다. 제7도에 있어서 가스 A는 회로(7A)내에서 가열된 후 분출구(15A)를 거쳐서 진공중으로 분출된다. 회로(7A)는 온도제어수단(8A)에 의해서 고온으로 가열되어 있다(단, 경우에 따라서는 회로(7A)는 온도제어수단(8A)에 의해서 냉각되어 있는 일도 있다). 가스 B는 화로(7B)내를 통과한 후 분출구(15B)를 거쳐서 진공중으로 분출하여 상기 가스 A와 혼합된다. 화로(7B)는 온도제어수단(8B)에 의해서 가열 또는 냉각되고 있다. 또 온도제어수단(8A)와 온도제어수단(8B) 사이에는 단열수단(14)가 있으며 화로(7A), 화로(7B)를 독립으로 온도제어할 수 있도록 되어 있다. 단열수단(14)에는 필요에 따라 수냉동의 냉각기능이 갖추어져 있다. 온도제어수단(8A), (8B)를 가열수단으로서 사용할 경우는 가열방법으로서 예를 들면 히터에 의한 방열형줄 가열, 회로자체의 전류를 흐르게 하는 직접형줄 가열, RF 전력을 사용하는 유도 가열, 적외선 가열등을 사용할 수가 있다. 또 냉각수단으로서 사용하는 경우에는 물, 액체질소등의 액체냉각제나 냉각한 He 가스, 플레온 가스등의 기체냉각제등을 사용할 수가 있다.

제7도에서는 가스 B가 가스 A로의 혼합은 가스 A의 분출 직후에 행하여 진다. 혼합타이밍은 분출구(15A), (15B)의 상대거리를 바꾸는 것에 의해 조정할 수가 있다. 가스 A, B가 혼합한 후 가스는 입자 A, B간의 충돌을 반복하면서 팽창하며 최종적으로는 입자간의 충돌이 없는 자유입자 흐름으로 된다. 앞서 기술한 「적당한 충돌회수」는 화로내에서의 A, B 가스의 압력이나 분출구의 크기, 형상 및 분출구간의 상대거리를 가장 적합화 하는 것에 의해서 실현된다. 또, 제7도에서는 분출구(15A), (15B)의 열린 구멍은 1개이지만 각각 여러개의 열린구멍을 마련하여도 좋다.

가스 A로써는 화학적으로 불활성의 가스, 예를 들면 He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn 등의 희소가스가 적합하다. 가스 B는 표면처리의 화학적반응에 사용되는 가스이며 예를 들면 데포지션이나 에피택시용에는 SiH<sub>4</sub>, SinHm, GaH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub> 등이 사용되고 에칭용에는 F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, NF<sub>3</sub>, HCl, HF, SH<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub>, C<sub>n</sub>F<sub>m</sub>, CC<sub>14</sub>, C<sub>n</sub>Cl<sub>m</sub> 등의 할로겐 원소나 수소를 함유한 입자의 가스가 사용되며 표면 변질에 O<sub>2</sub>나 N<sub>2</sub> 등이 사용된다. 가스 A, B는 1종류의 입자로 형성되는 단체 가스라도 좋고, 여러 종류의 입자로 형성되는 혼합 가스라도 좋다.

최종적으로 입자 B의 속도가 입자 A의 속도와 같게 되고, 또한 가스 A의 유량이 가스 B의 유량보다 충분히 크다고 하면 입자 B의 병진에너지 E<sub>tB</sub>는

$$E_{tB} = \frac{mB}{mA} \cdot \frac{\gamma CA}{\gamma CA - 1} kT_{tA} \dots\dots\dots(2)$$

로 된다. γCA는 가스 A의 정압비열과 정적비열의 비율이고 가스 A는 희소가스와 같은 단원자 분자 가스인 경우 γCA=5/3-16.7이다. 또 k는 볼츠만 정수, T<sub>tA</sub>는 화로(7A)의 온도이다. 가스 A로서 He 가스를 사용하고 가스 B로서 F<sub>2</sub> 가스를 사용하면,

$$E_{tB} = 23.8(kT_{tA}) \dots\dots\dots(3)$$

로 되고 가스 B로서 Cl<sub>2</sub> 가스를 사용하면

$$E_{tB} = 43.8(kT_{tA}) \dots\dots\dots(4)$$

로 된다. 제8도에 식(3), (4)에서 구할 수 있는 E<sub>tB</sub>와 T<sub>tA</sub>의 관계를 F<sub>2</sub>와 Cl<sub>2</sub>의 경우에 대해서도 도시하고 있다. 도면에서 수 eV의 E<sub>tB</sub>가 용이하게 얻어지는 것을 알 수 있다. 본 발명의 효과는 F<sub>2</sub>나 Cl<sub>2</sub> 가스를 단독으로 가열해서 진공중으로 분출하는 경우와 비교하면 명료하게 된다. 이 경우의 F<sub>2</sub>나 Cl<sub>2</sub>의 병진에너지 E<sub>t</sub>는

$$E_t = 3.5kT_f \dots\dots\dots(5)$$

로 된다. T<sub>f</sub>는 F<sub>2</sub>나 Cl<sub>2</sub> 가스를 가열하는 온도이다. 이 방법에서는 T<sub>f</sub>=3000℃로서도 E<sub>t</sub>=0.98eV이다. 그리고 F<sub>2</sub> 가스나 Cl<sub>2</sub> 가스를 화로벽과의 반응이나 분해없이 이와같은 고온으로 가열하는 것은 매우 곤란하다.

제7도에 있어서 가스 B를 온도제어수단(8B)에 의해서 가열한 후 분출구(15B)에서 분출시키면 내부에너지(진공에너지, 회전에너지, 전자준위 에너지)가 높게된 상태(여기상태)의 B입자로 구성되는 고속 중성입자선을 얻을 수가 있다. 이와같은 입자선은 보다 반응성이 높고 표면처리에 유용한 것으로 된다.

본 실시예의 설명에서는 불활성가스 A를 화로(7A)로 흐르게하고 반응성가스 B를 화로(7B)로, 가스 B를 화로(7A)로 흐르게 하여도 마찬가지로의 효과, 작용이 있는 것은 물론이다. 단, 각각의 가스조합에 따라서 분출구(15A), (15B)의 형상을 가장 적합화할 필요가 있다.

본 실시예의 특징은 화로(7A)를 화로(7B)가 둘러싸는 구조로 되어 있는 것이다. 이렇게 하는 것의 의해 장치 전체의 구조를 간단하게 할 수가 있고, 전체의 전유용적도 작게할 수가 있다. 그러나 온도 제어수단(8A), (8B)간의 열 절연이 곤란하게 된다는 문제가 있다.

