

# 효율적인 Source Head 개발에 관한 연구

## A Study on Development of Efficient Source Head

김귀정  
건양대학교

Kim Gui-Jung  
Konyang University

### 요약

본 연구는 이온주입(Ion Implanter)장비의 성능향상과 재현성 있는 Source Head를 개발하기 위한 방법이다. Source Head의 Life time이 부품 간 사용되는 Life time과 틀리기 때문에 보통 20일 정도 사용하고, 한번 Source Head를 재생하기 위해 교체되는 부품들도 고가일 뿐 만 아니라 50% 이상이 일회성으로 사용되고 있다. 본 개발에서는 원자의 유입방식을 공중 분산방식으로 적용함으로써 열전자의 손실로 발생하는 부분을 억제하는 효과와 Arc Chamber의 압력을 낮게 가지고 갈 수 있고 Chamber의 오염을 억제하는 효과를 얻을 수 있었다.

### Abstract

This research is the method that develops the efficient Source Head and the performance of Ion Implanter. Source Head is used during 20 days because Source Head's life time is different from the life time of most components. Components which is replaced to remake the Source Head is very expensive, and moreover, the above of 50% is used with one time. In this research, as we applied the influx method of the atom in aerial distributed method, obtained the effect which suppresses the portion which occurs with loss of thermion and is a possibility of lowering the pressure of the Arc. And then We it will be able to suppress be imbrued of the Chamber.

## I. 서론

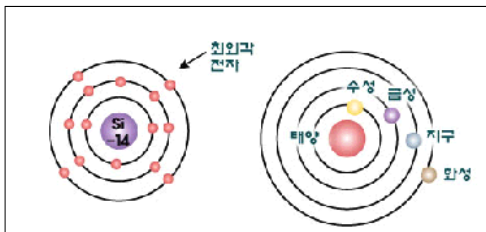
현재 상용되고 있는 반도체의 Implant 공정에 사용되는 Source에는 여러 가지의 Toxic Gas를 사용하여 Plasma를 발생시켜 Wafer에 원하는 dopant를 삽입하기 위해 고온과 방사능이 발생되며, 순수한 이온만을 만들기 위해 사용되는 부품도 특수한 고가 자재만을 사용하고 있는 실정이다. 그러나 사용되는 Source Head의 Life time이 부품 간 사용되는 Life time과 틀리기 때문에 보통 20일 정도 사용하고, 한번 Source Head를 재생하기 위해 교체되는 부품들도 고가일 뿐 만 아니라 50%이상이 일회성으로 사용되고 있다. 따라서 이러한 고가 부품과 Source Head의 beam에 의해 발생하는 불필요한 Toxic gas의 오염을 줄이고 기존에 사용되는 Source Head의 Life time을 연장시킬 필요가 있다[1]. ELS(Extended Life Ion Source) Source Head에 있는 Cathode가 열전자 방출로 인하여 두께가 얇아짐으로써 열전자의 방출이 일정하지 못하는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구는 이온주입(Ion Implanter)장비의 성능향상 및 재현성 있는 Source Head를 개발하는 것이다. 본 개발은 이온주입설비가 가지고 있는 Cathode 열전자를 이용하여 원자라는 Source Positive의 극성을 생성하여 보다 높은 이온화를 발생하고 많은 시간 동안

사용 가능한 기능을 가질 수 있도록 하였다. 현재는 20일의 Life time을 유지하고 있어 수명에 대한 계획 수립에 많은 문제점을 가지고 있다. 현재의 Source Head의 문제점은 Filament의 자체적인 Life time은 960hr인 반면에 Cathode의 현재 Life time은 480hr에 불과하다. Cathode의 Life time으로 인하여 설비의 PM주기를 2W로 한다는 것은 불합리한 것이다. 또한 현재의 Cathode에 의하여 열전자가 Arc Chamber에 방출이 되면서 자연스럽게 원자에 열이 가해지면서 중성의 원자로부터 +극성을 띄게 하는데, 이러한 열전자의 지속적인 방출이 이루어지지 못하고 있어 많은 량의 소모품을 중도에 교체하여 설비 유지 보수비를 가중시키고 있다. 본 개발은 이러한 문제점을 보완하여 보다 높은 효율과 설비 유지력을 보유하기 위한 개발이다.

