

# 푸리에 변환 적외선 분광분석에 의한 에피층의 두께 측정 기술

鄭成和 · 金相基 · 權五準

## 〈要約〉

에피택시층의 두께는 푸리에변환적외선분광분석(FTIR)을 이용하여 간단하고 비파괴적으로 측정할 수 있음이 알려져 있다. 본고에서는 측정법의 기본적인 배경을 살펴보고 실제 시편의 측정결과를 제시하며 본 두께 측정법의 적용 가능성 및 문제점에 대해 논의한다.

## I. 서론

Silicon bipolar device는 npn 혹은 pnp구조를 사용하여 구성되며 이 구조들은 주로 에피택시 기술에 의해 제조된다. 에피택시(에피)기술을 사용하여 만들어진 대부분의 IC들은 낮은 저항의 기판에 길러진 높은 저항의 에피층으로 구성되어 있다. 완성된 IC의 전류증폭, 누설전류, 항복전압 등은 에피층의 정확한 두께에 의

존하므로 에피층의 두께를 정확히 측정하는 것은 매우 중요하며 여러 가지 측정법이 알려져 있다. 대표적인 측정법으로는 Angle lapping and staining<sup>[1]</sup>, three-probe voltage breakdown법<sup>[2]</sup>, 4-point probe 측정을 사용한 spreading resistance<sup>[3]</sup>, 적외선(IR)에 의한 측정 등이 있다.

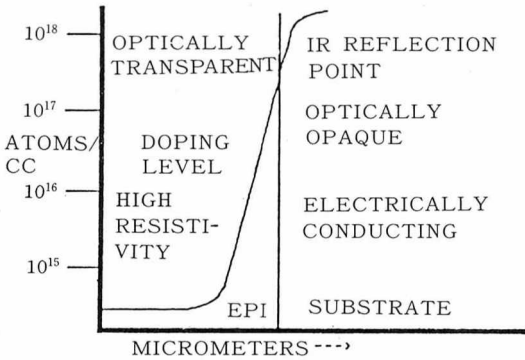
본고에서는 IR에 의한 에피층 두께의 측정기술에 대한 이론적인 배경, 실제적인 측정결과, 측정기술의 한계점 및 응용 가능성에 관하여 토의하고자 한다.

## II. 이론적인 배경

적외선에 의한 에피층 두께의 측정은 에피층과 기판의 다른 흡수계수(실제 다른 도핑 정도)에 근본적으로 의존한다. 실제로 기판은 저항이  $0.02\Omega\text{cm}$  이하이고 에피층은  $0.1\Omega\text{cm}$  이상이어

야 만족한 결과를 얻을 수 있다.<sup>[4]</sup>

(그림 1)은 전형적인 Si/Si 에피구조이며<sup>[5]</sup> 에피층의 맨 위에서부터 두께에 따라 도핑농도의 변화를 보여주고 있다. 기판은 보통 높게 도핑되어 있어 IR에 불투명하며(free carrier absorption 때문)기판에 쌓인 에피층은 낮게 도핑되어 IR을 통과시킨다. 만약 IR이 기판과 에피의 도핑농도에 큰 차이가 있는 이러한 에피시료의 표면에 조사되면 radiation의 일부는 에피층의 표면에서 반사하고 일부는 에피층을 통과하여 에피-기판의 계면으로부터 완전히 반사될 것이다.



(그림 1) Schematic representation of an epi layer structure on substrate.

1. 반사 스펙트럼에 의한 측정<sup>[4]</sup>

에피층의 표면에서 반사된 빛과 계면에서 반사된 빛은 경로차에 따라 상쇄, 보강의 간섭현상을 보일 것이다. (그림 2)에서 C,D에 도달하는 빛의 경로차는

$$n(AB+BC)-AD \text{이며} \dots\dots\dots (1)$$

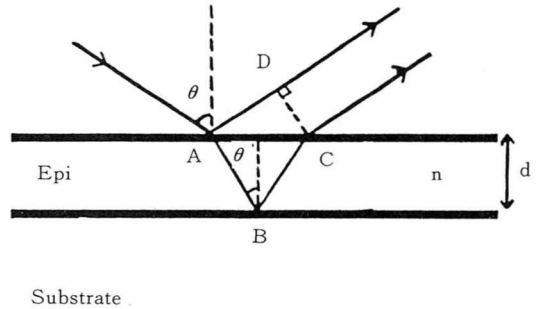
상대적인 상(phase)  $\delta$ 는

$$\delta = n[2\pi(AB+BC)/\lambda] - 2\pi AD/\lambda + \phi_1 - \phi_2 \dots\dots\dots (2)$$