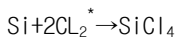
제9도에 제7도의 실시예의 변형예를 도시하고 있다. 제9도에 있어서 각각의 구성요소의 작용은 제7도의 실시예와 같다. 제9도에 있어서 화로(7A), 온도제어수단(8A)는 중심축 a둘레에 대략 회전 대칭으로 되어 있고, 화로(7B), 온도제어수단(8B)는 각각의 중심축 b의 둘레에 대략 회전대칭으로 되어 있다. 또 단열수단(14)는 중심축 a의 둘레에 대략 회전대칭으로 되어 있다. 즉 화로(7A), 온도제어수단(8A), 화로(7B), 온도제어수단(8B)는 분리된 구조로 되어 있다. 이 때문에 온도제어수단간의 열절연이 용이하게 행할 수 있는 것이 이점으로 된다. 한편 중심축 a의 둘레에 가스 B의 흐름이 회전대칭이 안된다는 문제가 있다. 이때문에 가스 B의 공급 라인(화로(7A))를 여러개 마련하여 중심축 a의 둘레에 같은 각으로 배치하고 있다.

제9도에 있어서 방전발생수단(16)은 가스 B의 방전을 발생시키는 것이다. 방전에 의해 가스분자가 분해되기 때문에 통상의 안전가스로서는 얻지 못하는 입자의 고속 중성입자선을 얻을 수가 있다. 예를 들면 가스 B로써  $F_2(Cl_2)$ 를 공급하여 방전을 발생시키는 것에 의해서  $F_2(Cl_2)$ 의 분해생성물인  $F(Cl)$ 의 고속 중성입자선을 얻을 수 있다. 방전발생수단(16)대신에 레이저, 자외선, X선 등을 가스에 조사하여도 마찬가지로의 효과가 얻을지는 것은 물론이다.

제10도A, 제10도B에 활성입자빔 발생수단의 다른 실시예를 도시하고 있다. 각각의 구성요소의 작용은 제7도의 실시예와 같다. 본 실시예의 특징은 가스 B와 가스 A의 혼합을 가스 A의 분출도중(제10도A), 또는 분출직전(제10도B)에 행하도록 한 것이다. 제10도A에서는 분출부분을 길게해서 분출도중에 있어서 가스의 혼합이 행해지도록 되어 있다. 또 제10도B에서는 분출직전에 가스의 혼합을 행하도록 되어 있다. 이렇게 하는 것에 의해서 혼합 후의 입자 A,B간의 충돌 회수가 많아지고 입자 B의 가속이 보다 충분히 행해지도록 된다. 그러나 상술한 바와 같이 입자 B가 분해되기 쉽게 되는 것이 문제점이다.

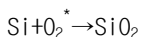
이상 설명에서는 본 발명을 전기적으로 중성적인 입자의 고속 입자선 형성 장치 및 방법으로써 설명했지만 필요하면 전하를 가진 입자(정·부의 이온)에 대하여도 마찬가지로 효과를 기대할 수 있는 것은 물론이다.

제11도에는 활성입자( $p^*$ )빔에 의해서 하한 절단이 없는 수직 에칭이 실현할 수 있는 상태를 도시하고 있다. 예를 들면 Si 기판을 에칭하기 위해서는  $p^*$ 를 형성하기 위한 도입가스로서는  $F_2, Cl_2, Br_2, FCl, SF_6, NF_3, CCl_4, CnFm, CnClm$  등의 할로겐 원소를 함유하는 분자가스가 사용된다. 이 결과 도입 가스 분자가 분해하지 않고서 여기되거나 분해되어서 활성입자  $p^*$ 의 빔을 형성한다. 다음에 예를 들면 활성입자로서 염소분자의 활성입자  $Cl_2^*$ 를 사용할 경우에 대하여 기술한다.  $Cl_2^*$ 가 Si 표면에 입사하면 그 일부는 화학반응



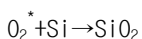
에 의해서  $SiCl_4$ 를 형성한다.  $SiCl_4$ 의 증기압은 높기 때문에 표면에는 증발하여 Si 표면을 에칭한다. 반응 생성물로서는  $SiCl_n$  외에  $SiCl_n$  ( $n \leq 3$ )의 경우도 있다. 반응하지 않았던  $Cl_2^*$ 는 Si 표면에서 이탈하지만 이때 갖고 있는 에너지의 일부를 상실하여 화학반응성을 상실하고 만다. 이 결과 이탈한  $Cl_2$  분자가 에칭도중의 패턴측벽에 입사하여도 그곳을 에칭하는 일은 없다. 이 결과 마스크 패턴이 빔 입사 방향으로 전사되어 마스크 패턴에 충실하게 미세가공이 행하여진다. 본 실시예에서는 Si 기판의 에칭에 대하여 설명했지만 다른 재료 예를 들면 GaAs, Inp와 같은 반도체, W, Mo, Al, Ni, Ti와 같은 금속 및 그들의 실리사이드,  $Si_3N_4, SiO_2$ 와 같은 절연물등의 재료에 관해서도 도입가스를 선택하는 것에 의해서 마찬가지로의 원리로 수직에칭을 할 수 있다.

제12도에 활성입자빔을 사용하여 표면변질을 하는 실시예를 도시하고 있다. 각 구성요소의 작용은 제1도와 마찬가지로이다. 동일 도면에서는 산소 분자의 활성입자( $O_2^*$ )빔을 사용한 산화의 예를 도시하고 있다. 예를 들면 시료로서 Si를 사용하면 입사하는 활성입자  $O_2^*$ 가 반응



에 의해서  $SiO_2$ 를 형성하여 표면의 산화가 행하여진다. 시료로서 Si이외의 물질, 예를 들면 GaAs, InP등의 반도체나 W, Mo, Al, Ti, Ta, Ni, Pb와 같은 금속등을 사용하여도 마찬가지로 산화할 수가 있다. 또 산화 뿐만아니라 예를 들면  $N_2^*$ 를 사용하면 질화가 마찬가지로 행할 수 있고 다른 표면 변질의 발전도 가능하다. 본 방식의 표면변질의 특징은 이온이나 전자를 사용하지 않기 때문에 표면 손상이 없는 표면변질을 저온에서 행할 수가 있는 것이다.

