

6H-SiC UV 광다이오드의 제작 및 수광특성 해석

박국상, 이기암

단국대학교 물리학과, 천안, 330-714

The fabrication of 6H-SiC UV photodiode and the analysis of the photoresponse

Kook-Sang Park and Ky-Am Lee

Department of Physics, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

요 약 p⁺/n/n 메사(mesa) 구조를 갖는 6H-SiC UV 광다이오드를 제작하여 입사 파장 200~600 nm의 영역에서 광전류(photocurrent)를 측정하였다. 광다이오드의 파장의 변화에 따라 측정된 광전류는 자외선 영역에서 민감하며 260 nm 근처에서 최대값을 나타내었다. 광다이오드의 광전류 분포를 해석하기 위하여 소수 운반자의 확산모델로 양자효율을 계산하였으며, 계산된 양자효율은 측정된 광전류 분포와 상대적으로 비교되었다. 6H-SiC UV 광다이오드의 광전류 분포는 공핍층에서 광흡수가 포함된 소수운반자의 확산모델에 의하여 해석되었다.

Abstract 6H-SiC UV photodiodes with p⁺/n/n mesa structure were fabricated. The photocurrents of the photodiodes were measured in the wavelength range of 200~600 nm. The photocurrents were sensitive to ultraviolet radiation of 200~500 nm, and come to the maximum value at 260 nm. The quantum efficiency was calculated by using the diffusion model of minority carriers, and compared with the distribution of the photocurrent measured as a function of wavelength each other. The photocurrents of the 6H-SiC photodiode were explained by the diffusion model of the minority carriers which contained the optical absorption of the depletion region as well as the other layers.

1. 서 론

실리콘 카바이드(6H-SiC)는 에너지 띠 간격(energy band gap)이 커서 (300 K에서

2.97 eV), 적외선(IR) 배경에서 자외선(UV)을 검출하고자 할 때 적외선이 검지되지 않으므로 자외선 검지기로서 매우 유용하다. 또한 다이오드의 암전류(dark current)가 매우 작으므로 고온 환경에서도 검지가 가능하며, 경도(hardness)가 높아 고에너지 입자 및 광자에 의한 표면 손상을 줄일 수 있다.

6H-SiC를 이용한 광다이오드는 p-형 6H-SiC 위에 N-이온을 주입(implantation)함으로써 n^+ -층을 매우 얇게 형성하거나[1], n-형 6H-SiC에 Al의 확산(diffusion)에 의하여 제작되었다[2]. 매우 얇은 n^+ -층을 형성하기 위하여는 이온의 에너지가 매우 낮아야 한다. 그러나 주입 이온의 활성화(activation)를 위한 고온의 열처리 과정에서 결정의 결함 사이로 이온의 확산이 유도될 수 있다. Al의 확산 과정은 고온(2180°C)에서 장시간(20 h)이 소요된다[3]. 6H-SiC의 에피층(epilayer)의 성장은 화학 기상 증착(chemical vapor deposition, CVD)에 의하여 가능하다[4]. 화학 기상 증착에서 p와 n-형의 도핑(doping)은 에피층 성장과 동시에 가능하여 열처리 과정에서 도핑이온의 확산을 줄일 수 있고, 에피층 성장시에 두께를 잘 조절할 수 있다.

본 연구는 6H-SiC 광다이오드를 제작하여 파장의 변화에 따라 광전류(photocurrent)를 측정하였다. 에피층은 화학 기상 증착으로 형성되었고, 반응성 이온 에칭(reactive ion etching, RIE)으로 메사(mesa) 구조를 만들었다. 전극 형성을 위한 금속으로서 Ti/Al이 사용되었다. 제작된 광다이오드의 광전류는 200~600 nm 사이에서 측정되었으며, 광전류의 해석을 위하여 소수 운반자의 확산 모델(diffusion model)로 이론적으로 계산된 양자효율과 비교되었다.

2. 다이오드의 제작

2.1. 에피층의 성장

6H-SiC 기판 위에 화학 기상 증착에 의하여 n-형 에피층을 성장시켰다. 6H-SiC 기판은 Cree사에서 성장된 n-형으로서 (0001)면이 3.5° 경사진 Si면을 사용하였다. Fig. 1은 에피층 성장을 위한 시간 및 온도 프로그램이다. 성장 전 초기 진공도는 $10^{-6}\sim 10^{-7}$ torr 이었으며, 수송가스로는 H_2 가 사용되었고, 성장실은 H_2 가스와 함께 HCl 가스를 흘리면서 1500°C에서 구워서(baking) 불순물을 제거하였다. 그 후 성장 전 5분 동안은 수소 가스만 흘리면서 불순물 및 잔류 가스를 배제하였다. 에피층의 성장 과정 중의 성장실의 내부 압력은 1 atm을 유지하였다. n-형 SiC 에피층 성장을 위하여 사용된 가스는 SiH_4 , C_3H_8 및 N_2 이고, 가스 수송량은 각각 0.30, 0.20 및 0.01 sccm이었다. p-형 에피층 성장을 위하여 SiH_4 , C_3H_8 및 B_2H_6 가 사용되었

