

질소이온 주입시킨 7050A1 합금의 표면 미세구조 변화의 분석

이창우 · 권숙인 · 한전건

고려대학교 공과대학 금속공학과

*성균관대학교 공과대학 금속공학과

(1994. 9. 8. 접수)

Analyzing Surface Microstructure of 7050A1 Alloy Modified by N⁺ ion Implantation

Chang Woo Lee[†], S. I. Kwon and Jeon Geon Han*

Department of Metallurgical Engineering, Korea University, Seoul 136-701 Korea.

*Department of Metallurgical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746 Korea.

(Received Sept. 8, 1994)

요약 : 본 연구는 질소이온 주입시킨 7050A1 합금의 표면 미세구조 변화에 대하여 살펴보았다. 이온 주입은 이온을 가속시켜서 물리적으로 모재의 표면에 주입시키는 표면처리 한 방법으로서, 본 연구에서는 가속 에너지를 100KeV로 하고 전류밀도는 $23.1\mu\text{A}/\text{cm}^2$, 주입량은 5×10^{15} ions/cm², 5×10^{17} ions/cm²과, 8×10^{17} ions/cm²로 질소이온을 주입하였다. 이온 주입층은 EPMA, AES, XPS, TEM 등으로 분석하였으며, 그 결과를 computer simulation을 통하여 비교하여 보았다. 질소이온 주입시킨 7050A1 합금은 극 표면에서부터 약 4000Å 사이에서 AlN이 Gaussian 분포를 지니고 있었으며, 일정 깊이에서 이온의 주입에 의해 충격을 받은 영역을 관찰할 수 있었고 이러한 표면의 변화들은 미소경도에 영향을 미치게 되어 저하중에서 경도값의 상승을 야기했다.

Abstract : The surface microstructure modification by N⁺ ion implantation into 7050A1 alloy was investigated. Ion implantation method is to implant physically accelerated ions to the surface of a substrate. High doses of nitrogen (5×10^{15} ions/cm², 5×10^{17} ions/cm², 8×10^{17} ions/cm²) were implanted into 7050A1 alloy using accelerating voltage of 100KeV and current density of $23.1\mu\text{A}/\text{cm}^2$. The implanted layers were characterized by EPMA, AES, XRD, and TEM. The experimental results were compared with computer simulation data. The results showed that AlN was formed from the surface to 4000Å depth with Gaussian distribution and the damage region was also observed. This surface modification by N⁺ ion implantation increased the microhardness of 7050A1 alloy surface.

Key words : ion implantation, AlN, damage region, 7050A1 alloy.

1. 서론

이온 주입공정은 1960년대 반도체산업에서 전기적

특성을 제어하기 위하여 개발 응용되어지다가 1970년대 초 금속 및 기타 소재의 내구성 향상을 목적으로 이온 주입의 연구가 시작되어 각종 소재의 기계적 특성

을 위한 초정밀 표면처리 공정으로 각광을 받고 있다. ¹⁻⁵ 이온 주입공정은 고진공($10^{-4} \sim 10^{-7}$ torr) 중에서 임의의 원소를 이온화시켜 높은 에너지(40~200KeV)로 가속한 후 물리적으로 소재의 표면에 침투하는 공정으로, 침투하는 고에너지의 이온은 소재 원자와 상호 탄성 및 비탄성 충돌을 하여 에너지를 잃는 동시에 소재 표면의 조직 및 조성의 변화를 야기하게 된다. 즉, 이온 주입은 전위차를 이용하여 이온을 가속시켜 고체 표면에 침투시킴으로써 표면층의 조성 및 성질을 변화시키는 방법으로 가속전압을 조절함으로써 주입깊이를 조절할 수 있다. 이러한 충돌로 모재의 원자는 격자 점을 벗어나서 방사선 손상을 유발하게 되며 침투된 이온의 분포는 보통 Gaussian 분포함수를 나타내고 이온의 에너지가 증가할수록 침투깊이는 증가하게 된다. 이 때 이온의 분포는 재료의 성분에 따라, 그리고 이온 주입시의 온도 및 이온 주입량에 따라 달라지는데, 이온 주입시 온도가 높을수록, 그리고 이온 주입량이 많을수록 표면에 이온농도가 많이 존재하는 오차함수형태 또는 trapezoid와 같은 형태를 나타낸다. 이와 같은 이온의 분포와 함께 Fig. 1에서 보여지는 것과 같이 침투하는 이온은 collision cascade를 야기하며, 이 때 이온의 가속 에너지가 임계값(25KeV)을 넘어서게 되면 격자위치를 벗어나 공공, 침입형 원자쌍을 이루며 일반적으로 침투 이온당 충돌에 의해 생성되는 결합 생성속도는 0.1~10 ions/sec이고 집중적인 결합발생에 의해 공공 집합체, 전위, 침입형 전위루프 등이 다량 형성된다고 보고하고 있다.⁷ 이 때 결합의 생성깊이는 약 10~30 μ m 깊이에 달하며, 이는 침투 이온깊이가 0.5 μ m임을 감안하면 무척 깊은 것이다.⁸ 또 다른 변화로는 결정구조의 변태를 들 수 있는데, 이도 역시 이온의 다산란 충돌에 기인한 것이며, 한 예로 Fe, Ti, 스테인리스강 등에 N, P, Sb 등을 이온 조사시 결정구조의 변태는 FCC→BCC, 마텐사이트 변태가 일어나는 것으로 보고되고 있다.⁹ 또한 침투이온은 소재 표면에 이온의 크기에 따라 치환형 또는 침입형 고용체를 형성하게 되는데, 이 때 형성되는 합금은 일반적으로 비평형 공정으로 이루어지므로 열역학적 평형상태도에 의해 예상되는 안정상이 아닌 준안정상의 상태로 존재하게 된다. 이온 주입에 의해 형성되는 합금의 경우 천이 금속(Fe, Ni, Co) 등 특정한 금속에 준금속이온(P, B, As) 등을 조사하면 비정질 조직으로 변태가 일어난다.¹⁰ 또 석출물이나 화합물이 형성되기도 하는데, 이는 일

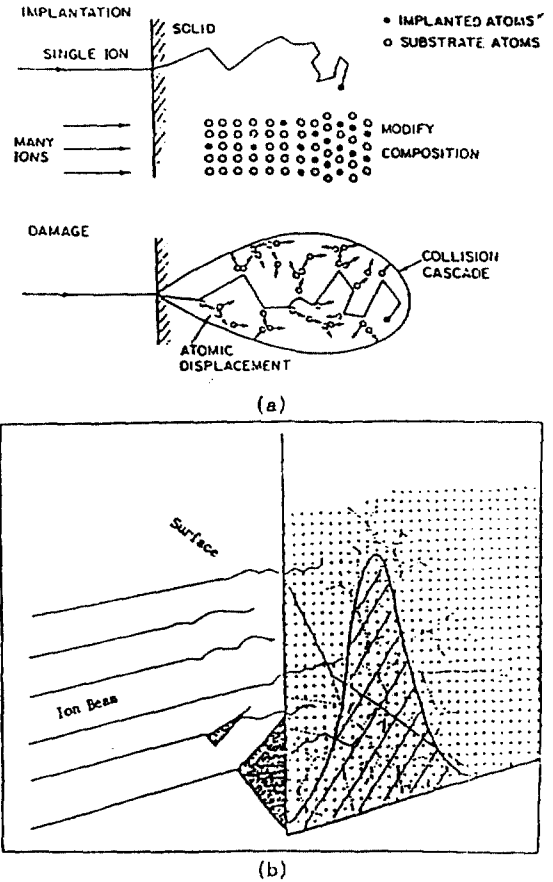


Fig. 1. Schematic of implantation process⁶
 (a) damage process using energetic ion beam
 (b) ion penetration depth

반적으로 처리온도가 높은 경우에 해당되며, 일례로 Ni에 Ti를 1×10^{17} ion/cm² 이온 주입하면 Ni-Ti 금속간화합물이 형성된다.⁹ 이러한 석출물이나 화합물은 일반적인 것에 비해 매우 미세하고(10~100Å) 균일하게 분포되어 기계적 특성 향상에 보다 효과적이다. 위에서 열거한 표면의 변화는 내마모성과 내피로성 등 기계적 성질과 내산화성의 화학적 성질, 비저항 등 전기적 성질에 좋은 영향을 미친다고 일반적으로 보고하고 있다.¹¹⁻¹² Al 합금에도 질소이온을 주입시키면 표면 경화가 일어나지만 이러한 표면경화가 어떠한 화합물에 의한 것인지에 대해서는 알려져 있지 않은 상태이다.