제13도에는 시료표면에  $SiO_2$  막을 퇴적하는 실시예를 도시하고 있다. 각 구성요소의 작용은 제1도와 마찬가지로이다. 시료(3)의 표면에는 산소의 활성입자( $O_2^*$ )빔과 Si의 원자가 입사하도록 되어 있다. 입사한  $O_2^*$ 와 Si가

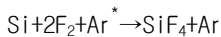


의 반응을 해서 표면에  $SiO_2$ 를 퇴적시킨다. 이 방법을 제12도의 실시예와 비교하였을 때의 특징은 제12도의 방법에서는 변질층의 두께를 두껍게 하는 것이 곤란하지만 본 방법에서는 임의의 두께  $SiO_2$  막을 용이하게 형성할 수 있는 것이다. 본 실시예에서는  $SiO_2$  막의 퇴적에 대하여 기술했지만  $O_2^*$

대신에  $N_2^*$ 를 사용하는 것에 의해서 Si의 질량막( $Si_3N_4$ )의 퇴적을 행할 수가 있다. 또 Si 원자 대신에 다른 재료를 입사시키면 이들의 산화막, 질화막의 퇴적을 행할 수 있다.

제14도에 다른 막 퇴적의 실시예를 도시하고 있다. 각 구성요소의 작용은 제1도와 마찬가지로이다. 본 발명은 표면에 입사한 활성입자 그 자체가 분해 또는 반응을 해서 막을 퇴적하는 방법이다. 도면에서는 활성입자  $CH_4^*$ 의 빔을 사용하여 탄소 C를 성분으로 하는 물질(그래파이트, 다이아몬드, 다결정 카본, 탄화수소)의 막을 퇴적하는 방법을 도시하고 있다.  $CH_4^*$ 가 표면에 입사하면 자기가 갖고 있는 에너지 때문에 분해해서 C 또는  $CH_n$  ( $n \leq 3$ )을 형성해서 표면에 탄소 또는 탄화수소를 구성성분으로 하는 막을 퇴적시킨다. 다른 원자 분자의 활성입자를 입사시키면 다른막의 퇴적도 마찬가지로 방법으로 가능하다.

제15도에 제11도와는 다른방법의 에칭방법이 도시되어 있다. 각 구성요소의 작용은 제1도와 마찬가지로이다. 이 방법은 에칭반응에 필요한 에너지는 활성입자빔의 에너지로서 공급하고 반응에 필요한 물질은 따로 공급하는 방법이다. 이 방법을 활성입자빔에 의해 어시스트 에칭이라 칭한다. 도면에서는 활성입자빔으로서  $Ar^*$  빔을 사용하고 반응물질 공급가스로서  $F_2$  가스를 사용하는 방법이 도시되어 있다.  $F_2$ 는 등방적인 속도분포의 가스로서 공급하여도 좋고 비등방적인 속도분포의 빔으로서 공급하여도 좋다. 시료(3)으로서 Si를 사용하면,



의 반응에 의해서 증기압이 높은 반응생성물  $SiF_4$ 가 형성되어 이탈하는 것에 의해 에칭된다. 이때  $Ar^*$ 의 에너지가 반응의 활성화 에너지로써 사용된다. 본 실시예에서는 시료인 경우에 대하여 기술하였지만 제11도의 실시예에 기술한 바와 같이 다른 시료 재료에 대해서도 마찬가지로의 에칭을 할 수 있다. 또 반응 물질 공급 가스로서 다른 가스 예를 들면  $Cl_2, Br_2, FCl, SF_6, N_3$  등의 할로겐원소를 함유하는 가스를 사용할 수가 있다. 또 활성입자의 빔으로써는  $Ar^*$  빔외에 다른 희소가스의 활성입자 빔이나 다른 화학적으로 안정된 분자(예를 들면  $CO_2$ )의 활성입자 빔을 사용할 수도 있다.

제16도에는 본 발명의 다른 실시예가 도시되어 있다. 본 실시예에서는 결정의 에택시를 저온으로 행하는 방법이 도시되어 있다. 이하 Si(실리콘)의 에피택시에 대하여 설명하지만 다른 결정의 에피택시에도 마찬가지로의 방법이 적용 가능하다.

장치는 활성입자빔 발생수단(1), Si빔 발생수단(15), 시료(3), 시료대(4) 및 진공실(5)로 구성되어 있다. 활성입자빔 발생수단(1)의 활성입자으로써는 Si를 적당한 속도로 에칭하는 활성분자, 예를 들면  $SF_6^*$ 를 사용한다. Si빔 발생수단(15)에서 비례한 Si 원자 또는 Si 분자( $Si_n$ )은 시료(3)의 표면에 부착하여 결정을 성장시킨다. 제17도에는 Si 결정의 성장과정이 모식적으로 도시되어 있다. 결정축이라 표시한 것은 이미 바르게 형성된 Si 결정 부분을 나타내고, 윗표면층이라는 표시하는 것은 Si 결정이 형성되어 있는 부분을 나타낸다.

표면에 비래(飛來)한 Si 원자의 일부는 제17도의  $Si^A$ 와같이 올바른 결정위치(정위치)에 부착하고 일부는  $Si^B$ 와같이 올바른지 않은 결정위치(부정 위치)에 부착한다. 이대로의 상태에서 부착과정이 진행하면 결정은 단결정이 아니고 다결정으로써 성장한다. 본 실시예의 방법은 활성입자( $SF_6^*$ )빔을 사용해서 부정위치의 Si원자( $Si^B$ )만을 제거(에칭)하여 정위치의 Si원자( $Si^A$ )만에 의한 단결정 성장을 가능하게 시키는 것이다. 이와 같은 부착위치에 의한 에칭이 가능한 것은 다음과 같이 설명된다. 즉 부정위치의 Si 원자와 결정축 Si와의 결정에너지는 정위치의 Si 원자와결정축 Si의 결합에너지보다도 작다. 따라서 활성입자  $SF_6^*$ 의 에너지를 적당하게 선택하는 것에 의해서  $Si^B$ 만을 선택적으로 에칭하는 것이 가능하게 된다.

종래의 Si 에피택시(예를 들면 분자빔 에피택시(MBE))에서는 시료를 고온(600~800℃)로 가열해서 부정위치의 Si 원자를 열 운동으로 정위치로 이행시키는 것에 의해서 단결정 성장을 실현시키고 있었다. 그러나 이 방법에서는 처리온도가 지나치게 높아서 적용 범위가 매우 한정되어 있다. 본 실시예의 방법을 사용하면 저온에서의 단결정 성장이 가능하게 되며 적용 범위가 넓어진다. 특히 장래의 3차원 소자 프로세스에는 매우 유효하다. 본 실시예에서는 에피택시(단결정 성장)에 대하여 기술했지만,  $SF_6^*$ 의 에너지의 크기를 적당히 선택하는 것에 의해서 알맞은 크기의 입도를 가진 다결정막을 성장시키는 것도 가능하다. 이 경우는 데포지션 기술로 된다. 또 본 실시예에서는  $SF_6^*$ 빔을 사용한 예를 제시했지만 다른 활성입자빔 특히 할로겐 원소를 함유하는 원자 분자의 활성입자빔을 사용할 수도 있다.

