

GaAs MESFET에서 AlGaAs buffer layer에 의한 Drain 누설전류 차단

박준, 조종열
아주대학교 전자공학부

Reduction of Drain Leakage Current by AlGaAs buffer layer in GaAs MESFET

Jun Park, Jung Yol Jo
Dept. of Electronics Engineering, Ajou University

Abstract - We investigated drain leakage current in GaAs power MESFET. The device we studied by 2D simulation has a 1000Å thick AlGaAs buffer layer under n-GaAs active layer. The calculation shows that the leakage current through GaAs substrate is significantly reduced by the buffer layer.

1. 서 론

GaAs MESFET은 wireless communication에 가장 널리 사용되는 소자중의 하나이다[1]. 이 소자의 gate 길이가 감소하면 cut-off시에 substrate 쪽으로 흐르는 drain leakage current가 문제가 된다. 이 구조에서 발생하는 drain leakage current는 gate에 가해진 전압이 증가함에 따라서 전류가 semi-insulating (SI) GaAs substrate를 통하여 흐르는 것이다[2]. 이 불필요한 전류는 transconductance, drain efficiency 그리고 linearity를 감소시켜 좋지 않은 특성을 보여준다.

최근에 이러한 문제를 해결하는 방법의 하나로 p doped GaAs buffer layer를 사용하는 방법이 제시되었다[1]. 하지만 p type doping에 의해서만 drain leakage current를 차단하는 것보다는 더 큰 energy band gap을 갖는 AlGaAs를 buffer layer[3]로 사용함으로써 더 좋은 효과를 얻고, 여기에 p doping을 하여 depletion 영역을 형성시켜서 한번 더 차단하는 효과가 나타나는 것을 반도체 소자 2D 시뮬레이터를 이용하여 입증하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 소자의 구조

계산에 사용된 소자의 gate length는 0.5 um으로 하였고, recess 구조는 고려하지 않았다. GaAs 의 표면에 발생하는 surface state의 농도는 $3 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ 으로 하였다. $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ buffer layer는 p

type ($3.0 \times 10^{16}/\text{cm}^3$)으로 도핑한 것과 도핑하지 않은 것 두 가지를 비교하였다.

변수	값
Active layer의 농도, N_{sub}	$1.3 \times 10^{17}/\text{cm}^3$
n-GaAs active layer의 두께	$0.2 \mu\text{m}$
AlGaAs buffer layer의 두께	$0.1 \mu\text{m}$
surface trap의 농도	$3 \times 10^{12}/\text{cm}^2$
n+ ohmic contact layer의 농도	$2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$

표.1 시뮬레이션에 사용한 변수들

2.2 시뮬레이션 결과 및 고찰

그림1은 cut-off가 일어나기 시작하는 ($V_g = -2V$) 영역에서 전자 농도 분포를 비교한 것이다. 이 그림은 전자 농도 분포가 세 가지 구조 모두 비슷한 모양을 나타내고 있는 것을 보여준다. 그림2는 이 구조에서의 전류분포를 나타낸다. 세 실선은 각각 위에서부터 90%, 80%, 70%의 전류크기를 나타낸다. 이 그림에서 AlGaAs buffer가 없는 경우에 전류가 drain 쪽으로 흐르기 위해서 cut-off가 시작된 후에도 substrate 쪽으로 돌아서 가는 경로를 확인할 수 있다. $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ buffer layer를 사용하였을 경우에는 leakage current가 흐를 수 있는 경로를 차단함을 보여주고 있고, p-doped $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ buffer layer의 경우도 비슷한 형태를 보여주고 있다. 그림3은 cut-off시에 발생한 IV 곡선을 나타낸 것이다. 그림3(a)에서 나타난 전류는 그림2에서 substrate로 흐르는 leakage current임을 알 수 있다. 그림3(b)는 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ buffer layer를 사용하였을 때 얻어지는 drain 전류값이다. Substrate 쪽으로 흐르는 전류가 거의 차단되어졌음을 보여주고 있다. 그림3(c)는 p doping을 한

