# SBGFET의 특성에 관하여

박 한 규 ( 연세대 이공대학 전자공학과 교수 )

박 민 용 ( 연세대 대학원 전자공학과 )

고주파 영역에서 사용할 수 있는 SBGFET (Schottky Barrier gate Field effect transistors) 는 1967 년 Hopper 와 Cehrer 에 의하여 생산가능을 시사했으며 1968년에 Mead 는 반도체 물질 Si 와 GaAs 로 비교하여 GaAs 가 3 - 6 배 이상 효율성이 존재함과 모델을 제안하여 스위스에 있는 I.B.M 연구소에서 SBGFET 생산에 성공하였다. 최근에는 Gate 넓이에 따라 최대 주파수 영역이 80 - 100 GHz까지 가능함을 보이고 있으며 Gate 의 형태와 dual gate 를 사용하여 성능이 보다 좋은 SBGFET 를 생산하려고 하고 있다.

SBGFET 는 높은 저항층과 유사한 반절연 GaAs 층위에 0.2 - 0.4 $m$ 의 얇은 Epitaxial layer 내에서 drain 으로 부터 Source 로 전류가 흐르며

이 전류는 Gate 바로 밑에서 확장되는 결핍층 (depletion layer)의 깊이에 따라 제어 할 수 있다. Au 와 Ge 의 합금을 350°C 에서 drain 과 Source 에 저항 접속 시키며 게이트의 용량성을 감소시키기 위하여 epitaxial layer 위에 Al 금속을 증발작용에 의하여 "Mesa" 형으로 접속 하면 접속면적이 작아 접합용량이 감소하며 고주파 영역에서 동작이 용이하다.

GaAs Substrate 에 사용되는 반도체물질 Si 와 Ge 을 GaAs 와 비교 하였을때는 GaAs 가 Ge, Si 보다 2-5 배의 이동도와 1.5 배 정도의 saturation Velocity 를 얻을수 있으며 SBGFET 의 최대 발진 주파수 fmax 은

$$f_{max} = \frac{q\, N_a\, \mu\, A^2}{\pi \cdot L \cdot E_s}$$

로 되며 $E_s$ 는 인가된전계, L은 게이트의 길이, A 는 epitaxial 층의 두께 $N_a$ 는 불순물농도를 가르킨다.

그러나 Al 금속으로 Gate에 접속시키기 위하여 다음과 같은 여러형태의 SBFET 를 소개하고저 한다.

(1) V형 Gate SBFET

게이트의 형태를 V형으로하여 epitaxial layer 를 0.5 - 1 um 불순물 농도 7-10 정도로 도핑하여 Channel 이전압에 의하여 조절될수 있도록 매우 얇게 하면 게이트 길이가 2 um 의 V형 gate SBFET 의 고주파 동작 특성은 0.5 um 게이트길이인 planar 형 SBFET 보다 우수하고 최대이득 (maximum avdilble gain ) 를 6dB/octave 로 하였을때 FMAX - 45 GHz 가 된다.

(2) 게이트를 thick layer 이하로 침식된 SBGFET 게이트에서 소오스에 이르는 간격에서 나타나는 직렬 저항 값을 최소한으로 줄이기 위하여 Drain 과 Source 에 Ag + cr 를 50 Å 정도 피막 시키며 Gate 의 접속부분에 저항값을 매우 낮게하며 400 °C 고온에서 좋은 안정도를 나타나게한다.

특히 게이트 스트립의 저항성은 캐패시턴스와 함께 입력을 지연시키며 게이트의 길이가 감소함에 따라 이 지연 특성이 증가 하므로 게이트 스트립의 저항성이 낮은 물질을 사용함으로써 SBGFET 가 고속 ( high speed ) 으로 동작할 수 있게 한다.

(3) Dual gate SBGFET

2중 게이트로 GaAs SBGFET 를 제조하였을때는 제2게이트가 4극관에서의 차폐그리드 ( screen grid ) 와 같은 역활을 하며 Short traveling Wave Transistor 와 같이 되어 게이트 바이어스전압을 조정하여 넓은 범위에서 이득을 변화 시킬수 있다. 특히 2중 게이트는 게이트 길이를 0.5 um 인 SBGFET 와 비교할때 거의 등가적인 특성을 나타낸다.

(4) InP SBGFET

전계가 높은 경우에 주행거리를 몇 10 - 12 ( picosecond ) 동안에 지속하는 Velocity overshoot 현상이 된다. 반송자 속도가 최대가 되도록 Pinchoff 전압을 2-7 V 사이에서 선택할때 GaAs 의 전계는 3.5 KV/cm 가 되면 Imp 의 전계는 10KV/cm 첨두속도 ( Peak Velocity ) 가 된다. 때문에 GaAs FET 와 InP FET 를 비교할때 게이트 길이가 1 um 이하에서는 GaAs 가 InP 보다 우수한 동작을하며 1-10 um 사이에서는 InP 가 GaAs 보다 우수한 동작을 한다.

이와 같이 특수한 형태로 Gate 에 Al 금속을 접속

시켰을때 V형인 경우는 0.5 µm의 Gate의 길이 때와 특성이 같으나 다만 최대발진 주파수만이 감소하며 Thick layer 이하로 침식시킨경우는 drift velocity가 상승 한다.

또한 Gate의 길이가 0.5 µm로 제조하기에는 기술적으로 곤란하므로 넓은 범위내에서 2중 Gate를 손쉽게 결합하여 등가적인 특성을 얻는다.

Substrate의 반도체물질 GaAs와 InP를 비교하였을때 Gate의 길이가 클때에는 InP의 동작특성이 좋다.