제18도에 고속중성 입자선을 사용한 표면처리장치의 구성예를 도시하고 있다. 제18도에 있어서 고속중성 입자선이 시료(3)의 표면에 입사하여 이 입사선을 처리의 수단(또는 수단의 일부)으로서 표면처리가 행하여진다. 시료 표면의 일부는 마스크(20)으로 덮혀져 있으며 필요한 부분만이 표면처리된다. 시료는 시료대(4)에 설치되어 있다. 시료대에는 시료 온도제어수단(21)이 마련되어 있으며 이것에 의해 시료 온도가 제어되고 있다. 시료 온도제어수단(21)에 의해 시료의 가열, 냉각을 행할 수가 있다. 또 필요에 따라서 시료와 시료대는 입사선에 대하여 상대적으로 구동할 수 있도록 되어 있으며 일양성이 좋은 표면처리가 가능하게 되어 있다.

본 발명에 의하면 0.01~100eV 범위의 병진에너지를 갖는 활성입자빔을 사용하기 때문에 표면 손상이

적고 또한 방향성있는 표면처리가 가능하게 된다. 본 발명은 특히 반도체 프로세스에 가장 적합하다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1

병진에너지가 0.01~100eV 사이에 있는 활성입자를 구성요소의 적어도 일부로 하는 입자빔을 형성하고, 상기 입자빔을 시료에 조사해서 시료의 표면을 처리하는 표면처리방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 제1의 입자와 상기 제1의 입자와는 질량이 다른 제2의 입자를 포함하는 가스를 가열하여 상기 가열한 가스를 진공중에 분출하고, 상기 제1의 입자를 상기 제2의 입자와 충돌시키고, 상기 제2의 입자의 병진에너지를 변경하고, 상기 제2의 입자를 병진에너지가 0.01~100eV 사이에 입자빔으로서 형성하여 상기 입자빔을 시료에 조사하는 표면처리방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제1의 입자는 화학적으로 불활성인 입자이고 상기 제2의 입자는 전기적으로 중성의 입자인 표면처리방법.

#### 청구항 4

제2항에 있어서, 상기 제2의 입자는 상기 제1의 입자보다 질량이 크며 상기 충돌이 의해 상기 제2의 입자의 병진에너지가 증가하는 표면처리방법.

#### 청구항 5

제2항에 있어서, 상기 제1의 입자의 질량과 상기 제2의 입자의 질량비를 변화시켜서 상기 입자빔의 병진에너지를 제어하는 표면처리방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 가열온도를 제어해서 상기 입자빔의 진동준위 에너지를 제어하는 표면처리방법.

#### 청구항 7

제2항에 있어서, 상기 제1의 입자로 이루어지는 가스는 희가스인 표면처리방법.

#### 청구항 8

제2항에 있어서, 상기 제2의 입자는 할로겐 원소를 함유하는 입자인 표면처리방법.

#### 청구항 9

제2항에 있어서, 상기 제2의 입자는 수소원소를 함유하는 입자인 표면처리방법.

#### 청구항 10

제2항에 있어서, 상기 제2의 입자는 산소원소를 함유하는 입자인 표면처리방법.

#### 청구항 11

제2항에 있어서, 상기 제2의 입자는 질소원소를 함유하는 입자인 표면처리방법.

#### 청구항 12

병진에너지가 0.01~100eV 사이에 있는 활성입자빔을 발생하는 수단과 상기 활성입자빔에 의해서 표면처리가 실행되는 시료를 내포하는 진공실을 가지며 시료에 입자빔을 조사하는 표면처리하는 표면처리장치.

#### 청구항 13

제12항에 있어서, 상기 활성입자빔을 발생하는 수단은 용기, 제1의 입자로 이루어지는 가스와 상기 제1의 입자와는 질량이 다른 제2의 입자로 이루어지는 가스를 상기용기에 도입하는 수단, 상기 용기 내의 가스의 온도를 제어하는 수단 및 상기 용기내의 가스를 상기 진공실내로 분출하는 수단을 갖는 표면처리장치.

#### 청구항 14

제1의 가스의 온도를 제어하는 수단, 상기 제1의 가스를 진공중으로 분출하는 수단 및 상기 제1의 가스에 제2의 가스를 상기 제1의 가스의 분출직전 또는 분출이후에 혼합해서 상기 제2의 가스를 병진에너지가 0.01~100eV 사이에 있는 활성입자빔으로 형성하는 수단을 입자빔 형성장치.

#### 청구항 15

제14항에 있어서, 상기 제1의 가스의 온도를 제어하는 수단은 제1의 가스를 가열하는 수단인 입자빔 형성장치.



**청구항 16**

제14항에 있어서, 상기 제2의 가스를 상기 제1의 가스에 혼합하기 전에 상기 제2의 가스의 온도를 제어하는 수단을 마련한 입자빔 형성장치.

**청구항 17**

제14항에 있어서, 상기 제2의 가스를 상기 제1의 가스에 혼합하기 전에 상기 제2의 가스에 방전을 발생시키는 수단을 마련한 입자빔 형성장치.

**청구항 18**

제1의 가스의 온도를 제어하고, 상기 제1의 가스를 진공중으로 분출하고, 상기 제1의 가스에 제2의 가스를 상기 제1의 가스의 분출직전 또는 분출이후에 혼합하여 상기 제1의 가스의 입자와 상기 제2의 가스입자를 충돌시키고, 상기 제2의 가스의 입자를 병진에너지가 0.01~100eV사이에 있는 활성입자빔으로 형성하는 입자빔 형성방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서, 상기 제1의 가스는 희가스인 입자빔 형성방법.

**청구항 20**

제18항에 있어서, 상기 제2의 가스는 할로겐 원소를 함유한 입자로 구성하는 입자빔 형성방법.

**청구항 21**

제18항에 있어서, 상기 제2의 가스는 수소원소를 함유하는 입자로 구성되는 입자빔 형성방법.

**청구항 22**

제18항에 있어서, 상기 제2의 가스는 산소원소를 함유한 입자로 구성되는 입자빔 형성방법.