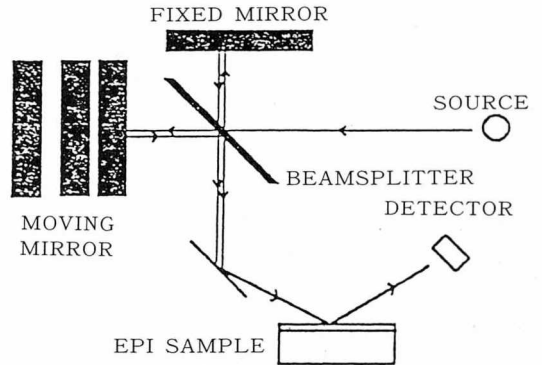
이며,  $n$ 은 에피층의 굴절률,  $\phi_1$ 은 A에서의 상전이(phase shift),  $\phi_2$ 은 B에서의 상전이이다.

(그림 3)에서 보면

$$AB+BC=2d/\cos \theta \dots\dots\dots (3)$$



(그림 2) Reflection of IR radiation from an epi structure.



(그림 3) Schematic representation of radiation path in epi measurement.

$$AD=2d \tan \theta \sin \theta \dots\dots\dots (4)$$

$$\sin \theta = n \sin \theta' \text{ (Snell's law)} \dots\dots\dots (5)$$

따라서

$$AB+BC=2dn/(n^2-\sin^2 \theta)^{1/2} \dots\dots\dots (6)$$

$$AD=2d \sin^2 \theta / (n^2-\sin^2 \theta)^{1/2} \dots\dots\dots (7)$$

식 (6), (7)을 (2)에 대입하면

$$\delta = 4\pi d(n^2-\sin^2 \theta)^{1/2} / \lambda + \phi_1 - \phi_2 \dots\dots\dots (8)$$

order P를

$$\delta = 2\pi P \dots\dots\dots (9)$$

라고 정의하면

$$P=2d(n^2-\sin^2 \theta)^{1/2} / \lambda + \phi_1/2\pi - \phi_2/2\pi \dots\dots\dots (10)$$

만약 간섭 형상(pattern)에서 두 극치(extrema)가 관측되면 orders  $P_1, P_2$ 는 (10)에서

$$P_1=2d(n^2-\sin^2 \theta)^{1/2} / \lambda_1 + \phi_1/2\pi - \phi_2/2\pi \dots\dots\dots (11)$$

$$P_2=2d(n^2-\sin^2 \theta)^{1/2} / \lambda_2 + \phi_1/2\pi - \phi_2/2\pi \dots\dots\dots (12)$$

일반적으로

$$\lambda_1 > \lambda_2 \dots\dots\dots (13)$$

이므로

$$P_2 = P_1 + m \dots\dots\dots (14)$$

$$m = 1/2, 1, 3/2, 2 \dots\dots$$

식 (11), (12), (14)를  $P_2$ 에 대해서 풀면

$$P_2 = m \lambda_1 / (\lambda_1 - \lambda_2) + (\phi_{11} \lambda_1 - \phi_{12} \lambda_2) / 2\pi (\lambda_1 - \lambda_2) - (\phi_{21} \lambda_1 - \phi_{22} \lambda_2) / 2\pi (\lambda_1 - \lambda_2) \dots\dots\dots (15)$$

공기-에피층의 계면에서 빛이 반사되면  $\phi_{1n} = \pi$  이므로<sup>[4]</sup>

$$P_2 = m \lambda_1 / (\lambda_1 - \lambda_2) + 1/2 - (\phi_{21} \lambda_1 - \phi_{22} \lambda_2) / 2\pi (\lambda_1 - \lambda_2) \dots\dots\dots (16)$$

식 (10)에서

$$4\pi d(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} = \{2\pi P - (\phi_1 - \phi_2)\} \lambda$$

따라서

$$d = \{2\pi P - (\phi_1 - \phi_2)\} \lambda / 4\pi (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2}$$

$$d = \{P - (\phi_1 - \phi_2) / 2\pi\} \lambda / 2(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2}$$