## II. Source Head

한 분자 또는 한 원자 안의 모든 전자 수와 양성자의 수는 같지 않으며, +또는 -의 전기적 성질을 띠고 있는 입자를 이온(ION)이라 한다. 이러한 이온에 목표물의 표면을 뚫고 들어갈 만큼의 에너지를 갖게 하여 원하는 불순물(Dopant)을 원

하는 깊이 (Energy)로 원하는 양 (Dose)만큼 웨이퍼 전면에서 균일하게 넣어 주어 일정한 전도성(전기적인 성질)을 가지게 하는 공정을 이온주입이라 한다[2,3]. IMPLANT는 소자 제작 시 실리콘에 불순물을 주입하여 주는 공정이다[4,5]. 붕소(B), 인(P), 비소(As)와 같은 불순물을 수십에서 수천 Kev의 에너지를 가지게 하여 실리콘 표면 안으로 수십에서 수 만Å의 깊이까지 이온을 넣을 수 있다. 주입되는 깊이는 에너지를 조절하여 선택할 수 있고 불순물을 선택하여 N-Type 또는 P-Type 반도체를 제조할 수 있다. 이온주입의 장점은 주입되는 불순물의 량을 정확히 조절할 수 있다는 것이다. 주입 후 약600~1000℃ 정도의 온도에서 열을 가하여 주입영역을 어닐링 함으로써 실리콘 내의 불순물의 농도를 E14~E21원자/cm<sup>2</sup> 사이에서 정확히 얻어낼 수 있고 에너지를 조절하여 침투 깊이를 조절 할 수 있다. 이온주입 시 사용되는 마스크는 집적 회로 제작 시 쓰이는 재료로 만들어 질 수 있는데 특수한 손상을 만들어 주기 위해 많은 양의 불활성 원자를 이용하기도 한다. 이와 같은 결합은 PN접합부에 있는 원하지 않는 중금속 성분을 잡아두는데 사용되는데 이것을 게터링 (Gettering)이라 한다. 이온주입 장비 분류는 이온 빔의 생성 정도에 따라 중전류 이온주입(Med Current Ion Implantation) 과 고전류 이온주입(High Current Ion Implantation)으로 나누고 전압 방식에 따라서 고전압 이온주입(High Energy Ion Implantation)으로 나누어진다[6].



▶▶ 그림 1. 원자

물질을 계속해서 세분해 나가면 원자(Atom)라는 아주 작은 입자가 되는데, 이 원자는 또 양성자, 중성자, 전자로 구성되어 있다. 그 모양을 보면 양성자와 중성자로 된 원자핵을 중심으로 전자(Electron)들이 일정한 궤도를 돌고 있는 모양이 되는데 이는 태양을 중심으로 지구나 화성이 돌고 있는 것과 비슷하게 생겼다.

원자핵을 중심으로 전자는 일정한 궤도를 회전하는데 가장 바깥쪽 궤도를 돌고 있는 전자를 최외각전자라 한다. 최외각전자들은 궤도 내에 전자 8개를 채워 안정되려고 하는 성질이 있는데 이러한 물질의 성질이 원자와 원자를 서로 결합시키는 원동력이 되고 이렇게 해서 분자도 되고 또 분자들이 모여서 물질이 된다. 또한 최외각전자의 갯수는 1개에서 8개까지로

