

금속이온 주입기에서의 Co 이온의 인출 특성 연구

이화련^{a*} · 홍인석^a · 티투안^b · 조용섭^a

^a한국원자력연구원, 대전 305-253

^b한국기술연합대학원, 대전 305-253

(2009년 2월 27일 받음, 2009년 4월 13일 수정, 2009년 5월 14일 확정)

양성자기반공학기술개발사업단에서는 설치된 금속이온주입기를 이용하여 금속이온의 인출 시험 중에 있으며 120keV의 금속이온주입이 가능하다. 현재 코발트 이온 주입의 타당성 확인을 위한 특성시험을 수행하고 있다. 이온원에 알루미늄이나 도가니를 설치하여 분말 코발트 염화물을 고온(648℃) 가열에 의한 증기화로 인하여 플라즈마 방전이 되도록 하였다. 아크전압 120V, EHC 출력 250W에서 코발트 이온을 인출하기 위한 플라즈마를 발생하고 유지할 수 있었다. 코발트 이온 빔 전류는 플라즈마 내 아크전류에 의존하였으며 0.18A일 때 최대 빔전류 100μA를 얻을 수 있었다. 질량분리전자석에 의해서 Co⁺와 CoCl⁺, Cl⁺ 이온의 침투 빔 전류 비율을 확인하였고 전체 이온 대비 Co⁺ 이온의 비율이 70% 수준을 유지함을 알 수 있었다. Co⁺ 이온을 알루미늄 시료에 빔전류 10μA, 90분 동안 이온주입 하여 RBS(Rutherford Backscattering Spectrometry)분석법으로 1.74×10¹⁷#/cm²의 이온량을 확인하였다.

주제어 : 코발트 이온, 금속 이온 주입기, 버나스 이온원, RBS 분석

I. 서 론

코발트 이온은 이온주입법에 의하여 물질의 표면 특성을 변화시키는 응용에 사용될 수 있는 유용한 방법 중에 하나로 보고되고 있으며 특히 이온주입으로 M-H loop의 형상을 조절하여 자기적인 물질의 특성을 변화시킬 수 있다 [1]. 다른 응용분야로 코발트 이온주입에 의해서 유리질 탄소의 물질 구조 변화와 건전지 수명의 증진을 위해서 전극 표면의 특성변화와 같은 응용이 존재한다 [2-3]. 또한 코발트 이온이 주입된 실리카 박막 필름의 나노 구조화된 광학적 특성연구가 보고되고 있다 [4-5]. 이러한 코발트 이온주입의 다양한 응용이 있으며 이것으로 인한 산업적인 파급효과도 있어 널리 이용될 전망이다.

양성자기반공학기술개발사업단에는 설치 가동 중에 있는 120keV 급의 금속이온주입기에서 이미 인출되고 있는 Cu⁺와 Fe⁺ 등의 금속이온과 더불어 응용성이 있는 코발트 이온의 인출이 가능하게 함으로써 금속이온주입기 활용도를 높이고자 하였다. 이때 코발트 이온주입 응용의 경우 빔 조사 조건은 빔 에너지 100keV이상 fluence는 1×10¹⁷#/cm²이상이 요구되어 지는게 보통이므로 설치되어 있

는 금속이온주입기에서의 빔 전류를 최대한 증대하는 것이 필요하다.

금속이온들은 금속염화화합물을 통해서 생성되는데 염화화합물의 분말을 녹여 금속증기로부터 플라즈마를 생성 후 인출부로부터 금속이온이 인출된다. 코발트 이온 인출을 위해 필요한 코발트 염화화합물인 CoCl₂의 녹는점은 740℃이며 FeCl₂와 CuCl의 녹는점보다 크므로 현재의 스테인레스강 도가니 보다 안정적이고 높은 온도를 유지할 수 있는 도가니가 필요하여 새로 제작된 알루미늄(Al₂O₃) 도가니가 이러한 인출 조건을 만족시켰다.

본 연구에서는 코발트 빔의 전류를 최대로 증가시키기 위한 최적화된 빔의 인출 조건을 조사하였다. 플라즈마를 잘 생성하기 위한 전자석들과 각 인출부에서 전극들의 값은 도가니에서 가해지는 온도와 아크전류에 의존하며 각각의 조건은 섹션 III인 실험결과 및 고찰에서 상세히 기술 할 것이다.