따라서

$$d_n = \{P_n - (\phi_{1n} - \phi_{2n}) / 2\pi\} \lambda_n / 2(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} = (P_n - 1/2 + \phi_{2n} / 2\pi) \lambda_n / 2(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \dots\dots\dots (17)$$

에피와 기관의 계면에서의 상전이  $\phi_{2n}$ 은 잘 알려져 있으며<sup>[4,6]</sup> 실제 계산에서  $P_n$ 값은 order이므로 반사 스펙트럼에서 최대의 경우 정수, 최소의 경우 정수/2로 반올림한다. 한 order가 계산된 뒤 나머지 극치에 대해 파장이 증가함에 따라 감소하는 순으로 order들을 부여한다. 두께  $d_n$ 은 식(17)을 이용하여 계산되며 모든 최대, 최소에 대해  $\lambda_n, \phi_{2n}/2\pi, P_n, d_n$ 을 표로 만들고  $d_n$ 을 평균한 값을  $d$ 로 잡는다. 여러 극치가 보일 때는 장파장의 point를 제거하면 약간의 정도(precision)가 증가되는 것으로 알려져 있다.<sup>[4]</sup>

에피층이 두꺼울 때는 order  $P$ 를  $d$ 의 계산에 직접 이용할 수 있다. (16)에서

$$P_n = m \lambda_1 / (\lambda_1 - \lambda_n) + 1/2 - (\phi_{21} \lambda_1 - \phi_{2n} \lambda_n) / 2\pi (\lambda_1 - \lambda_n)$$

또한 (17)에서

$$d_n = (P_n - 1/2 + \phi_{2n} / 2\pi) \lambda_n / 2(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} = m \lambda_1 \lambda_n \{1 - (\phi_{21} - \phi_{2n}) / 2\pi m\} /$$

$$2(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} (\lambda_1 - \lambda_n)$$

$m$ 이 클때 즉  $\lambda_1$ 과  $\lambda_n$ 의 차이가 클때는

$$d_n = m \lambda_1 \lambda_n \{1 - (\phi_{21} - \phi_{2n}) / 2\pi m\} /$$

$2(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} (\lambda_1 - \lambda_n)$ 에서 직접 계산 가능하다.

또한 상전이를 고려하지 않으면

$$d_n = m \lambda_1 \lambda_n / 2(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} (\lambda_1 - \lambda_n)$$

혹은

$$d_n = m / 2(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} (\nu_n - \nu_1)$$

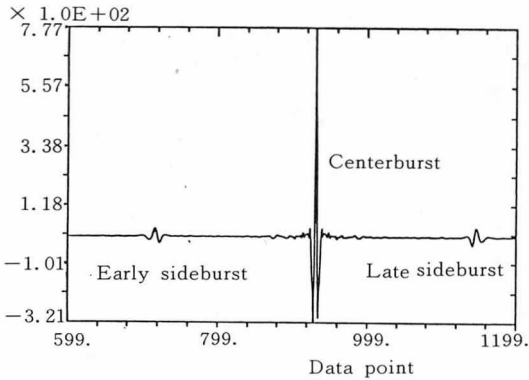
에서 간단히 계산될 수 있다( $\nu$ 는  $\text{cm}^{-1}$  단위의 파수(wave number)). 상전이의 보정은 order가 적을때 가장큰 효과가 있으며  $P=2$ 일때 약 -10%의 보정이 얻어진다.<sup>[6]</sup> 낮은 농도로 도핑된 Si 에피의 경우(저항이  $0.1\Omega\text{cm}$ 보다 클때)  $6 \sim 40\mu\text{m}$ 의 적외선 영역에서는  $n=3.42$ <sup>[4]</sup>이므로 입사각이  $30^\circ$ 로 제한되면  $d_n = m / (\nu_n - \nu_1) \times 1482.316 \mu\text{m}$ 로 계산될 수 있다.

