

# a-Si:H 박막과 a-Si:H:B 박막의 광음향분광법

尹 志 洪

## Photoacoustic Spectroscopy of a-Si:H and a-Si:H:B films

Yoon Zi-hong

### Summary

Photoacoustic Spectra of glow discharge deposited hydrogenated amorphous silicon(a-Si:H) and boron-alloyed amorphous silicon (a-Si:H:B) films have been studied. Optical gap of a-Si:H is 1.94 eV and that of a-Si:H:B is 1.56. This has broad band and high Urbach slope parameter.

### 序 論

비정질 반도체의 흡수스펙트럼을 구하는 방법은 크게 세가지가 있다. 흡수계수 ( $\alpha$ )가  $1000\text{cm}^{-1}$  이상인 경우에 사용되는 직접적인 광흡수(direct optical absorption) 방법과 흡수계수가 낮은 경우에 매우 민감한 Photothermal Detection 방법, 광도전성을 측정하는 방법등이다. PAS(Photoacoustic Spectroscopy)는 Photothermal Detection Method의 일종이다. 주기적으로 차단되어 입사한 Photon 에너지가 열로 바뀌고 이것이 주위의 공기에 압력의 요동을 줌으로써 음향 신호를 발생시키는 것이다. 이 현상은 1880년 A. G. Bell이 발견한 것이다. 1970년대에 Allan Rosencwaig이 이 방법

을 발전시켜서 고체 시료의 분광에 이용하였으며 특히 흡수계수가 낮은 시료의 분광이 가능하게 되었다. 이 방법은 비복사성전이 (Nonradiative Deexcitation)의 연구에도 이용되며 액체, 기체의 흡수에 관한 측정에서도 매우 유용한 것으로 알려져 있다.

a-Si:H에서 B-Si 합금 효과는 B의 화학적 성질의 복잡성 때문에 해석이 어렵다.

본 연구에서는 a-Si:H:B와 a-Si:H의 에너지 갭을 측정하는데 PAS를 사용하였다.

### 理 論

PAS의 理論的 모델은 Rosencwaig과 Gersho가

유도한 RG Theory를 기초로 한다. 비정질 실리콘 Thin Film에 관한 이론은 RG Theory를 이용하여 다중간섭을 고려한 Yamasaki 등의 이론에 의한 것으로서 측정된 PAS 신호의 진폭을  $Q(\alpha)$  최대 진폭을  $Q_0$ 라고 하면 규격화한 PAS 신호  $q(\alpha) = Q(\alpha)/Q_0$ 는

$$q(\alpha) = \frac{1 + r_2^2}{1 - r_1^2 r_2^2} \alpha l, \quad l \ll \alpha^{-1}, \quad \mu_s \quad (1)$$

이다. 여기서  $\alpha$ 는 흡수계수,  $\mu_s = [(2k_s/w\rho_s C_s)^2]$ 는 Sample의 일확산 길이이다.  $W$ 는 Chopping frequency,  $k_s$ 는 열전도율,  $\rho_s$ 는 밀도,  $C_s$ 는 Sample의 비열을 각각 나타낸다.  $l$ 은 sample의 두께,  $r_1^2$ 은 빛이 기체에서 sample로 진행할 때의 반사능이고  $r_2^2$ 은 빛이 sample에서 backing material로 진행할 때의 반사능이다.

흡수계수는 sample의 두께에 따른 흡수계수와 PAS 신호의 크기의 계산치를 이용하여 구한 Yamasaki의 graph로부터 구할 수 있다. 흡수계수를 구하면  $Tauc$ 의 관계식

$$(\alpha h\nu)^2 = B(h\nu - E_g) \quad (2)$$

로부터 Optical gap을 구할 수 있다.

## 實 驗

### 1. 시료제작

시료제작은 RF Glow Discharge에 의하여 silane 기체를 분해하여 Cornig 7059 유리기판 위에 증착시켰다. Chamber 내부의 압력은 0.8Torr로 유지시켰으며 Flow rate는 10cc/min.으로서 2시간 동안 증착하였으며 기판온도는 25°C로 유지시켰다. B-Si 합금 효과를 측정하기 위하여  $B_2H_6$  기체와  $SiH_4$  기체를 각각 1:1, 1:2, 1:10의 비율로 혼합하여 주입시켜서 만든 Sample에 대하여 PAS스펙트럼을 구하였다.

### 2. PAS

Fig.1과 같이 Photoacoustic spectrometer를 장

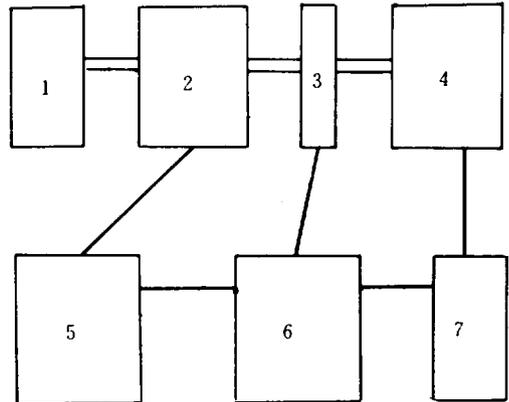


Fig. 1. Schematic diagram of Photoacoustic Spectrometer. 1. Xe-lamp, 2. Monochromater, 3. Chopper, 4. PA Cell. 5. X-Y Recorder, 6. Lockin Amp, 7. Pre-Amp

치하였다. 실험에 사용된 기기는 다음과 같다.