II. 금속 이온주입기

현재 양성자기반공학기술개발사업단에 설치되어 있는

* [전자우편] hrlee@kaeri.re.kr

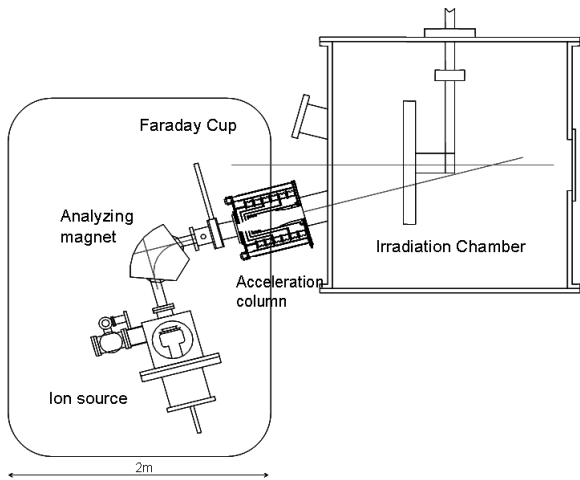


Figure 1. The layout of the metal ion implanter.

Table 1. Specification of the metal ion implanter

Ion species	Fe, Cu, Co etc.
Ion source	Modified Bernas Ion Source
Beam energy	Ion source : 20keV Acceleration : 100keV
Beam current	~ 0.1mA Ion source : < 10mA
Mass separation	~Xe, amu 141
Beam acceleration	Electrostatic
Irradiation system	Rotating and tilting target system

금속이온주입기의 전체 개략도는 Fig. 1과 같다. 금속 이온 주입기는 이온원과 빔 인출부 그리고 가속관, 빔 조사 챔버로 구성되어 있다. 설치된 금속이온주입기의 사양은 Table 1과 같이 볼 수 있다.

금속 이온주입기내 이온원은 수정된 버나스(bernas) 타입이며 일반적으로 버나스 이온원의 경우 플라즈마 방전을 위해 사용되는 열전자를 필라멘트에서 직접 공급하는 방법을 채택하고 있으나 필라멘트 수명에 문제가 있다. 필라멘트로부터 발생하는 이온원 수명 문제를 향상시키기 위해 수정된 버나스 이온원에서는 필라멘트에서 발생하는 열전자는 block cathode를 가열하는 목적으로만 사용되고 가열된 block cathode의 열전자가 실제 플라즈마 발생부의 방전에 사용된다. 즉 간접적으로 전자를 발생시켜 기화 및 스퍼터링 그리고 화학적 부식에 의해 필라멘트의 수명이 줄어드는 것을 방지하여 준다. 필라멘트는 텅스텐과 루비듐 20%가 포함된 재료이며 block cathode의 규격은 $5 \times 5 \times 8 \text{mm}^3$ 이고 텅스텐으로 만들어져 있다. 플라즈마 발

생부인 방전함은 $20(W) \times 20(D) \times 80(L) \text{mm}^3$ 규격의 고밀도 흑연으로 만들어져 있으며 anti-cathode가 block cathode와 마주보게 위치되어서 생성된 플라즈마를 반사시키고 플라즈마 발생부내의 전자의 손실을 줄여준다. 또한 내부에 3kW까지 가열할 수 있는 히터가 있어 히터를 통하여 도가니를 가열하게 된다. Source magnet 이라고 불리는 이극 전자석은 이온소스 밖에 위치하며 극의 간격이 190mm이다. 자장으로 인해 플라즈마 내 전자가 나선형 운동에 의한 구속으로 플라즈마 발생효율을 증진시키는 역할을 한다.

이온원에서의 빔 인출 부는 인출 전극, 바이어스 전극으로 구성되어 있으며 이후 질량분리전자석을 이용하여 인출 이온 중에 원하는 금속이온만 분리한다. $60 \times 1.5 \text{mm}^2$ 의 수평 슬릿을 통해 양 이온을 인출하고 이때 빔 에너지는 20keV까지 인출이 가능하다. 바이어스 전극은 -2kV의 전압이 인가되어 이차전자 억제에 사용된다. 가속관에서 분리된 이온은 정전기적인 방법으로 100keV로 가속하여 시료에 조사될 때는 120keV의 에너지까지 이온주입이 가능하다. 질량에 따라 이온을 분리할 수 있는 질량분리전자석은 곡률 반경이 40cm이고 90도 전자석이다. 극 간격은 5cm이다. 최대 인가 가능한 자장은 0.5T이다. 질량분리 전자석 이후로부터 조사 챔버까지 빔은 수직으로 서 있는 모양을 가진다.

III. 실험결과 및 고찰

1. Co^+ 이온의 인출

이온원에서는 도가니 속의 금속염화화합물을 진공 중에서 가열하여 증기로 변환 후 플라즈마 방전함에서 금속이온이 생성된다. 그래서 반드시 금속염화화합물이 단 원자 이온으로 분리되기 위한 에너지가 필요하다. 일반적으로 이온소스에서 분자를 분리하기 위해서는 가스충돌과 벽충돌, 전자 폭격의 3가지 과정을 거친다. 화합물 분자의 분리를 위해 가장 지배적인 반응은 전자 폭격이며 이온화 과정을 수반한다 [6]. Co의 이온화 에너지는 Cu와 Fe와 같은 7.8eV이고 CoCl 화합물은 8.7eV이다. 이런 이온화 에너지를 만족하기 위해서 플라즈마의 생성 밀도에 영향을 주는 볼츠만 상수의 전자의 온도가 높아야 한다 [7].