## 2. 인터페로그램에 의한 측정<sup>[5,7]</sup>

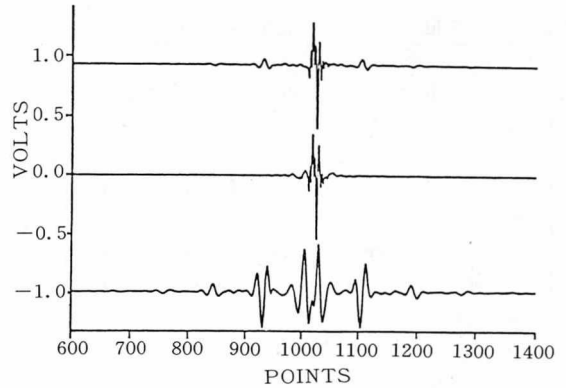
반사 스펙트럼의 주기로부터 에피층의 두께를 계산하는 대신 인터페로그램(interferogram, IGM)으로부터 직접 에피층의 두께를 계산할 수 있다. (그림 3)은 IGM을 사용하여 에피층의 두께를 계산하는 장치의 도식적인 diagram을 보여주고 있다. 만약 시편에서 반사면이 단지 하나 뿐이라면 IGM은 zero retardation의 위치 (beam splitter에 대한 이동거울 및 고정거울의 위치가 같을 때)에서 최대의 신호(center burst로 알려져 있음)를 보일 것이다. 그러나 에피 시편에서 반사가 일어난다면 IGM에서 두개의 2차 최대 신호(side bursts로 알려져 있음)를 더 보인다. 이들은 에피에 의한 경로차가  $2t$ 라면 이동거울이 고정거울의 위치에 대해  $t$ 만큼 먼 위치와 가까운 위치에 있을 때 생긴다. 이들 및 center burst의 전형적인 모양은 (그림 4)에 나타나 있으며 early burst와 late burst 사이의 optical retardation이  $L$ 이라면

$$L = \text{경로차} \times 2 = 4t = 4d(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \text{ (식 (8))}$$

참조)이므로  $d = L / 4(n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2}$ 에서 에피두께



(그림 4) A typical IGM reflected from an n/n Si epi sample. Practically this IGM was obtained from epi sample e with thickness of 19.91 μm (see text).



(그림 5) Reflectance IGMs from an n/n Si epi. Top: Reflectance IGM from an 8 μm thick. Middle: Reflectance IGM from an epi 2 μm thick. Bottom: The Difference.

가 계산될 수 있다(단, L은 early 및 late side bursts 사이의 optical retardation임). 보통의 IGM은 data point의 수의 함수로 표시되며 optical retardation = of data point × reduction factor/sampling rate/15798cm<sup>-1</sup>로 표시하는데 보통의 조건의 경우

optical retardation = (P<sub>2</sub> - P<sub>1</sub>) / 15798cm<sup>-1</sup> 이므로<sup>[8]</sup>

$$d = (P_2 - P_1) / \{ (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \times 4 \times 15798 \} \times 10^4 \mu m$$

$$= (P_2 - P_1) \times 0.046774 \mu m$$

로 표시될 수 있다(n=3.42, θ=30°일 때).

여기서 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>는 early 및 late side bursts의 data point이다.

즉, IGM에서 side bursts의 위치만 읽어 내면 에피층의 두께를 쉽게 계산할 수 있다. 에피층이 얇아질수록 side bursts가 center burst로 이동하여 구분이 힘들 수 있다. 이 경우 특성은 비슷하나 두께가 많이 다른 에피로부터의 reference IGM을 얻어 sample IGM에서 reference IGM을 제거하여 side bursts를 명확하게 볼 수 있다. (그림 5)의 맨 위는 8 μm n/n<sup>+</sup>의 에피의 반사 IGM이며 side bursts를 명확하게 볼 수 있다. 중앙은 2 μm의 경우이며 side bursts를 보기가 힘들으나 두 IGM의 차이인 아래 그림에서는

center burst가 거의 완전히 사라지고 8 μm 및 2 μm 에피에 의한 side burst들을 쉽게 볼 수 있음을 알 수 있다.