광원 : 1kw Xe-lamp(shoeffel LPS 255HR)

Monochromater : Jarrel & Ash 82-410

Microphone : AKG CK22

Chopper : PAR 192

Lockin Amp : ITHACO Dynatrac 391A

X-Y Recorder : Hewlett-Pechard 7044A

Reference로서는 carbon black의 스펙트럼을 사용하였으며 sample의 스펙트럼을 Apple II를 사용하여 reference 스펙트럼으로 나누어서 구하였다.

## 結果 및 考察

Fig.2는 400nm에서 800nm에 이르는 Photoacoustic Spectra를 나타내고 있다. a-Si:H:B sample의 경우 band gap 내부에서 다중반사에 의한 간섭효과가 관측되는데 이것은 이 영역에서의 흡수가 증가함을 나타내는 것이다. PAS는 deep level에서의 흡수를 측정하는 수단으로 이용되는데 본 실험에서도 gap state에서의 흡수가 관측되고 있다. Gap state에서의 흡수는 B-Si 합금이 많을

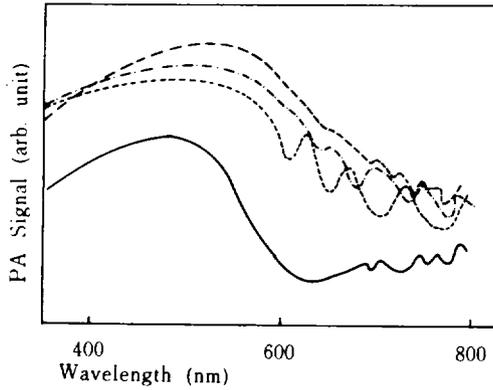


Fig. 2. PA signal vs wavelength of incident light  
 .....; 1 : 1(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> : SiH<sub>4</sub>), - · - · - ; 1 : 2, - - - ; 1 : 10, — ; Undoped.

수록 더욱 큰 것을 볼 수 있으며 다중반사에 의한 흡수의 진폭이 커지고 있다. Fig. 3에 Yamasaki의 graph를 표시하였다. 이것은 식 (1)을 sample의 두께에 따라 흡수계수 대 규격화 PA진폭  $Q(\alpha)$ 를 계산하여 나타낸 것이다. 우리가 사용한 sample은 두께가 1  $\mu$ m 근방의 것으로서 그래프의 실선으로 나타낸 것을 사용하였다.

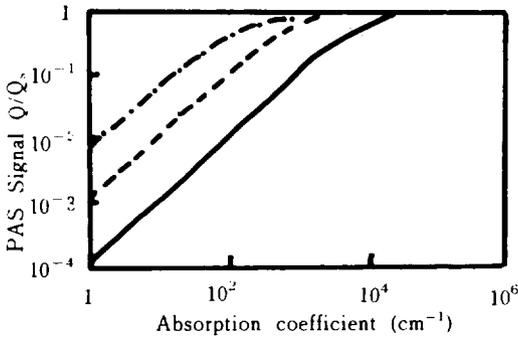


Fig. 3. Yamasaki's graph for PA Signal vs absorption coefficient

Fig. 4는 Fig. 2와 Fig. 3을 이용하여 photon 에너지에 대한 흡수계수를 나타낸 것이다. a-Si : H : B의 경우 흡수가 크게 나타났으며 Urbach의 공식  $\alpha = \alpha \exp(E - E_1 / E_0)$  (3)에서 Urbach slope parameter  $E_0$ 는 B-alloying이 많으면 많을수록 커지고 있으며 이것은 edge가