2. 방법

Table 1. Chemical composition of 7050Al alloy in weight percent.

Cu	Mg	Zn	Zr	Ti	Fe	Si	Mn	Al
2.27	2.13	6.20	0.072	0.012	0.041	0.051	0.0056	Bal

Table 2. Conditions of N⁺ ion implantation into 7050Al alloy

Specimen name	Case 1	Case 2	Case 3
Ion dose(ions/cm ²)	5×10 ¹⁵	5×10 ¹⁷	8×10 ¹⁷
Current density(μm/cm ²)	23.1	23.1	23.1
Ion energy(KeV)	100	100	100
Implantation time	28 min	62 min 32 sec	100 min 15 sec
Specimen shape	block	block	block

2.1. 시편 준비

본 실험에 사용된 소재는 인발가공된 7050Al 합금으로, 화학조성은 Table 1과 같다. 이러한 인발가공된 소재를 477℃에서 2시간 동안 용체화처리를 행한 후 2단시효(121℃에서 4시간, 168℃에서 4시간¹³)를 통하여 기지에 G. P. zone과 η' 석출물이 기지 전체에 분포하는 peak aging을 행하였다. 시효 후 시편을 경면가공한 다음 N⁺ ion 주입을 행하였는데, 이는 원자력연구소에서 자체 제작한 Implanter를 이용하였으며, 이 때의 이온 주입량은 5×10¹⁵ ions/cm², 5×10¹⁷ ions/cm², 8×10¹⁷ ions/cm²으로 행하였다. 기타의 이온 주입에 관한 조건은 Table 2에 나타내었다.

2.2. 표면 미세구조 관찰

표면 미세구조는 주사전자현미경에 부착되어진 EPMA(Electron Probe X-Ray Microanalysis), XRD(X-Ray Diffraction), AES(Auger Electron Spectroscopy), XPS(X-Ray Photoelectron Spectroscopy), TEM(Transmission Electron Microscopy) 등을 이용하여 분석하였다. EPMA는 JEOL-JXA-8600SX를 사용하였으며, 이 때 빔의 전압(beam voltage)은 15KV, 전류밀도(current density)는 4.31mA로 하였는데, 이는 빔의 전압이 20KV일 때 약 5μm가 투과되어짐을 감안하면 본 실험에서는 약 2~3μm 정도가 투과되어 그 깊이까지에서

측정한 것이라 할 수 있다. XRD는 Rigaku사 제품을 사용하였으며, 주사속도(scanning rate)를 2°/min으로 하여 4회 연속 주사한 후 Cu target으로 30KV를 주어 실험하였다. 이 때 4회 연속 주사하는 동안 발생한 peak들을 합산하여 고정 각도에서 발생한 peak들의 정확도를 높였다. AES는 Perkin-Elmer사 제품으로 빔의 전압은 5KV, 빔의 전류는 32.2nA로, 이 때의 빔 직경은 1000Å이었다. 한편, sputtering source는 Ar 가스를 사용하였으며, 이온 에너지는 4KV였고 초기 조사각도는 50°였으며 주사하면서 각 시간마다 조사하였다. XPS도 역시 Perkin-Elmer사의 PHI558 기종을 사용하였고 이 때 X-ray source로는 Mg Kα를 사용하였다. 실험 중 pass energy는 25eV, X-ray 전압은 11KV, source power 200W를 사용하였으며, chamber의 기압은 5×10⁻⁹ torr였다. 한편, ion sputtering은 Ar 가스를 이용하여 1.0KV에 10mA로 하여 10분 주사 후에 조사하였다. TEM 관찰에 사용한 기종은 JEOL사 제품으로 120KV의 가속 전압을 사용하였다. 시편 제작은 SiC 연마제를 사용하여 기계적으로 100μm 이하의 두께로 갈아낸 후 마지막으로 thinning 작업은 -20℃ 이하에서 HNO₃+70% CH₃OH 전해액을 사용하여 13V에서 flow rate를 3.5로 하여 thinning하였다. 특히 ion implantation된 시편을 자세히 관찰하기 위해 기계적으로 갈아낸 후에 half jet polishing을 행하고 그 위에 N⁺ion 주입을 한 다음 다시 제트 연마

를 행하여 관찰하였다. 부식액 및 이들 기본조건은 동일하게 하였다.

2.3. Computer simulation

Computer simulation은 TRIM이라는 패키지를 사용하여 실시하였다. 이 때에 이온의 종류는 일반적으로 보고되고 있는 것과 같이 이온화될 때에 그 분율이 N^+ 이온이 30%, N_2^+ 이온이 70%로 입력하였다. 이온 에너지는 100KeV로 하였고 타겟의 재료는 Al, Zn, Cu, Mg를 모재의 화학조성비로 입력하였으며 투과깊이 측정의 끝을 4500Å으로 하였다. 기지의 밀도는 7050Al 합금의 밀도인 $2.80g/cm^3$ 으로 하였다. 또한 결합에너지와 displacement energy는 각각 금속의 일반적인 값인 1.5eV와 25eV로 입력하였다.

2.4. 미소경도 측정

경도측정은 미소경도계를 이용하여 이온 주입되지 않은 시편과, 이온 주입의 양이 $5 \times 10^{17} ions/cm^2$, $8 \times 10^{17} ions/cm^2$ 의 3가지 조건을 측정하였으며, 이 때 사용된 기종은 일본의 Akashi사 제품으로 MVK-G₂를 사용하였다. 렌즈를 통해 500배로 관찰한 후 실험의 정확도를 높이기 위해 모니터를 통해서 다시 4배로 확대하여 측정하였으며, 이 때의 하중은 1, 5, 10, 25 및 50g

을 각각 15초 동안 주어 그 압흔을 측정하였다. 측정 횟수는 각각 7회를 측정하여 최고값과 최저값을 제외하고 5회 측정값을 평균하여 경도값을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 미세조직의 변화

시효에 따른 내부변화를 알아보기 위하여 TEM으로 관찰한 결과(Photo. 1) peak aging인 경우에 line of no contrast를 나타내어 정합석출물이 분포함을 알 수 있었으며(화살표) 사진(b)에서 볼 수 있듯이 무석출물대(PFZ)가 얇게 존재함을 확인할 수 있었다.