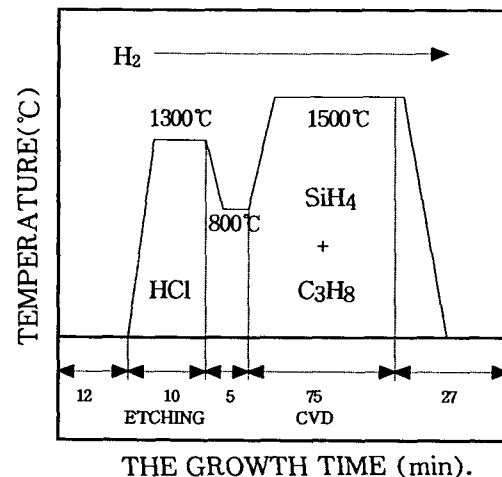


Fig. 1. Temperature and gas flow program for the CVD growth.

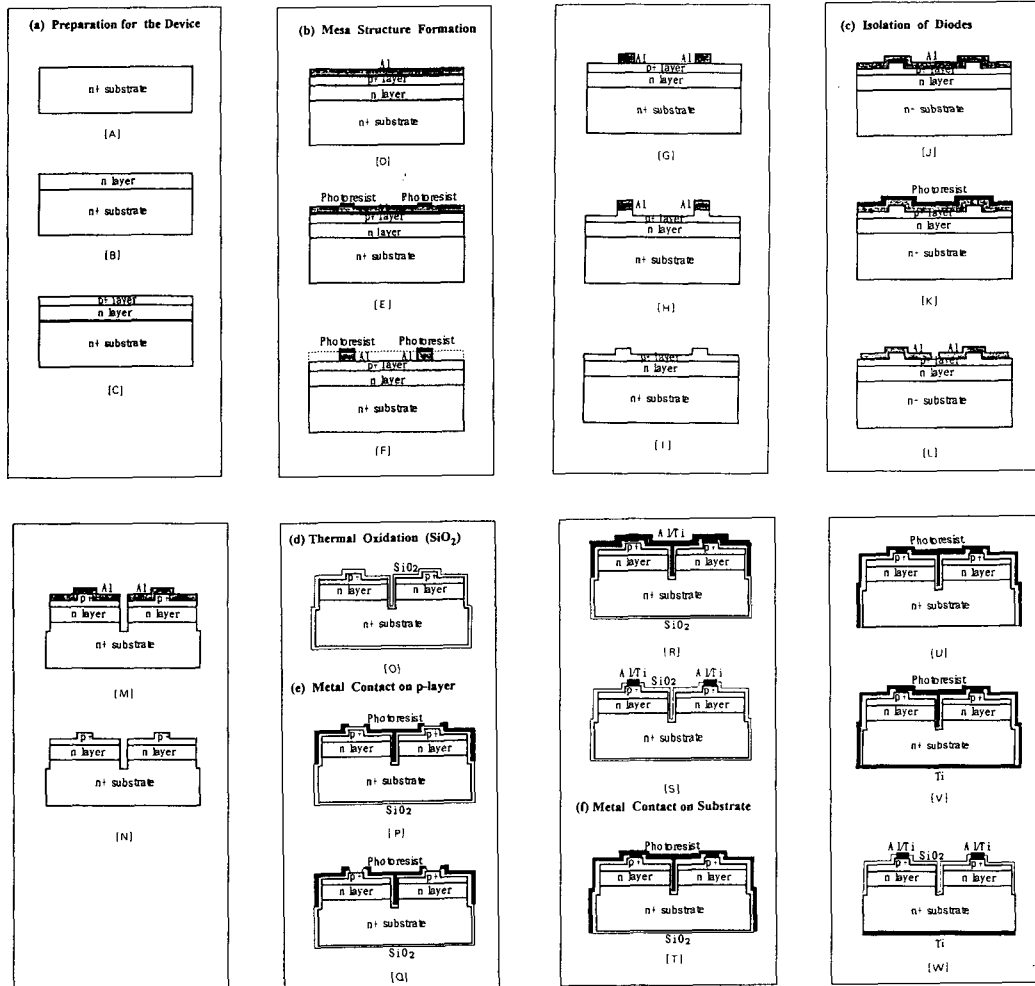


Fig. 2. The fabrication process of the SiC photodiode.

고, 가스 수송량은 각각 0.15, 0.60 및 9×10^{-4} sccm이었다. n- 및 p-형 에피층은 1500°C에서 각각 75분간 성장되었고, 성장된 6H-SiC 에피층의 두께는 각각 3 μm 및 1 μm이었다.