존재할 수 있으며 최외각전자의 갯수가 같은 원자들끼리는 유사한 성질을 갖게 된다. 이처럼 원자들을 최외각전자의 갯수에 따라 분류해 놓은 표를 주기율표라고 하는데 주기율표에 따라 원자들은 I 족에서부터 VIII족으로 구분되며, 실리콘의 경우 최외각전자가 4개이므로 IV족원소임을 알 수 있다. 이러한 이온으로부터 최외각의 전자를 이탈시키기 위한 또 하나의 전자를 발생하여 외부적인 에너지를 발생할 때 최외각의 전자는 양성자로부터 분리할 수 있는데 이러한 장치를 source head ass'y 또는 이온 공급 장치(Ionization System)라고 한다. 이온 공급 장치는 중성원자에서 전자를 떼어내어 양으로 대전된 입자를 만드는데 이렇게 생긴 양이온(Beam)은 이온주입에 사용된다. 사용되는 불순물 중성원자로는 붕소(B), 인(P), 비소(As)등이 있는데 이것은 상온에서는 기체가 아니므로 분자 화합물의 기체를 사용한다.

### III. Source Head ass'y

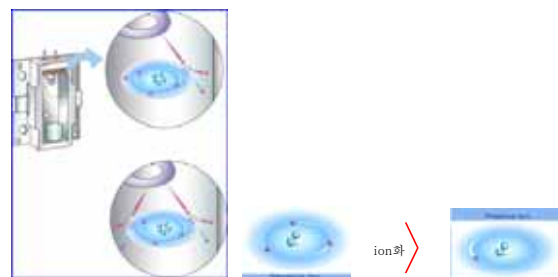
#### 1. 개발 방법

##### 1) source system

ion implanter에서 Ionization은 Source지역에 있는 Molybdenum chamber 안에서 일어나게 되는데 이것은 전기적인 방전의 하나이다. 이 전기적인 방전을 Arc라 하고, 이 Chamber를 Arc Chamber라 한다. 안정된 Arc를 위해서는 4가지 요소가 필요하다. 이 4가지는 Filament current, Arc Voltage, Gas, Source field이다.

##### 2) filament power

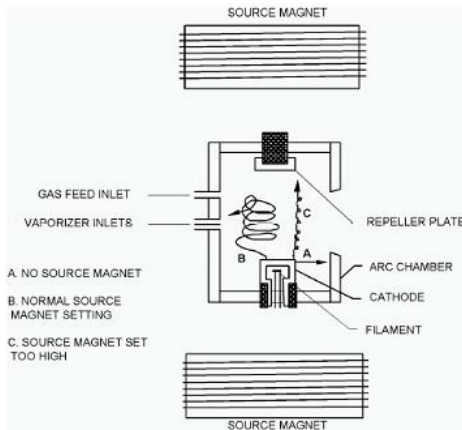
filament 전압 및 전류를 인가하여 열전자가 방출할 수 있는 환경을 만들어 주는데 이온화를 하기 위해서 필요한 한 부분으로써 implanter에서는 꼭 필요한 장치 중 하나이다. 열전자의 이동거리에 gas 원자가 있다면 그림 2에서와 같이 원자가 가지고 있는 외각 전자가 이탈된다. filament만으로는 이와 같은 이온화를 하기에는 역부족으로 filament와 충돌의 영역을 길게 하기 위해서는 그 외 출력을 구현하여야 한다.



▶▶ 그림 2. 이온화

3) source magnet

filament 전압 및 전류를 인가하여 열전자가 방출할 수 있는 환경을 만들어 주는데 이온화의 활성화를 위하여 source magnet의 자기장 영역을 발생시켜주어 filament로부터 발생된 열전자가 직진운동 하고 있는 것을 회전운동 할 수 있는 환경으로 구성한다. 열전자의 회전으로 열전자의 이동거리가 길어지고, 열전자는 원자(gas)와의 충돌의 기회를 제공할 수 있게 된다.