3.2. 표면분석

EPMA로 표면을 관찰한 결과가 Fig. 2에 나타나 있다. 표면에 질소와 산소가 같이 검출되었으며 이는 $5 \times 10^{17} ions/cm^2$ 과 $8 \times 10^{17} ions/cm^2$ 의 두 주입량 모두에서 같이 나타났다. 이는 검출되는 깊이가 약 2~3 μm 임을 감안하면 극 표면에는 상당량의 질소가 포함되어 있을 것으로 예상되며, 이를 바탕으로 AES를 이용하여 각각의 조건에서 이온 침투깊이와 깊이당의 이온량을 알아본 결과가 Fig. 3에서 Fig. 9까지 나타나 있다. Fig. 3은 $5 \times 10^{15} ions/cm^2$ 을 검사한 결과로 깊이에 따

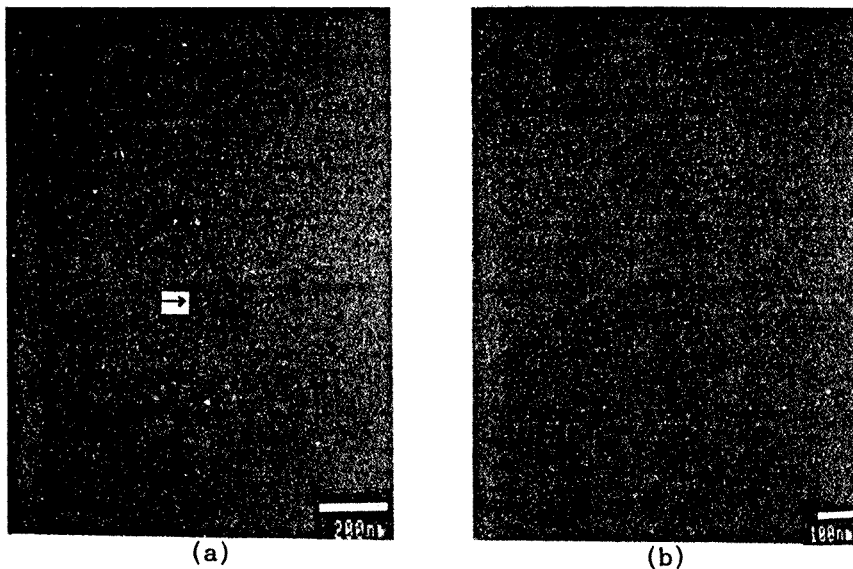


Photo. 1. TEM micrographs showing matrix structure
(a) precipitate(η') (b) PFZ

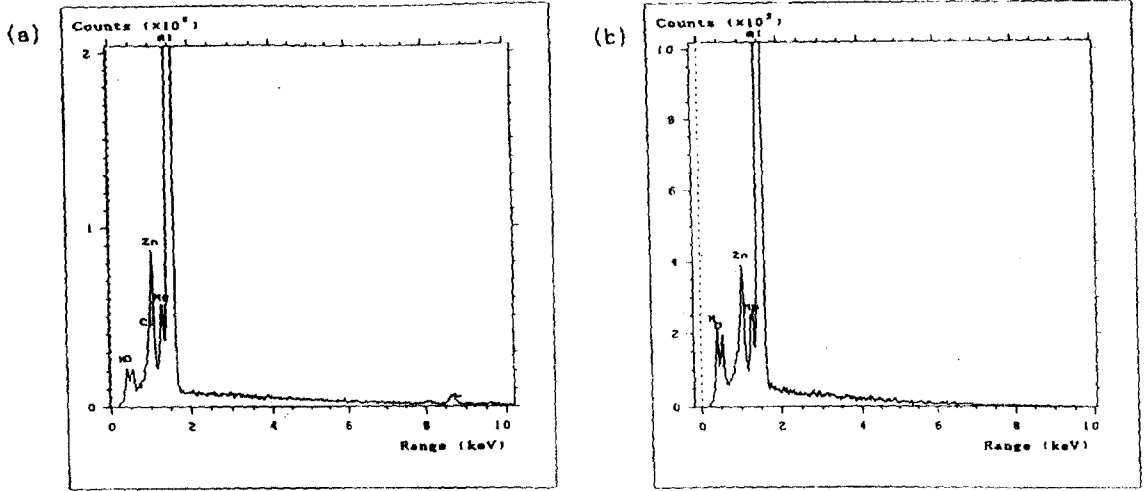


Fig. 2. Energy of each element measured by EPMA
 (a) 5×10^{17} ions / cm^2 (b) 8×10^{17} ions / cm^2

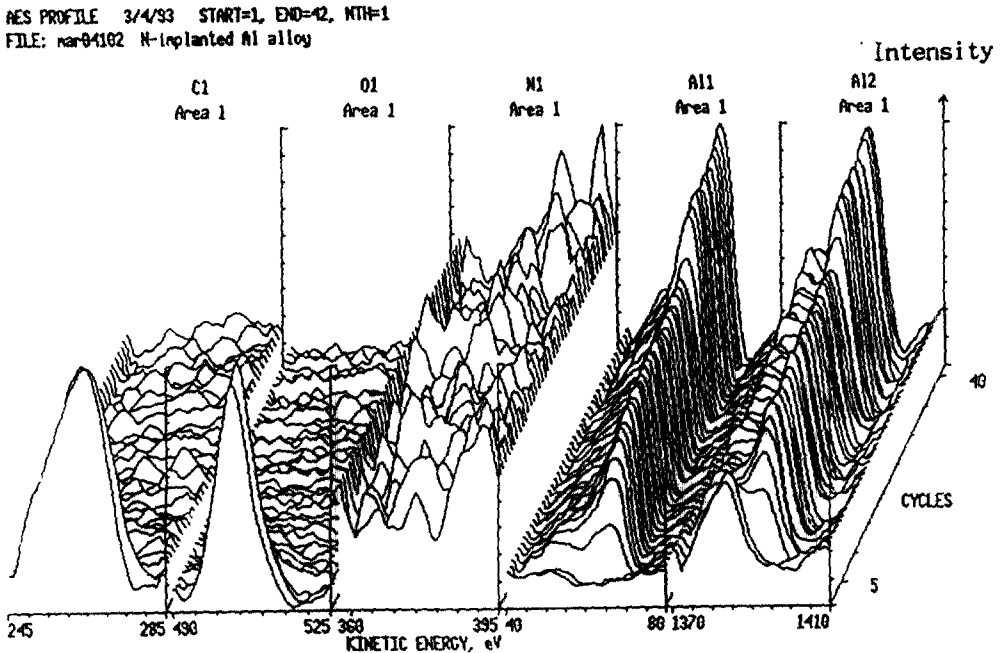


Fig. 3. Three dimensional AES depth profile for the N^+ ion implanted 7050Al alloy. (100KeV, 5×10^{15} ions / cm^2)

른 각 원소의 에너지값을 검출하여 3차원으로 나타낸 그림이다. 이 그림에서 X축이 각 원소의 에너지 범위를 각각 도시하고 있으며 Y축이 sputtering 사이클, 즉 표면에서 내부로의 깊이를 나타내고 있고 Z축이 각 원소의 검출되는 에너지강도를 나타내고 있다. 이

림에서 알 수 있듯이 극 표면에서 탄소와 산소가 각각 검출되었다가 내부로 가면서 없어지고 알루미늄은 내부로 가면서 거의 모든 양을 차지하고 있다. 그러나 질소는 그 분포가 noise 상태로 검출되고 있음을 보아 거의 존재하지 않음을 알 수 있다. 한편, 5×10^{17}

ions/cm²의 양으로 조사된 시편에서 질소의 존재를 알 수 있었다. Fig. 4는 100KeV의 가속 에너지로 5×10¹⁷ ions/cm²의 주입량을 분석한 결과로서 각 성분 원소들의 깊이에 따른 에너지값을 조사한 결과로 역시

탄소와 산소는 극 표면에서만 존재하고 질소는 일정 깊이에서 Gaussian 분포를 하는 모습으로 나타나 있다. 이 그림에서 질소가 Gaussian 분포를 하고 이 깊이에서 알루미늄의 에너지값들이 저 에너지값으로 이동

