

AES/SAM을 이용한 표면분석

한승희 · 김해동

한국과학기술연구원 특성분석센터

1. 서 론

흔히 표면분석에서 의미하는 표면이란 엄밀한 의미로 외계와의 경계로부터 수십 Angstrom까지를 의미하는데, 이 부분만을 선택적으로 분석할 수 있는 표면 분석 기술은 날로 소형화, 고집적화해 가는 첨단 소재를 비롯한 재료의 거의 모든 분야의 연구에 없어서는 안 될 중요한 위치를 차지하고 있다. 이러한 표면분석 방법은 사용되어지는 incident particle과 측정되는 detected particle의 종류에 따라 Table 1에서와 같이 분류되어질 수 있는데, 특히 수백 Angstrom 크기로 집중된 전자 빔을 재료의 표면에 입사시켜 방출되는

Auger 전자의 에너지를 측정하여 재료 표면을 구성하고 있는 원소의 종류 및 양을 분석해 내는 AES/SAM(Auger Electron Spectroscopy 오제이 전자현미경/Scanning Auger Microscopy 주사형 오제이 전자현미경)은 XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy), SIMS(Secondary Ion Mass Spectroscopy)와 더불어 표면분석의 3대 주기종이라 불릴 정도로 널리 사용되고 있는 표면분석 장비이다.

AES/SAM에서 재료의 표면에 입사된 전자는 재료를 구성하고 있는 원자들을 이온화 및 여기시키면서 에너지를 잃고 멈추게 되는데, 이 과정에서 형성되는 excitation volume은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 직경

Table 1. Surface Analysis Techniques.

		Incident Radiation			
		Electrons	Ions	Neutrals	Photons / X-rays
Detected Radition	Electrons	AES	INS		UPS
		APS			XPS
		EELS			
		ILS			
		HREELS			
	Ions	ESD	ISS	FABMS	LAMMA
		ESDIAD	MEIS		LIMA
			RBS		
			SIMS		
			NICISS		
	Neutrals		SNMS		
			(SALI SARISA)		
	Photons / X-ray	EPMA	PIXE		EXAFS
					S-EXAFS
					XRF

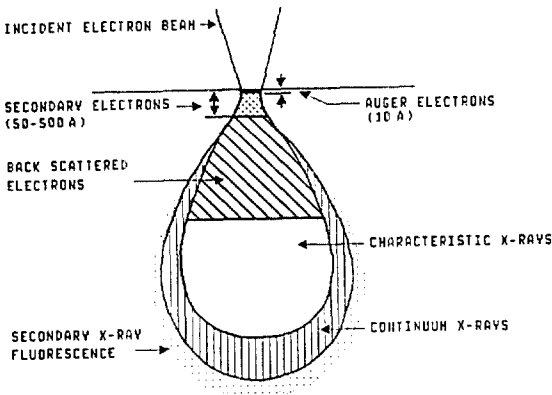


Fig. 1. Interaction of incident electron beam with a solid surface

1~2 μm에 달하게 되며 그 안에서는 Auger 전자를 포함한 2차 전자 및 X-ray가 발생하게 된다. 투과거리가 긴 X-ray의 경우, 표면 이하 깊은 곳에서 발생해도 초기의 에너지를 잃지 않고 표면 밖으로 나올 수 있지만 3000 eV 이하의 에너지를 갖는 대부분의 Auger 전자를 비롯한 전자의 경우는 Fig. 2에서² 알 수 있듯이 약 10 단원자층 이하의 투과거리(inelastic mean free path) 때문에 표면 가까에서 발생하는 것만 초기의 에너지를 보유한 채 표면 밖으로 나올 수 있게 된다. 바로 이러한 특성이 AES/SAM의 표면선택성(surface selectivity)이라 할 수 있다.

2. AES/SAM의 원리

Auger 전자의 생성 원리는 Fig. 3에 도식적으로 보

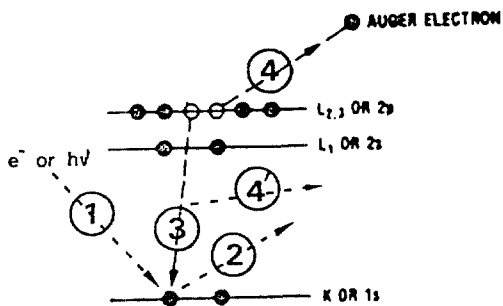


Fig. 3. Energy level diagram of Auger electron and photo electron emission

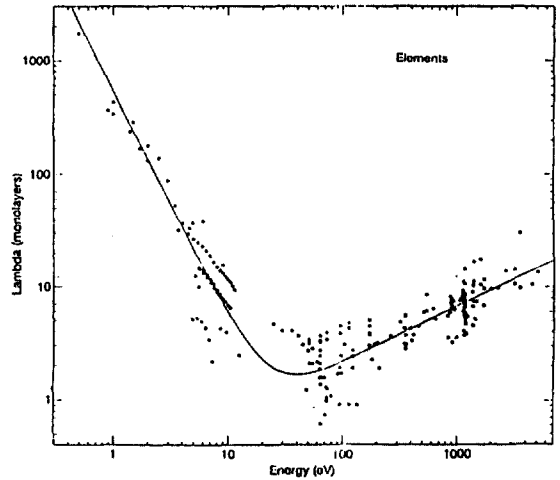
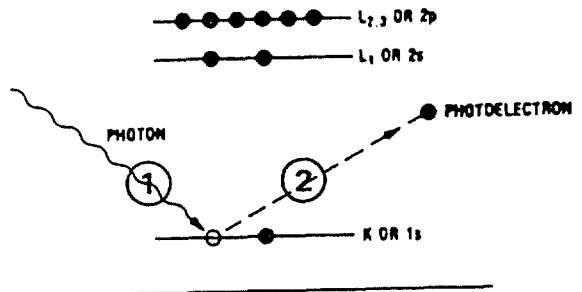


Fig. 2. Experimental measurements of electron escape depth

여준 바와 같이 전자빔이나 X-ray를 이용, 원자의 하부각 전자를 쳐내면 hole이 생성되고(과정 ①, ②), 이 hole은 보다 상부각에 위치한 전자가 내려오면서 채워지게 된다(과정 ③). 이 과정에서 야기되는 binding 에너지의 차이는 X-ray로 방출되거나(X-ray Fluorescence, 과정 ④) 아니면 다른 전자를 방출함으로써(Auger 전자 방출, 과정 ④) 해소되게 되는데, 2 keV 이하의 binding 에너지를 갖는 얇은 전자각에서 발생되는 hole은 Fig. 4에서¹ 보는 바와 같이 Auger 전자의 방출에 의한 전이가 지배적인 것을 알 수 있다.

이러한 Auger 전자의 kinetic 에너지는 전이(transition)에 관계하는 전자각의 binding 에너지들에 의



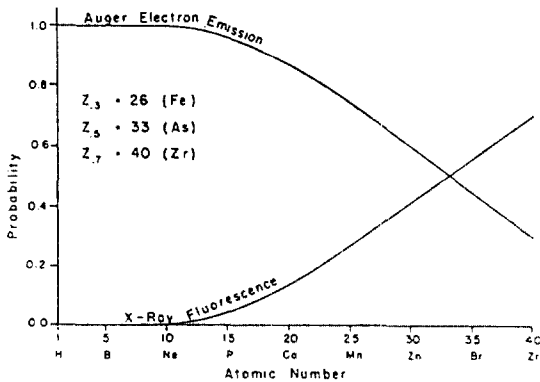


Fig. 4. Relative probabilities of relaxation by emission of an Auger electron and by emission of an X-ray photon following creation of a core hole in the K-shell

해 다음과 같은 식으로 주어진다.

$$E_{\text{Auger, XYZ}} = BE(x) - BE(y) - BE(z) - \phi_s$$

위 식에서 $E_{\text{Auger, XYZ}}$ 는 XYZ 전이에 의해 발생하는 Auger 전자의 kinetic energy를 의미하고, $BE(x)$, $BE(y)$, $BE(z)$ 는 각각 X, Y, Z각의 binding 에너지를, ϕ_s 는 spectrometer의 work function을 의미한다. 이와 같이 binding 에너지에 의해 결정되는 Auger 전자의 에너지는 Fig. 5에서³ 보는 바와 같이 원소마다 고유하므로 이를 이용하여 재료의 구성원소를 구분해 낼 수 있게 된다.

Li부터 S까지의 낮은 원자번호의 원소에서는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 K각 ionization에 의한 KLL Auger series가 특징적으로 나타나게 되는데, 원자번호가 커질수록 Auger electron의 에너지도 증가함을 알 수 있다. 이는 K각의 binding energy가 원자번호가 커질수록 증가함을 나타내는데, S 이상의 원소에서는 K각 ionization은 어렵게 된다.

Sc부터 Cu까지의 3d transition 원소에서 특징적으로 나타나는 것은 LMM triplet이라 부르는 $L_3M_{23}M_{23}$, $L_3M_{23}V$, L_{VV} 의 세 peak로 Fig. 7에서와 같이 Sc의 경우에는 $L_3M_{23}M_{23}$ peak가 가장 크지만 3d각이 점점 채워짐에 따라 L_{VV} peak가 점차 커져 다 채워진 Cu에 이르러서는 L_{VV} peak가 가장 크게 나타남을 알 수 있

다.

또 하나의 특성 Auger series로는 Rh부터 Sn까지의 4d transition 원소에서 나타나는 M_4 와 M_5 각의 에너지 차이에서 비롯되는 MNN doublet인데, Fig. 8에서와 같이 Rh에서는 거의 분리가 안 되는 반면 Sn에서는 약 7 eV의 간격을 갖는 것을 알 수 있는데, 이는 원자번호가 커질수록 M_4 각과 M_5 각의 에너지 차이가 커짐에서 비롯된다.

3. AES/SAM의 구조

AES/SAM 장치는 Fig. 9에서 보는 바와 같이 4 부분, 즉 primary beam으로 사용되는 electron gun, sample에서 방출되는 전자의 energy spectrum을 측정하는 electron energy analyser, sample의 표면 cleaning이나 depth profiling을 위한 ion gun 및 sample manipulator로 나눌 수 있는데, 이들은 분석 중 sample 표면의 오염 방지 및 작동을 위해 10^{-8} Torr 이하의 진공 chamber 속에 장착되어 있다. 이러한 UHV(ultra high vacuum)의 요구는 10^{-6} Torr에서 단원자층 형성시간이 수 초임을 고려할 때 표면분석 장치에서의 필수 조건이라 할 수 있다.

AES/SAM의 가장 큰 장점은 집속이 가능한 전자 빔을 사용, 표면의 작은 부분만을 선택적으로 볼 수 있는 점인데, electron source 역시 이를 향상시키려는 쪽으로 발전하여 왔다. 즉, 초기의 electron gun에 사용되던 W filament의 경우 작전자 밀도가 10^4 A/cm²sr에 불과하였으나 10^6 A/cm²sr의 LaB₆ source를 거쳐 최근에는 보다 밝은 field emission source를 사용하여 10^7 A/cm²sr을 얻을 수 있는데, 이러한 high brightness electron source의 요구는 전자 빔의 크기가 바로 spatial resolution을 결정한다는 점에서 점차 소형화, 고집적화해 가는 첨단 재료 분야 연구에 필수적이라 하겠다.

표면에서 방출되는 전자의 에너지를 측정하는 analyser는 CMA(cylindrical mirror analyser)^{4,5}와 SSA(spherical sector analyser, CHA(Concentric hemispherical analyser)라고도 부름)^{6,7}의 두 가지로 나눌 수 있다.

