

Д.М. Медведев, А.А. Малаханов

(г. Брянск, Брянский государственный технический университет)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК LDD MOS ТРАНЗИСТОРА ПРИ КРИОГЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

MODELING OF THE CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF LDD MOS TRANSISTOR AT CRYOGENIC TEMPERATURE

Представлены результаты моделирования вольт-амперных характеристик LDD MOS транзистора при криогенной температуре в приборно-технологической САПР Synopsys Sentaurus TCAD.

The results of modeling of the current-voltage characteristics of LDD MOS transistor at cryogenic temperature in the device-technological design system Synopsys Sentaurus TCAD was presented.

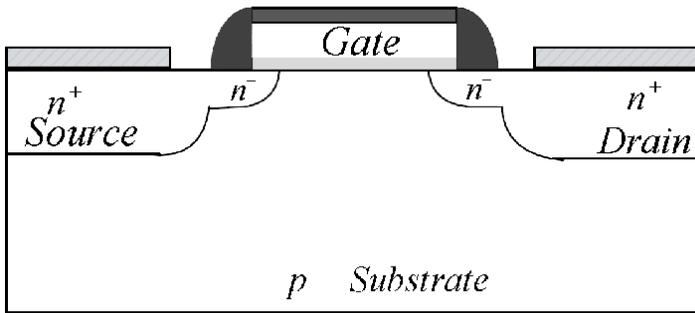
Ключевые слова: LDD MOS транзистор, моделирование, вольт-амперная характеристика, криогенная температура.

Keywords: LDD MOS transistor, modeling, the current-voltage characteristic, cryogenic temperature.

Рабочий температурный диапазон силовой электронной компонентной базы составляет от -60 до $+125$ °С. Это не позволяет использовать уже существующие изделия в устройствах с криогенным охлаждением. Криогенные электронные компоненты должны корректно работать при сниженном пороге отрицательных температур окружающей среды, соответствующем температуре кипения сжиженного азота -196 °С (77 К).

Ключевыми потребителями криогенных транзисторов являются компании и организации, разрабатывающие, исследующие устройства силовой электроники и преобразовательной техники для транспортных систем с магнитной левитацией, гражданских и специальных электромобилей, летательных аппаратов с электрической тягой, речных и морских судов и др.

Компьютерное моделирование вольт-амперных характеристик МОП-транзистора со слаболегированным стоком (lightly-doped drain MOS) выполнялось в приборно-технологической САПР Synopsys Sentaurus TCAD. Размеры поперечного сечения транзистора (рис. 1) – 6×3 мкм, фактор, учитывающий толщину, – 1000.



Gate – затвор, Source – исток, Drain – сток, Substrate – подложка

Рис. 1. Схема поперечного сечения LDD MOS транзистора

При вычислении токов в узлах сетки конечных элементов применялась диффузионно-дрейфовая модель, основанная на решении уравнений непрерывности для электронов и дырок, при вычислении потенциалов – решалось уравнение Пуассона. Выполнялось изотермическое моделирование – задавалась постоянная температура кристаллической решетки транзистора. Полученные кривые приведены на рис. 2–4.

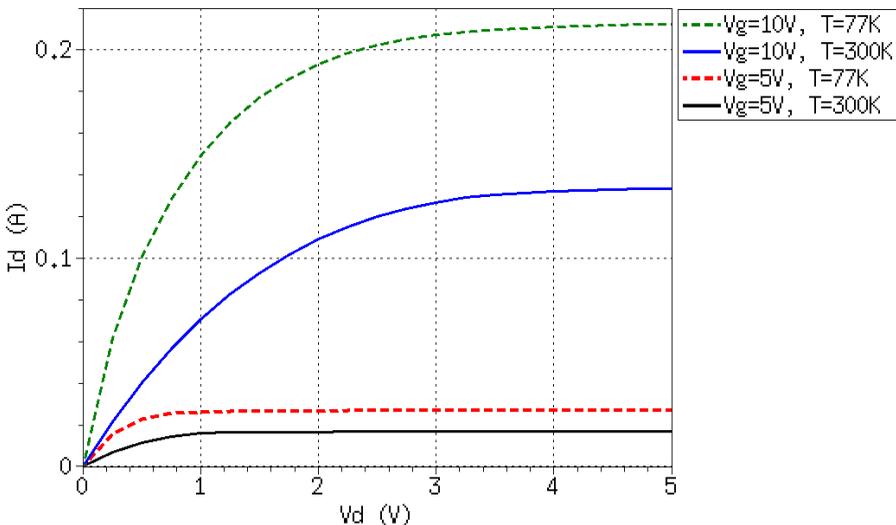


Рис. 2. Зависимость тока стока Id (A) от напряжения сток-исток Vd (B) при различных напряжениях на затворе Vg (B) и температуре T (K)