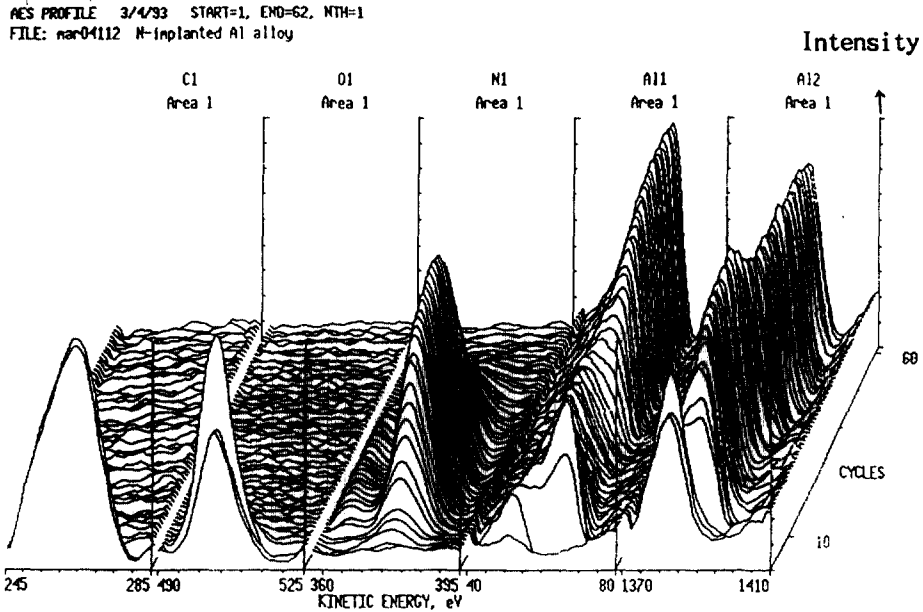


Fig. 4. Three dimensional AES depth profile for the N⁺ ion implantated 7050Al alloy. (100KeV, 5×10¹⁷ ions/cm²)

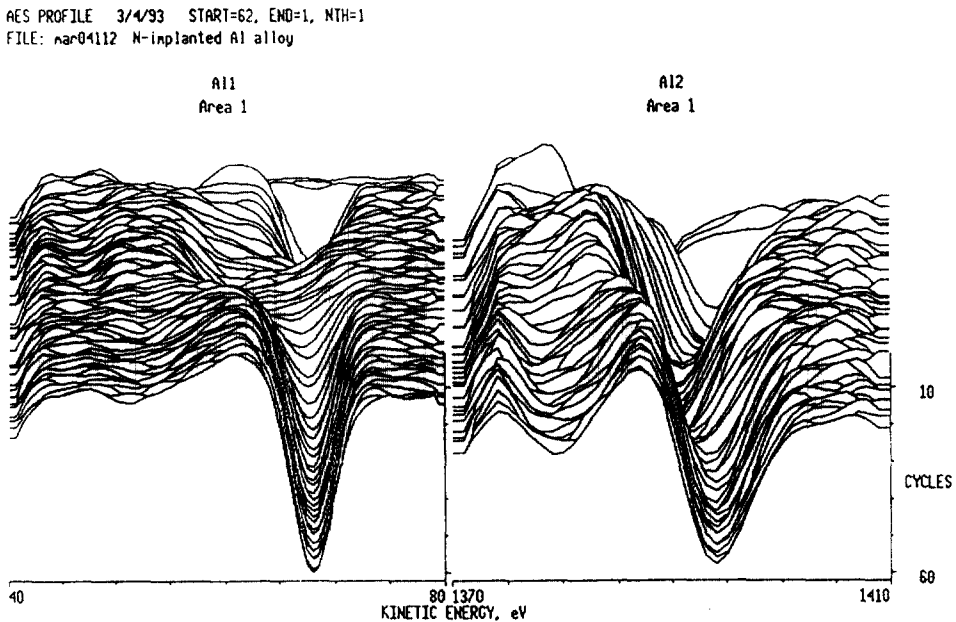


Fig. 5. Auger electron energy shift for Al measured by AES. (100KeV, 5×10¹⁷ ions/cm²)

합을 관찰할 수 있으며, 극 표면에서는 더욱 많은 에너지이동을 보였다. 이는 산소가 존재하는 구간에서 저 에너지쪽으로 더 많은 이동을 보인 것으로 Al_2O_3 의 존재를 의미하는 에너지값이며, 산소와 결합한 알루미늄의 에너지값보다는 높으나 순수 알루미늄의 에너지값보다는 작은 에너지를 나타내는 에너지이동의 결과 또한 질소가 알루미늄과 반응하여 화합물을 형성하고 있다는 것을 의미한다. 이러한 이동된 부분을 자세히 관찰하기 위하여 에너지값을 미분하여 나타낸 그림이 Fig. 5이다. 이 그림에서 왼쪽 그림은 알루미늄의 낮은 에너지값(3s껍질)이고 오른쪽 그림은 높은 에너지(2p껍질)의 값으로서 Fig. 4에서보다 에너지값이 확실히 이동했음을 알 수 있다. 이렇게 다른 에너지값을 나타내는 것은 알루미늄이 순수한 알루미늄으로 존재하지 않는 것을 의미하므로 이는 AlN이 형성된 것으로 사료된다. 이러한 에너지분포를 분석하여 깊이 에 따른 원자분율을 Fig. 6에 나타내었다. 이 그림에서는 X축이 sputtering 시간으로 나타나 있으나 이를 깊이로 환산하기 위하여 SiO_2 를 기준으로 하였다. 즉 Ar 가스를 이용하여 SiO_2 를 같은 에너지로 sputtering할 때 그 sputtering 속도가 $160\text{\AA}/\text{min}$ 임을 감안하여 Al의

number density(6.023)와 Al의 sputtering yield(4.09), 또한 SiO_2 의 number density(7.222)와 SiO_2 의 sputtering yield(3.28)를 연관하여 Al의 sputtering 속도를 $239.163\text{\AA}/\text{min}$ 로 구하여 깊이로 환산하였다. 이러한 값들로부터 20분 sputtering한 결과 약 4000\AA 깊이까지에 걸쳐서 Gaussian 분포를 하는 것을 알 수 있다. 이는 8×10^{17} ions/cm²에서도 비슷한 양상을 나타내며, 이온 주입량에 관계없이 가속 이온에너지에만 관계하여 그 분포의 깊이가 정해짐을 알 수 있다. Fig. 7은 8×10^{17} ions/cm²에 대한 각각의 성분원소에 깊이 별 에너지값으로, 이 때는 7050Al 합금의 성분인 Cu와 Zn, Mg 등을 각각 분석하여 보았으며 일정 깊이 후에는 분석치 않아 일직선으로 나타나 있다.

이물 초기의 극 표면에서부터 sputtering이 진행되는 순서로 나타낸 그림이 Fig. 8에 나타나 있다. Fig. 8에서 (a)의 그림은 Al 2p껍질의 에너지값으로 ①, ②, ③의 순서로 sputtering되면서 각각 다른 에너지값을 나타내고 있는데, 이 그림에서 보듯이 ①은 1378eV의 Al_2O_3 값을 나타내고 ②의 에너지 분포는 초기 ①의 에너지보다는 높은 에너지값이고 순수 알루미늄의 에너지값인 ③) 1396eV보다는 작은 에너지값을 일정

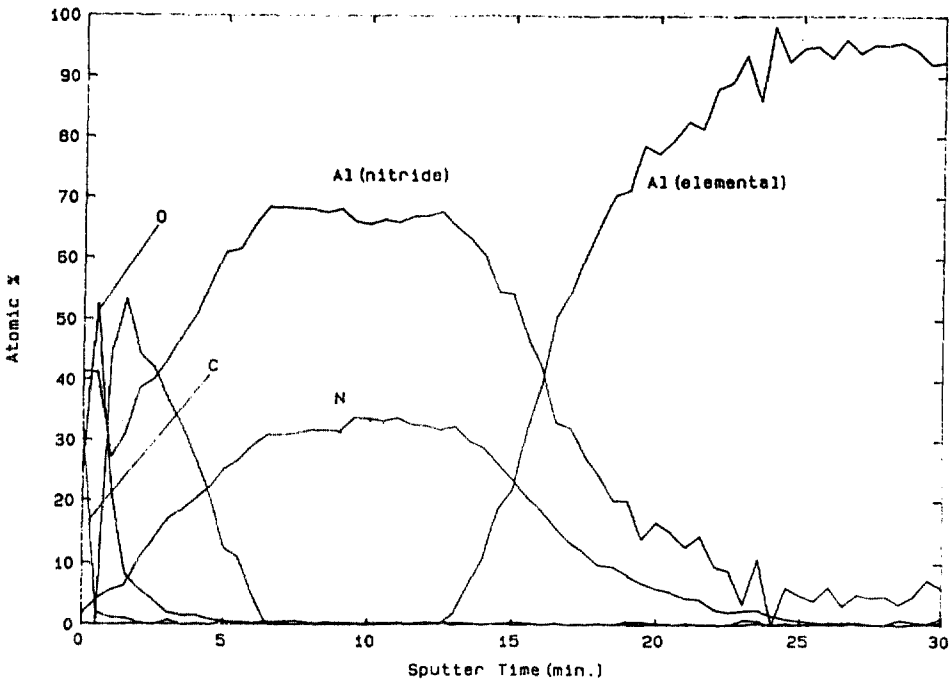


Fig. 6. AES depth profile for N⁺ ion implanted 7050Al alloy. (100KeV, 5×10^{17} ions/cm²)