**청구항 23**

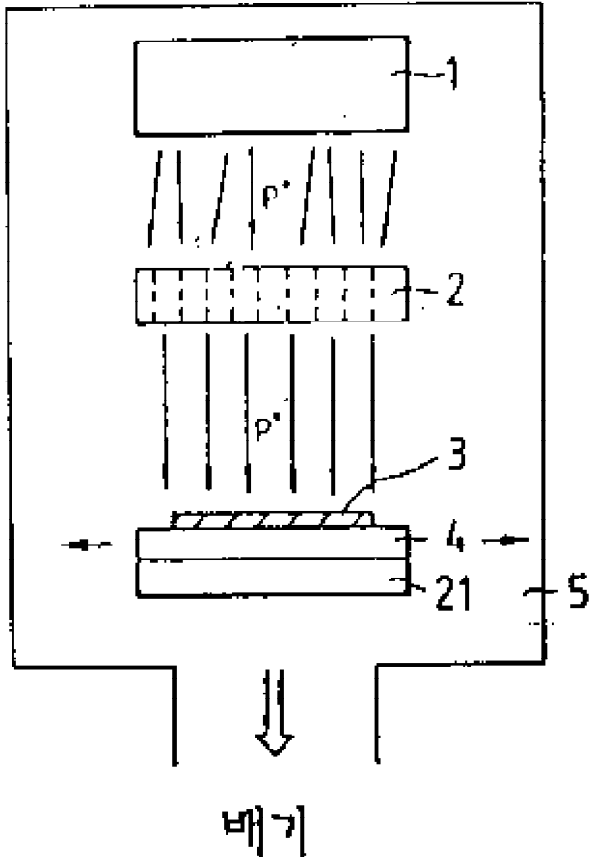
제18항에 있어서, 상기 제2의 가스는 질소원소를 함유한 입자로 구성되는 입자빔 형성방법.

**청구항 24**

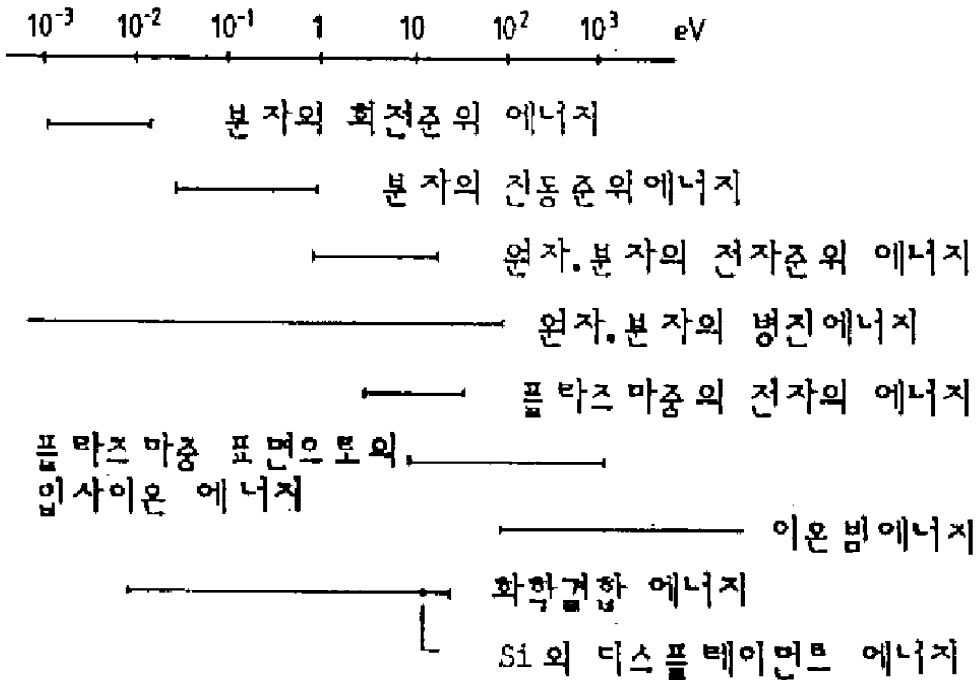
제1의 가스의 온도를 제어하는 수단, 상기 제1의 가스를 진공중으로 분출하는 수단, 상기 제1의 가스에 제2의 가스를 상기 제1의 가스의 분출직전 또는 분출이후에 혼합해서 상기 제2의 가스를 병진 에너지가 0.01~100eV 사이에 있는 활성입자빔으로 하는 수단 및 상기 활성입자빔에 의해 처리되는 시료를 내포하는 진공실을 갖는 표면처리장치.