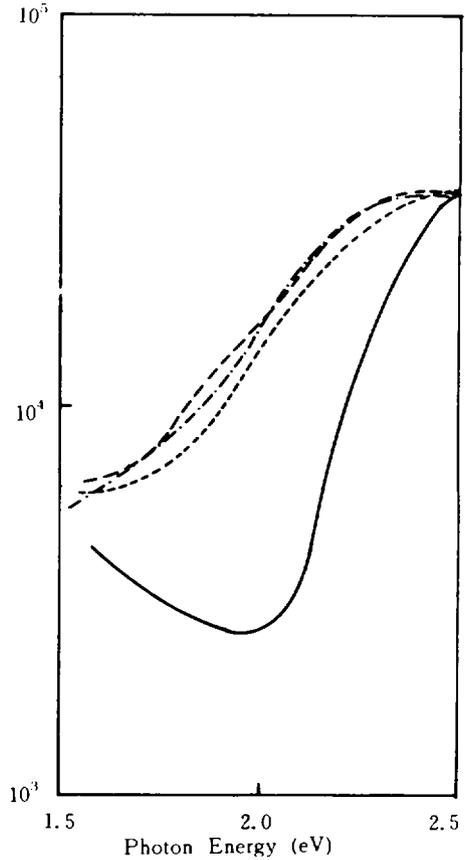


Fig. 4. Variation of absorption coefficient vs photon energy

broad 해짐을 나타내고 있다. Fig. 5는  $\alpha h\nu$ 대 photon energy의 그래프이다. 이 그래프에서 optical gap을 구하였다. a-Si : H의 경우 에너지 갭은 1.94eV로서 매우 질이 좋은 것으로 판단된다. a-Si : H : B의 경우 1.56eV, 1.54eV, 1.58eV로서 거의 일정한 값을 가진다.

## 摘 要

a-Si : H와 a-Si : H : B의 PA스펙트럼을 구하고 Yamasaki의 그래프를 이용하여 흡수계수를 구하였다.

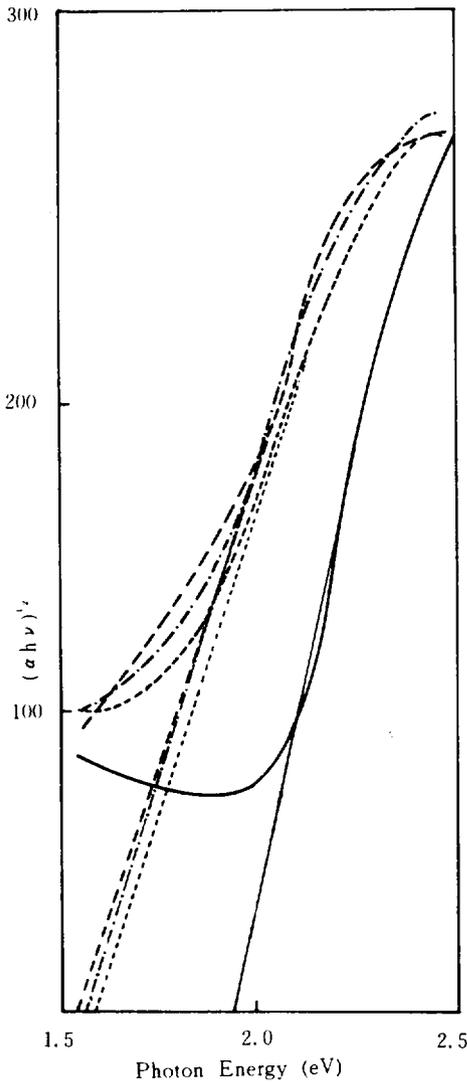


Fig. 5. Variation of  $(\alpha h\nu)^2$  versus photon energy for a-Si:H

a-Si:H의 경우 1.94eV의 optical gap을 가지며 a-Si:H:B의 경우 이 보다 0.4eV 정도 낮은

것으로 측정되었다. 이것의 주된 원인은 Si:B alloying에 의한 것으로 판단된다. B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 기체의 함량이 많은 상태에서 제작한 sample은 Urbach edge가 크고 PA스펙트럼에서 다중간섭에 의한 효과가 크게 나타난다.

### 參 考 文 獻

Hordvik A. and H. Schlossberg. 1977. Photoacoustic technique for determining optical absorption coefficients in solids. *APPLIED OPTICS*, vol. 16, No.1, January 1977, pp.101-107.

Allan Rosenzweig and Allen Gersho. 1976. Theory of the photoacoustic effect with solids. *JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, Vol.47, No.1, January 1976, pp.64-69.

Parker, J. G. 1973. Optical Absorption in Glass: Investigation Using an Acoustic Technique *APPLIED OPTICS*, Vol.12, No.12, December 1973, pp.2974-2977.

Baldassarre, L. Cingolani A. and M. Cornacchia. 1984. PHOTOACOUSTIC DETERMINATION OF LOW ABSORPTION COEFFICIENTS IN CdI<sub>2</sub> LAYERED SEMICONDUCTOR. *SOLID STATE COMMUNICATIONS*, Vol.49, No. 4, pp. 373-375.

Satoshi YAMASAKI, Hideyo OKUSHI, Akihisa MATSUDA, Hidetoshi OHEDA, Nobuhiro HATA and Kazunobu TANAKA, 1981. Determination of the Optical Constants of Thin Films Using Photoacoustic Spectroscopy. *JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, Vol.20, No.9, September 1981, pp L665-L668.

### 國 文 抄 錄

본 논문에서는 Kim C. Y.가 소개한 K-Proximity 공간의 공리를 수정하여, 좀 더 일반화된 Proximity인 B<sub>1</sub>-Proximity를 정의하여 이것에 관한 몇가지 성질들을 조사하였다.