AES PROFILE 2/17/94 START=1, END=63, KTH=1
FILE: feb17132

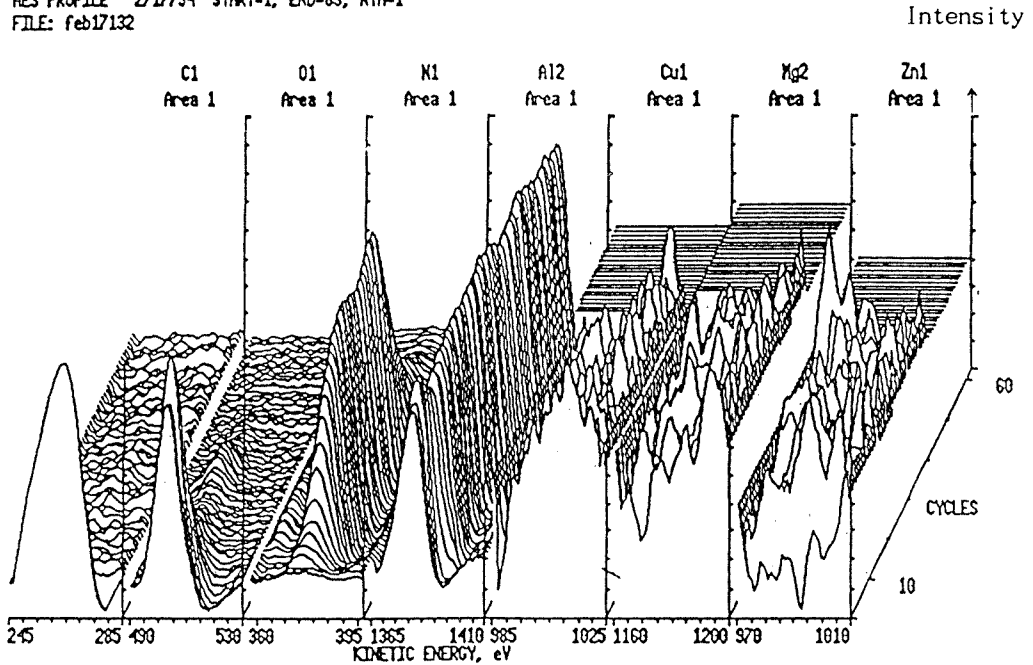


Fig. 7. Three dimensional AES depth profile for the N^+ ion implanted 7050Al alloy. (100KeV, 8×10^{17} ions/cm²)

sputtering 시간에서 나타내고 이 sputtering 시간에 질소가 Gaussian 분포를 보이는 것으로 미루어 보아 (Fig. 7) AlN의 형성을 나타내는 에너지분포로 생각된다. 이를 사이클(sputtering의 진행)별로 각각의 분포에 대한 에너지 강도를 살펴본 그림이 Fig. 8의 (b)이다. 이 그림은 (a)에서 나타난 각각의 에너지분포를 깊이별로 나타낸 그림으로 ①의 분포가 Al_2O_3 이고 ②의 분포(10에서 50 cycle 사이)가 AlN이며 ③의 분포가 순수 알루미늄이다. 이를 다시 깊이에 따른 원자분율로 나타낸 그림(Fig. 9)에서 보면 극 표면에서만 Al_2O_3 가 있고 AlN은 일정 깊이(0~4000Å)에서 존재하고 있음을 알 수 있다. 이상과 같은 AES 분석에서 AlN의 형성과¹⁴ 깊이에 따른 이온의 분포가 극 표면에서부터 4000Å 사이에서 Gaussian 분포를 하고 있음을 알 수 있었고 이러한 분포는 이온의 주입량에는 관계없이 이온 가속에너지에만 의존하는 것을 확인하였다. 이러한 AES 분석에서 정확한 AlN의 결합에너지를 알아낼 수 없어서 정확한 에너지값을 알아 보고자 XPS 검사를 실시한 결과가 Fig. 10에 나타나 있다. 이는 Al의 2p 결합에서 검사한 알루미늄의 결합에너지로 73.8의 값이 AlN으로 판명되고 74.6의 값이 Al_2O_3 의 에너지값으로

확인되었다.¹⁴ 이는 10분 sputtering 후의 검사값이다.

이를 최종 확인 및 정리하기 위하여 XRD로 AlN을 측정하여 보았다. 그러나 AlN이 무척 미세하게 분포하고 있고 그 분포깊이 또한 매우 적어 일반적인 방법과

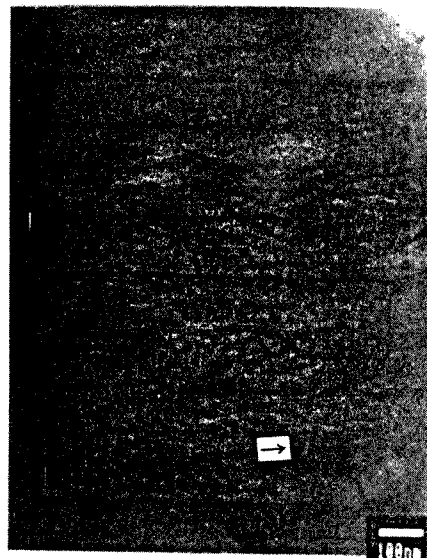


Photo. 2. TEM micrographs showing damage area (100 KeV, 5×10^{17} ions/cm²)