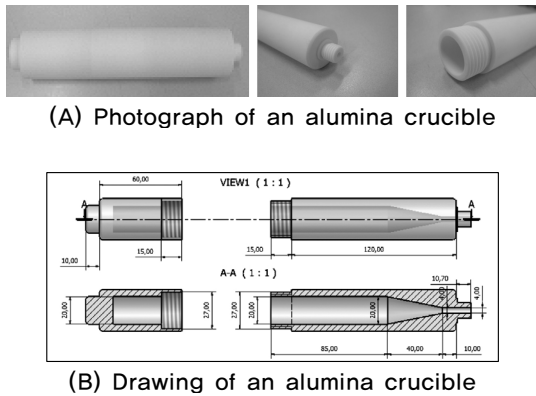


Figure 2. Photograph (A) and drawing (B) of designed alumina(Al_2O_3) crucible.

고밀도의 이온빔 생성에서 이온원의 히터에서 도가니로 가해지는 온도가 잘 맞지 않고 그 온도가 잘 유지되지 않으면 이온화 과정에서 순수원소는 화합물이 되기 쉽다. 온도가 낮아지거나 증기가 조금 새거나 챔버 벽과 필라멘트 물질의 화학적인 성질 변화가 생성에 영향을 준다. 그래서 또한 증기 비율을 항상 정확하게 컨트롤 하고 유지 하는게 중요하다. 금속 증기가 되기 위해서는 도가니 안에 담겨진 코발트염화화합물 분말이 증기가 되기 위한 녹는점 이상의 온도로 가열되어야 한다. Co 이온의 인출을 위해 사용된 염화화합물은 $CoCl_2$ 이고 증기 화를 위한 녹는점은 Cu, Fe 의 $430^{\circ}C$ 와 $677^{\circ}C$ 보다 큰 $740^{\circ}C$ 이다. 1×10^{-4} torr의 진공에서는 $507^{\circ}C$ 의 증기 화 온도를 가지고 있다 [6].

기존에 사용하던 스테인레스강 도가니는 Cu와 Fe 보다 높은 온도의 안정적인 열을 유지하는데 부적합하고 스테인

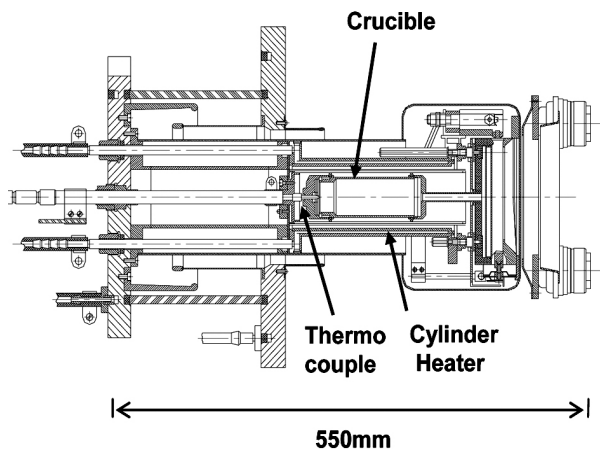


Figure 3. Schematic layout of the ion source included the heater and the crucible.

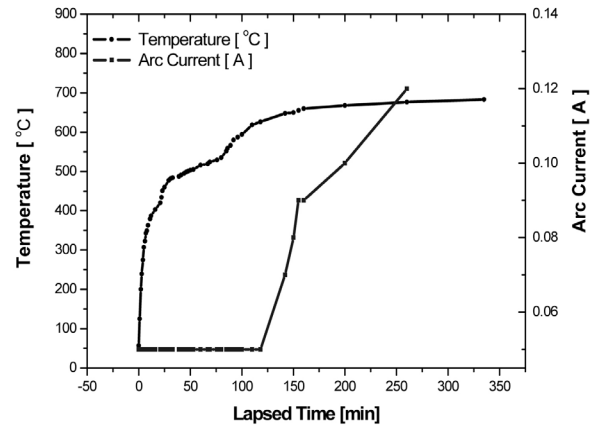


Figure 4. The test result graph of the crucible temperature and the arc current using an alumina crucible. The temperature was measured from the thermocouple in the bottom of the crucible. The arc current was measured at the same time.