2.2. 다이오드의 제작 과정

다이오드의 제작 과정은 Fig. 2에 나타냈는데, 메사(mesa) 구조의 형성(D~I), 개개

의 다이오드의 분리(J~N), SiO₂ 산화막의 형성(O) 및 금속 전극의 접합(P~W)으로 이루어졌다. 메사 구조는 CF₄/O₂ 혼합 가스를 이용하여 반응성 이온 에칭으로 만들어졌다. 진공도 0.30 torr하에서 CF₄ 및 O₂ 가스의 유입량은 각각 10 및 5 sccm이었다. 고주파 (RF)의 출력이 200 W일 때 에칭속도는 90 nm/min이었고, 6분40초 동안 에칭하여 p⁺-층의 두께가 0.4 μm가 되도록 하였다. 개개의 다이오드들은 깊이 5 μm 에칭에

의하여 서로 분리되었다. 광다이오드 표면의 SiO₂ 산화막 형성은 1200°C에서 O₂ 분위기에서 열산화(thermal oxidation)로 이루어졌는데, 2시간 동안 산화시켜 50 nm SiO₂ 산화막을 얻었다. p⁺-층 및 기판의 전극은 Al/Ti으로서 진공도 2.5×10⁻⁶torr에서 진공 증착되었다. 광다이오드는 전면 면적이 1 mm×1 mm이고, 제작된 다이오드의 열개는 Fig. 3과 같다. 광응답(photoresponse)에 영향을 주는 변수들로서 다이오드의 두께, 도핑 농도, 도핑 이온 및 산화막의 두께 등이 Table 1과 2에 기록되었다.

3. 실험 결과

도핑된 에피층의 광흡수에 의한 활성화

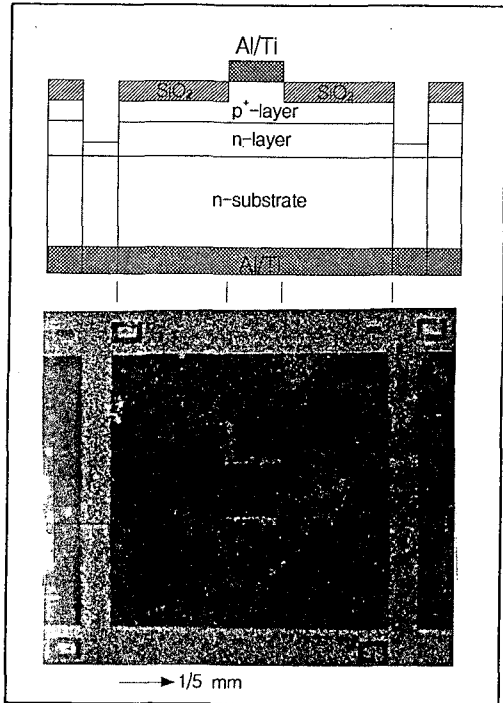


Fig. 3. The geometric structure of a 6H-SiC p⁺/n/n photodiode.

Table 1

Typical device structure for the calculation of the quantum efficiency: (a) concentration (cm⁻³) and (b) thickness (μm)

Device No.	n ⁺ layer	p- layer	p- sub.	SiO ₂ - layer
#1 (a)	5×10 ¹⁸	5×10 ¹⁷	5×10 ¹⁷	
(b)	0.05	3.0		0.05
#2 (a)	5×10 ¹⁸	5×10 ¹⁶	5×10 ¹⁷	
(b)	0.4	3.0	200	0.05

Table 2

Photodiode parameters for 6H-SiC, 300 K [1,7-14]

	N _d (cm ⁻³)	μ _p (cm ² /Vs)	D _p (cm ² /s)	τ _p (ns)	L _p (μm)
n- layer	5×10 ¹⁸	40	1.0	10	1.0
	5×10 ¹⁶	50	1.3	10	1.1
	N _a (cm ⁻³)	μ _n (cm ² /Vs)	D _n (cm ² /s)	τ _n (ns)	L _n (μm)
p- layer	5×10 ¹⁸	60	1.5	20	1.8
	5×10 ¹⁷	80	2.1	20	1.8

(activation)는 Photoluminescence(PL) 측정에 의해 확인되었다. 여기광원은 10 mW He-Cd 레이저로서 파장 325 nm(3.815 eV)를 이용하였다. Fig. 4는 300 K에서 측정된 N-도핑된 기판과 B-도핑된 에피층의 PL 스펙트럼이다. 광방출은 5600~5800 Å 사이에서 두드러지고, 이 노란색광은 6H-SiC에서 Boron의 D-센터와 관련된다. p⁺/n/n구조를 갖는 6H-SiC 광다이오드의 전류-전압(I-V) 특성은 Hewlett-Packard사의 전위계(electrometer; Keithly 237)로 측정되었고, 그 결과를 Fig. 5에 나타냈다. 순 방향 바이아스(forward bias)에서 다이오드의 전류는 약 2.3 V 이상에서 급격히 증가한다. 다이오

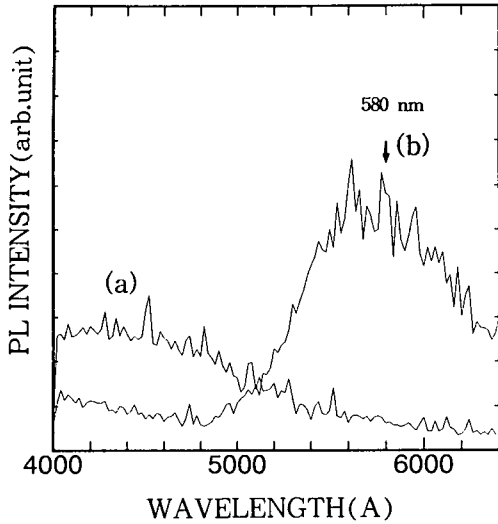


Fig. 4. The photoluminescence spectra of the 6H-SiC; (a) N-doped crystal and (b) B-doped epilayer at 300 K.