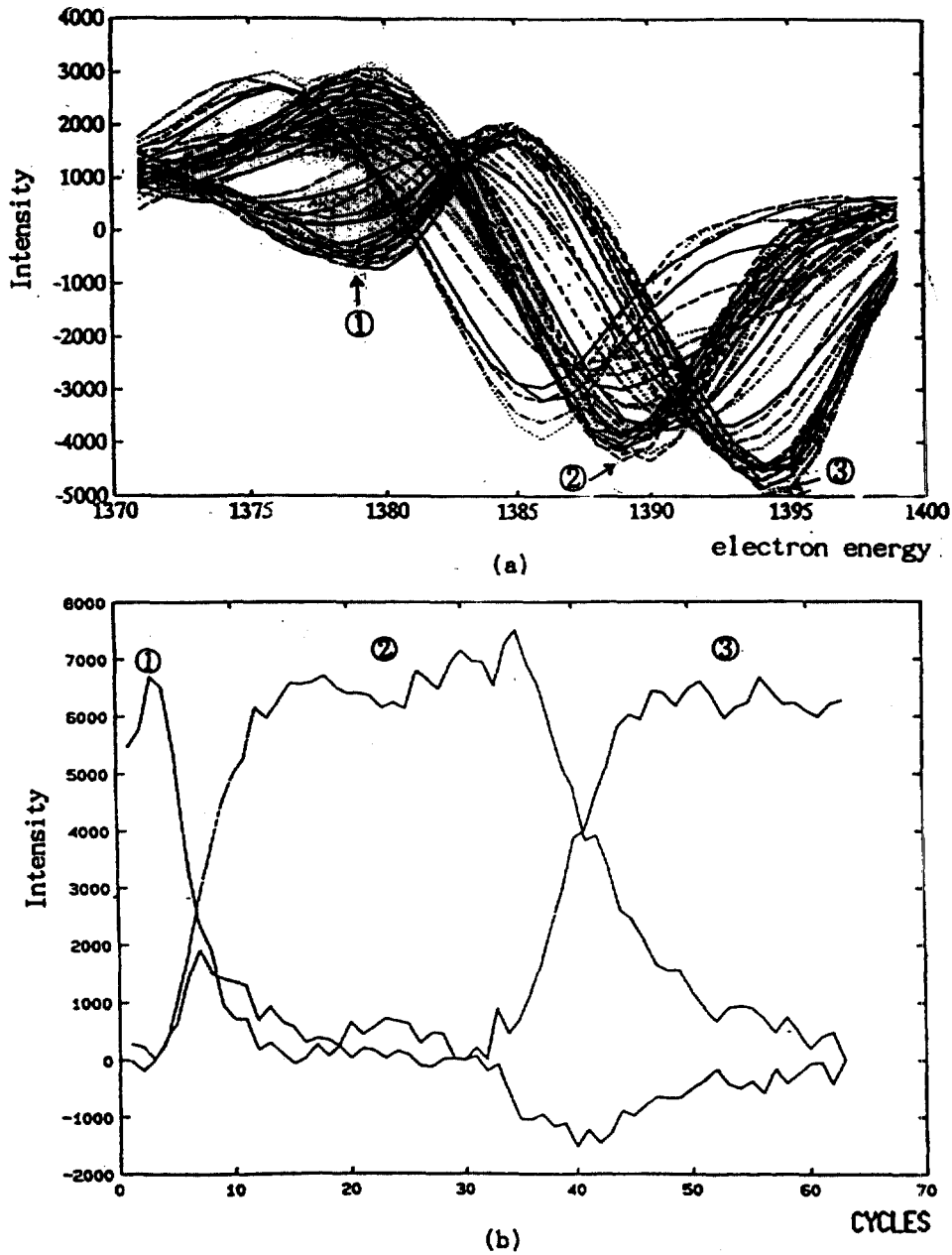


Fig. 8. Auger electron energy shift for Al(2p shell) measured by AES. (100KeV, 8×10^{17} ions/cm²)

(a) energy shift for sputtering time

(b) depth profile for intensity

① Al₂O₃ ② AlN ③ Al(pure)

는 다르게 4회 연속 주사하여 고정적으로 나타난 peak 들의 정확도를 높여 조사한 결과 AlN의 존재를 확인 할 수 있었다. 이는 Fig. 11에 나타나 있다.

이상의 분석방법에서 AlN의 형성을 확인한 것은 기존 이온 주입 후 열처리를 통하지 않고도 석출물이 전반적으로 분포하고 있는 가운데 제 2상(AlN)의 형

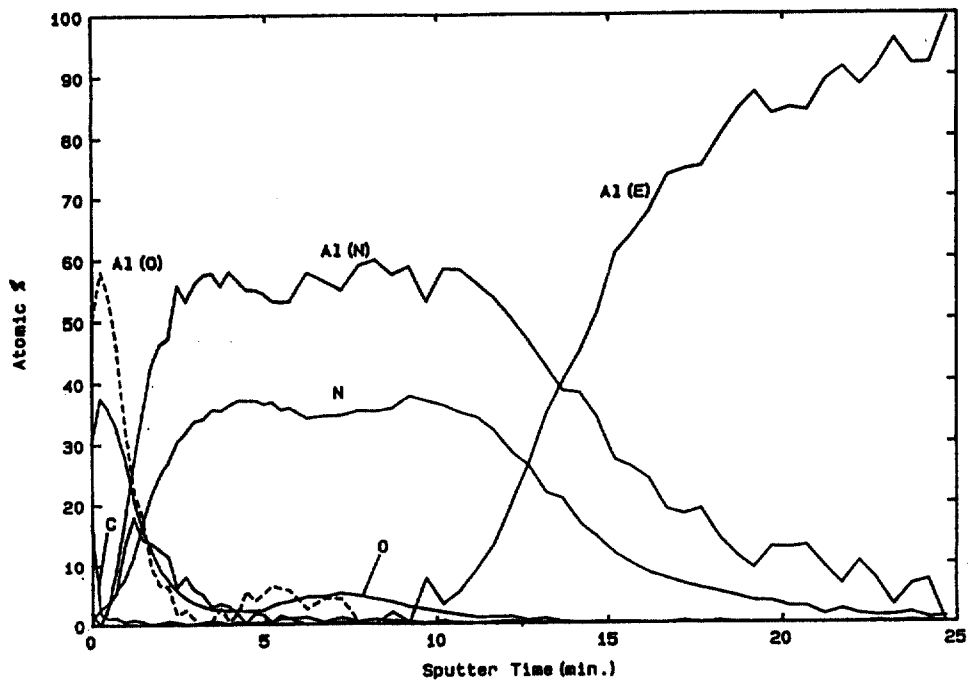


Fig. 9. AES depth profile for the N⁺ ion implanted 7050Al alloy. (100KeV, 8×10¹⁷ ions/cm²)