CMA의 경우 Fig. 10에서 보는 바와 같이 두 개의 cylinder로 된 안쪽에 electron gun이 위치하고 sample

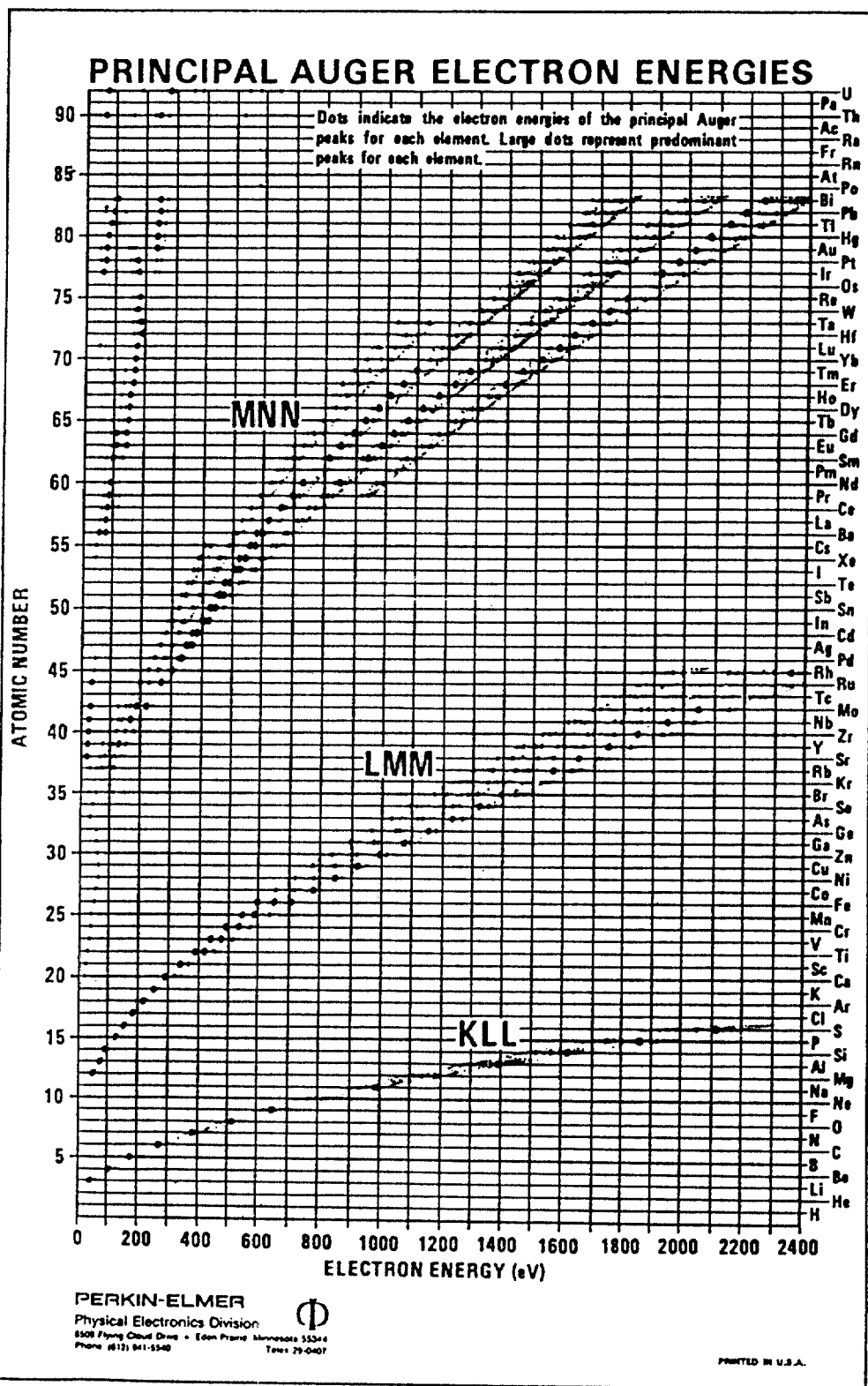


Fig. 5. Principal Auger electron energies

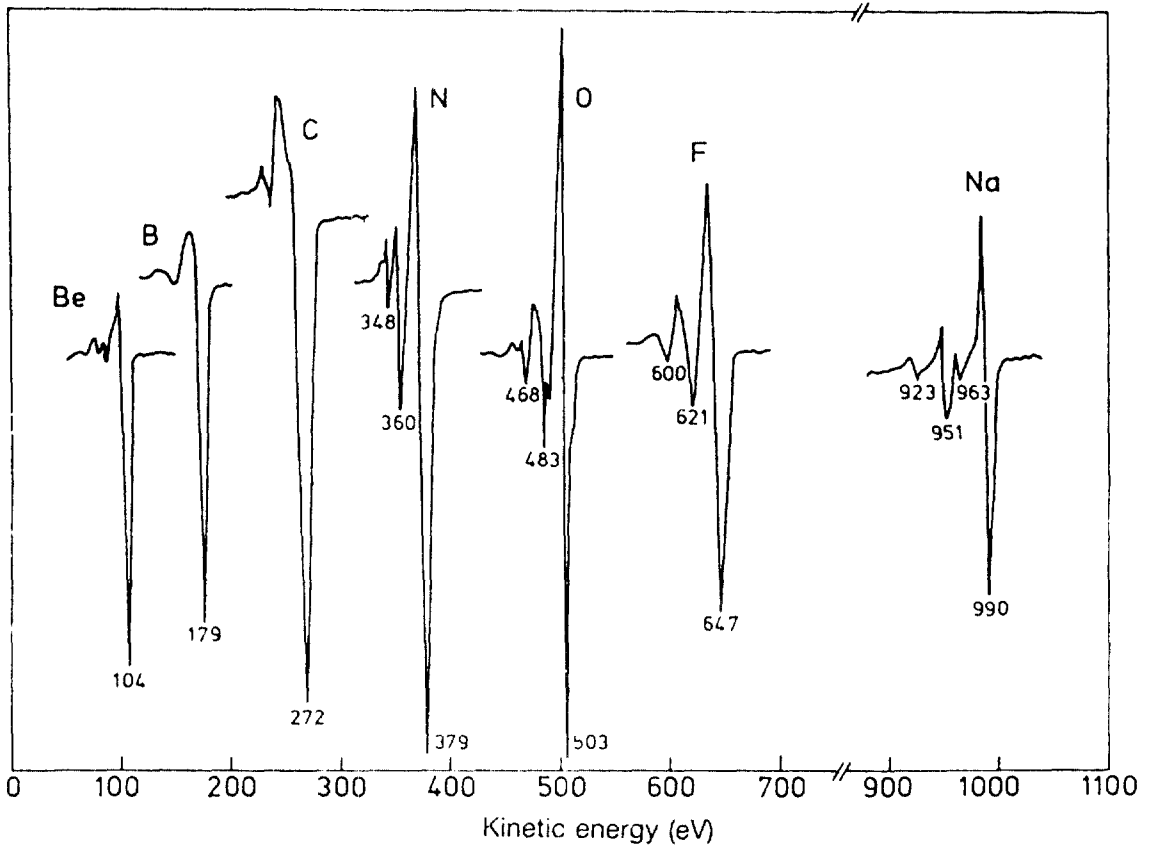


Fig. 6. KLL Auger series of light elements from Be to Na

에서 방출되는 전자는 내측 cylinder의 grid를 통해 analyser 안으로 들어와 외측 cylinder에 인가된 negative potential에 의해 굽어져서 electron multiplier에 측정된다. 이 경우, 전자의 에너지 E_0 와 외측 cylinder에 인가되는 전압 $-V$, 내외측 cylinder의 반경 r_1, r_2 사이에는 다음 식이 성립된다.

$$\frac{E_0}{eV} = \frac{1.31}{\ln(r_2/r_1)}$$

따라서, 외측 cylinder의 전압 $-V$ 를 바꿔 줌으로써 전자의 energy spectrum을 얻을 수 있는데, 이러한 CMA의 특징으로는 retarding field를 사용하지 않을 경우, 일정 $\Delta E/E$ mode로 작동되고 $n(E)$ 가 아닌 $E \cdot n(E)$ spectrum을 얻게 된다. 또한, 2차 focusing

장치가므로 sample의 위치에 민감한 반면 acceptance angle이 크고 topographical asymmetry가 없다는 점을 들 수 있는데, 대부분의 AES/SAM에서는 이러한 CMA가 주로 사용되어지고 있다.

SSA의 경우 Fig. 11에서와 같이 반구를 두 개 있어 놓은 형태로 CMA와 마찬가지로 내외측 반구의 전압 차에 의해 다음과 같은 식이 성립되고 전압을 변화시킴으로써 전자의 energy spectrum을 얻을 수 있다.

$$e\Delta V = E \left(\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_1}{R_2} \right)$$

이러한 SSA의 특징은 대부분의 경우 retarding field를 사용하여 일정 ΔE mode로 작동되고 $n(E)$ spectrum을 얻게 된다. 또한, 많은 경우 analyser 앞쪽

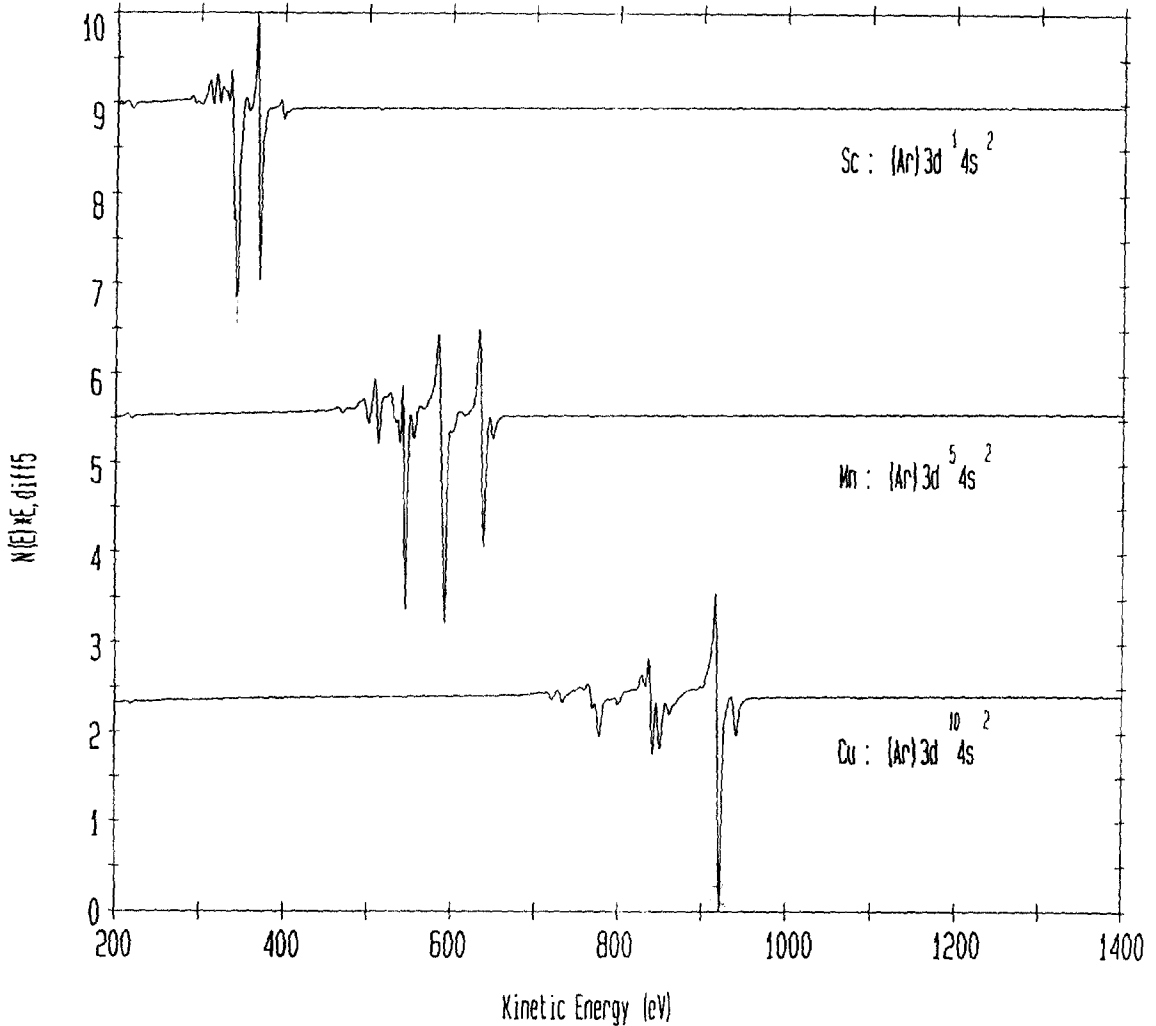


Fig. 7. LMM triplet Auger spectra of 3d transition elements from Sc to Cu

에 lens system이 부착되어 있어 sample의 위치에 민감하지 않고 또한 retarding field를 변화시켜 pass energy를 줄임으로써 high energy resolution을 얻을 수 있으므로 대부분의 XPS system에서 채용되어지고 있다.