에피 두께가 1 μm 이하인 경우 위에서 기술한 IGM 제거법도 시편과 reference간의 완전한 일치 없으면 만족한 결과를 못 줄 수도 있다. 이 경우 시편 및 reference 에피로부터의 IGM을 푸리에변환을 하고 변환된 스펙트럼을 절단하여 digital filtering을 하여 에피층 내의 반사에 의한 스펙트럼의 특성을 증가시킨 뒤 처리된 스펙트럼을 역 푸리에 변환을 한다. Subsequent sample IGM에서 subsequent reference IGM을 제거하여 에피층에 의한 side bursts를 강조하게 된다. 이 과정을 "thin epi mode"라 한다. Side bursts의 phase는 두께와 기판의 도핑 정도에 의해 변할 수 있으며(공기-에피, 에피-기판 계면에서의 반사가 다른 phase φ<sub>01</sub>, φ<sub>12</sub>를 주기 때문) 에피의 정확한 두께의 측정에는 IGM의 올바른 측정위치에 의존한다. 측정위치는 보통 기판의 도핑 정도와 다른 측정 방법에 의해 결정된 에피 두께 등의 아는 정보로부터 얻어진 side bursts의 phase 정보를 사용하여 실험적으로 결정되며 보통 <표 1>의 7가지 중에서 선택된다.<sup>[7]</sup>

〈표 1〉 Phase factors and description

Phase	Description
1	Select the strongest positive peak.
2	Select the strongest negative peak.
3	Find the strongest peak. Locate the strongest inside peak of the opposite sign.
4	Find the strongest peak. Locate the strongest outside peak of the opposite sign.
5	Find the strongest peak. Select the zero-crossing next to it on the inside.
6	Find the strongest peak. Select the zero-crossing next to it on the outside.
7	Find the strongest peak. Locate the next strongest peak to it, and select the zero-crossing in-between the two.

- 註 : 1. "Inside" means towards the centerburst  
 2. "Outside" means away from the centerburst  
 3. "Strongest peak" means peak with the largest absolute value  
 4. "Zero-crossing" means the point in the interferogram of closest to zero value, where the sign changes from positive to negative.

### Ⅲ. 측정방법 및 시편

반사 스펙트럼 및 IGM은 Bomem DA3-16 FTIR에 Spectra-Tech의 specular reflectance attachment, FT-30을 부착하여 입사각 30°의 반사 모드로 얻어졌다. 450~5000cm<sup>-1</sup>의 영역에서 resolution = 4cm<sup>-1</sup>의 조건에서 보통 16회의 데이터 적산을 수행했으며 S/N비를 증가시킬 필요가 있을 때는 데이터 적산의 횟수를 증가시켰다.

측정된 에피 웨이퍼의 구조는 n/n<sup>+</sup>/p였으며 에피층의 두께는 1.5~20μm였다. 안으로 도핑된 에피층의 저항은 에피에 따라 0.5~6Ωcm였으며 buried layer인 n<sup>+</sup>는 As를 50keV, 3E15/cm<sup>2</sup>의 조건에서 주입하여 형성되었으며 저항은 대략 0.005Ωcm였다. 기준으로 사용된 에피층의 두께는 ASR로 측정되었다(표 3).

### Ⅳ. 측정결과 및 논의

#### 1. 반사 스펙트럼으로부터의 측정

에피 웨이퍼들의 전형적인 반사 스펙트럼은 (그림 6)에 주어져 있으며 A는 1.50μm, B는 5.84μm, C는 9.87μm의 경우이며 잘 알려진 대로 에피층의 두께가 증가함에 따라 간섭 fringes의 주기가 감소함을 알 수 있다. 에피 웨이퍼 c (5.84μm)의 경우 계산의 예를 살펴보면

가. 완전한 계산

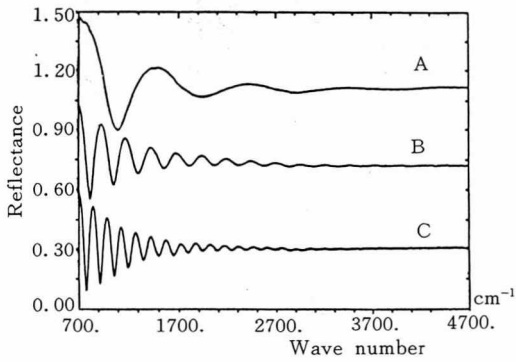
$\lambda_1 = 12.21 \mu\text{m}$ ,  $\lambda_n = 3.24 \mu\text{m}$ ,  $m = 9$ ,  
 $\phi_{21} = 0.1079$ ,  $\phi_{22} = 0.0382$ 이므로 식(16)을 이용하면  $P = 9 \times 12.21 / (12.21 - 3.24) + 0.5 - (0.1079 \times 12.21 - 0.0382 \times 3.24) / (12.21 - 3.24) = 12.6 \approx 12.5$ 이고 식(17)을 이용하면 아래와 같은 표를 만들 수 있다.