▶▶ 그림 3. source magnet

4) arc voltage

arc (ash3 60v ph3 60v bf3 90v~100v) 원자가 외각 전자를 이탈하고자 할 때는 에너지가 필요하다. arc voltage는 열전자의 직진 운동 및 회전운동에 필요한 열전자의 가속도를 선택적으로 조절 할 수 있다. arc voltage의 전압을 높게 제어 할 때는 원자의 특성을 이해해야 한다. 원자의 양성자와 전자의 거리가 가까우면 이 원자의 이온화 에너지는 더욱 높은 arc voltage를 요구 할 것이다. arc voltage가 하는 기능 중 하나는 원자가 이온화 된 positive 이온을 arc chamber 중심으로 이동하고 전자는 arc chamber로 이동하여 이온화 된 positive 와 또다시 중성화를 할 수 없게 유도 하는 기능이다. 또한 이온화 된 이온이 extraction voltage에 의해서 추출의 과정 중에 이온의 focusing에 필요한 기본적인 출발점의 각도를 가질 수 있다.

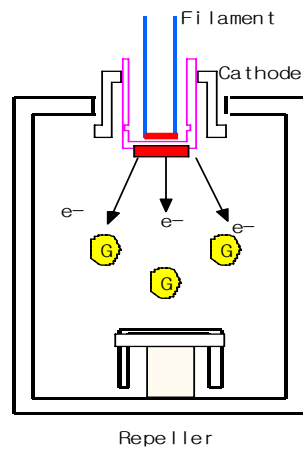
5) els(extended lift ion source)

Source Head의 life time이 단축되는 이유는 낮은 진공에서 fil on 하였을 경우 short의 원인이 된다. ion화 과정을 살펴보자. NV-GSD/HE ELS(Extended Life Source) 와 기존 BERNAS SOURCE의 가장 큰 차이는 CATHODE 이다. ELS는 Cathode 열전자로 이온화를 하기 때문에, Filament는

직접 Plasma 상태에 노출되지 않아서 절연 불량 문제가 없으며, Arcing에도 강하게 되어 Life Time이 길어지게 된다.

6) repeller

그림 4와 같이 repeller는 arc chamber로 부터 분리되어 있으며, fil부터 열전자가 방출하여 fil 앞에 장착하여 arc로 바로 갈수 있는 전자를 효율적으로 관리 할 수 있다. magnet는 열전자의 이동거리를 증가시킬 수 있으며, 열전자의 나선형 운동을 유도하여 gas와의 충돌을 돕는다. 이때 min 0.3mm이내의 회전 반경이하에 대하여 조절을 할 수 없도록 하였다.

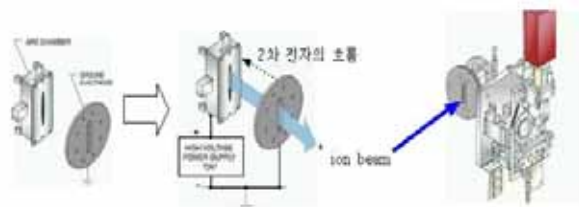


▶▶ 그림 4. Repeller

2. extraction

1) manipulator

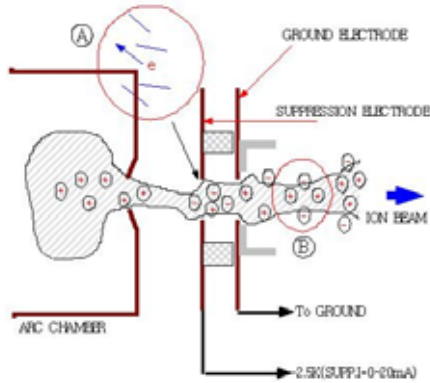
MANIPULATOR란 SOURCE HEAD에서 EXTRACTION 된 BEAM이 LECTRODE를 지날 때 MOTOR 구동에 의해 전후, 좌우, 상하로 조정하여 EXTRACTION BEAM을 최대로 뽑아내어 최고의 BEAM CURRENT를 얻을 수 있도록 하는 ASS'Y 이다.



▶▶ 그림 5. Extraction 과정

역으로 흘러 들어가는 전자의 수량이 증가를 하다는 것은 extraction 전류 증가를 초래한다. 이를 억제하고자 suppression voltage를 걸어준다.