Fig. 12는 Perkin-Elmer model Φ -670의 핵심부분인 CMA 부분을 나타낸 것으로 Schottky field emission⁸을 이용한 electron gun과 multi-channel detector를 채용한 CMA를 사용하고 있다.

AES/SAM의 spatial(lateral) resolution을 결정하는 electron beam의 크기는 voltage와 current에 따라

다른데, Φ -670의 경우, Fig. 13에서 보는 바와 같이 20 kV, 1 nA에서 150 Å 이하의 작은 beam을 얻을 수 있다.

4. AES/SAM을 이용한 표면 분석

AES/SAM을 이용한 표면분석에는 SEM 표면관찰, 원소의 정성 및 정량 분석, ion beam을 이용한 depth profiling, 재료구성 원소의 화학적 상태 분석 등을 들 수 있다.

표면구성 원소의 정성 분석에는 Auger peak의 위치

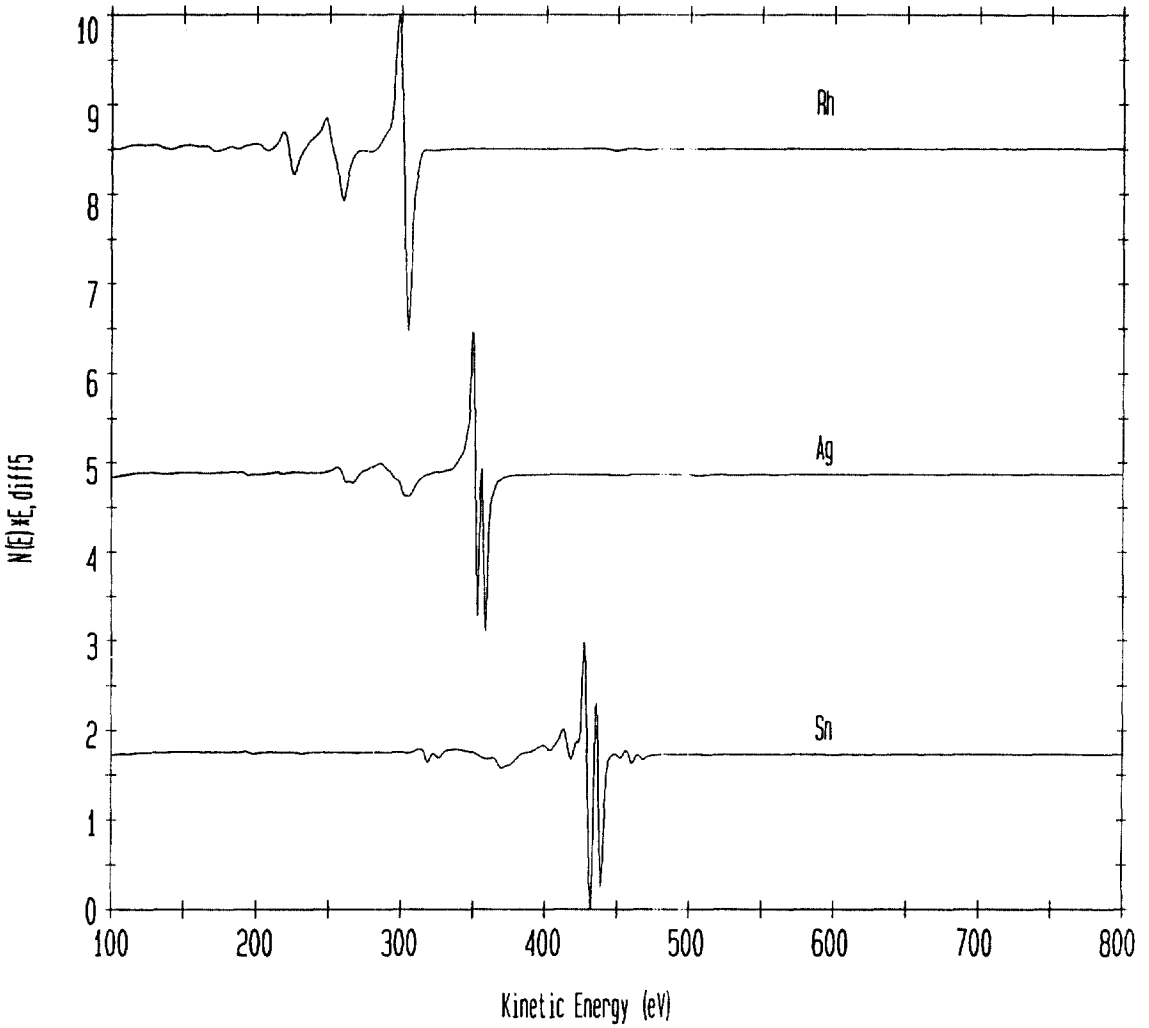


Fig. 8. MNN doublet Auger spectra of 4d transition elements from Rh to Sn

가 이용되는데, Fig. 14(a)에서 보는 바와 같은 $E \cdot n(E)$ spectrum을 에너지에 대해 미분한 Fig. 14(b)를 사용하는 경우가 보편적이다. 이는 Auger spectrum의 특징인 background를 제거함으로써 $E \cdot n(E)$ spectrum에서는 분명치 않던 Auger peak가 보다 분명해지기 때문이다.

원소의 정량분석에는 다음과 같은 식이 이용될 수 있는데, sample M의 구성원소 i로부터의 Auger electron current, I_i 는

위 식에서 I_b 는 입사되는 electron beam의 current, σ_i 는 원소 i의 ionization cross section, r_M 은 sample M의 backscattering factor, γ 는 Auger 전이 확률, T는 spectrometer의 transmission 효율, D는 spectrometer의 detection 효율, $N_i(z)$ 는 깊이 z에서의 원소 i의 number density, λ_M 은 sample M에서의 전자의 inelastic mean free path를 의미한다. 같은 spectrometer 특성 (T와 D)를 갖는 경우,

$$I_i = I_b \sigma_i (1+r_M) \gamma T D \int N_i(z) \exp\left(-\frac{z}{\lambda_M}\right) dz$$

$$N_i = \frac{1+r_{i0}}{1+r_M} \frac{\lambda_{i0}}{\lambda_M} N_{i0} \frac{I_i}{I_{i0}} = M \frac{I_i}{I_{i0}}$$

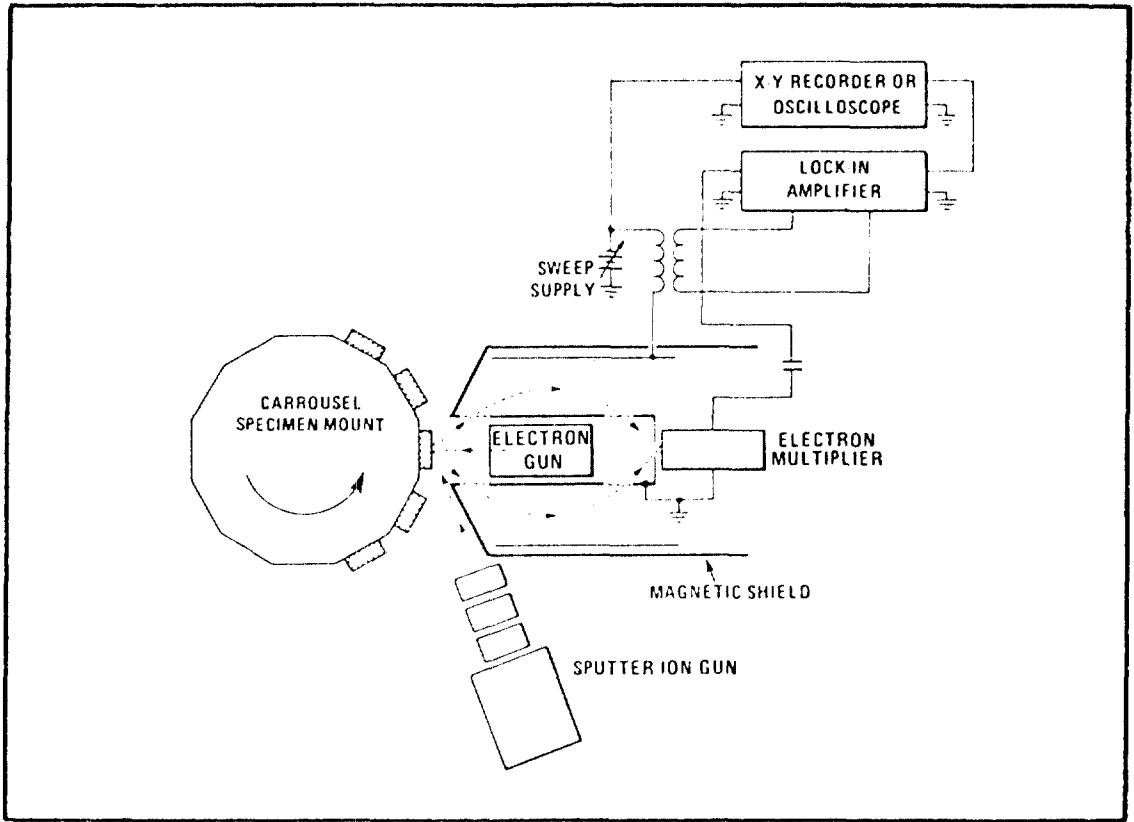


Fig. 9. Schematic of the experimental arrangement for obtaining Auger spectra

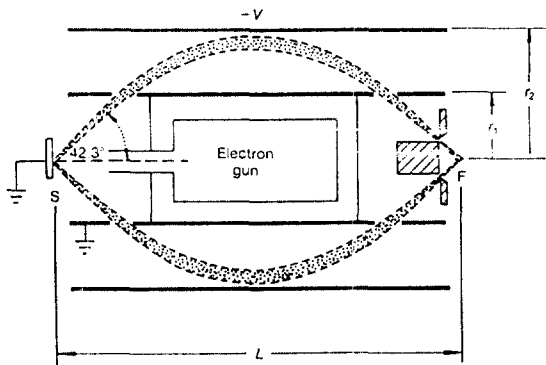


Fig. 10. Schematic diagram of CMA (Cylindrical Mirror Analyser)