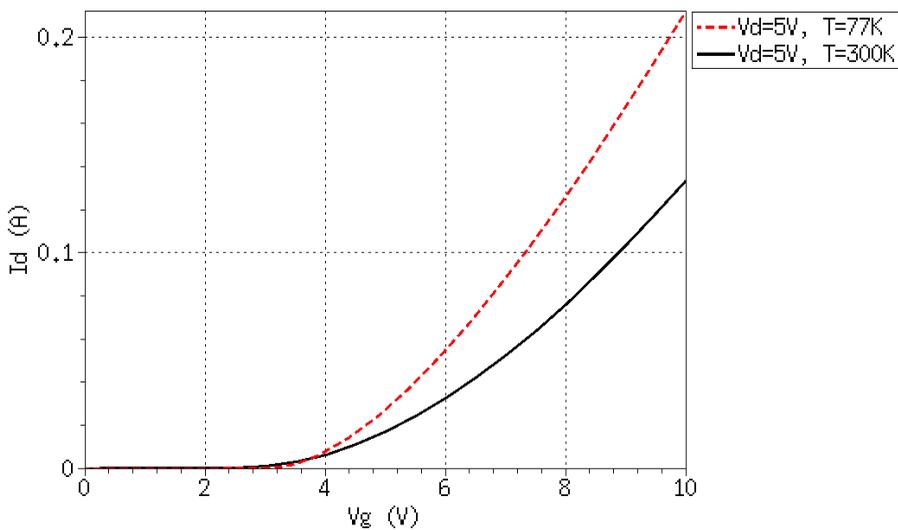


Рис. 3. Зависимость тока стока I_d (А) от напряжения на затворе V_g (В) при напряжении сток-исток $V_d = 5$ В и различной температуре T (К)

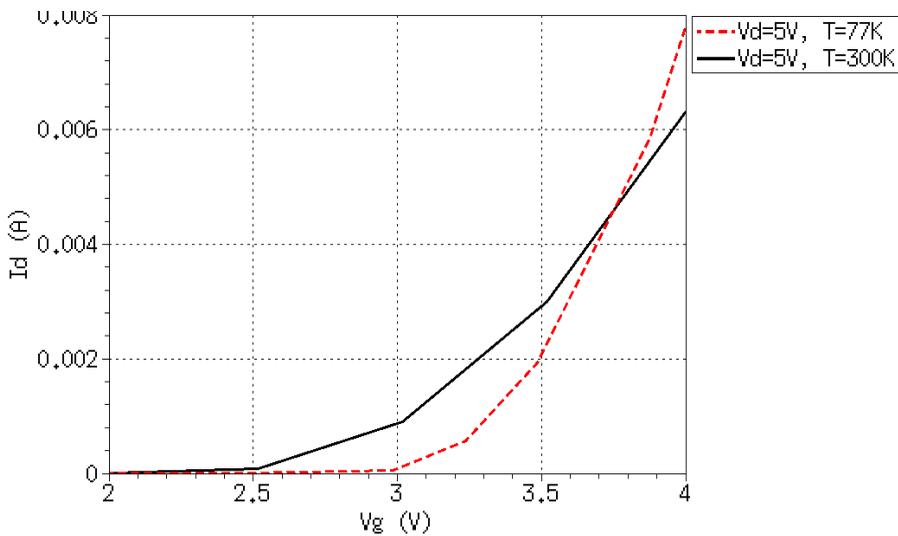


Рис. 4. Пороговое напряжение на затворе при напряжении сток-исток $V_d = 5$ В и различной температуре T (К)

Использовались следующие команды для модуля SDevice:

```
Physics {
  AreaFactor = 1e3
  *Temperature = 77
}
Physics(Material = "Silicon") {
  EffectiveIntrinsicDensity(OldSlotboom)
  Mobility(
    DopingDependence
    Enormal(IALMob)
    HighFieldSaturation
  )
  Recombination(
    Auger
  )
}
Physics(MaterialInterface = "Oxide/Silicon") {
  Charge(SurfConc = 1e11)
}
Math {
  Extrapolate
  Iterations = 15
  NumberOfThreads = Maximum
}
Solve {
  Poisson
  Coupled {Poisson Electron Hole}
  Quasistationary(
    ...
  ){Coupled {Poisson Electron Hole}}
}
```

Результаты моделирования дают возможность сделать следующие выводы. При криогенной температуре, в сравнении с комнатной, вольт-амперные характеристики LDD MOS транзистора не меняют форму, их параметры улучшаются, за исключением порогового напряжения, которое немного повышается.

Полученные результаты хорошо согласуются с результатами экспериментальных исследований из [1], что позволяет считать разработанную модель достаточно адекватной.

Список литературы

1. *Foty, D.P.* Thermal Effects in n-Channel Enhancement MOSFET's Operated at Cryogenic Temperatures / D.P. Foty, S.L. Titcomb // IEEE Transactions on Electron Devices. – Vol. Ed-34. – No. 1 (January 1987). – P. 107–113.

Материал поступил в редколлегию 30.09.20.