**도면**

도면1



도면2



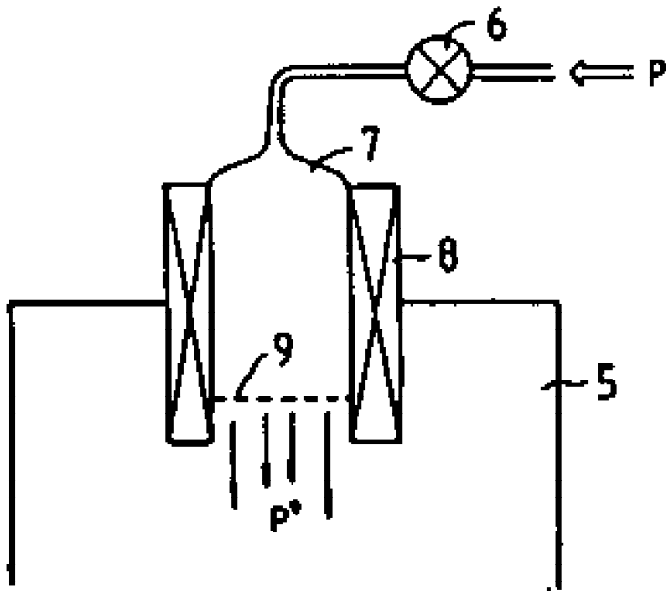
도면3-B

1996-0016218

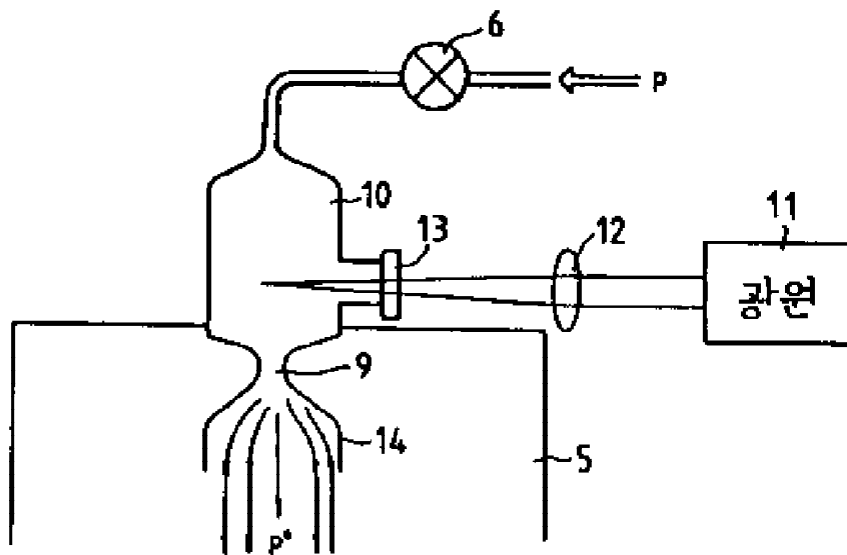
도면3-A

1996-0016218

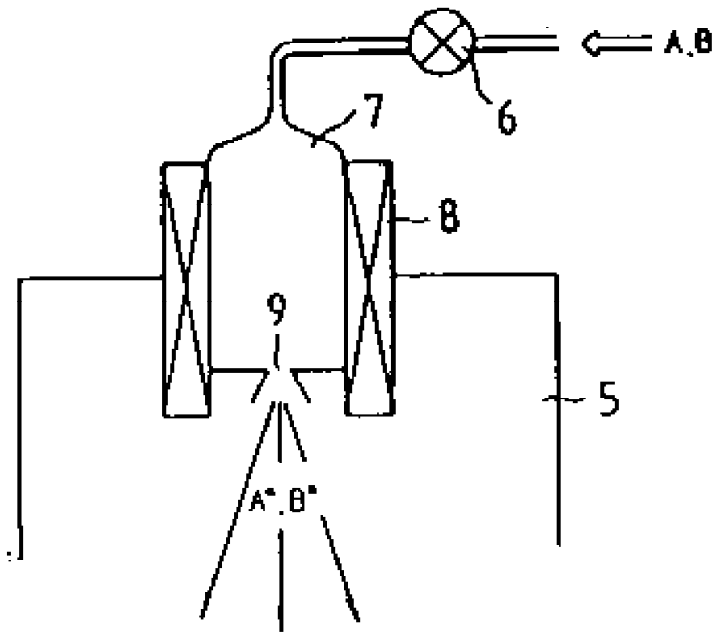
도면4



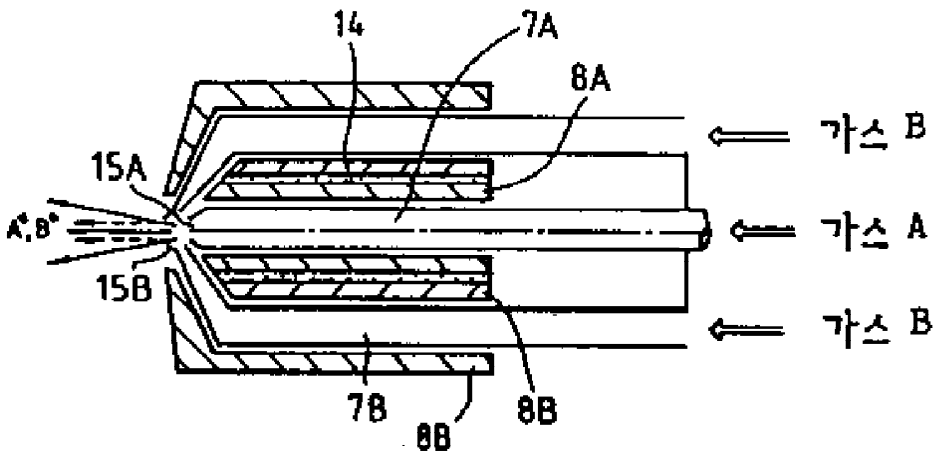
도면5



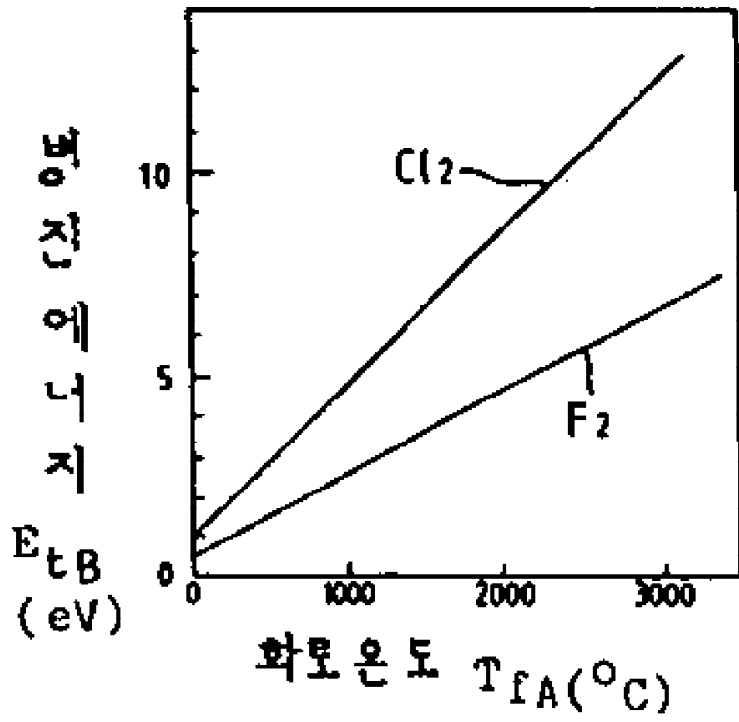