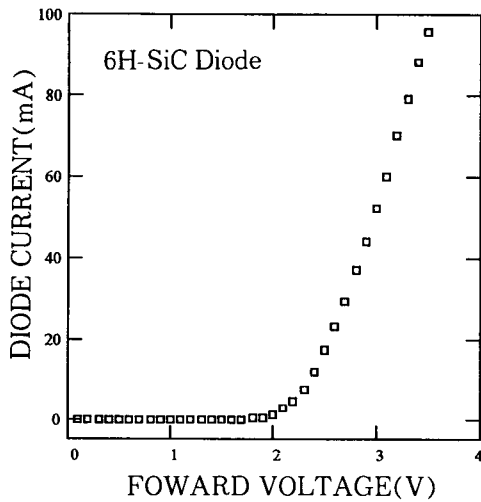


Fig. 5. Current-voltage (I-V) characteristic of a 6H-SiC p⁺/n/n photodiode under the forward bias voltage.

드의 I-V 곡선으로 보아 p/n 접합이 잘 이루어졌음을 알 수 있다. 광응답 신호는 Fig. 6과 같이 분광기(monochromator)를 이용하여 광전류로 측정되었다. 광원은 175-W

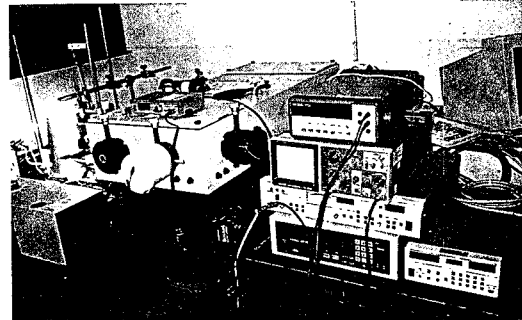


Fig. 6. Spectral apparatus for the photocurrent measurement.

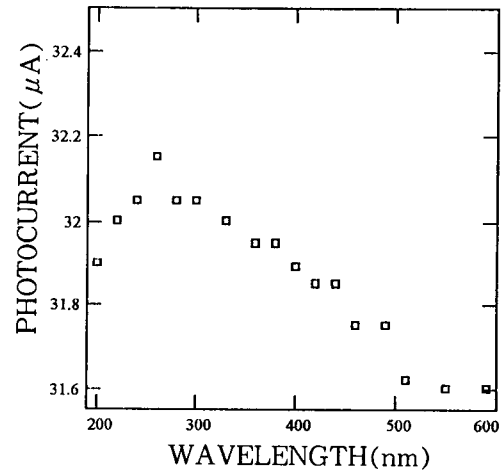


Fig. 7. Photocurrent versus incident wavelength of a 6H-SiC p⁺/n/n photodiode.

Metal Halide Lamp를 사용하였다. 파장의 함수로서 광전류는 Fig. 7에 나타내었다. 광전류는 파장 500 nm 이하에서 광응답 신호가 나타나기 시작하였으며, 광전류의 최대값은 260 nm 부근에서 나타났다. 파장 범위 200~500 nm의 자외선 영역에서 광검사가 가능하다.

4. 광다이오드의 소수운반자의 확산 모델

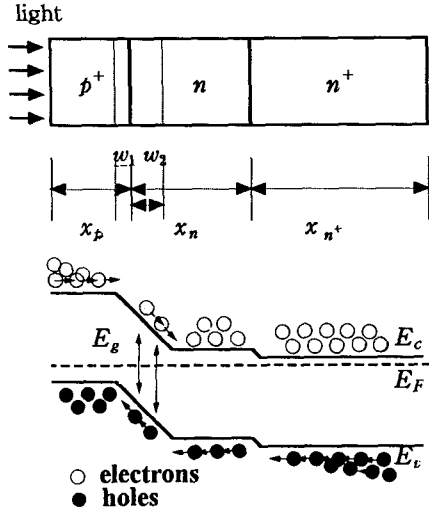


Fig. 8. A diffusion model of the minority carriers and the energy band diagram of a 6H-SiC p+/n/n photodiode.

광다이오드의 광응답 신호를 해석하기 위하여 p+/n/n 구조를 갖는 다이오드의 양자 효율을 계산하였다. Fig. 8은 6H-SiC 위에 p+ -와 n-층을 성장시켜 만들 수 있는 광다이오드의 소수운반자(minority carrier)의 일차원 확산 모델과 에너지 띠 도표(energy band diagram)이다. 이 모델은 SiO₂ 표면층을 통한 빛의 투과, 다이오드의 각 층에서의 빛의 흡수, 그리고 공핍층(depletion region)에서 전자쌍(electron-hole pairs)의 생성 등이 포함된다.

