

УДК 621.317

Оптимизация быстродействия инструментального усилителя: влияние емкости и тока стока

Серов Илья Евгеньевич

serovie@student.bmstu.ru

Чубурков Александр Евгеньевич

chuburkov2015@mail.ru

Адарчин Сергей Александрович

adarchin@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено решение проблемы низких динамических параметров микросхемы инструментального усилителя, вызванных существенным падением тока стока полевого р-канального транзистора и недостаточной фильтрацией высокочастотных шумов и помех. Улучшение этих параметров путем совершенствования технологии производства полупроводниковой пластины на этапах формирования структуры элементов полевого транзистора и емкости, позволило двукратно повысить быстродействие всей микросхемы усилителя. Данные качественные изменения позволят в перспективе расширить область применения инструментальных усилителей и повысить их надежность.

Ключевые слова: динамические параметры, технология, полевой транзистор, емкость, улучшение, исследование

Инструментальные усилители с высокой скоростью отклика находят применение там, где необходимо быстрое и точное усиление слабых сигналов. В медицинских приборах, таких как ЭКГ и ЭЭГ, важна способность усилителя оперативно фиксировать изменения сигналов. Оптимизация времени отклика повышает точность диагностики. В промышленных и научных измерительных устройствах измерения давления, температуры и других величин требуется высокая скорость отклика для точной обработки быстро меняющихся сигналов. Уменьшение времени отклика позволяет надежно фиксировать данные даже в условиях помех. Лабораторное оборудование, предназначенное для регистрации кратковременных изменений параметров, также требует усилителей с низким временем отклика для минимизации искажений.

Быстродействие микросхемы инструментального усилителя характеризуется параметром «времени отклика» (t_r). Данная характеристика в большей степени зависит от величины емкости микросхемы и тока стока ($I_{\text{стока}}$) полевого р-канального транзистора. Величина тока стока, в свою очередь, определяется концентрацией примеси бора в области кармана, а емкость толщиной диэлектрического слоя в обкладках конденсатора [1].

Ток стока полевого транзистора — это электрический ток, протекающий через канал полевого транзистора от истока к стоку. Управление током осуществляется изменением проводимости канала, которая зависит от напряжения между затвором и истоком. Этот ток определяется проводимостью канала, который образуется при приложении напряжения на затвор. Изменение

концентрации примеси (в данном случае бора) в области кармана влияет на проводимость канала и, следовательно, на величину тока стока.

Для повышения концентрации примеси в области кармана р-канального транзистора необходимо увеличить дозу легирования при проведении ионной имплантации. Это отразится уменьшением поверхностного сопротивления области (ρ_s) и увеличением глубины залегания диффузионного слоя (X_j) [2].

Концентрация примеси — это количество атомов примеси на единицу объема полупроводникового материала. Концентрация определяется плотностью ионного тока и временем имплантации и влияет на электрические свойства полупроводника, а также на глубину проникновения примеси.

Поверхностное сопротивление — это сопротивление квадратного участка поверхности материала толщиной d . Оно не зависит от величины сторон этого квадрата и характеризует электропроводящие свойства материала.

Глубина залегания диффузионного слоя — это расстояние от поверхности полупроводниковой пластины до границы между областями с различным типом проводимости, образованной в результате диффузии примесей. Эта глубина также зависит от параметров процесса имплантации примесей [3].

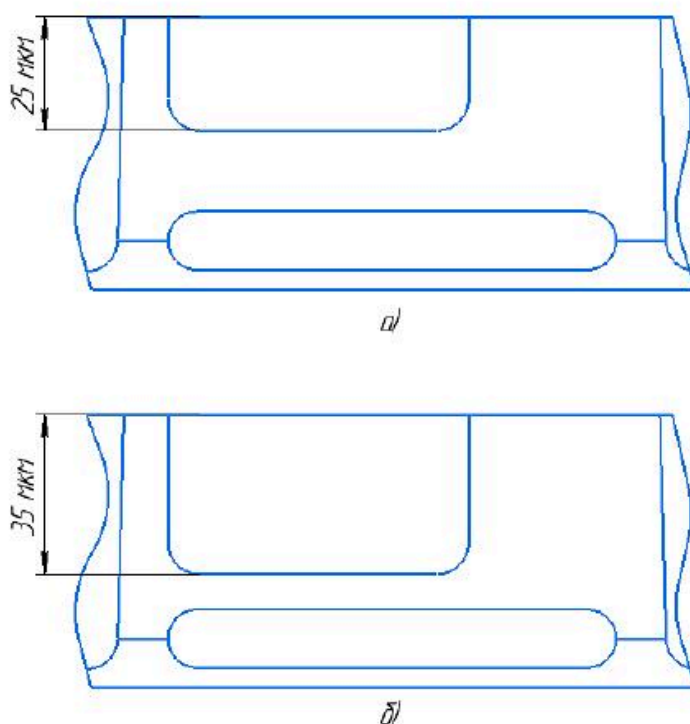


Рис. 1. Глубина залегания диффузионного слоя:
а — до изменения концентрации; б — после