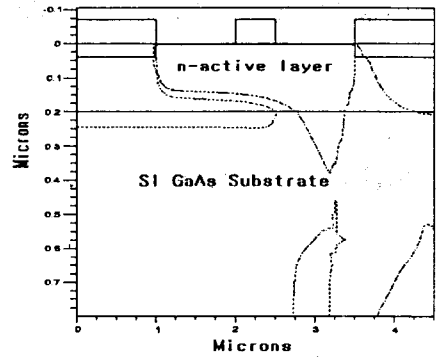
$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ buffer layer를 사용하였을 경우를 나타낸 것인데, 그림3(b)에서 높은 drain voltage 쪽에서 생긴 약간의 남아있는 leakage current까지 제거되었음을 보여 주고 있다. 이 구조에서 drain leakage current를 차단하는데 있어서 $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ buffer layer의 역할은 Energy band gap이 더 큰 $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ layer가 barrier를 형성하는 것이다. 더 확실한 차단을 하기 위해서 p type doping을 함으로써 channel과 buffer layer 사이에 depletion 영역을 형성시키는 방법을 사용하였다. $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ buffer layer는 leakage current에 대한 저항의 역할을 하고, p doping으로 형성되어진 depletion 영역이 저항값을 높이는 역할을 하여서 drain leakage current를 차단할 수 있다.

3. 결 론

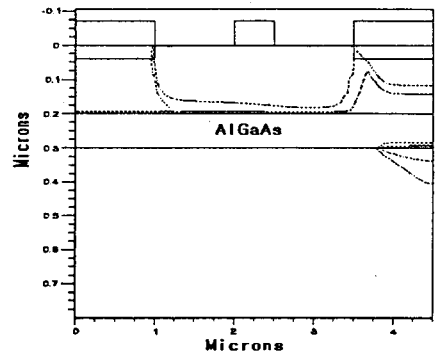
본 연구에서는 GaAs MESFET에서 발생하는 drain leakage current를 $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ buffer layer를 사용하여 차단하였다. $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ buffer layer를 사용하였을 때 생기는 energy band gap의 차이에 의해 cut-off시에 발생하는 drain leakage current가 제거 되어지고, 이 buffer layer에 p type doping을 할 경우에는 channel과의 사이에 depletion 영역을 형성하여 포텐셜 장벽을 더 높이는 효과를 나타내는 특성을 갖게된다. 이를 통해 gate length가 더 작을때 문제가 되고 있는 drain leakage current를 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다.

(참 고 문 헌)

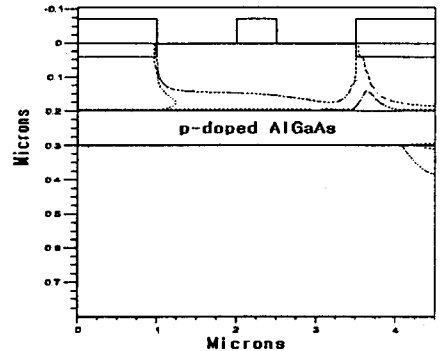
- [1] Y. J. Wang, "Optimal design of P-buffer layer for GaAs power MESFET". Electronics Letters, Vol.32, No.24, 21st Nov. 1996.
- [2] Rainier Lee et al., "High Temperature Characteristics of GaAs MESFET Devices Fabricated with AlAs Buffer Layer", IEEE Electron Device Letters, Vol.16, No.6, June 1995.
- [3] Seung June Choi, et al., "MOCVD Growth of Low doped p-type AlGaAs Buffer Layers by Intrinsic Carbon Doping Method" the 5th Korean Conf. on Semiconductors, p23, Feb. 1998.



(a)

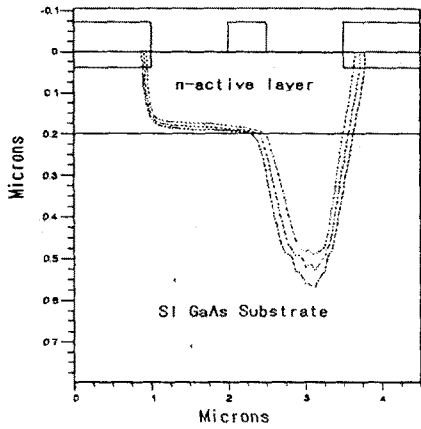


(b)