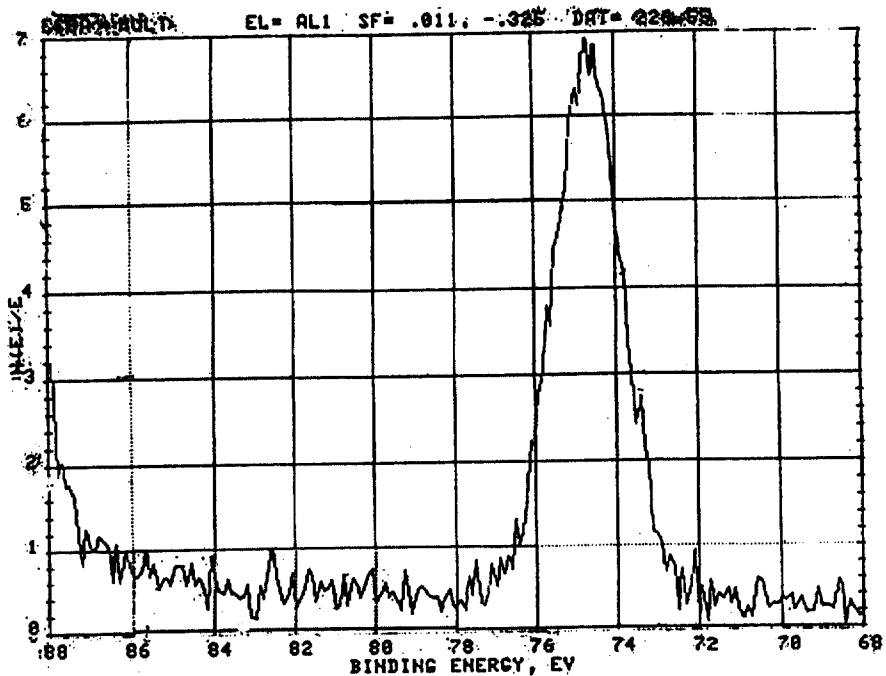


Fig. 10. Binding energy of Al 2p shell for AlN and Al₂O₃ measured by XPS

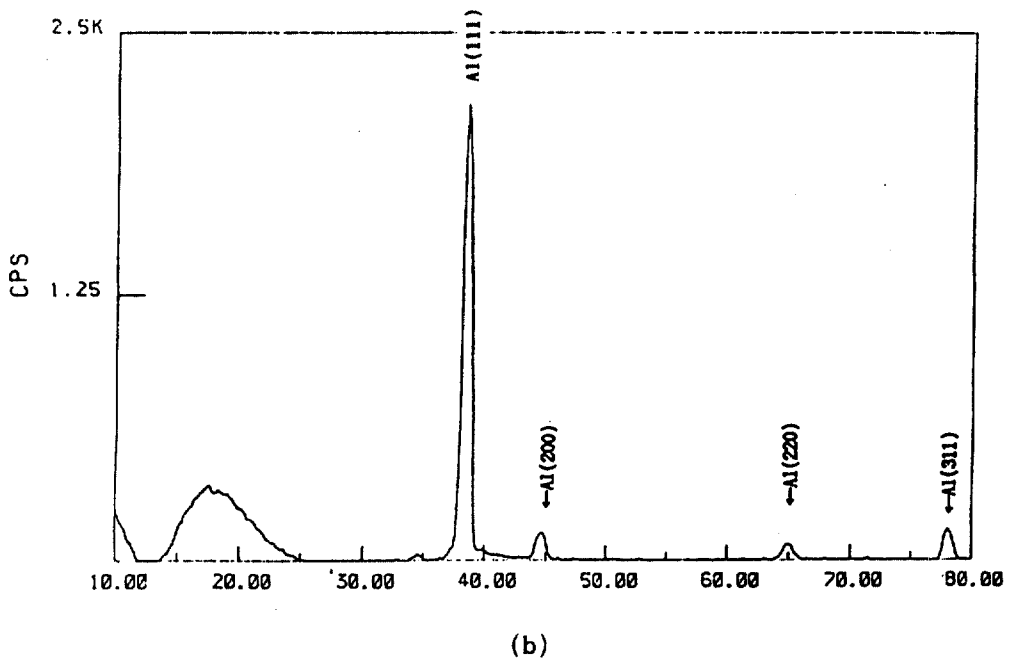
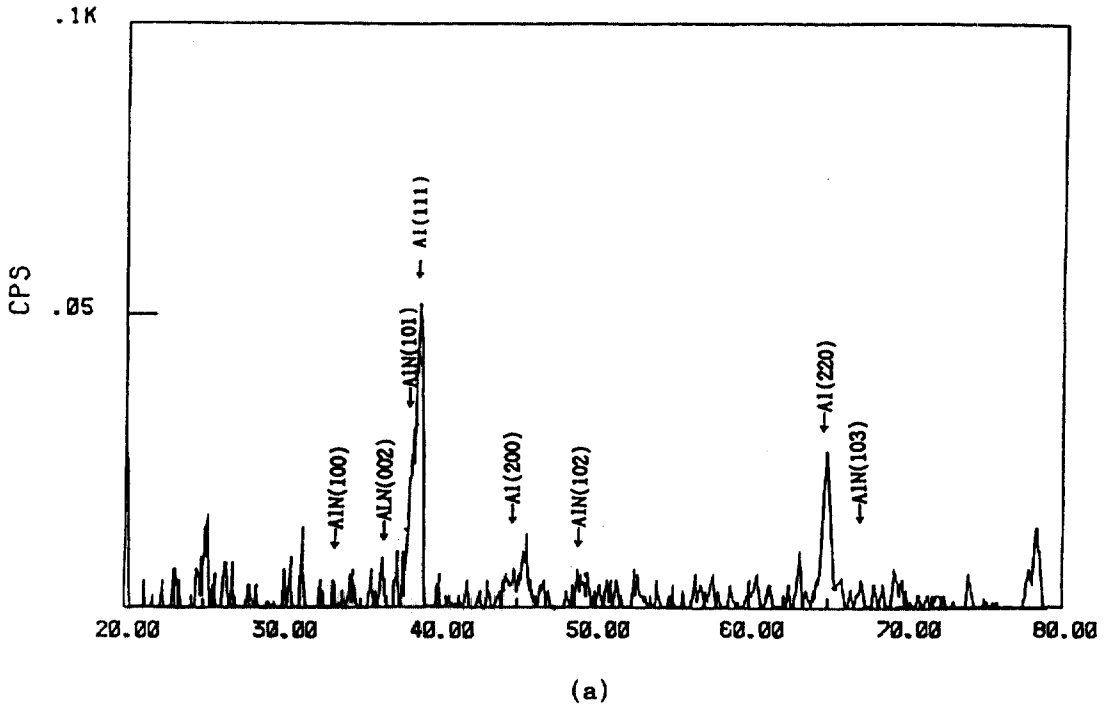


Fig. 11. XRD pattern for the N^+ ion implanted and the unimplanted 7050A1 alloy.

(a) N^+ ion implanted (8×10^{17} ions/cm²)

(b) unimplantation

Ion Type = N^+ (14amu) + N_2^+ (28amu)
 Ion Energy = 100 KeV
 Ion Angle = 0 degrees
 TARGET LAYER = Al-7050
 Depth = 4500 Å
 Density = 2.800
 Ion Completed= 144 (N^+) + 336 (N_2^+)
 BackScattered Ions = 2
 Translated Ions = 0

	Range	Straggle
Longitudinal	= 2318 Å	636 Å
Lateral	= 642 Å	296 Å
Radial	= 1000 Å	449 Å

Vac./ Ion = 431.1

ENERGY LOSS (%)	IONS	RECOILS
Ionization	69.00	6.20
Vacancies	0.10	0.55
Phonons	0.90	23.25

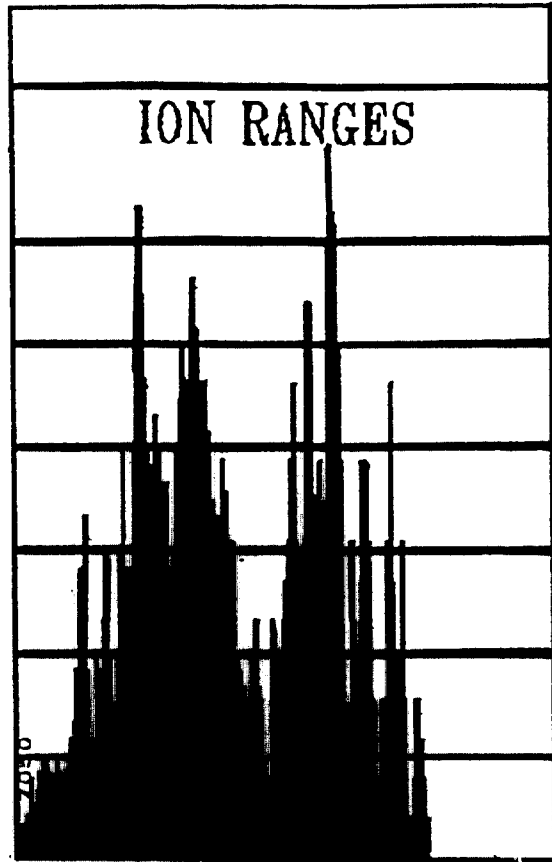


Fig. 12. Simulation profile of N^+ ion distribution after implantation at 5×10^{17} ions/cm² on 7050Al alloy

성을 확인했다는 데 의미가 있다고 생각된다. 또 다른 표면변화를 관찰하기 위해 TEM 분석을 실시한 결과 표면에 침입형 전위 루프로 여겨지는 손상 영역이 존재함을 확인하였다(Photo. 2의 화살표). 이러한 손상 영역은 가속 이온이 정지할 때까지 cascade를 유발하는 도중에 형성된 것으로 보고되어지고 있다.⁶

3.3. Computer simulation

Computer simulation 결과가 Fig. 12에 나타나 있다. Fig. 12는 5×10^{17} ions/cm²의 이온 주입량을 조사한 결과로, 이는 N^+ 이온을 30%, N_2^+ 이온을 70%로 입력하여 각각을 따로 이온 주입을 수행한 후에 두 그림을 합친 것으로, 표면에 가까이 분포하는 모습이 N_2^+ 이온이고 보다 깊은 쪽에 존재하는 것이 N^+ 이온이다. 이는 N^+ 이온의 질량이 N_2^+ 이온의 질량보다 2배 작게 되어 같은 에너지를 받았을 경우 실제적으로 2배의 가속 에너지를 가지게 되므로 더 깊이 침투하는

것이다. 이 그림은 두 과정이 각각 수행되어 합쳐진 그림으로, 두 과정이 실제로는 동시에 수행되는 것으로서 이온 주입시에 cascade가 동시에 일어나므로 Fig. 12에서 보여지는대로 질소가 분포된 구역에서 중간이 움푹 파이는 양상이 일어나지 않고 일정 깊이에서 Gaussian 분포를 지니게 될 것이라 생각된다. 침투깊이 또한 그래프의 X축의 끝을 4500Å으로 하였음을 감안하면 4000Å까지의 Gaussian 분포를 하게 되어 실제로 AES에서 실험한 결과와 잘 일치하고 있다.