〈표 2〉 Calculation procedure for epi thickness.

n	$\nu_n, \text{cm}^{-1}$	$\lambda_n, \mu\text{m}$	$\phi_{2n}/2\pi$	$P_n$	$T_n$
1	819.2	12.21	0.1079	3.5	5.605
2	1058.5	9.45	0.0859	4.5	5.703
3	1304.3	7.67	0.0725	5.5	5.746
4	1557.7	6.42	0.0632	6.5	5.749
5	1810.6	5.52	0.0564	7.5	5.753
6	2066.7	4.84	0.0513	8.5	5.756
7	2326.2	4.30	0.0473	9.5	5.746
8	2580.1	3.88	0.0439	10.5	5.756
9	2842.3	3.52	0.0407	11.5	5.740
10	3088.5	3.24	0.0382	12.5	5.761
평균 :					5.732

나. 양단의 data 이용

$\lambda_1 = 12.21 \mu\text{m} (819.2 \text{cm}^{-1})$ ,  
 $\lambda_2 = 3.24 \mu\text{m} (3088.5 \text{cm}^{-1})$ ,  
 $m = 9$ ,  $\phi_{21}/2\pi = 0.108$ ,  $\phi_{22}/2\pi = 0.038$ 이므로  
 $T = 9 / (3088.5 - 819.2) \times 1482.316 \times$   
 $(1 - (0.108 - 0.038) / 9) = 5.88 \times 0.9922$



(그림 6) Reflectance spectra from Si/Si epi samples.

A: Sample a (1.50 μm), B: Sample c (5.84 μm), C: Sample d (9.87 μm).

= 5.83 μm이다.

다. 상전이 고려를 무시할 때

나.에서 5.88 μm임을 알 수 있다.

모든 측정결과는 <표 3>에 정리되어 있다. 측정의 재현성은 아주 좋았으며 0.02 μm 이상의 오차를 보이지 않았다.

<표 3>에서 보이면 계산법에 따라 최대의 오차가 5.2, 4.0, 2.1%로 비교적 잘 맞음을 알 수 있다. 다른 방법에 의한 에피두께의 측정과의 비교 및 검토가 요망되지만 본 측정법을 에피두께의 측정에 적용할 수 있으리라 생각된다.

<표 3> Epi thickness determined from reflectance spectrum.

시편	두께 (μm)	측정치, μm(괄호 안은 오차, %)		
		simple calculation		full calculation
		Phase corr. 무시	Phase corr. 고려	
a	1.50	1.52(1.33)	1.50( 0.00)	1.51( 0.67)
b	2.50	2.63(5.20)	2.60( 4.00)	2.53( 1.20)
c	5.84	5.88(0.68)	5.83(-0.17)	5.73(-1.88)
d	9.87	10.08(2.13)	10.07( 2.03)	9.86(-0.10)
e	19.91	19.99(0.40)	19.93( 0.10)	19.64(-1.36)
max. error, %		±5.20	±4.00	±2.05

2. IGM으로 부터의 측정

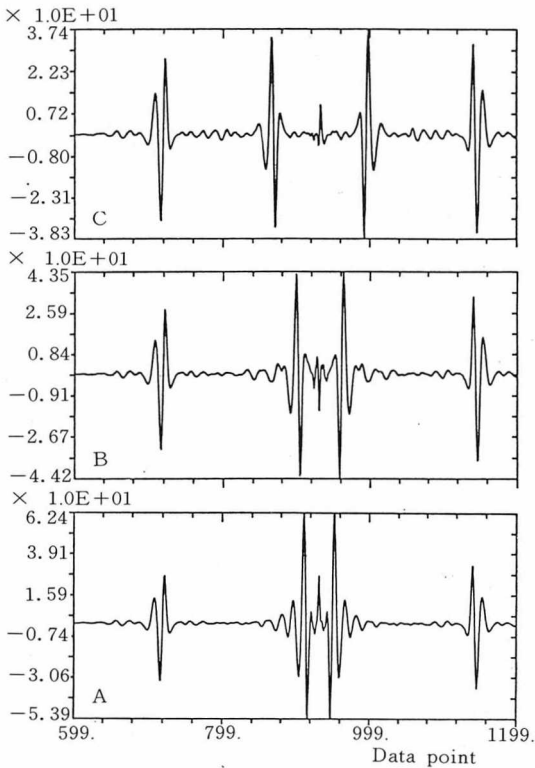
에피 웨이퍼 e로부터의 반사 IGM은 (그림 4)에 나타나 있으며 center 및 side bursts를 명확히 볼 수 있다. 각 시편 a~d의 반사 IGM으로부터 시편 e의 반사 IGM을 제거했으며 시편 a, b, c의 경우 (그림 7)에 그 결과가 있다. 각 그림에서 시편 e에 의한 side bursts 및 각 시편에 의한 side bursts를 명확히 볼 수 있다. 또한 에피의 두께가 감소함에 따라 side bursts가 center burst로 서로 접근해감을 알 수 있다. IGM으로부터 에피 웨이퍼 두께 계산은 정확한 위치 선정에 의존하며 시편 c의 경우 측정위치에 따라 계산된 두께가 <표 4>에 있다.