## 2) suppression electrode



▶▶ 그림 6. suppression electrode

- Ⓐ : SUP. ELECTRODE에 부딪힌 ION은 2차 전자를 발생시키고 X-ray를 발생시킨다.
- Ⓑ : GROUND ELECTRODE에 부딪힌 2차 전자는 SUP. VOLTAGE 때문에 ARC CHAMBER 쪽으로 진행하지 못하며 다시 + 이온과 어울려 진행하게 된다.

suppression electrode는 ground electrode 주위에 머물러 있는 gas 분자와 빔의 충돌에 의해 발생한 전자들이 arc chamber로 되돌아가는 2차 전자와 + ion이 충돌하여 X-ray를 방출하는 것을 방지하며, 또한 이 전자들을 빔과 합류시켜 양이온으로 구성된 빔이 분산되는 것을 space charge neutralization(중화)을 통해 방지하는 역할을 한다.

## IV. 결 론

본 연구는 이온주입(Ion Implanter)장비의 성능향상 및 재현성 있는 Source Head를 개발하기 위한 논문이다. Cathode의 면적을 확장함으로써 열전자의 영향성으로부터 보다 높은 Life time을 유지 할 수 있도록 열전자 방출의 면적을 현재의 Size에서 확장하고 두께는 현재의 값을 유지하도록 하였으며, Filament로부터 발생하는 열전자의 원활한 방출을 유지할 수 있도록 하였다. 한 개의 열전자 방출방식에서 두 개의 열전자 방출 방식으로 개발될 경우 충분한 열전자를 방출할 수 있어 Plasma 량을 증가할 수 있다. 이와 같이 구성하기 위해서는 추가적인 Power전원을 공급하여야 하며, 2개의 Arc Power를 양쪽에 걸어줌으로써 Filament와 Cathode Power와는 병렬로 연결한다. 기존에는 열전자의 방출로 인한 추가적인 전자의 유입으로 인하여 부품의 수명연장의 기술을 가질 수 없었으나 열전자와 2차 전자에 바이어스라는 새로운 전자를 도입함으로써 2차 전자의 충돌을 막을 수 있었으며 이러한 바이어스 전압

에 의하여 부품의 수명을 연장하는 효과를 얻을 수 있다. Arc Chamber 내에 원자를 유입하는 방식에서의 특징으로 기존에는 Gas의 손실이 많아 원자의 이온화에 대한 열전자의 소모성을 증가하는 원인을 제공하였으나, 본 개발에서는 원자의 유입 방식을 공중 분산방식으로 적용함으로써 열전자의 손실로 발생하는 부분을 억제하는 효과와 Arc Chamber의 압력을 낮게 가지고 갈 수 있고 Chamber의 오염을 억제하는 효과를 얻을 수 있었다.

## ■ 참 고 문 헌 ■

- [1] 이진욱, 신동남, 고동준, 김경태, “저온플라즈마(NTP)를 이용한 1,2-Dichlorobenzene 분해 특성 및 부산물 연구”, 대한환경공학회2005추계학술발표회논문집, p.501~508, 2005.
- [2] 김인수, 이철욱, 배인호, 최현태, 손정식, 김영일, “PICTS 방법에 의한 Boron 이온을 주입시킨 반절연성 GaAs의 깊은 준위에 관한 연구”, 전기전자재료학회논문지, 8권, 4호 p.426, 1995.
- [3] 윤상현, 광계달, “Retrograde Well 형성을 위한 고에너지 이온 주입에 대한 연구”, 전기전자재료학회논문지, 11권, 5호, p.358, 1998.
- [4] 전중환, “플라즈마 이온 주입 장치의 개발”, RIST 연구논문집, 16권, 4호, p.366, 2002.
- [5] 정원재, “실리콘에 MeV로 이온주입된 인의결함분포와 profile에 관한 연구”, 전기전자재료학회논문지 10권, 9호 p. 881, 1997.
- [6] 서용진, 박창준, 김상용, “저에너지 이온 주입의 개선을 위한 변형된 감속모드 이온 주입의 안정화 특성”, Journal of the Korean Institute of Electronic Material Engineers, Vol. 16, No. 3, p.175, 2003.