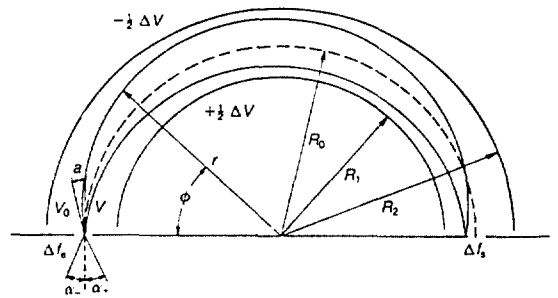


Fig. 11. Schematic diagram of SSA (Spherical Sector Analyser)

로 표시할 수 있는데, 이 식에서 r_{i0} , λ_{i0} , N_{i0} 등은 순수한 재료 i 에 대한 값을 의미한다. 위 식에서 M 은 sample에 따른 target factor 혹은 matrix factor로 불

려지는데, 대부분의 경우 M 을 정확히 구하는 것은 불가능하므로 실제적인 정량분석에는 Fig. 15에서와 같은 순수 element의 relative sensitivity factor³를 이

용한다. 즉,

$$X_A = \frac{P_A / S_A}{\sum_i (P_i S_i)} \times 100$$

위 식에서 X_A 는 원소 A의 atomic %, P_i 는 미분 spectrum에서의 원소 i의 peak-to-peak 크기, S_i 는 원소 i의 elemental sensitivity factor를 의미하는데, 위에 언급한 matrix factor 외에 표면 형상이나 chemical effect 등의 영향 때문에 AES를 이용한 정량 분석의 오차는 $\pm 10\%$ 정도가 된다.

AES/SAM을 이용하여 분석해 낼 수 있는 원소의 detection limit은 원소의 sensitivity factor에 따라 차이가 있으나 대략적으로 0.1~1% 정도가 된다.

Ion beam을 이용하여 표면을 sputtering시켜 가며 깊이 방향의 조성 분포를 조사하는 depth profiling의 경우, AES의 sampling depth와 ion beam에 의한 mixing 및 표면 roughness 때문에 3 kV의 Ar beam을 사용하는 경우 약 100 Å, 1 kV의 경우 약 40 Å 정도의 depth resolution을 얻을 수 있다. Fig. 16은 이러한

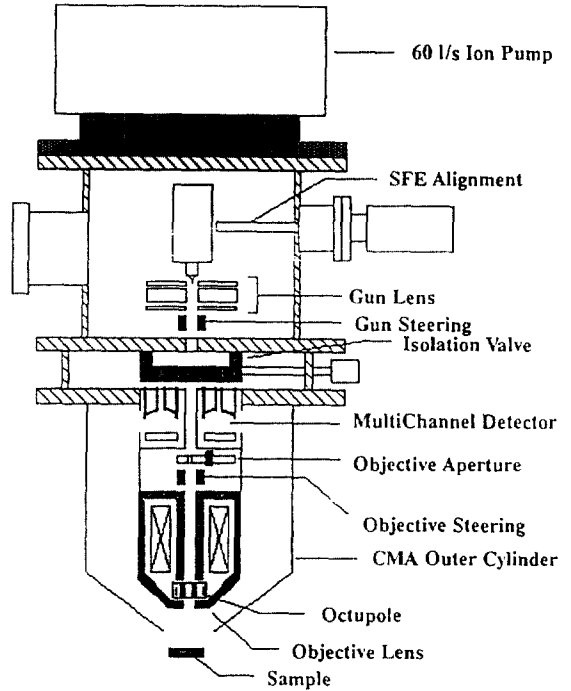


Fig. 12. Schematic cross section of the field emission Auger analyser of Perkin-Elmer φ-670 scanning Auger Nanoprobe

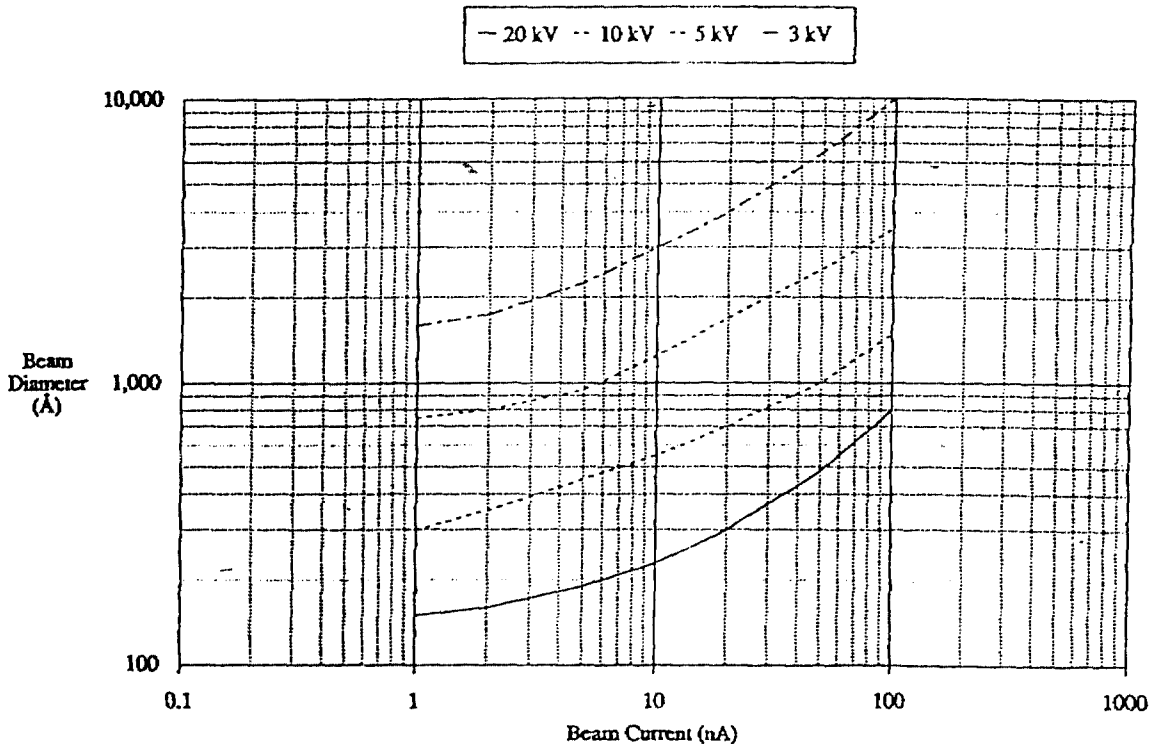


Fig. 13. Electron beam diameter vs. beam voltage and beam current of Perkin-Elmer φ-670 Auger Nanoprobe

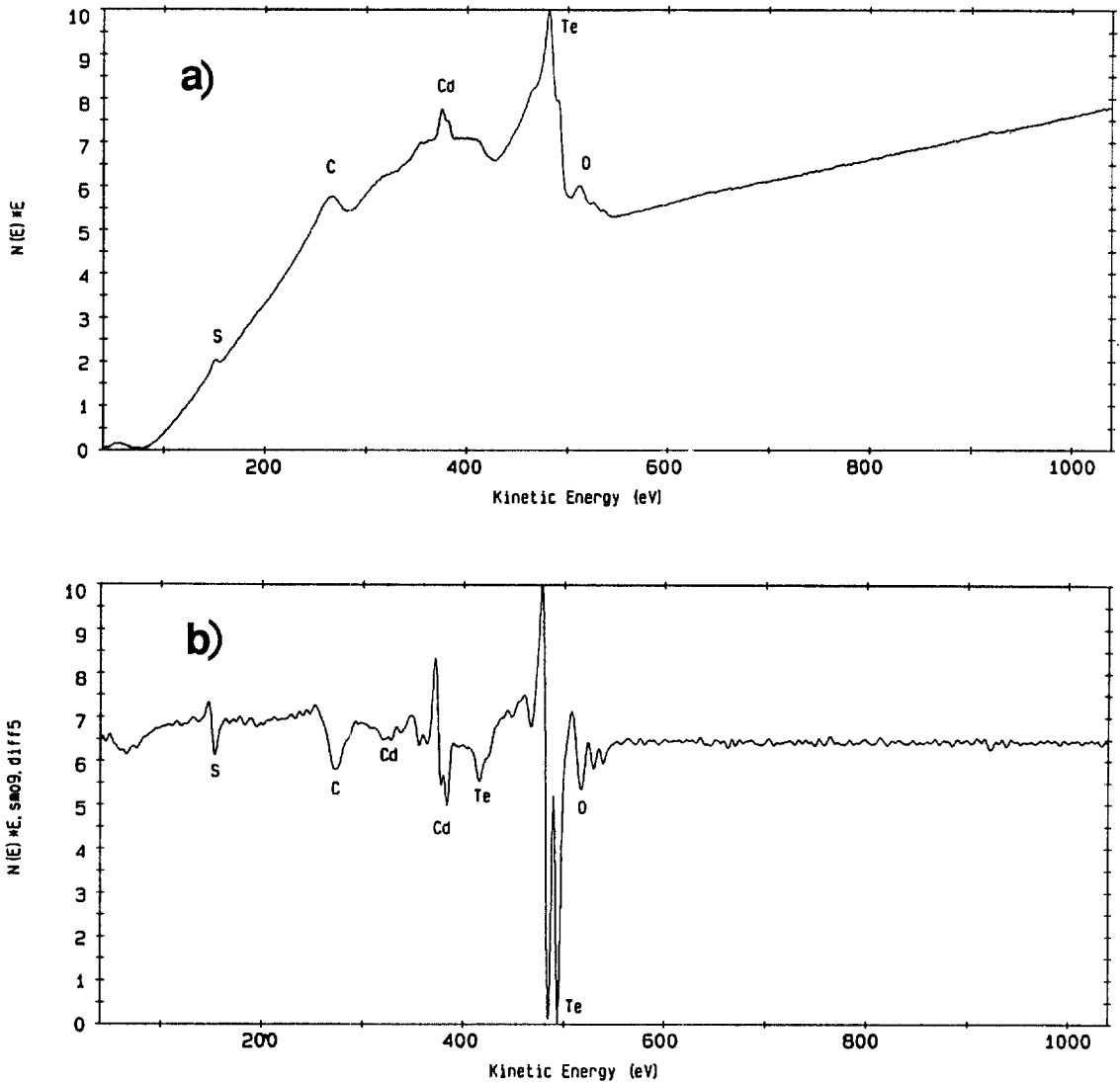


Fig. 14. (a) Undifferentiated Auger spectrum using CMA
 (b) Differentiated Auger spectrum of the above spectrum

AES depth-profiling 과정을 이온-고체 상호작용 Monte Carlo program인 TAMIX^{10,11}를 이용하여 simulation한 결과로 5 kV의 Ar beam을 이용할 경우 150 Å 이상의 depth resolution을 얻을 수 없음을 보여 주고 있다.

전자 빔을 이용하는 AES/SAM 분석은 sample의 전기전도성이 필수적으로 요구되는데, bulk 부도체를 제외하고는 분석이 가능하다.