측정위치에 따라 두께는 매우 민감하게 의존

<표 4> Dependence of epi thickness on the measurement point. Late burst was No. 1 point.

측정위치	측정치, μm(괄호 안은 오차, %)
1	5.63(-3.60)
2	5.91( 1.20)
4	6.14( 5.14)
5	5.73(-1.88)

하며 정확한 위치의 선정이 매우 중요함을 알 수 있다. 위치선정의 중요성은 에피 두께가 얇아짐에 따라 더욱 중요함은 쉽게 짐작할 수 있다. 위치선정은 매우 중요하지만 아직까지 명확한 기준이 없고 앞에서 밝혔듯이 주로 실험적인 경험에 의존한다. 본 측정에서는 두꺼운 에피 웨이퍼의 경우 위치선정에 의한 오차는 적으므



(그림 7) Subtracted IGMs of epi samples. Reference is sample e.  
 A: Sample a (1.50 μm), B: Sample b (2.50 μm), C: Sample c (5.84 μm).

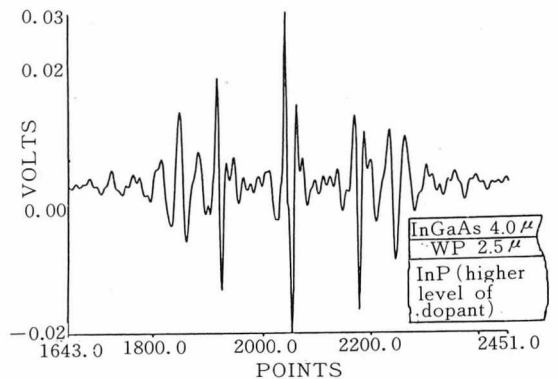
로 얇은 에피의 경우를 기준으로 peak type 1, 5를 임의로 잡았다. 물론 이렇게 잡은 명확한 근거는 없으며 ASR 측정치와 일치시키고자 한 노력이었다고도 볼 수 있다. 이렇게 하여 측정된 결과는 <표 5>에 있으며 최대 2.4%의 오차를 보이며 측정치와 비교적 잘 맞음을 알 수 있다. 이 경우도 측정의 재현성은 아주 좋았으며 0.02 μm 이상의 오차를 보이지 않았다.

<표 5> Epi thickness determined from IGMs.

시편	두께 (μm)	측정치, μm (괄호 안은 오차, %)
a	1.50	1.52( 1.33)
b	2.50	2.56( 2.40)
c	5.84	5.73(-1.88)
d	9.87	9.89( 0.20)
e	19.91	19.68(-1.16)
max. error		±2.40%

측 측정위치만 잘 선택하면 에피층의 두께를 아주 간단하게 비파괴적으로 측정할 수 있다. 측정위치를 정확하게 잘 알아내기 위해서는 다른 측정방법과의 연계 및 많은 경험이 요구되어진다. 보다 얇은 에피층의 두께를 측정하기 위해서는 thin epi mode algorithm의 도입도 필요할 것으로 생각된다.

본고에서는 Si/Si 에피 웨이퍼의 측정만 고려했으나 에피의 투과율 및 기관의 반사율만 적당하다면 Si/Sapphire, GaAs/GaAs, MCT/CdTe 등의 경우도 측정이 가능하다.<sup>[5]</sup> 또한 IGM에 의해 측정하는 경우는 초격자 구조의 두께도 가능하며 (그림 8)에 InGaAs(4.0 μm)/InP(2.5 μm)/InP의 구조의 반사 IGM이 있으며 4.0 및 4.0 + 2.5 = 6.5 μm에 의한 side bursts를 볼 수 있다.