빛을 흡수하는 표면 아래로 거리 x에서 두께 dx에서 단위시간 및 단위면적당 흡수된 광자의 수 g(x)dx는 광흡수에 관한 Lambert의 법칙[6]으로부터

$$g(x)dx = \alpha(\lambda)N(\lambda)[1-R(\lambda)]e^{-\alpha(\lambda)x}dx \quad (1)$$

이고, 여기서 $\alpha(\lambda)$ 는 파장의 함수로서 광흡

수계수(optical absorption coefficient), $N(\lambda)$ 는 입사 광자의 수, 그리고 $R(\lambda)$ 는 광반사도(reflectivity)이다.

정상상태에서 p-층의 소수 운반자인 과잉 전자(excess electrons)에 대한 연속방정식은 전기장을 무시할 때[7]

$$\frac{d^2n(x)}{dx^2} - \frac{n(x)}{L_n^2} = -\frac{\alpha(\lambda)}{D_n}N(\lambda)\{1-R(\lambda)\}e^{-\alpha(\lambda)x}, \quad (2)$$

이고, 여기서 $n(x)$ 는 p-층의 거리 x에서 과잉 전자 농도(electron concentration)이고, L_n 은 전자의 확산길이(diffusion length)이다. p-층에서 전자 농도에 관한 미분방정식의 일반해는

$$n(x) = A_n \cosh\left(\frac{x}{L_n}\right) + B_n \sinh\left(\frac{x}{L_n}\right) - \frac{\alpha(\lambda)N(\lambda)\{1-R(\lambda)\}\tau_n}{\{\alpha(\lambda)^2L_n^2 - 1\}} e^{-\alpha(\lambda)x}, \quad (3)$$

이고, 같은 방법으로 n-층에서 과잉 홀(excess holes)농도에 관한 미분방정식의 일반해는

$$p(x) = A_p \cosh\left(\frac{x}{L_p}\right) + B_p \sinh\left(\frac{x}{L_p}\right) - \frac{\alpha(\lambda)N(\lambda)\{1-R(\lambda)\}\tau_p}{\{\alpha(\lambda)^2L_p^2 - 1\}} e^{-\alpha(\lambda)x} \quad (4)$$

이다. 여기서 $p(x)$ 는 n-층의 거리 x에서 홀 농도(hole concentration)이고, L_p 는 홀의 확산길이이다. τ_p 와 τ_n 은 각각 홀과 전자의 수명(lifetime)이다. 상수 A_n , B_n , A_p 및 B_p 는 소자의 기하학적 구조에 의하여 부과되는 경계조건(boundary condition)에 의하여 결정된다. 전하 운반자 농도와 전류밀도(current density)의 연속을 위한 경계조건은 [8]

$$n(x_p - w_1) = 0, \quad (5)$$

$$D_n \left[\frac{dn(x)}{dx} \right]_{x=0} = S_n n_p(0), \quad (6)$$

$$p(x_n - w_2) = 0, \quad (7)$$

$$D_p \left[\frac{dp(s)}{ds} \right]_{x=x_n+x_p} = D_{p+} \left[\frac{dp^+(x)}{dx} \right]_{x=x_n+x_p} \quad (8)$$

$$p(x_p + x_n) = p^+(x_p + x_n), \quad (9)$$

$$-D_p \left[\frac{dp^+(x)}{dx} \right]_{x=x_n^+} = S_{p+} p^+(x_{n+}) \quad (10)$$

이다. 여기서 x_p , x_n 및 x_n^+ 는 각각 p-층, n-층 및 기판의 두께이고, S_n 과 S_p 는 각각 전자와 홀의 표면 재결합 속도(surface recombination velocity)이다. 뒷면에서 홀의 표면 재결합 속도는 오음성 전극(ohmic contact)에 의하여 거의 무한대이다 ($S_p \approx \infty$). 소수 운반자 농도 $p(x)$ 와 $n(x)$ 는 식 (3)과 (4)로부터 경계조건인 식 (5)~(10)을 부과하여 풀고, 전류밀도 $J(\lambda)$ 는 접합 양측과 공핍층 영역에서 소수 운반자의 기울기로부터 결정된다.

한편, 내부 양자효율(internal quantum efficiency) $\eta(\lambda)$ 는 물질로 입사하는 광자의 수에 대한 수집된 전자-홀 쌍(electron-hole pair)의 수로서 정의된다. 즉,

$$\eta(\lambda) = \frac{J_L(\lambda)}{qN(\lambda)\{1-R(\lambda)\}} \quad (11)$$

이고, 여기서 λ 는 파장, J_L 은 총 전류밀도, q 는 전하량, $N(\lambda)$ 는 입사 광자의 수, 그리고 $R(\lambda)$ 는 표면에서의 빛의 반사율이다. 외부 양자효율(external quantum efficiency) $\eta(\lambda)_{ext}$ 은 빛의 반사에 의해 수정된 내부 양자효율이다. 즉,

$$\eta(\lambda)_{ext} = \eta(\lambda)[1-R(\lambda)] \quad (12)$$

이다. p⁺-층 안에서 흡수된 광자에 의하여 생성된 과잉 전자가 p⁺/n 접합에 확산됨으로서 기여하는 양자효율 $\eta_n(\lambda)$ 는[1,8,9]

$$\eta_n(\lambda) = \frac{\alpha L_n}{\alpha^2 L_n^2 - 1} \left[\frac{S_n + \alpha D_n \exp(-\alpha x_n)}{D_n \cosh\left(\frac{x_p}{L_n}\right) + S_n \sinh\left(\frac{x_p}{L_n}\right)} \cdot \frac{\{S_n \cosh\left(\frac{x_p}{L_n}\right) + D_n \sinh\left(\frac{x_p}{L_n}\right)\}}{\cosh\left(\frac{x_p}{L_n}\right)} - \alpha L_n \exp(-\alpha x_p) \right] \quad (13)$$