레스강 몸체에서 생성되는 Fe에 대한 오염으로 화학적 효과를 야기 할 수 있으므로 새롭게 높은 열에 견디며 열전도 ($30W/mK$)가 크고 전기 저항성($1 \times 10^{14} \Omega \cdot cm$)이 큰 알루미늄(Al_2O_3) 도가니를 제작하였다. 제작된 알루미늄 도가니의 모습은 Fig. 2와 같다. 증기의 양 조절을 위해 4mm의 좁은 통로로 방전함으로 흘러나가도록 고안되었다. 알루미늄 도가니는 Fig. 3와 같이 이온소스 내부의 원통형 히터의 복사열에 의해 간접적으로 가열되며 온도는 도가니 바닥에 위치한 열전대로 측정 하였다. 알루미늄은 최대 $1600^{\circ}C$ 의 온도를 견딜 수 있으나 실제 히터에서 가열하여 진공 중 (4×10^{-5} torr)에서 측정된 온도의 결과는 Fig. 4와 같다. 최대 도가니에는 $700^{\circ}C$ 의 온도까지 가열이 가능 한 것을 보았다. 아크전류가 0.09A의 background 수준 보다 높게 급격히 증가 할 때의 온도는 $648^{\circ}C$ 이며 이때 Co^+ 이온이 생성되는 것을 알 수 있다. 스테인레스강 도가니는 최대 $500^{\circ}C$ 까지 가열되었음을 확인하였으므로 좀 더 높은 녹는 점을 필요로 하는 코발트 금속이온도 플라즈마가 생성되고 있다는 것을 보여주었다.

Co 이온의 생성 온도 $648^{\circ}C$ 는 고유한 값이며 이 온도를 유지하면서 필라멘트의 전류를 증가시키면 필라멘트 전류와 EHC(Emissive Heated Cathode) 전류는 선형적으로 증가한다. EHC는 필라멘트와 block cathode 사이의 1mm 공간 사이에 걸리는 전위이므로 필라멘트 전류보다 안정적인 EHC를 고려하였다.

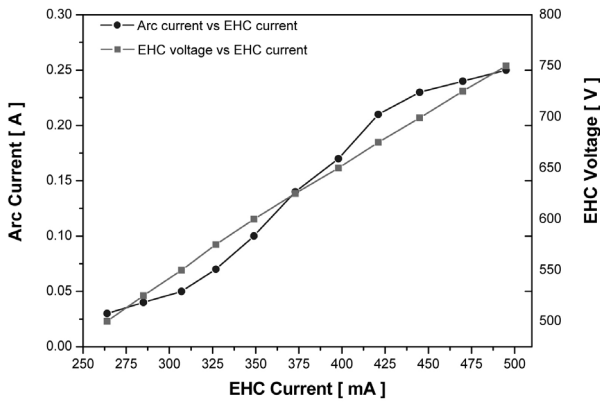


Figure 5. The graph of the arc current depend on the EHC(Emissive Heated Cathode) current related with the EHC voltage at the fixed source magnet current of 3.9A.

Fig. 5에서 보듯이 EHC 전류와 아크전류와의 관계는 EHC 전류가 425mA 일 때 아크전류가 포화되는 형상을 보인다. 그때의 EHC 전압의 최소값은 0.7kV이며 이 전압 값으로 고정하여 변수를 줄이고 최적화하여 인출하였다.

아크전류와 인출전압의 전류는 Fig. 6과 같이 선형적으로 비례하는 것을 알 수 있었다. 인출전압의 전류는 인출전극에 의해서 인출되어지는 전체 이온이 인출전압의 전류 변화로 나타나며 아크 전류를 제어하여 인출되는 이온의 양을 조절할 수 있었다. 필라멘트 전류를 58A의 고정된 값을 사용 하였을 때 측정되어진 결과이다.

Fig. 7은 Co⁺ 이온빔의 전류와 source magnet 과의 관

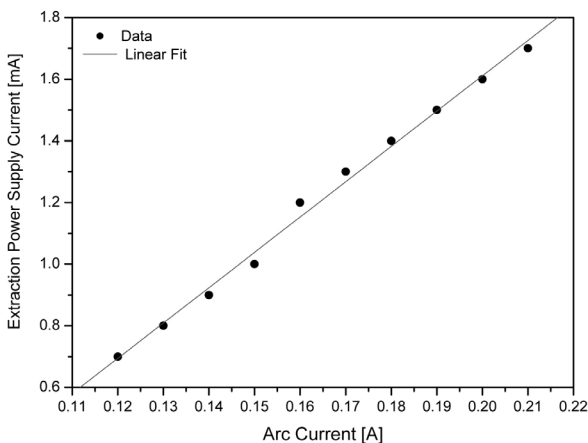


Figure 6. The relation graph of the extraction power supply current depend on the arc current at source magnet current of 3.9A and EHC voltage of 700V.

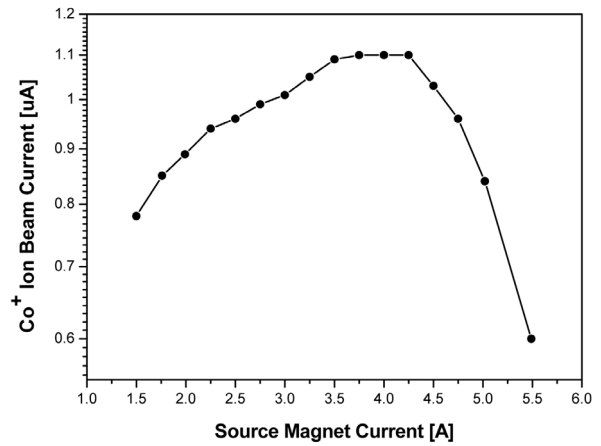


Figure 7. The graph of a Co⁺ ion beam current distribution according to the source magnet current. The arc current is 0.12A.