도면6



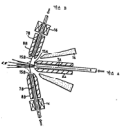
도면7



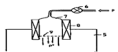
도면8



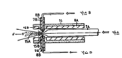
도면9



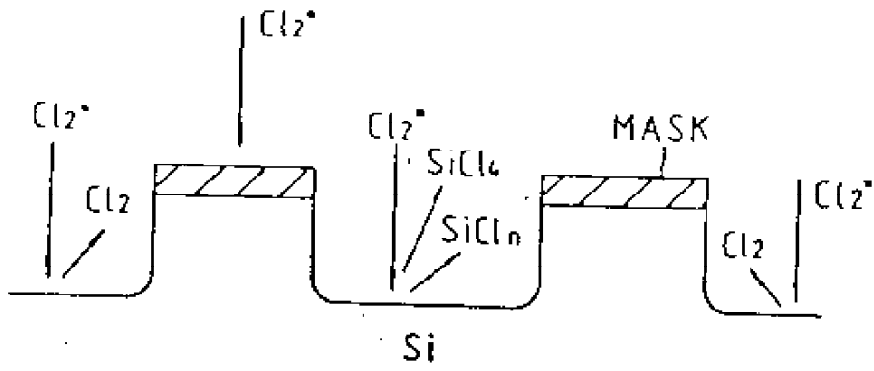
도면10B



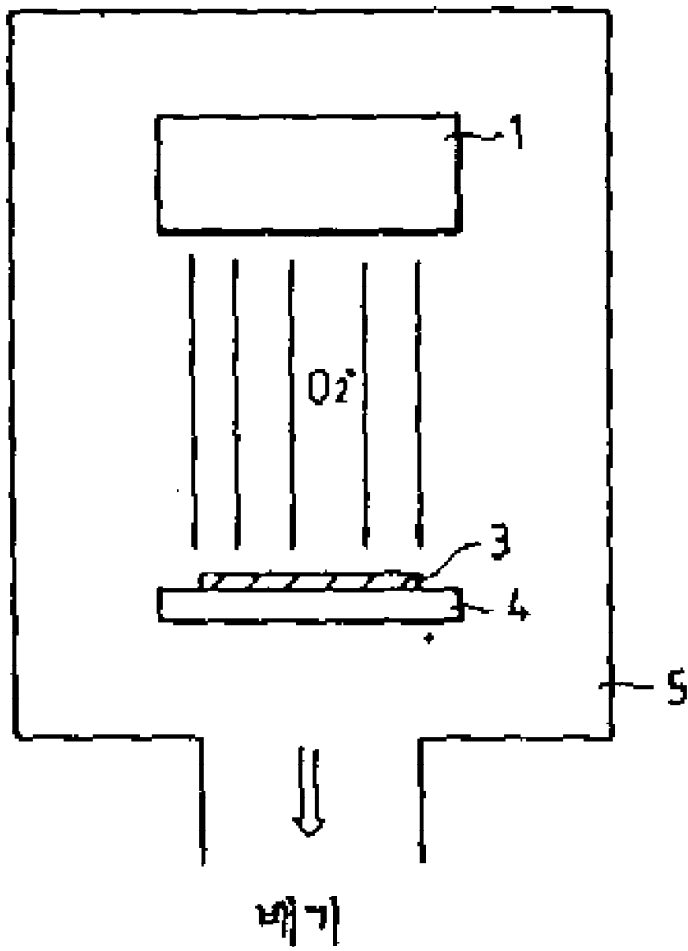
도면10A