XPS나 SIMS와 마찬가지로 sample의 표면을 분석하는 AES/SAM은 sample의 준비나 취급이 매우 중요한데, phase 분석을 위한 금속 시편의 경우 마지막 단계의 polishing 후 acetone으로 초음파 세척하여 오염물질 등을 제거한 후 alcohol과 증류수의 순서로 rinse하여 깨끗한 용기에 보관하는 것이 가장 좋다. 또한 polishing시 사용한 mount 재료는 UHV에 장입할 수 없으므로 반드시 제거하여야 한다.

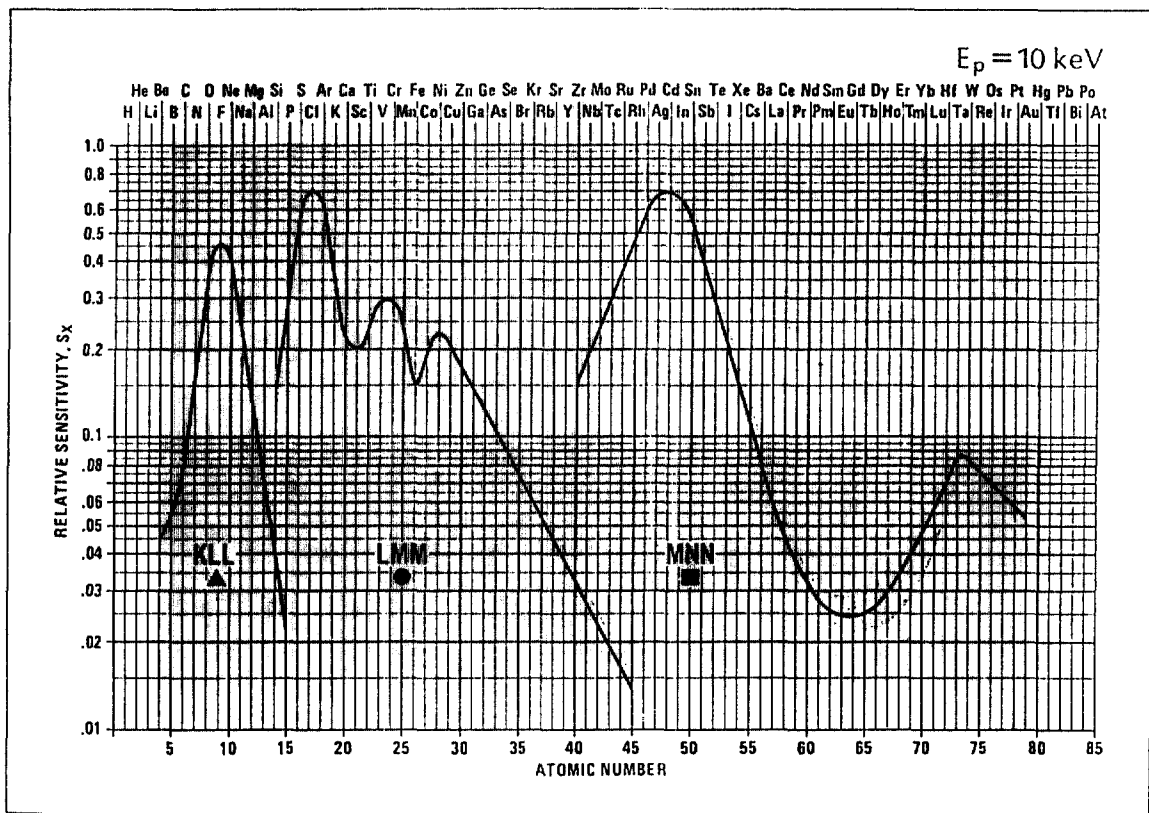


Fig. 15. Relative Auger sensitivities of elements with 10 kV electron beam

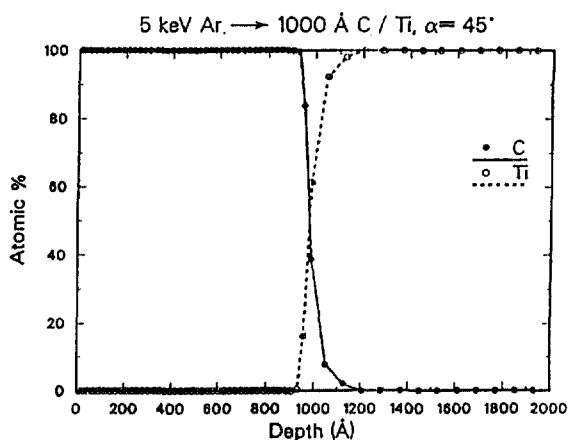


Fig. 16. Simulation of Auger depth profiling with 5 kV Ar beam at 45° of 1000 Å carbon film on Ti substrate

Depth-profiling sample은 표면의 roughness가 depth resolution을 크게 좌우하므로 가능한 한 smooth한 sample로 준비하여야 한다.

5. AES/SAM을 이용한 표면 분석의 예

In을 doping한 HgCdTe wafer에서 In의 분포를 알아보기 위하여 AES 분석을 하였다. Fig. 17은 wafer 표면의 한 부분으로 표면의 C, O를 제거하기 위하여 sputter cleaning한 후 4 point에 대하여 survey scan을 한 결과 Fig. 18과 같은 Auger spectrum을 얻었는데, area 1을 제외하고는 404 eV에서 peak를 갖는 In을 발견할 수 없었다. 또한 Cd이나 Te의 양에도 차이를 나타냈는데, 공간적인 원소의 분포를 알아보기 위해 In, Cd, Te에 대해 mapping을 한 결과 Fig. 19와 같은

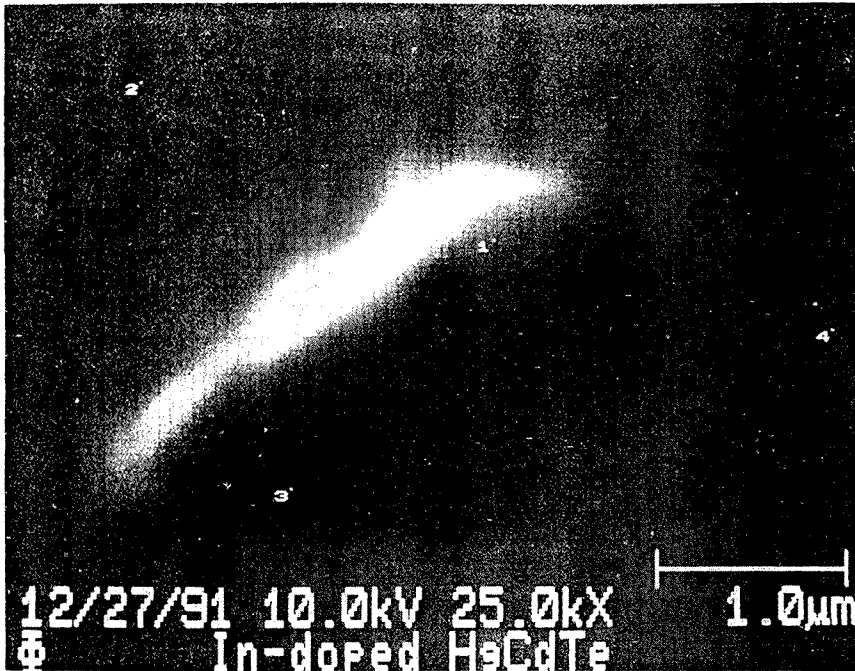


Fig. 17. SEM photograph of In-doped HgCdTe wafer surface

분포를 보였는데, In은 수천 Å 정도 크기의 In complex를 이루고 Cd와 Te 또한 In 주위에서 불균일한 분포를 나타냄을 알 수 있었다.

Fig. 20은 Aluminum에 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ 의 N을 100 keV로 이온주입한 후 N의 깊이 방향 분포를 알아보기 위하여 3 keV Ar beam으로 표면을 sputtering시켜 가며 Auger 분석을 한 depth-profiling 결과로 O는 표면 부근에만 존재하는 반면 N은 이온주입의 전형인 Gaussian 분포를 갖고 있음을 알 수 있다. 한편, 각 깊이(sputter cycle)에서의 C, O, N, Al의 spectrum을 나타낸 Fig. 21에서 보듯이 Al의 경우 깊이에 따라 peak의 위치 및 모양이 다름을 알 수 있는데, 이는 Al의 chemical state가 깊이에 따라 다름을 의미한다. 즉, 표면 부근의 O가 많은 부분에서는 oxide가 형성되어 있고 보다 깊은 곳의 N이 많은 부분에서는 nitride가, 가장 깊은 곳에는 elemental Al이 존재함을 알 수 있다. 이와 같이 chemical state에 따른 Auger peak의 위치 및 모양이 다른 경우 principal component analysis(PCA)^{12,13}를 이용하여 spectrum 분리 및 noise 제

거를 할 수 있는데, Fig. 22는 이와 같은 spectrum analysis 후의 정량분석 결과를 보여 주고 있다. 한 가지 특기할 사항은 oxide층과 nitride층 사이에서의 elemental Al의 존재로, 이는 그곳에서 O와 N의 양이 적은 사실과 일치함을 알 수 있다.

Depth-profiling에서 sample이 깎여 나가는 sputtering 속도는 SiO_2 standard sample의 sputtering 속도와 sputtering yield, number density로부터 semiempirical한 방법으로 구할 수 있는데, sputtering yield를 구하기 위해서는 이온-고체 상호작용 simulation code인 TAMIX^{10,11}가 이용되었다. 즉, AlN의 sputtering 속도는

$$v(\text{AlN}) = v(\text{SiO}_2) \times \frac{S(\text{AlN}) / N(\text{AlN})}{S(\text{SiO}_2) / N(\text{SiO}_2)}$$

위 식에서 v 는 sputtering 속도, S 는 sputtering yield, N 은 atomic density를 의미한다. $v(\text{SiO}_2)$ 의 측정치는 $160 \text{ \AA} / \text{min}$ 이고 simulation 결과 $S(\text{AlN}) = 4.64$, S