이고, 여기서 α , S_n , L_n , D_n , 그리고 x_p 들은 각각 광 흡수계수, 전자의 표면 재결합 속도, 확산거리, 확산계수(diffusion coefficient), 그리고 p⁺-층의 두께 등이다. 과잉 홀의 확산에 의하여 얻는 양자 효율 $\eta_p(\lambda)$ 은

$$\eta_p(\lambda) = \frac{\alpha L_p e^{-\alpha x_p}}{\alpha^2 L_p^2 - 1} \left[\alpha L_p \tanh\left(\frac{x_n}{L_p}\right) - \frac{\alpha L_p \exp(-\alpha x_{n+})}{\cosh\left(\frac{x_n}{L_p}\right)} \right] \quad (14)$$

$$\eta_{p+}(\lambda) = \frac{\alpha L e^{-\alpha(x_n+x_p)}}{(\alpha^2 L^2 - 1) \cosh\left(\frac{x_n}{L}\right)} \left[\alpha L + \frac{e^{-\alpha x_{n+}} - \cosh\left(\frac{x_{n+}}{L}\right)}{\sinh\left(\frac{x_{n+}}{L}\right)} \right] \quad (15)$$

이고, 여기서 L_p 와 L 은 각각 n-층과 n-기판에서의 홀의 확산거리들이다. 공핍층에서의 양자효율 $\eta_w(\lambda)$ 은[7,8]

$$\eta_w(\lambda) = e^{-\alpha(x_p-w_1)} [1 - e^{-\alpha w_1}] + e^{-\alpha(x_p)} [1 - e^{-\alpha w_2}] \quad (16)$$

이다. 이리하여 각 층에서 기여하는 양자효율의 합 $\eta_{total}(\lambda)$ 은

$$\eta_{total}(\lambda) = \eta_n(\lambda) + \eta_p(\lambda) + \eta_{p+}(\lambda) + \eta_w(\lambda) \quad (17)$$

이다.

한편 $p^+/n/n$ 접합 위의 SiO_2 층은 비반사층으로서 고려된다. SiO_2 층이 두께 d 의 단층막인 경우 투과도 $[1-R(\lambda)]$ 는 [7]

$$[1-R(\lambda)] = 4n_o n_s [n_o^2(1+n_s)^2 - (1-n_o^2)(n_o^2 - n_s^2) \sin^2\{g(\lambda)/2\}]^{-1} \quad (18)$$

이며, 광학적 위상 두께 (phase thickness) $g(\lambda)$ 는

$$g(\lambda) = \frac{2\pi n_o d}{\lambda} \quad (19)$$

이다. 여기서 n_o 와 n_s 는 각각 SiO_2 와 SiC 의 굴절률이다. 이리하여 식 (12)과 식 (18) 및 (19)로부터 외부 양자효율을 계산한다.

5. 양자효율의 계산 및 결과 해석

광다이오드의 양자효율을 계산하기 위한 변수들은 파장의 함수로서 광 흡수계수, 각 층의 도핑 농도 변화에 따른 이동도(mobility)와 확산길이, 소자의 기하학적 구조(geometrical structure) 및 비반사층(anti-reflective layer)의 두께 등이다. 6H-SiC 광다이오드의 양자효율을 계산하기 위한 6H-SiC의 광흡수계수는 입사 파장 200~400 nm의 범위에서 측정된 값을 사용하였는데[10,11], 이를 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 10은 6H-SiC의 굴절률로서 파장의 변화에 따라 타원

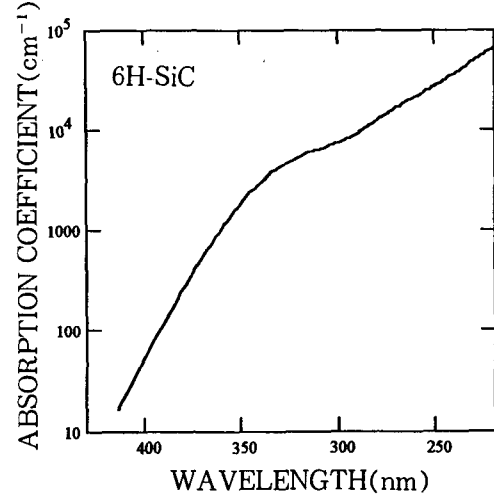


Fig. 9. Optical absorption coefficients of a 6H-SiC at 300 K [9].