계를 보여준다. 이때의 아크전류는 0.12A이며 Co⁺ 이온빔 전류는 질량분리 전자석 이후에 위치되어진 패러데이컵(FaradayCup)에 의해서 측정되어진 값이다. Source magnet은 최대 400gauss까지 전류와 자장의 선형성을 유지한다. 그래서 4.25A 이상에서는 Co⁺ 이온빔의 전류가 줄어드는 것을 볼 수 있다. Source magnet은 플라즈마 챔버 내의 전자의 자이로(Larmor) 반경에 영향을 준다. 반경 r_c 는 아래 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$r_c \approx \frac{3.37 \sqrt{E}}{B_0} [cm] \quad (1)$$

B_0 는 인가되는 자석의 자기장(gauss), E는 전자의 에너지(eV)를 나타낸다. 인가된 700eV의 전자 에너지와 320gauss의 자장에서의 자이로 반경은 플라즈마 챔버 폭인 20mm보다 작은 2.78mm이다. 실험적으로 전자석 전류와 자기장은 선형적인 관계를 만족한다. 식 (2)는 둘의 관계인 선형방정식을 나타낸다. 3.50A 전류에서 320gauss의 자기장이 인가됨을 알 수 있다.

$$B = 87.34A + 15.05 [gauss] \quad (2)$$

320gauss 이상의 자기장에서는 보다 많은 전자들을 가둬 플라즈마 발생을 확대하고 작은 자이로 반경을 가진다. 그래서 3.50A 보다 높지만 4.25A 보다 작은 일정하면서 최대한 자장의 전류인 3.9A 값으로 고정하도록 고려하였다.

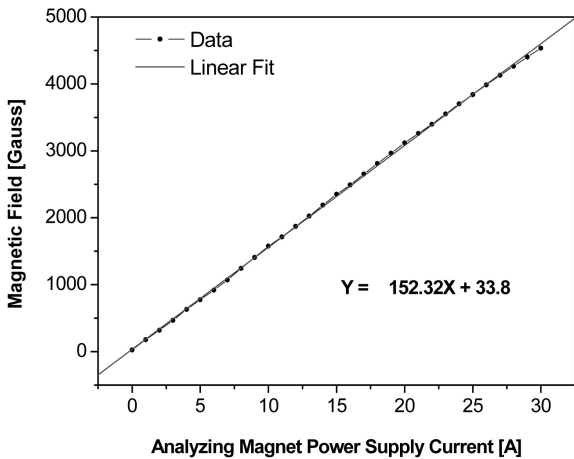


Figure 8. The graph of the magnet field distribution depends on the analyzing magnet current. It is a satisfied with the linear fitting graph.

인출 전극 전압 15kV가 인가된 상태에서 원하는 이온의 분리를 위해서 질량분리전자석을 거친다 [8]. 질량분리전자석의 형상에 부합하는 자장의 계산은 아래 식 (3)과 같다.

$$B = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{2mV}{q}} \text{ [gauss]} \quad (3)$$

여기서 r 은 마그네틱의 반경, m 은 이온의 질량, V 는 인출 전원의 전위 그리고 q 는 전하량이다. 자석에 인가되어지는 전원의 전류에 따른 자장의 관계는 Fig. 8과 같이 선형적인 관계이며 또한 아래 식 (4) 와 같은 선형방정식을 만족한다.

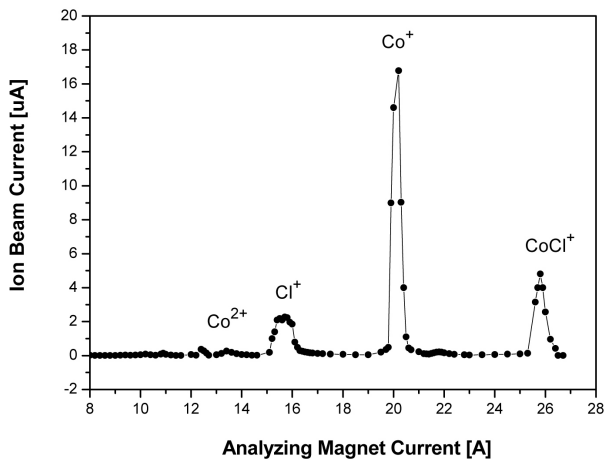


Figure 9. The measurement graph of the beam current about separated ions of Co^+ , CoCl^+ , Cl^+ and etc. by using the analyzing magnet current.