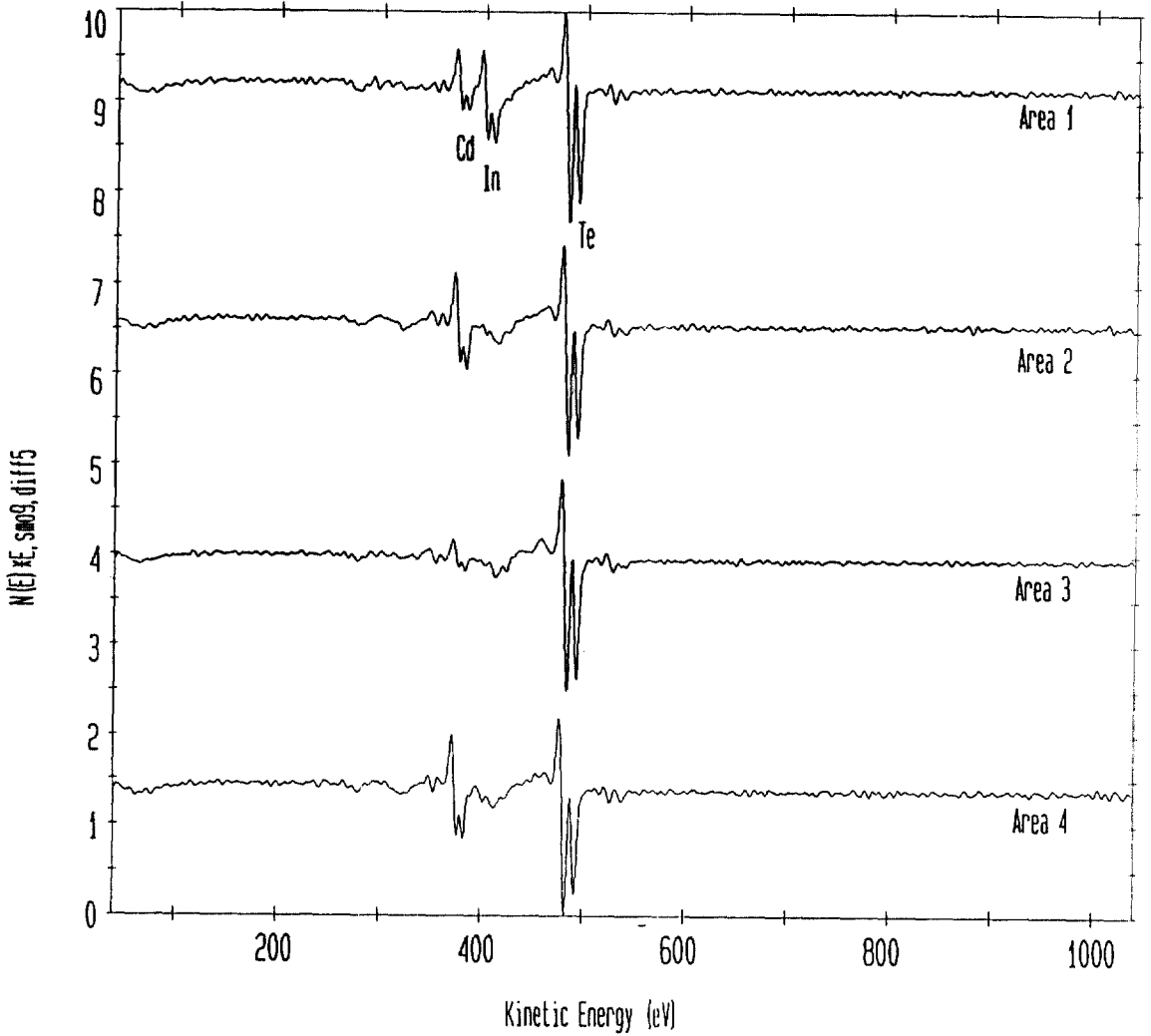


Fig. 18. Auger spectra for 4 points on Fig. 17

$(\text{SiO}_2) = 3.28$ 이고 $N(\text{AlN}) = 9.58 \times 10^{22} / \text{cm}^3$, $N(\text{SiO}_2) = 7.22 \times 10^{22} / \text{cm}^3$ 이므로 $v(\text{AlN})$ 은 약 $170 \text{ \AA} / \text{min}$ 정도임을 알 수 있다. 또한 순수 Al의 경우, $S(\text{Al}) = 4.09$, $N(\text{Al}) = 6.02 \times 10^{22} / \text{cm}^3$ 이므로 $v(\text{Al})$ 은 약 $240 \text{ \AA} / \text{min}$ 이 된다. 따라서 N 분포의 최고점인 10분에 해당하는 깊이는 약 2000 \AA 정도가 됨을 알 수 있다.

Fig. 23은 $190 \text{ \AA} \text{ Si} / 4(420 \text{ \AA} \text{ Co} / 380 \text{ \AA} \text{ Si}) / 420 \text{ \AA} \text{ Co} / 190 \text{ \AA} \text{ Si} / \text{Si substrate}$ 구조의 다층 박막을 2 kV Ar beam을 이용하여 depth-profile한 결과로 sputtering으로 인한 roughness 때문에 깊이가 깊어질수록

depth resolution이 떨어짐을 알 수 있다. Fig. 24는 depth profile 후 crater 주위의 SEM 사진으로, 왼쪽은 박막 표면, 오른쪽은 Si 기판을 보여 주고 있다. Fig. 25는 이 부분에 대한 Si와 Co의 line scan 결과로 depth profile과 일치하는 다층박막 구조를 보여 주고 있음을 알 수 있다.

이러한 depth-profiling으로 sputtering해 들어갈 수 있는 sample의 깊이는 보통 $1 \mu\text{m}$ 이하로 보다 깊은 곳에서의 분석이 요구될 경우는 sample의 cross section을 line scan하는 방법이 이용된다.