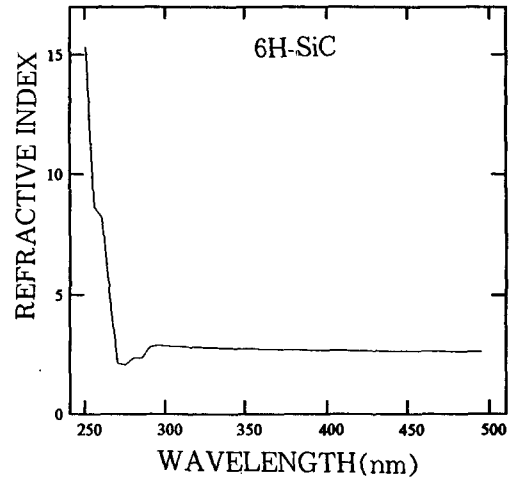


Fig. 10. The refractive indices of a 6H-SiC.

계(ellipsometer)로 측정되었다. 양자효율을 계산하기 위하여 파장 250 nm 이하에서의 굴절률은 Fig. 10에서 외삽하여 사용하였다.

다이오드의 광전류 분포는 양자효율을 계산하기 위하여 사용되었던 공핍층에서 광흡수를 고려한 소수 운반자의 확산모델을 적용하여 설명되어진다. 소수 운반자의 전기적

이동도는 도핑 농도의 변화에 따라 측정된 값을 사용하였고[12], 소수 운반자의 확산계수 D 와 수명 τ 들은 이동도와 확산거리 L 로부터 Einstein 관계에 따라 설정된다. 전자와 홀의 확산길이가 각각 $1.8 \mu\text{m}$ 와 $1.0 \mu\text{m}$ 인 것을 기준으로 하여 계산하였는데 [1-13], 이는 전자와 홀의 수명이 각각 10 ns와 20 ns에 대응되며[14-16], 양자효율을 계산할 때 이를 고려하였다. Fig. 11은 6H-SiC의 $n^+/p/p$ 구조를 갖는 광다이오드에서 Table 1 및 2의 변수 #1을 이용하여 양자효율을 계산한 것으로서 실험치[1]와 거의 일치하므로 설정된 변수들의 값이 적절하다고 판단된다. 확산전류에 영향을 주는 변수로서 6H-SiC의 소수 운반자로서 전자와 홀의 확산길이는 약 $1.8 \mu\text{m}$ 와 $1.1 \mu\text{m}$ 이다.

양자효율은 광전류와 비례하므로 계산된 외부 양자효율은 측정된 광전류와 상대적인 비교가 가능하다. $p^+/n/n$ 구조를 갖는 다이

오드에서 Table 1 및 2의 변수 #2를 이용하여 계산된 양자효율은 Fig. 12와 같다. 최대 양자효율은 270 nm에서 약 0.6 정도이고, 이는 광전류가 260 nm 부근에서 최대값을 갖는 것과 거의 비슷하다. 또한 파장 변화에 대한 양자효율의 분포는 광전류 분포와 거의 비슷하다. 이 때 각 층이 양자효율에 기여하는 비율을 알기 위하여 각 층에 따라 내부 양자효율을 계산하여 Fig. 12에 함께 나타냈다. 최대 양자효율은 270 nm에서 약 0.6이고, 파장 270 nm에서 각 층이 양자효율에 기여하는 비율은 p^+ -층, n -층 및 공핍층에서 각각 0.22, 0.22 및 0.18이다. 이 때 공핍층의 기여도가 상당히 크다. 공핍층의 변화가 포함된 소수 운반자의 확산 모델은 6H-SiC 광다이오드의 광전류 분포 해석을 위하여 적절하다.

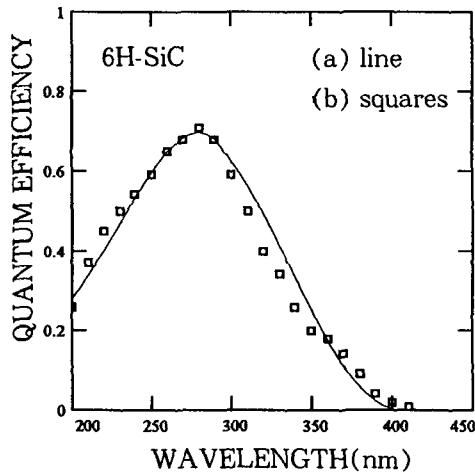


Fig. 11. The quantum efficiency of a 6H-SiC $p^+/n/n$ photodiode; (a) the calculated (line) and (b) the measured quantum efficiency (squares) [2] using the parameters of device #1 [1].

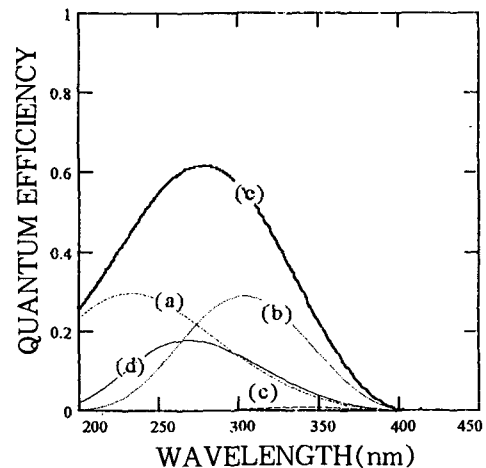


Fig. 12. Total quantum efficiency and the contributions from each layer to the total; (a) the n^+ -layer, (b) the p -layer, (c) the substrate, (d) the depletion layer, and (e) the total quantum efficiency (device #2).