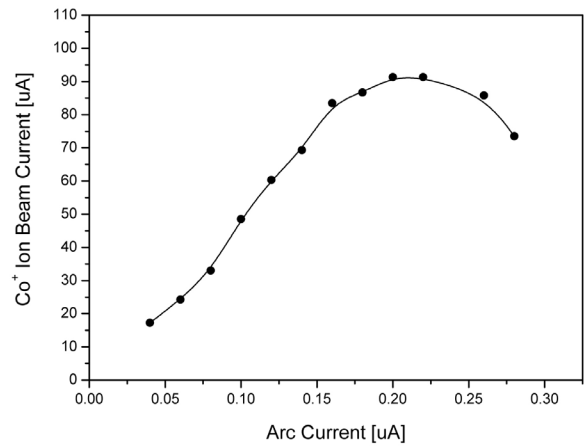


Figure 10. The relation graph of a Co^+ ion beam current and the arc current at extraction voltage 15kV. The result was shown the arc current dependency.

$$B = 152.32A + 33.8 \text{ [gauss]} \quad (4)$$

질량분리전자석 이후의 1cm 수직방향 슬릿을 통과하고 나온 빔을 분리하기위한 최소의 자장은 15gauss이며 Co 159의 경우 동위원소가 존재하지 않아 natural abundance가 100%이므로 다른 이온들 보다 분리가 용이하다.

질량분리전자석에 인가해 주어야하는 전류는 식 (3)과 식 (4)를 통해 계산할 수 있다. 이와 같은 방법으로 Co 이온의 분리를 위한 전자석 전류는 21A 이었으며 자석의 전류를 스캔 하였을 때 Fig. 9과 같이 3개의 피크가 나타났다. 이 3 피크는 Co^+ 와 CoCl^+ 그리고 Cl^+ 이다. 그 외의 $0.4\mu\text{A}$ 이하인 소량의 O^+ 와 Co^{++} 이온이 있었다. 주요 3개의 이온들은 CoCl_2 의 화합물이 에너지를 가진 전자에 의해 이온화 되어 Cl^+ 가 떨어져 나가 CoCl^+ 와 Cl^+ 로 분리되고 다시 CoCl^+ 에서 Cl^+ 가 분리되면서 Co^+ 가 생성 된 것이다. 이와 같은 과정으로 3 피크가 보이며 각 이온의 피크전류의 비율은 각각 70%와 20% 그리고 10%로 Co^+ 이온은 전체 이온의 피크전류 대비 70% 수준으로 인출됨을 보았다.

아크전류에 따른 이온 빔 전류의 의존성은 Fig. 10에서 볼 수 있다. Co^+ 이온과 Cl^+ 이온의 빔 전류를 아크전류 0.18A에서 빔 전류가 최대 $100\mu\text{A}$ 까지 인출됨을 보여준다. 0.18A 이후에서는 Co^+ 이온빔 전류가 줄어들기 때문에 아크전류가 특정 값에 의존하는 것을 확인하였다. 이것은 Fig. 11과 같이 인출 전압에 의한 Co^+ 이온빔 전류의 관계에서 볼 때 인출 전압 13kV에서 19kV에 따르는 실험 데이

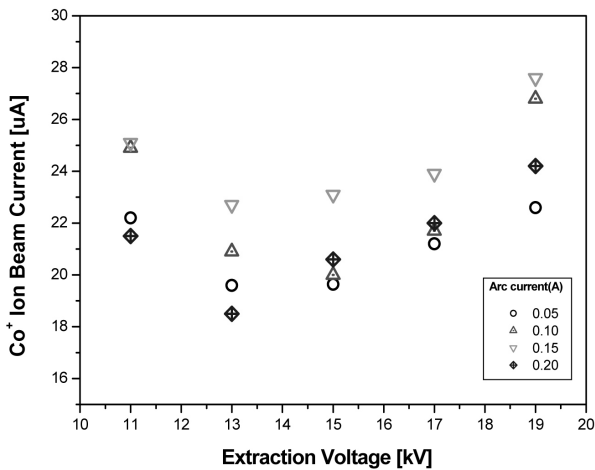


Figure 11. A Co^+ ion beam distribution according to the extraction voltage. The result was also shown the arc current dependency.

터가 선형적으로 증가하는 의미 있는 값을 고려하면 아크 전류 0.15A와 0.20A 사이에서 최대 Co^+ 이온빔 전류를 가지는 것을 알 수 있다. 인출 전압에 의한 Co^+ 이온빔 전류도 특정 아크 전류 값에 관계하는 것으로 보아 두 결과가 일치하고 있음을 알 수 있다. 전체 Co 이온의 인출 조건은 아래 Table 2와 같다.