(그림 8) A typical subtracted IGM from a superlattice structure.

## V. 결론

FTIR에 의한 에피층의 두께의 측정에 관해 측정법의 이론적인 배경 및 실제 측정결과를 제시했으며 적용 가능성 및 문제점에 대해서 논의했다. FTIR로 에피층의 두께를 쉽게 측정할 수 있었으며 반사 스펙트럼으로부터는 최대오차 약 5%, IGM으로부터는 최대오차 약 3%의 범위에서 측정이 가능했다. 측정의 재현성은 아주 좋았으며 0.02 μm 이상의 오차를 보이지 않았다. 따라서 에피 웨이퍼의 두께는 적당한 조건

만 만족되면 FTIR의 반사 스펙트럼 혹은 IGM 으로부터 쉽게 비파괴적으로 측정될 수 있음을 알 수 있었다.

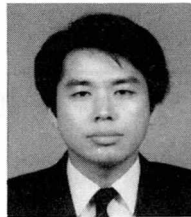
반사 스펙트럼으로부터 측정할 때는 얇은 웨 이퍼의 경우 스펙트럼이 broad하여 측정위치를 잡기가 힘들고 스펙트럼의 어디서 어디까지를 계산에 이용해야 하는가 하는 문제점이 있다. IGM을 이용하는 경우 정확한 두께측정은 측정 위치에 매우 민감하며 이 위치 결정을 위해 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각되어진다. 또한 1 $\mu$ m 이하의 아주 얇은 에피 두께의 측정을 위해 thin epi mode algorithm의 도입도 필요할 것으로 생각되어진다.

위에 나열된 여러가지 문제점이 있음에도 FTIR 에 의한 에피 두께 측정법은 간단하고 신속하며 비파괴적이기에 매우 유용하다. 특히 에피층의 두께의 균일성을 확인하거나 공정 중의 에피 두께의 재현성 등을 확인하는 데 쉽게 적용 가능하다.

### 〈參考文獻〉

1. Annual Book of ASTM Stand., F121-83 (1983).
2. Annual Book of ASTM Stand., F108-72 (1983).
3. (a) P.J.Severin, H.Bulle, J. Electrochem. Soc., 122, 133(1975).  
(b) P.J.Severin, H.Bulle, ibid, 122, 137 (1975).
4. Annual Book of ASTM Stand., F95-76 (1985).

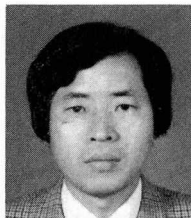
5. K.Krishnan, P.J.Stout, M. Watanabe, in "Practical FTIR Spectroscopy", (J.R. Ferraro, K.Krishnan, Eds.), p.286, Academic Press, 1989.
6. P.A.Schuman, R.P.Phillips, P.J.Olsh-efski, J.Electrochem. Soc., 113, 368(1966).
7. K.Krishnan, P.J.Stout, Digilab Tech Note.
8. Software User's Guide, Ver. 4&5, Rev. 2, Bomem, 1988.



정 성 화 (Jung, Sung Hwa)  
1960. 6. 28일생

1983. 2. : 서울대학교 화학교육과 학사  
1985. 2. : 한국과학기술원 화학과 석사  
1990. 2. : 한국과학기술원 화학과 박사

1990. 3 : 한국전자통신연구소 입소  
1991. 현재 : 물성분석연구실 선임연구원



김상기 (Kim, Sang Gi)  
1957. 1. 2.

1981. 7 : 한국전자통신연구소 입소  
1986. : 한국방송통신대학 학사  
1991. : 영남대학교 물리학과 석사  
1991. 현재 : 물성분석연구실 기술원



권오준 (Kwon, Oh-Joon)  
1951. 7. 18 일생

1977. 2 : 경북대학교 전자공학과 학사  
1977. 3~1985. 5 : 한국전자기술연구소 웨이퍼공실장  
한국전자기술연구소  
1985. 6~1986. 4 : 반도체사업단 생산부장

1989. 2 : 경북대학교 산업대학원 반도체공학 석사  
1991. 현재 : 물성분석연구실장 책임연구원