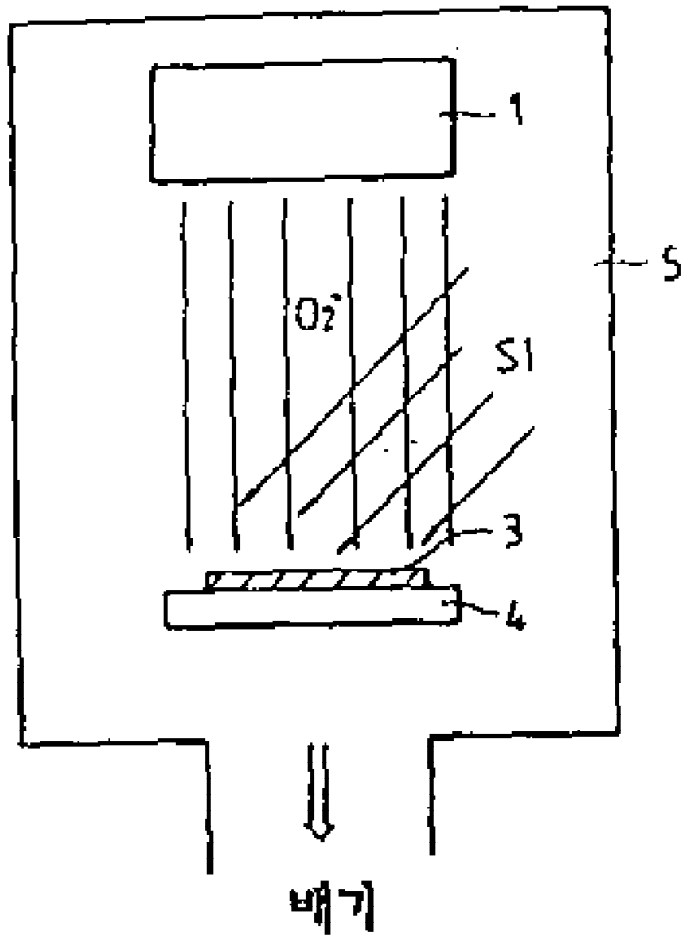
도면11



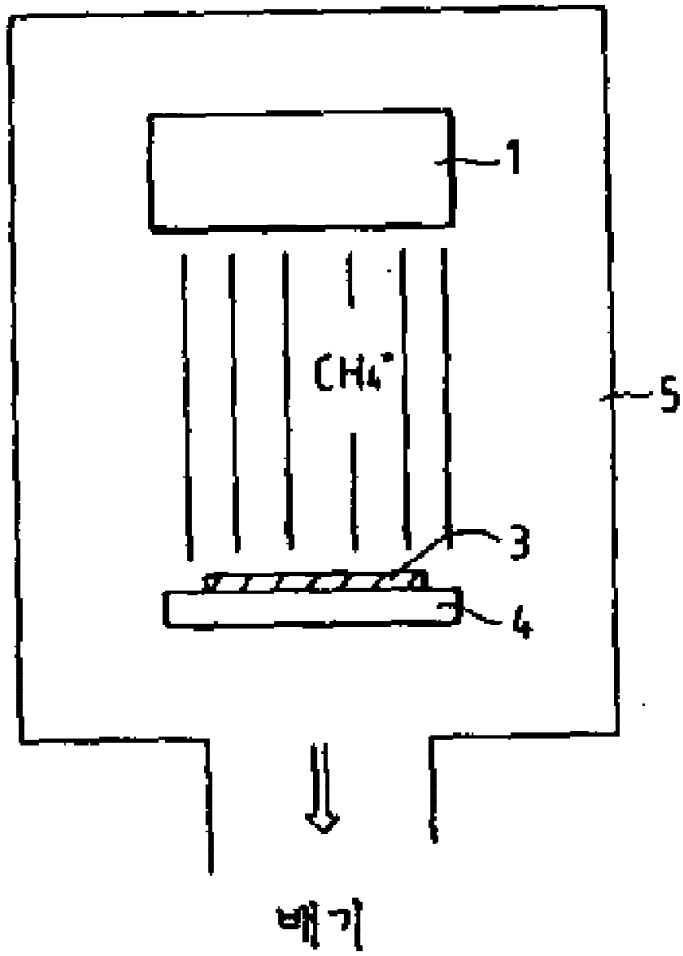
도면12



도면13

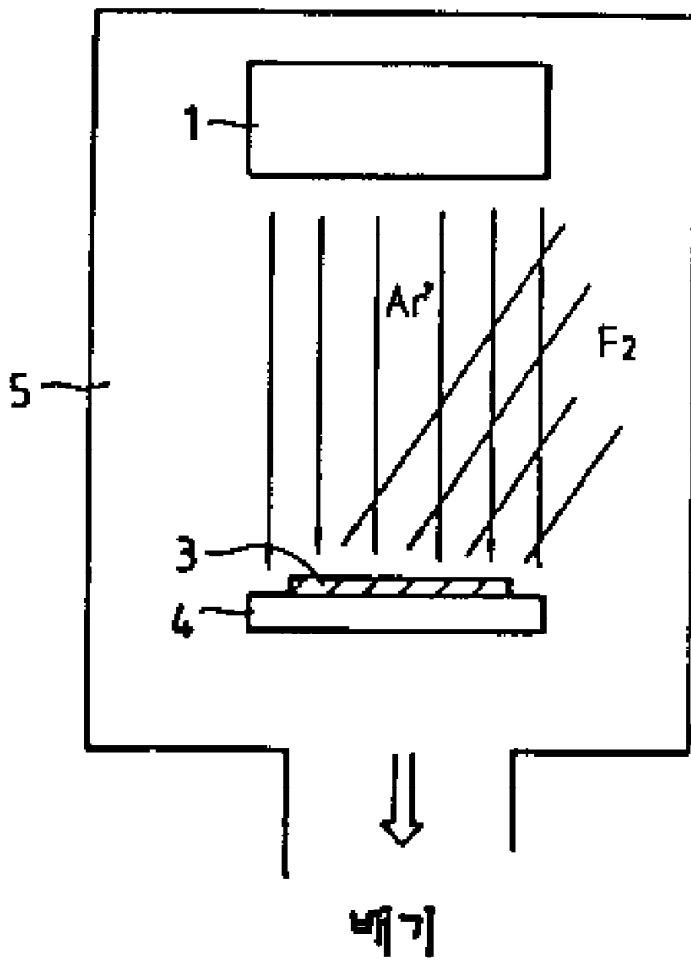


도면 14

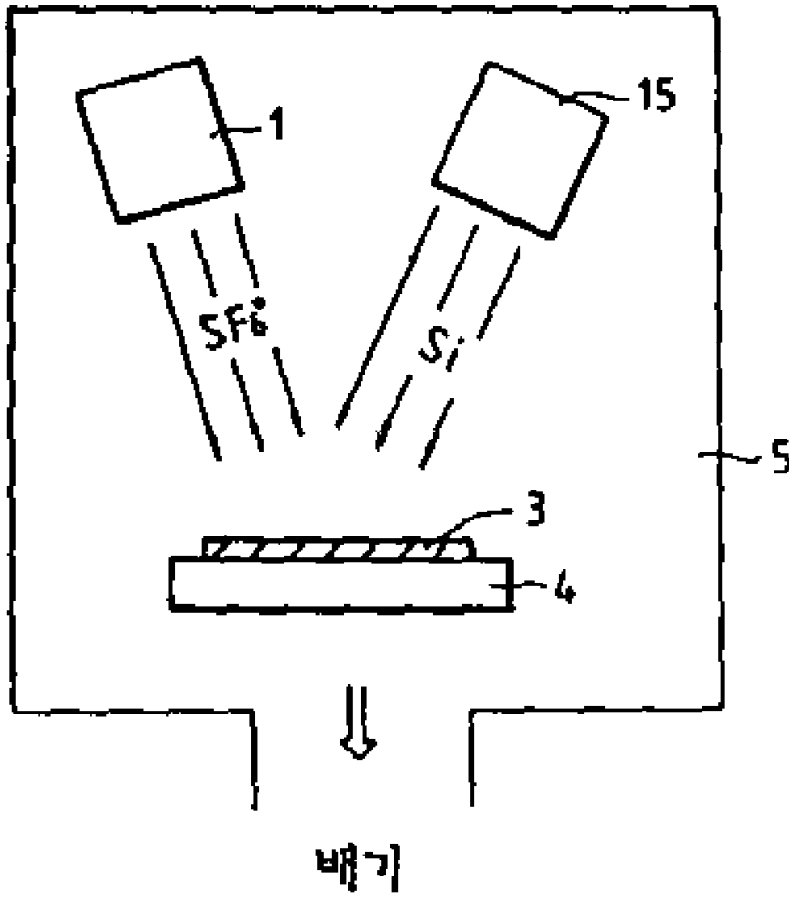




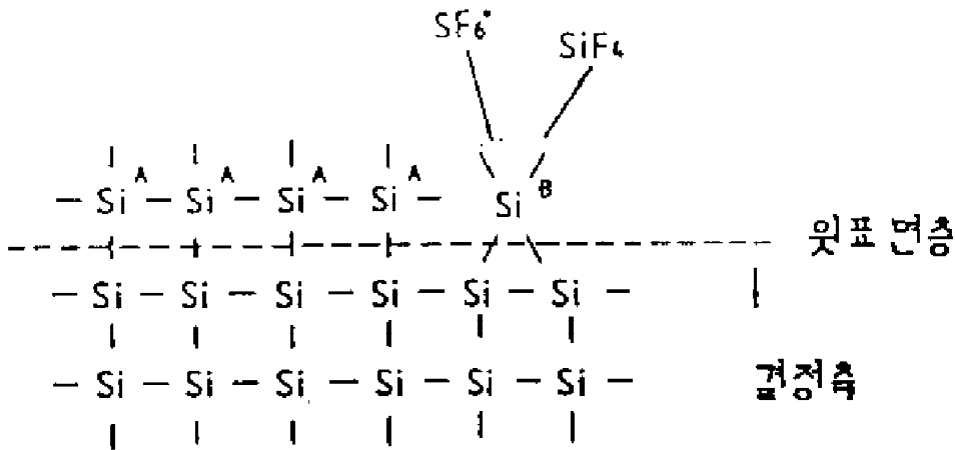
도면15



도면16



도면17



도면 18