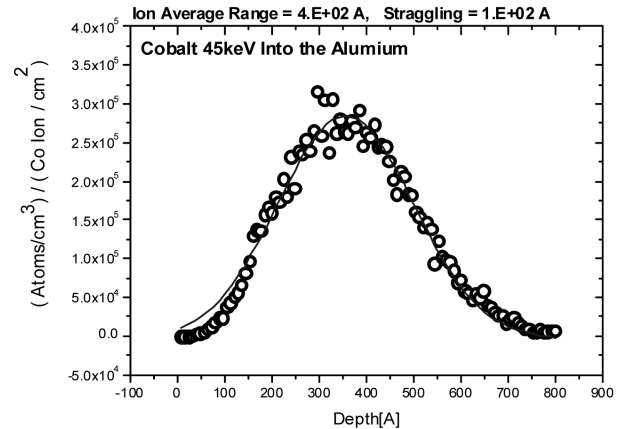
Table 2. The extraction condition of a cobalt ion beam

Power Supply	Voltage (V)	Current (A)
Crucible	4.92	106
HDC	5.00	30.0
Filament	2.59	52.3
EHC (Emissive Heated Cathode)	700	0.367
Arc	120	0.18
Extraction	-15k	-3.7m
Source Magnet	19.0	3.87
Bias	-2k	~0m

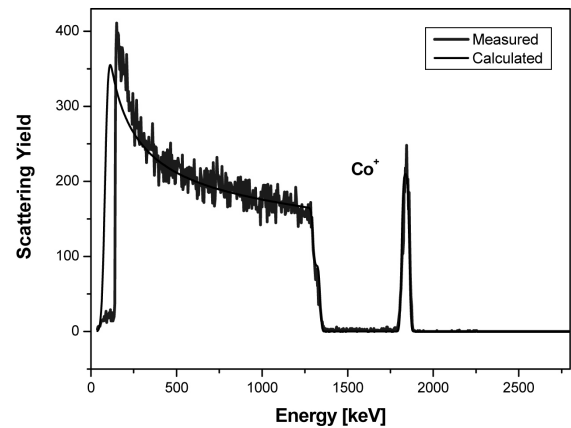
2. Co^+ 조사 특성 분석

인출된 코발트 이온의 조사된 빔의 에너지에 의한 깊이와 조사량을 확인하기 위해 RBS 측정법을 사용하였으며 아울러 SRIM의 에너지에 의한 이온 range 전산모사실험결과와 측정결과를 비교하여 논의하였다.

이온주입 된 시료의 RBS 측정을 위해 먼저 알루미늄 시료에 코발트 이온을 가속하여 이온주입 하였다. 시료에 이온주입을 위한 빔 조사 에너지는 45keV의 집속 된 빔을 사



(A) A Co^+ ion beam range resulted by SRIM code. The ion range is 400 \AA in the aluminum sample.



(B) A RBS(Rutherford Backscattering Spectrometry) analysis result of a Co^+ ion beam.

Figure 12. The simulated result of the Co ion range by SRIM code (A) and a RBS analysis result (B).

용하였으며 평균 빔 전류 10uA로 90분 동안 조사하였을 때 빔의 조사면적은 5cm^2 이었다. 위와 같은 조건에서 SRIM code [9]의 전산모사 실험을 통해 이온주입의 깊이를 계산할 수 있었으며 알루미늄 시료에서의 코발트 이온의 주입 깊이는 45keV에서 Fig. 12(A)와 같이 400 \AA 임을 알 수 있었다.

실제 시료에서의 코발트 빔의 확인은 RBS의 분석법을 통하여 측정하였고 이 분석법은 고에너지 He^{2+} 이온을 시료에 조사하여 되 튕겨져 나오는 He^{2+} 이온의 수와 에너지를 특정 각도에서 계측하여 depth profile과 정량이 한꺼번에 측정 가능한 방법이다. Fig. 12(B)는 RBS 분석의 결과를 보여준다. RBS 분석 시에는 분석을 위한 전산모사 프로그램인 QUARK(Quantative Analysis of Rutherford

Kinematics) [10]가 정량 및 깊이 검증의 한 방법으로 사용되었으며 Fig. 12(B)의 시뮬레이션 데이터와 측정 결과가 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 분석결과에 의하면 특정 깊이 350Å에서 Co 이온이 주입되어 있다는 것을 알 수 있었다. 코발트 이온의 깊이는 SRIM code 전산모사실험 결과 인 이온 range가 400Å 인 것과 비교하였을 때 50Å의 차이를 보이거나 straggling 범위인 100Å 이내에 들어오는 값이다. 분석 결과에 의한 실제 주입되어진 전체 이온주입량은 $(1.74 \pm 0.03) \times 10^{17} \#/\text{cm}^2$ 으로 높은 fluence의 빔을 정량적으로 확인하였다. 이것으로부터 코발트 빔이 실제로 인출되었고 이온주입 깊이 예측을 통해 빔 에너지도 유추할 수 있었다.