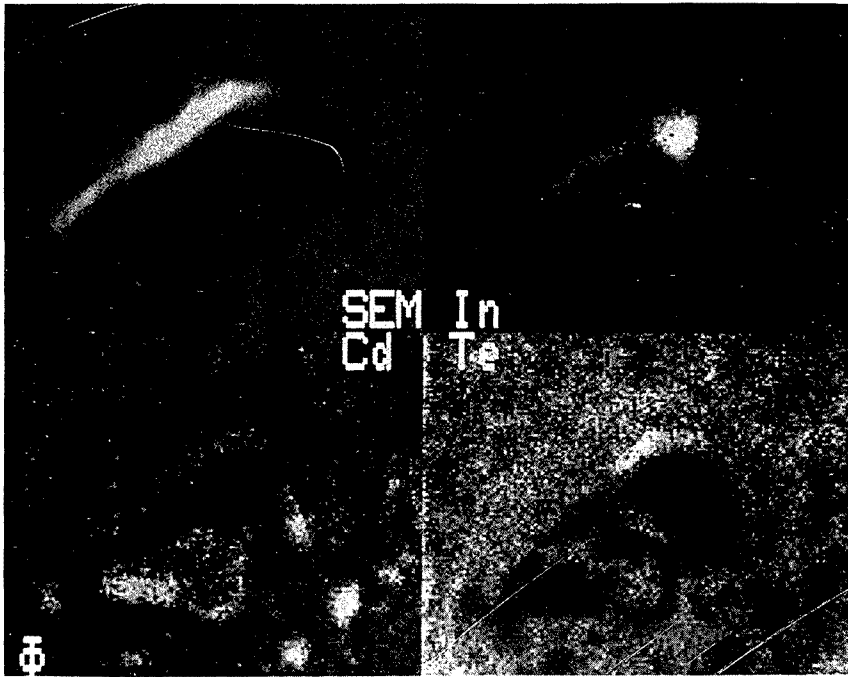


Fig. 19. SEM photograph shown with In, Cd, Te elemental mapping

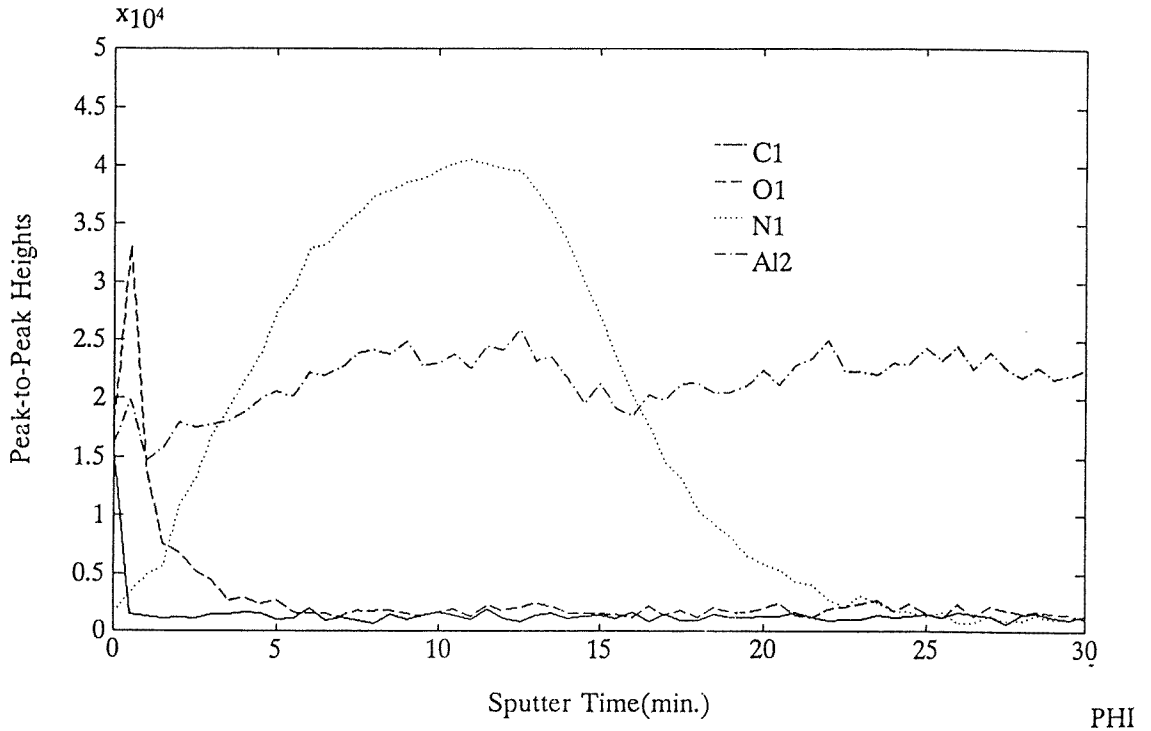


Fig. 20. Auger depth profile (peak-to-peak) of N-implanted Al sample

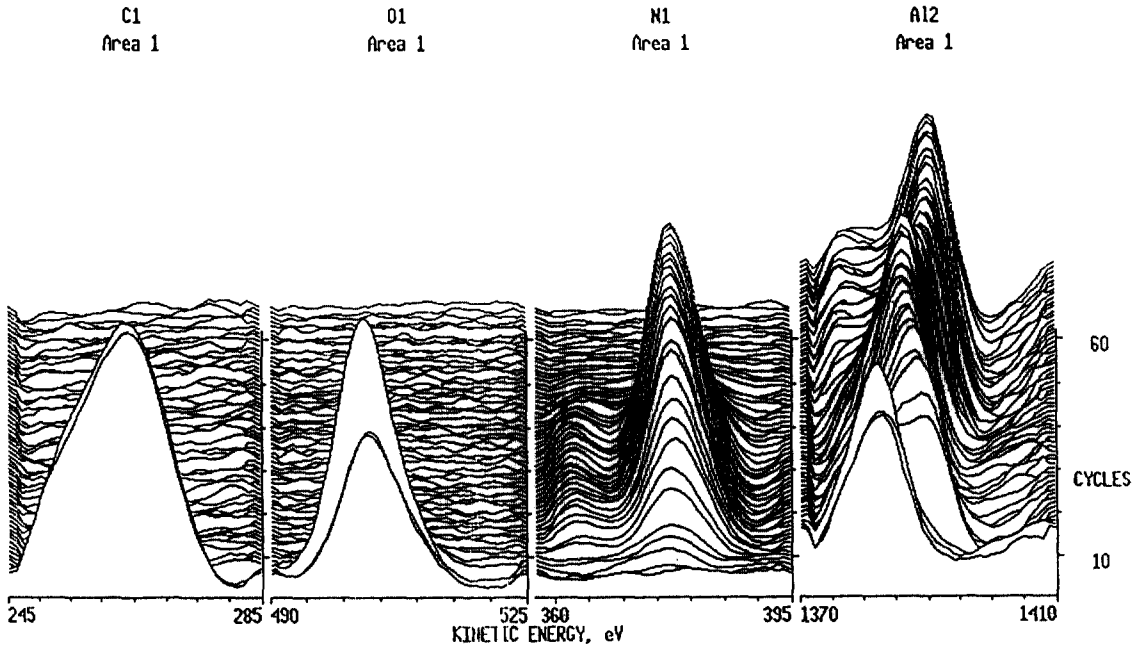


Fig. 21. Montage display of Auger depth profile of N-implanted Al

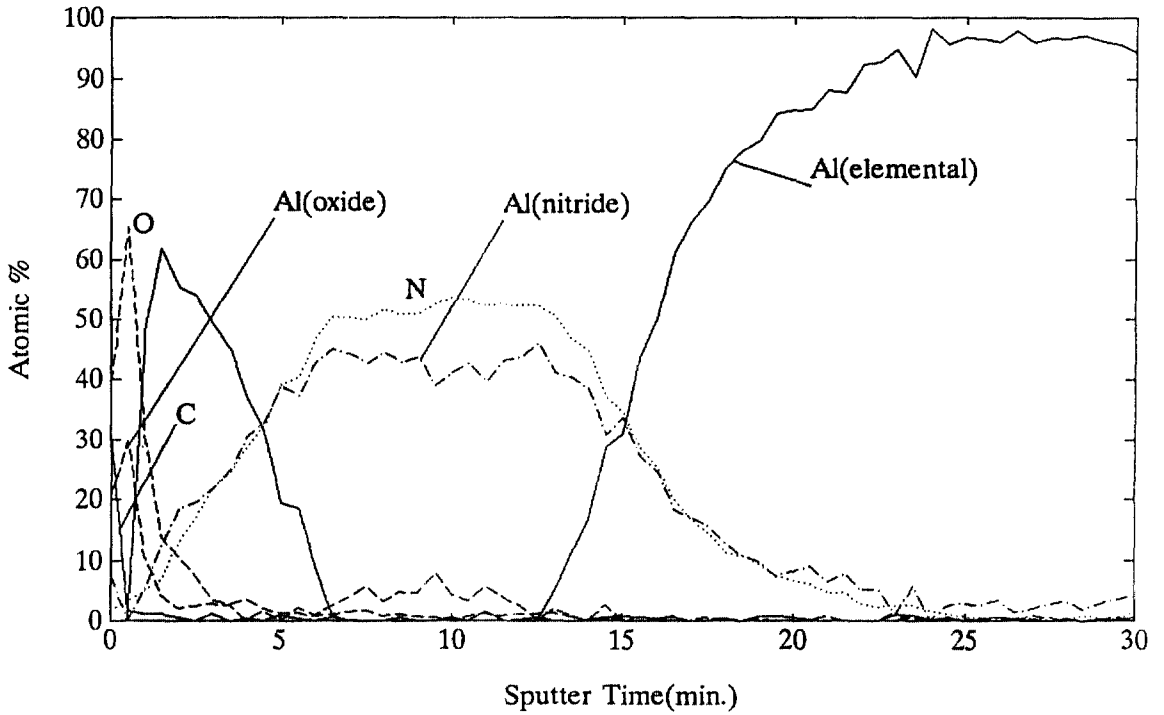


Fig. 22. Atomic concentration distribution after applying matlab^{1,2,13}

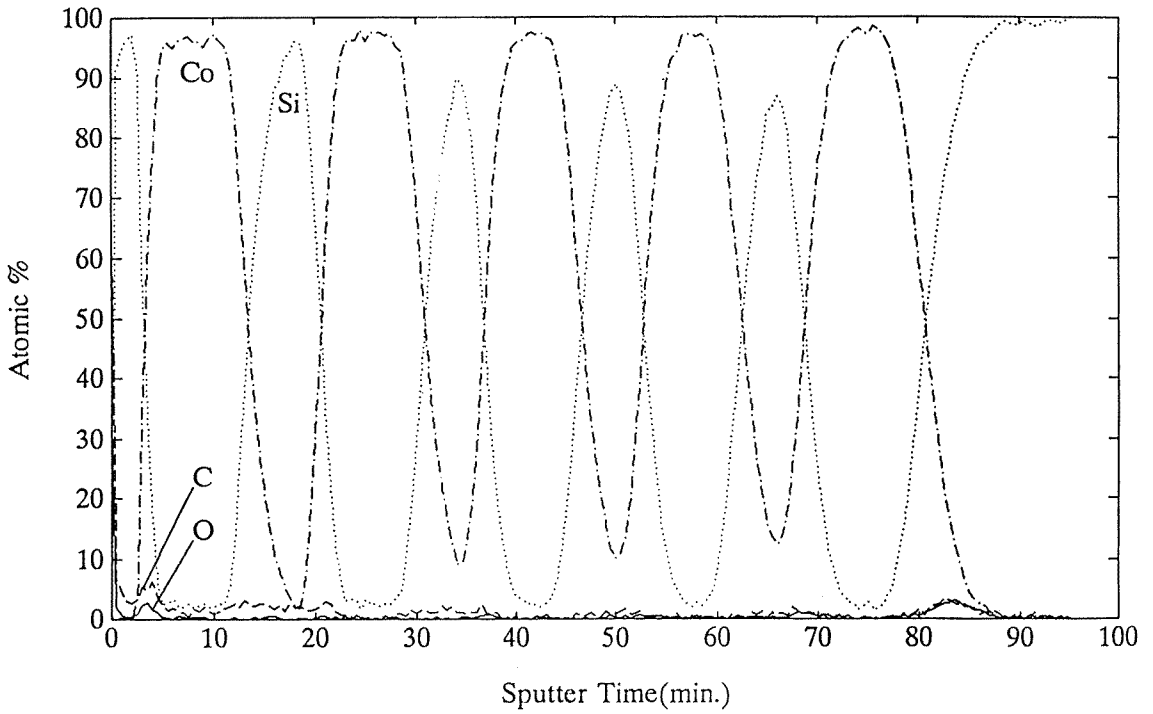


Fig. 23. Auger depth profile of Si / Co multilayer on Si substrate

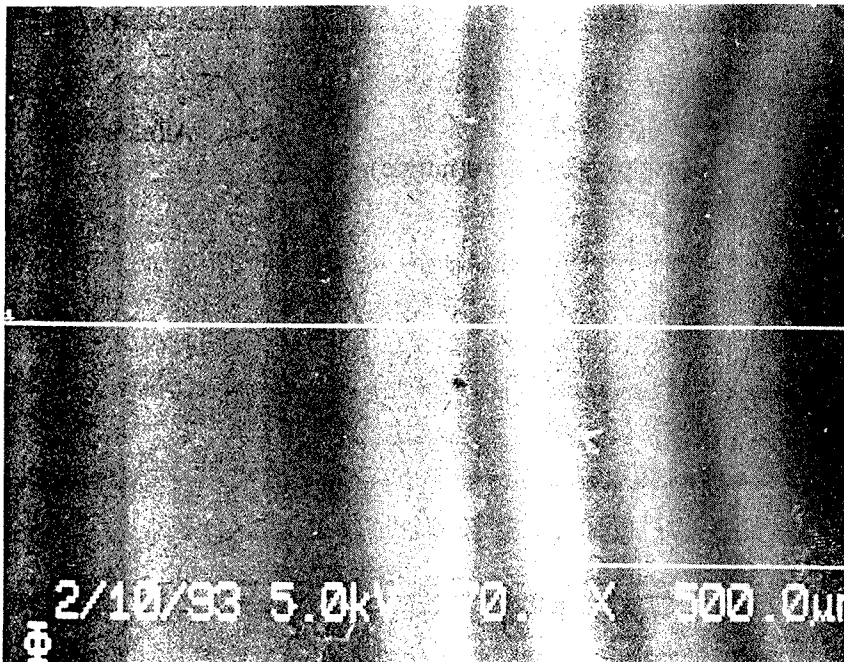


Fig. 24. SEM photograph near sputter crater after depth profiling of Si / Co multilayer on Si substrate

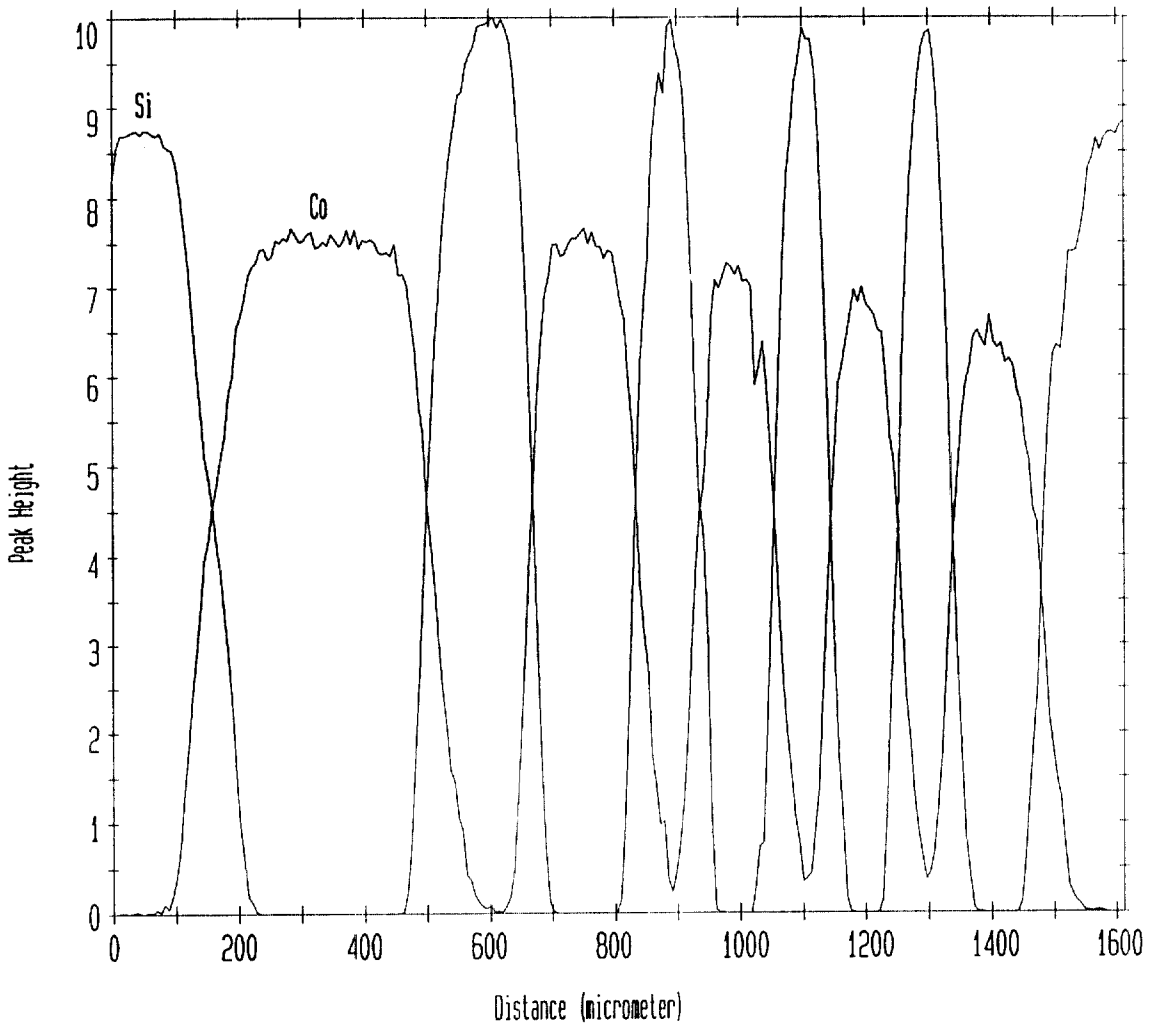


Fig. 25. Si and Co line scan on sputter crater of Fig. 24

Fig. 26은 W-B 합금의 표면으로 3 point에 대한 AES 분석 결과 Fig. 27과 같은 spectrum을 얻을 수 있었다. 이 경우, 그림에서 보는 바와 같이 W과 B의 major peak인 180 eV peak가 중첩되는데, area 1은 순수 W에 가까운 반면, area 2와 area 3은 165 eV와 170 eV peak에 비해 180 eV peak가 상대적으로 커진 것을 알 수 있다. 이는 area 2와 3이 area 1보다 B의 양이 많음을 의미하는데, 이를 이용하여 180 eV peak를 이용한 B mapping을 한 결과 Fig. 28과 같은 분포를 얻을 수 있었다. mapping에서 밝은 부분은 B의 양이 많은 부분으로 area 2와 일치함을 알 수 있다.