6. 결론

$p^+/n/n$ 구조를 갖는 6H-SiC UV 광다이오드를 제작하여 입사 파장의 변화에 따라 광전류를 측정하였다. 광전류 분포를 해석하기 위하여 소수 운반자의 확산모델로 양자효율을 계산하였으며, 측정된 광전류 분포와 상대적으로 비교되었다. 광다이오드를 제작하기 위하여 에피층은 수송가스 SiH_4 와 C_3H_8 를 이용하여 CVD로 만들었는데, p-와 n-층의 도핑을 위한 수송가스는 각각 B_2H_6 와 N_2 이었다. 다이오드는 자외선에 민감하도록 RIE로 메사(mesa) 구조로 만들었고 p-와 n-층의 두께는 각각 $0.4 \mu\text{m}$ 와 $3.0 \mu\text{m}$ 이었다. 다이오드 표면의 SiO_2 층은 열산화로 50 nm 의 두께로 형성되었다. 전극 형성을 위한 금속으로서 Ti/Al이 사용되었다. 광다이오드의 수광 전면 면적은 $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 이었다. 광다이오드의 파장의 변화에 따라 측정된 광전류는 자외선 영역에서 민감하며 260 nm 근처에서 최대값을 나타내었다. 다이오드의 광전류 분포는 공핍층에서 광흡수가 포함된 소수운반자의 확산모델에 의하여 설명되어졌다. 확산 전류에 영향을 주는 변수로서 6H-SiC의 소수 운반자로서 전자와 홀의 확산길이는 약 $1.8 \mu\text{m}$ 와 $1.1 \mu\text{m}$ 이고, 이는 Brown등에 의해 설정된 값[1]과 거의 일치한다. 파장 270 nm 에서 각 층에서 내부 양자효율에 기여하는 비율은 p⁺-층, n-층 및 공핍층에서 각각 0.22, 0.22 및 0.18이다.

감사의 글

6H-SiC UV 광다이오드를 제작을 할 수 있도록 도움을 주신 일본 교토대학 전자물성

공학과 H. Matsunami 교수님과 T. Kimoto 박사에게 감사드립니다. 다이오드의 광전류 측정에 도움을 주신 공주대학교 물리교육과 이 회복 박사에게 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] D.M. Brown, E.T. Downey, M. Ghezzi, J.W. Kretchmer, R.J. Saia, Y. S. Liu, J.A. Edmond, G. Gati, J.M. Pimply and W.E. Schneider, IEEE Trans. Elect. Dev. 40 (1993) 325.
- [2] R.B. Campbell and H.C. Chang, Solid-State Electron 10 (1960) 949.
- [3] H.C. Chang, L.F. Wallace and C.Z. LeMay, Proc. Conf. on SiC (New York, 1960) 496.
- [4] T. Kimoto, Step-Controlled Epitaxial Growth of α -SiC and Device Applications (Thesis of Doctor Degree, Kyoto Univ., Japan, 1995).
- [5] M.S. Mazzola, Int'l Conf. on SiC and Related Materials (Kyoto, 1995) 549.
- [6] R. Van Overstraeten and W. Nuyts, IEEE Trans. Elect. Dev. ED-16 (1969) 632.
- [7] H.J. Hovel, Semiconductors and Semimetals 11 (Academic Press, New York, 1975) 126, 203.
- [8] K.S. Park and K.A. Lee, J. of Korean Phys. Soc. 29 (1996) 225.
- [9] S.M. Sze, Physics of Semiconductor Devices 2nd ed. (John Wiley Sons, New York, 1981) 800.
- [10] H.R. Philip, Phys. Rev. 111 (1958)

- 440.
- [11] W.J. Choyke and L. Patrick, *Phys. Rev.* 172 (1968) 769.
- [12] W.J. Schaffer, H.S. Kong, G.H. Negly and J.W. Palmour, *The 5th SiC and Related Materials Conf.* 137 (1993) 155.
- [13] V.I. Sankin, R.G. Verenchikova, Y.A. Vodakov, M.G. Ramm and A.D. Roenkov, *Sov. Phys. Semicond.* 16 (7) (1982) 850.
- [14] G.G. Harman and R.L. Raybold, *Appl. Phys.* 32 (1961) 1168.
- [15] A.V. Naumov and V.I. Sankin, *Sov. Phys. Semicond.* 23(6) (1989) 630.
- [16] N.T. Sön, E. Sörman, W.M. Chen, O. Kordina, B. Monemar and E. Jan sen, *Int'l. Symp. Compound Semicond. Proc.* 141 (1994) 405.
- [17] P.L. Barrett and R.B. Campbell, *J. Appl. Phys.* 38 (1967) 531.