IV. 결 론

금속이온주입기로부터 Co^+ 이온을 인출하기 위해서 특성을 조사하고 그로인해 인출에 영향을 주는 변수와 그때의 조건을 실험을 통해 연구하였다. Co^+ 이온의 변수 중 하나는 이온소스에서 증기화를 위한 고온의 유지에 있다. 코발트염화화합물을 증기화 하기 위해 648°C의 고온을 유지하였을 때 플라즈마가 생성되었는데 이 조건은 알루미늄 도가니를 새로 교체하면서 가능하게 되었다.

또 다른 변수는 플라즈마 내의 아크방전 시 아크전류에서 선형적인 증가를 보이지 않고 특정 값인 0.18A에서 최대 빔 전류가 인출되었으므로 아크전류가 인출에 관계하는 것을 알 수 있었다. 이때 설정된 EHC 전압은 0.7kV, source magnet은 3.9A, 인출전압은 15kV이었다.

또한 질량분리전자석에 의해 분리되어진 Co^+ 이온의 양은 전체 이온의 침투 전류값을 합한 것의 70% 수준으로 Co^+ 이온이 다른 이온들에 비해 상대적으로 높은 비율을 가짐을 알 수 있었다. 이때의 질량분리전자석 자장 값은 0.32T이었다.

전체 인출조건을 만족하였을 때 최대 Co^+ 이온 빔 전류는 100μA이었고 이것은 1시간 이온주입 하였을 때 $\sim 5 \times 10^{17} \#/\text{cm}^2$ 에 해당하는 1×10^{17} 대의 높은 fluence를 보여주

어 이온빔 응용분야에 사용될 수 있는 수준으로 판단된다. 실제 10μA 전류와 45keV의 에너지를 가지는 Co^+ 이온을 샘플에 주입하여 RBS 분석방법으로 깊이 350Å에서 $(1.74 \pm 0.03) \times 10^{17} \#/\text{cm}^2$ 의 입자수가 존재함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

- [1] Chulmin Choi, Daehoon Hong, Andrew I. Gapin, and Sungho Jin, IEEE transactions on magnetics, **43**, 6, 2121-2123 (2007).
- [2] Anders S., Anders A., Brown I., Kong F., and McLaren F, Surface & Coatings Technology, ISSN 0257-8972.
- [3] Lavrentiev Vasily Vacik and Jiri Naramoto Hiroshi, Journal of Applied Physics A, **92**, Issue 3, 673-680 (2008).
- [4] M. Gilliot, A. En Naciri, L. Johann, J.P Stoquert, J.J. Grob, and D. Muller, Journal of Applied Physics, **101**, 014319 (2007).
- [5] J R Tucker, C Wang, and T-C Shen, Nanotechnology, **7**, 275-287 (1996).
- [6] J. H. Freeman and G. Sidenius, Nuclear Instruments and Methods, **107**, 477-492 (1973).
- [7] Bernhard Wolf, *Handbook of Chemistry and Physics*, (CRC Press), 1973-1974.
- [8] J.S. Lee, Y.S. Cho, J.Y. Kim, and B.H. Choi, Journal of the Korean Physical Society, **52**, 3, 727-732 (2008).
- [9] <http://www.srim.org>.
- [10] <http://publish.uwo.ca/~wlennard/download.htm>.

The Characteristic Study on the Extraction of a Co Ion in the Metal Ion Implanter

Hwa-Ryun Lee^{a*}, In-Seok Hong^a, Tu Anh TRINH^b, and Yong-Sub Cho^a

^a*Department of Nano & Electronic Physics, Daejeon 305-253*

^b*Gyeonggi-buk Science High school, Daejeon 305-253*

(Received February 27, 2009, Revised April 13, 2009, Accepted May 14, 2009)

Proton Engineering Frontier Project (PEFP) has supplied the metal ions to users by using an installed metal ion implanter of 120 keV. At present a feasibility study is being performed for a cobalt ion implantation. For a cobalt ion extraction we studied to sustain the high temperature(648°C) for metal ions vaporization from a cobalt chloride powder by using an alumina crucible in the ion source. The temperature condition of the crucible was satisfied with the plasma generation at the arc current of 120V and EHC power of 250W. The extracted beam current of Co⁺ ions was dependent on the arc current in the plasma. The maximum beam current was 100μA at 0.18A of the arc current. The 3 peak currents of the extracted ions such as Co⁺, CoCl⁺ and Cl⁺ were obtained by adjusting a mass analyzing magnet and the Co⁺ ion beam peak current fraction as around 70% in the sum of the peak currents. The fluence of the implanted cobalt ions at the 10μA of the beam current and 90 minutes of the implantation time into an aluminum sample as measured around 1.74×10¹⁷#/cm² by a quantitative analysis method of RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry).

Keywords : Co⁺, Bernas ion source, Metal ion implanter, RBS analysis

* [E-mail] hrlee@kaeri.re.kr