그러나 5×10^{15} ions/cm²의 이온 주입을 한 시편에 대해서는 Fig. 13에서 보듯이 질소의 분포가 매우 적어 AlN이 존재치 않았는데, 이 또한 AES의 실험결과와 일치한다. 따라서 본 실험 조건에서는 일정 주입량 (5×10^{15} ions/cm²) 이하에서는 AlN이 존재하지 않음을 알 수 있다.

3.4. 미소경도 측정

Ion Type = N^+ (14amu) + N_2^+ (28amu)
 Ion Energy = 100 KeV
 Ion Angle = 0 degrees
 TARGET LAYER = Al-7050
 Depth = 4500 Å
 Density = 2.800
 Ion Completed = 2 (N^+) + 4 (N_2^+)
 BackScattered Ions = 2
 Translated Ions = 0

	Range	Straggle
Longitudinal	= 2638 Å	313 Å
Lateral	= 497 Å	78 Å
Radial	= 704 Å	112 Å

Vac./ Ion = 390.0

ENERGY LOSS (%)	IONS	RECOILS
Ionization	71.51	5.54
Vacancies	0.09	0.50
Phonons	0.87	21.50

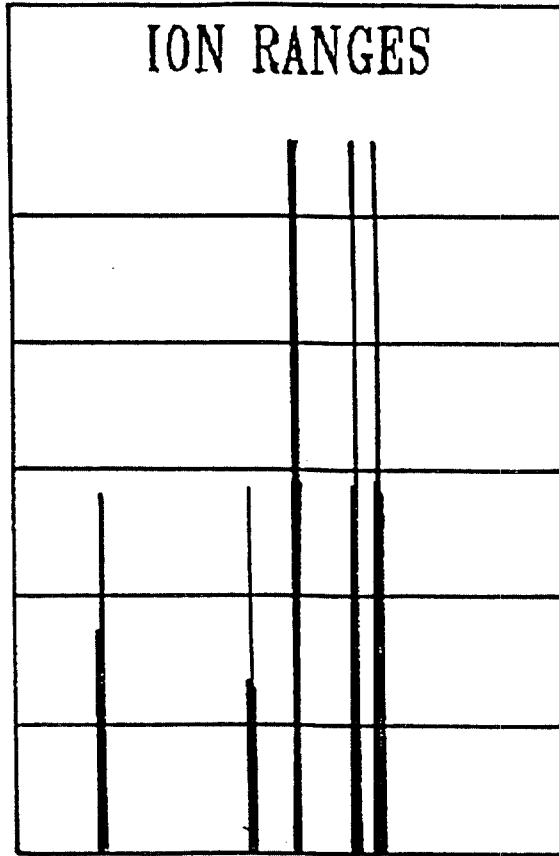


Fig. 13. Simulation profile of N^+ ion distribution after implantation at 5×10^{15} ions/cm² on 7050A1 alloy

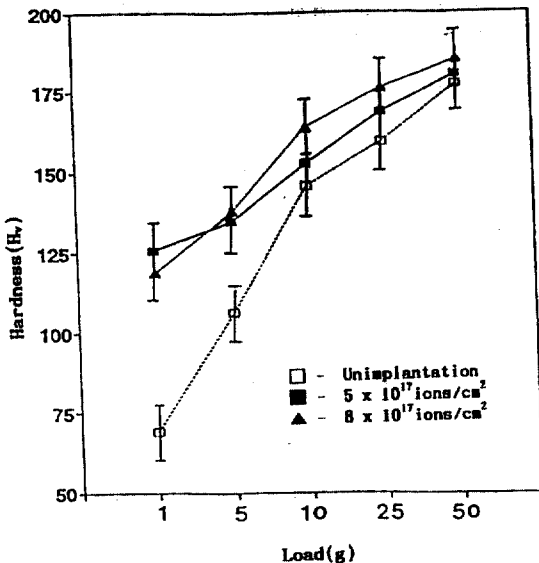


Fig. 14. Hardness values under different applied loads.

N^+ 이온을 주입한 시편과 주입시키지 않은 시편의 부과하중에 따른 표면 미소경도를 Fig. 14에 나타내었다. 1g과 5g의 저하 중에서는 측정오차의 범위를 넘어서는 이온 주입에 의한 미소 경도의 증가를 보였으나 10g, 25g, 50g 등 고하중으로 갈수록 경도값의 차이는 작아졌다. 이는 보다 큰 하중에서 indenter가 극 표면에서의 AlN 형성층과 손상영역을 통과하여 경도값이 모재의 값으로 측정되었기 때문이라 생각된다. 이는 앞에서 살펴본 바와 같이 AlN의 층이 약 4000Å이므로 하중이 50g일 경우에 indenter의 깊이 1μm에 비해 무척 작기 때문이다.

4. 결론

7050A1 합금의 표면에 질소이온을 주입하여 표면미세구조를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 질소이온 주입을 행하면 표면에 AlN층이 극 표

면에서부터 4000Å 깊이 사이에 Gasussian 분포로 형성되어진다.

2. 일정량(5×10^{17} ions/cm²) 이상의 주입량이 되어야 AlN이 형성되며 질소 이온침투깊이는 이온의 양에 관계없이 가속 이온에너지에 관한 함수였다.
3. 표면에서부터 일정 깊이 damage 영역이 존재함을 알 수 있었다.
4. 질소이온 주입한 시편의 미소경도측정 결과 극표면에 제 2 상의 형성(AlN)과 손상영역에 의해 저하중에서 경도값의 향상을 나타내었다.

5. 참고문헌

1. G. Dearnaley, *Nucl. Inst. Meth.*, **24/25**, 506(1987).
2. H. Herman, *Nucl. Inst. Meth.*, **182/183**, 887(1981).
3. G. Dearnaley and N. E. W. Hartley, *Thin Solid Films*, **54**, 215(1987).
4. C. M. Preece and J. K. Hirvonen, "Ion Implantation Metallurgy", AIME 1980.
5. G. Carter and J. S. Colligon, "Application of Ion Beam to Materials", London 1976.
6. H. Ryssed and I. Ruge, "Ion Implantation", John Wiley and Sons U. S. A. 1986.
7. G. Catter and J. S. Colligon, "Ion Bombardment of Solids", American Elsevier Publishing Co., 204, N. Y. U. S. A. 1968.
8. A. N. Dideuko and A. I. Rjabchikov, *Mater. Sci. Eng.*, **115**, 337(1989).
9. K. Saito, *J. Met. Finish. Soc. of Japan*, **39**, 17(1988).
10. A. Ali, W. A. Grant and P. J. Grundy, *Radiat. Eff.*, **34**, 215(1977).
11. A. W. Sleeswyk, H. J. G. Kok and G. Boom, *Scripta Metall.*, **14**, 919(1980).
12. N. Moncoffre, *Mater. Sci. and Eng.*, **90**, 99(1987).
13. P. N. Adler and R. J. DeIasi, *Met. Trans*, **8A**, 1177(1977).
14. S. Ohira and M. Iwaki, *Nucl. Inst. Meth in Physics Research*, **B19/20**, 162(1987).