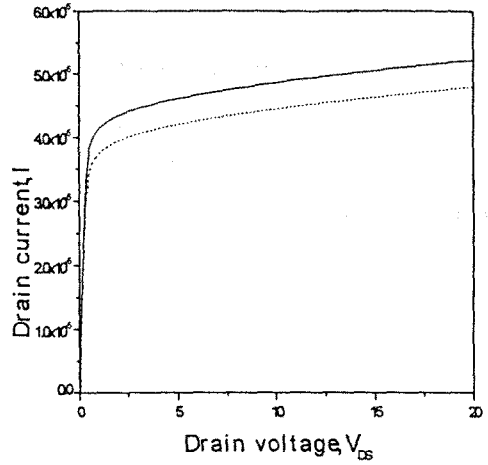


(c)

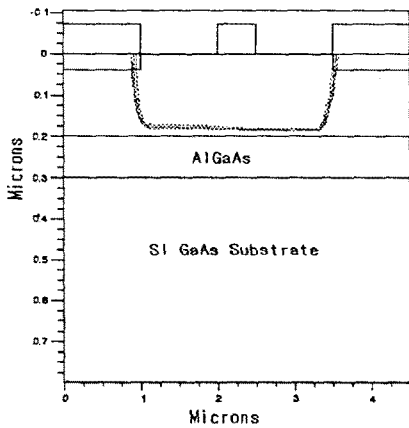
그림1. MESFET의 전자분포도
 (a)buffer가 없을 경우 (b)undoped AlGaAs buffer를 사용하였을 때 (c) p-doped AlGaAs buffer를 사용하였을 때 (gate = -2.0V, 농도는 각각 $10^{16}/cm^3$, $10^{14}/cm^3$)



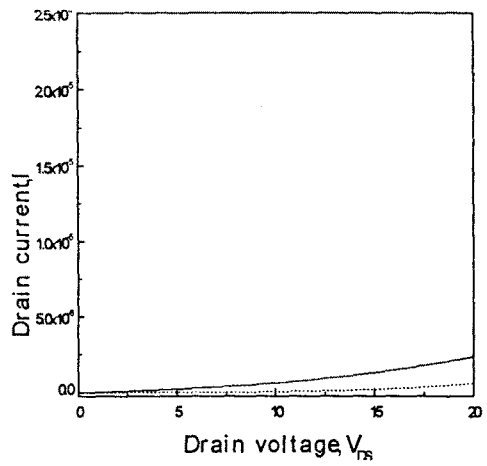
(a)



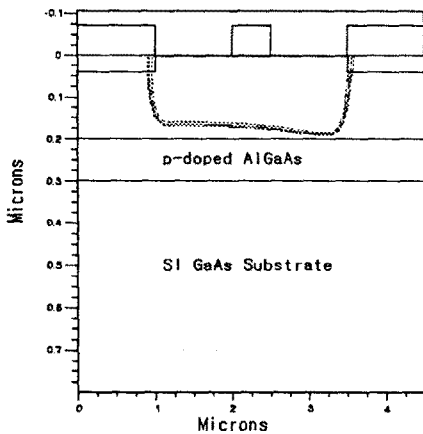
(a)



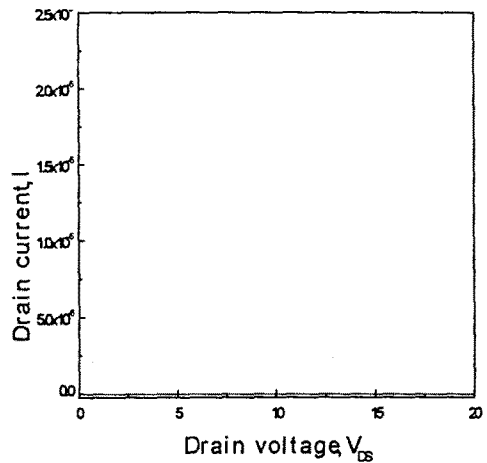
(b)



(b)



(c)



(c)

그림 2. AlGaAs buffer를 사용하지 않았을 때와 사용하였을 때의 MESFET의 전류분포도 (gate = -2.0V)

그림 3. MESFET의 IV 곡선 (a)buffer가 없을 경우 (b)undoped AlGaAs buffer를 사용하였을 때 (c) p-doped AlGaAs buffer를 사용하였을 때 (gate = -1.9V, -2.0V)