B의 양을 분석하기 위해 W과 B의 3 keV 표준 spectrum을 사용하여 중첩된 peak를 분리한 결과 B의 양이 가장 많은 area 2의 경우 Fig. 29와 같이 나타났는데, B의 양은 28%로 W:B에 가까운 조성을 보인 반면, area 1은 순수 W으로, area 3은 약 6%의 B를 함유하고 있는 것으로 나타났다.

6. 결론

수백 Angstrom으로 집속된 electron beam을 재료의 표면에 입사시켜 방출되는 Auger electron의 에너

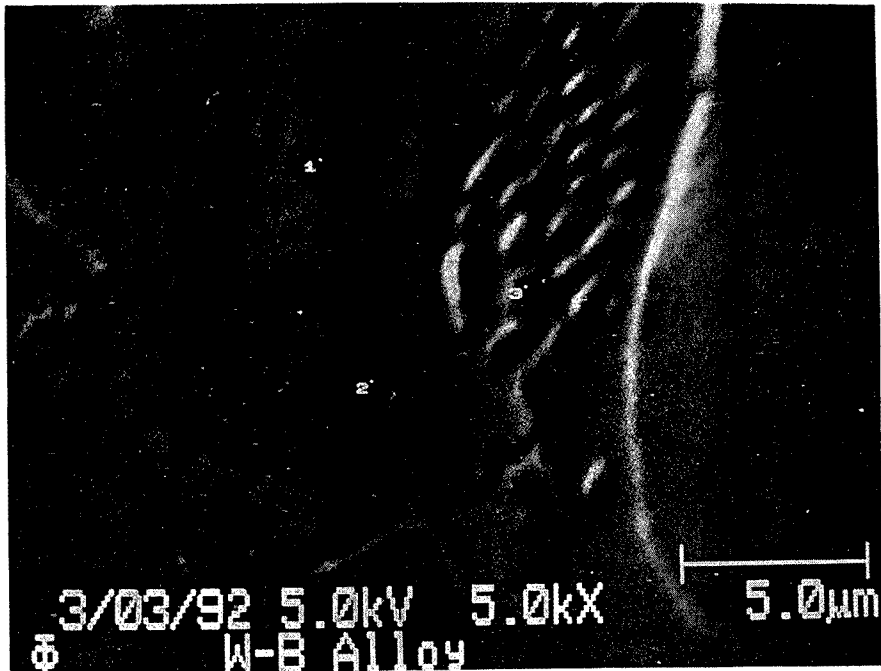


Fig. 26. SEM photograph of a W-B alloy

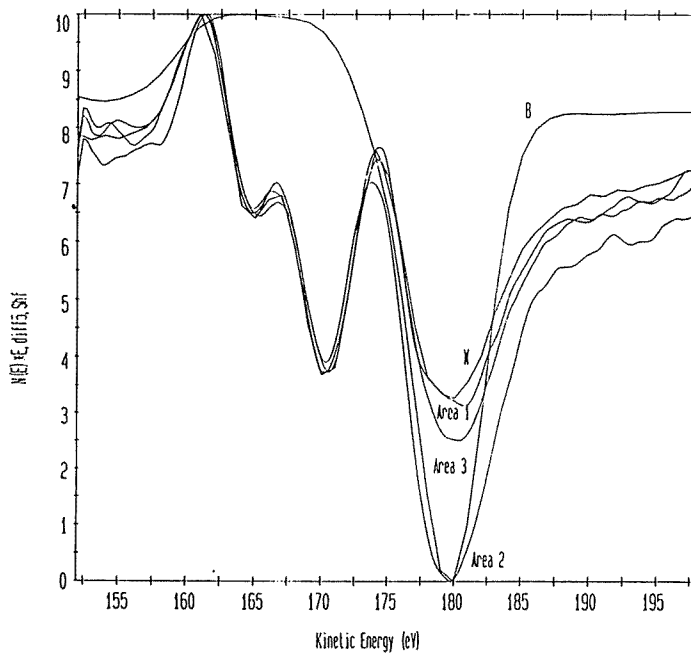


Fig. 27. Auger spectra for 3 points on Fig. 26 and standard spectra of pure W and B

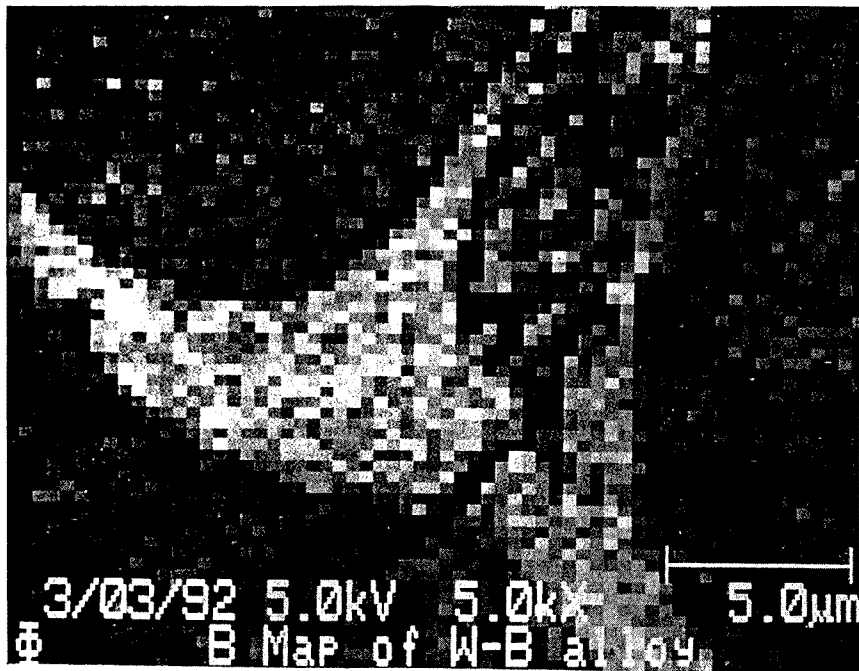


Fig. 28. B elemental mapping result using 180 eV peak

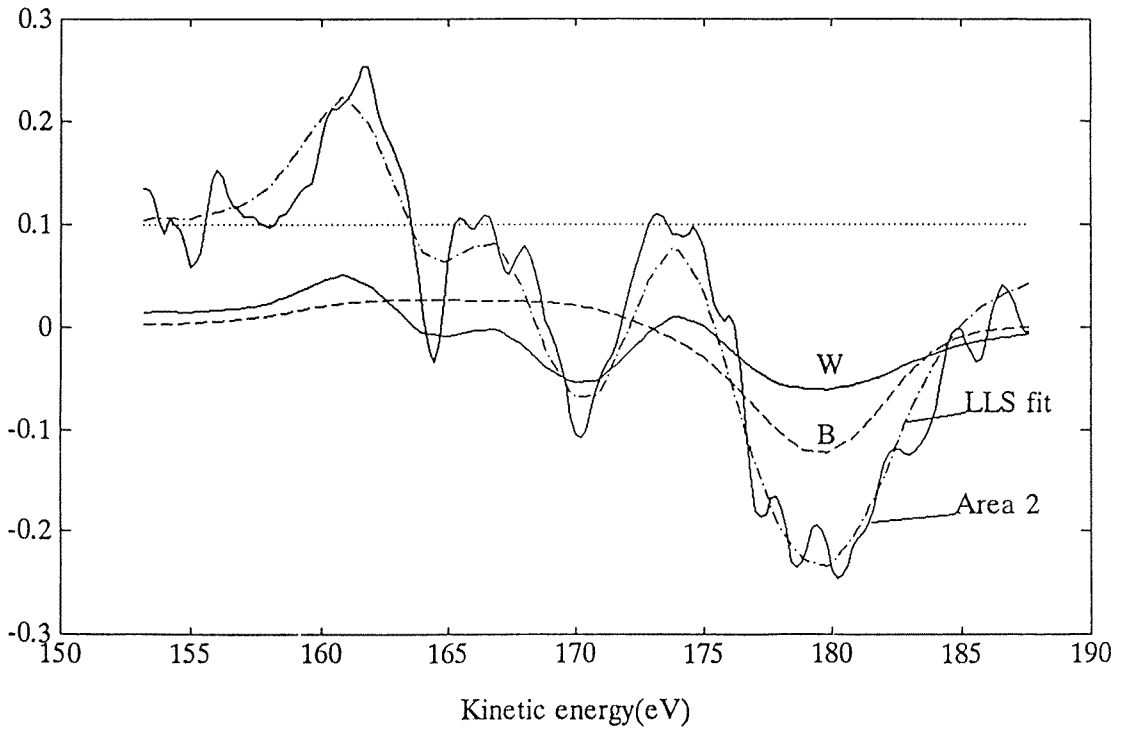


Fig. 29. Least linear square fitting result of the spectrum of area 2 using standard W and B spectrum

지를 측정함으로써 표면구성 원소의 종류 및 양을 분석해 내는 AES/SAM은 표면선택성(surface selectivity) 뿐만 아니라 넓이 방향의 선택성(spatial selectivity) 때문에 표면분석의 3대 기종이라 일컬어지는 AES, XPS, SIMS 중에서도 가장 널리 사용되고 있는 표면분석 장비로 소형화, 고집적화, 다기능화해 가는 첨단 소재 등 재료분야의 연구에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다 하겠다.

7. 인용문헌

1. Practical Surface Analysis(2nd edition) Vol. 1 :Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy (eds D. Briggs and M. P. Seah), John Wiley & Sons, 1990.
2. M. P. Seah and W. A. Dench, *Surf. Interface Anal.*, **1**, 2(1979).
3. L. E. Davis, N. C. MacDonald, P. W. Palmberg, G. E. Riach and R. E. Weber, *Handbook of Auger Electron Spectroscopy*, 2nd ed., Physical Electronics Industries Ins., Minnesota(1976).
4. P. W. Palmberg, G. K. Bohn and J. C. Tracy, *Appl. Phys. Lett.*, **15**, 254(1969).
5. H. Z. Sar-El, *Rev. Sci. Inst.*, **38**, 1210(1967).
6. M. P. Seah, 'Electron and Ion Energy Analysis', Chpt. 3 in *Methods of Surface Analysis* (ed. J. M. Walls), Cambridge Univ. Press, Cambridge (1989).
7. P. Coxon, J. Krizek, M. Humpherson and I. R. M. Wardell, *Relat. Phenomena*, **52**, 821(1990).
8. L. R. Danielson and L. W. Swanson, *Surf. Sci.* **88**, 14 (1979).
9. L. A. Harris, *J. Vac. Sci. Technol.*, **11**, 23(1974).
10. S. H. Han, Ph. D. Thesis, Univ. of Wisconsin-Madison (1988).
11. S. H. Han, G. L. Kulcinski and J. R. Conrad, *Nucl. Instr. and Meth*, **B45**, 701(1990).
12. E. R. Malinowski and D. G. Howery, "Factor analysis in Chemistry", Wiley (1980).
13. D. G. Watson, PHI Technical Bulletin 8905, "Factor Analysis of AES and XPS Spectral Data".