

[I-17]

(NH₄)₂S_x 처리에 따른 RuO₂/n-GaAs 접촉장벽의 열적안정성

손맹호¹⁾, 김은규, 박용주, 이종근, 최원철, 민석기

한국과학기술연구원 반도체재료연구센터, 서울 130-650

¹⁾경기대학교 물리학과, 수원 440-760

반도체소자의 고집적화에 따른 미세선폭의 배선형성이나 고온공정의 요구에 대비한 게이트 금속은 요구되는 전기적성질 뿐만아니라 반도체와의 접착성, 진식 및 습식에칭공정에서의 에찬트 저항성, 좋은 열적안정성 등이 함께 고려되어야 한다. 최근, 이러한 점들을 고려한 GaAs반도체 소자용 금속으로 연구되고 있는 산화루테늄(RuO₂)의 경우는 높은 열적 안정성을 나타내는 산화물로서 비저항이 50 μΩ-cm 정도로 금속과 같은 전도특성을 가지고 있을 뿐만아니라 소자의 열화를 방지할 수 있어서 최근 실리콘 고집적소자응용을 위해 연구가 활발히 진행되고 있는 물질이다. 그러나, 산화루테늄은 n형 GaAs와의 접촉에서 접촉장벽높이가 0.7 eV 로서 금(Au), 알루미늄(Al) 등과 같은 대부분의 금속에 비해 낮은 배리어를 나타내는 것으로 보고되고 있다. 최근에는 수소화를 이용한 접촉장벽높이 변화가 연구된 보고도 있다. 한편, 반도체표면의 sulfur passivation은 표면의 산화방지막으로서의 가능성이 대두되고 있다.

본 연구에서는 n형 GaAs 기판표면의 sulfur 처리 및 수소플라즈마 처리에 따른 산화루테늄 쇼트키다이오드(Schottky diode)의 전기적특성의 열적 안정화에 대해 연구하였다. 본 연구에 사용된 시료는 n형 VGF-GaAs(100) 웨이퍼로서 운반자농도는 2-3x10¹⁶ cm⁻³이었다. 시료의 수산화는 수소플라즈마장치(13.56 MHz)로 수소압 0.5 Torr 에서 플라즈마 power밀도를 0.08 W/cm²로 유지하여 200 ℃ 의 기판온도하에서 30분간 수행하였고, sulfur 처리는 (NH₄)₂S_x 용액으로 50 분간 시료표면을 passivation시켰다. 표면처리된 기판시료는 직류마그네트론 스퍼터링장치에서 루테늄 target(순도 99.9 %)와 알곤가스에 산소 10 % 를 혼합한 혼합가스로서 산화루테늄을 각각 100 nm 두께로 증착하였는데, 이때의 증착압력은 12 mTorr 이었고 스퍼터링의 input power는 100 W로 하여 상온에서 수행하였다. 산화루테늄증착시 직경 0.8 mm의 shadow mask를 이용하여 쇼트키다이오드를 제작하였으며, 다이오드는 질소분위기의 전기로내에서 200 ℃ 에서 550 ℃ 의 온도범위로 10 분간 열처리하였다.

상기와 같이 열처리된 쇼트키다이오드는 각각 상온 및 암실에서 HP4140B pA/dc source장치로 전류-전압 특성측정을 하였으며, 이로부터 접촉장벽의 높이와 이상상수를 계산하였다. 또한, 열처리에 따른 GaAs와 루테늄산화막 접촉계면의 반응을 조사하기 위해 AES depth-profile 을 측정하였다.

그림 1은 상온의 암실에서 측정된 전류-전압 특성으로부터 주된 전류수송기구를 열전자방출로 고려하여 계산한 이상상수와 걸보기장벽높이를 도시한 것이며, 그림 2는 -3 V의 전압하에서의 누설전류밀도를 나타낸 것이다. 이 결과들은 GaAs기판의 수소화 및 sulfur처리에 의해 산화루테늄과 GaAs기판 사이의 계면열화현상을 억제할 수 있음을 보였다. 수소화의 경우는 350 °C까지 걸보기 장벽높이를 0.75 eV 까지 유지하고 이상지수가 1.00 에 가까운 값을 보였으나, 400 °C 이상의 온도에서는 기판 표면층에 결합되어 있던 수소원자가 재활성화됨으로 인해 계면에서의 산화반응을 더이상 억제하지 못하는 것으로 보인다. 한편, GaAs표면의 sulfur처리된 시료에서는 550 °C의 온도까지 이상지수를 1.00 ± 0.01 범위내로 유지되었으며, 장벽높이는 350 °C까지 전혀 변화없이 0.85 eV를 유지함이 관측되었다.

본 연구에서는 GaAs표면에 sulfur처리를 함으로써 산화루테늄과의 쇼트기접촉에서 접촉장벽의 열적안정성을 향상시킬 수 있음을 보였다. 즉, GaAs표면의 수소화 및 sulfur처리는 접촉계면에서의 금속산화물과의 산화반응을 억제시켜 수소화의 경우는 350 까지 sulfur의 경우는 550 °C의 온도까지 안정된 소자특성을 유지시킬 수 있었다. 따라서 산화루테늄은 GaAs표면에 대한 sulfur처리는 수소화보다 효과적으로 계면반응을 억제할 수 있어서 고온 공정상의 열화없는 게이트재료로서의 활용가능성을 보였다.

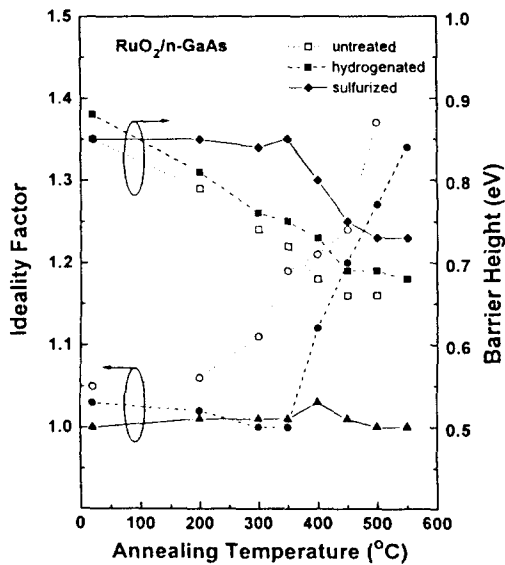


Fig. 1 The variation of ideality factor and barrier height of RuO_2/GaAs contacts with thermal annealing for 10 min.

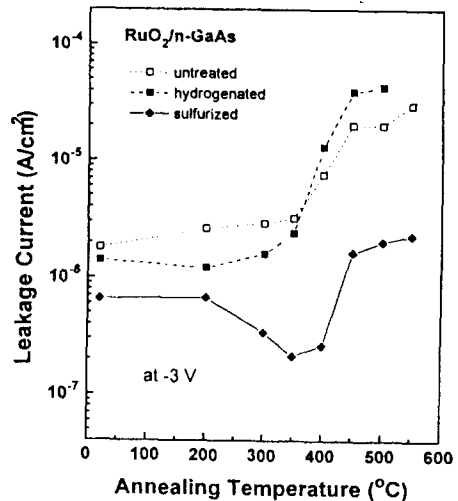


Fig. 2 The leakage current densities at -3 V bias voltage for RuO_2/GaAs contacts.