Ток стока нельзя неконтролируемо повышать ввиду того, что его рост сказывается также на одновременном увеличении токов потребления, которые должны оставаться в установленных пределах. В случае данного инструментального усилителя, токи потребления должны находиться в интервале от 2 до 5 мА [4].

Величина емкости в микросхеме инструментального усилителя напрямую влияет на время отклика усилителя, так как она определяет, насколько быстро схема может реагировать на изменения входного сигнала. В контексте быстродействия микросхемы, большая емкость может замедлить реакцию схемы на изменения входного сигнала, поскольку для изменения состояния требуется большее количество энергии и, следовательно, больше времени. Однако в определенных пределах увеличение емкости может улучшить стабильность усилителя и снизить его чувствительность к высокочастотным шумам, поскольку повышенная емкость выполняет фильтрацию высокочастотных колебаний.

Увеличения емкости можно добиться уменьшением толщины слоя тонкого окисла, который служит изоляцией между электродами конденсатора. Исходная толщина тонкого окисла составляет 0,2 мкм, ее уменьшение до 1000 Å позволит увеличить емкость с 10 до 20 пФ.

Увеличение емкости позволяет более эффективно фильтровать высокочастотные шумы и помехи, улучшая стабильность схемы [5].

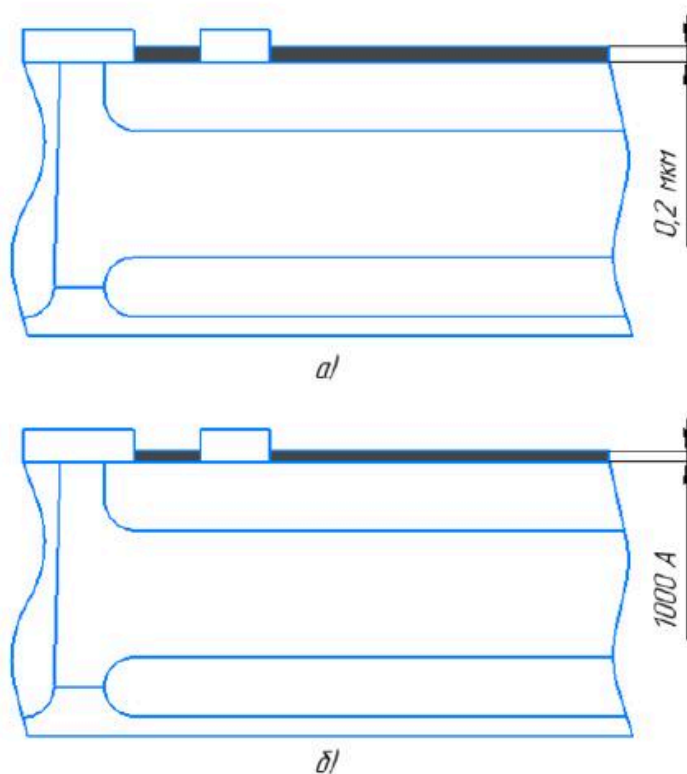


Рис. 2. Толщина диэлектрического слоя:
а — до уменьшения толщины; б — после

Экспериментально было установлено, что результатом таких мер станет двукратное сокращение времени отклика микросхемы. В совокупности эти изменения в технологии положительно скажутся на управляемости полевого транзистора, что, в свою очередь, существенно увеличит быстродействие усилителя в целом.

Литература

- [1] Волович Г.И. *Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств*. Саратов, Профобразование, 2017, с. 62–65.
- [2] Курносоев А.И., Юдин В.В. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем*. Москва, Высш. шк., 1986, с. 202–207.
- [3] Берикашвили В.Ш., Воробьев С.А. *Твердотельная электроника и микроэлектроника*. Москва, КноРус, 2023, с. 214–215.
- [4] Жмудь В.А. *Электронные системы управления лазерным излучением: специальные главы*. Новосибирск, Новосиб. гос. ун-т, 2010, с. 12–17.
- [5] Баранов П.Ф. *Синхронный усилитель с сигнальной инвариантностью к синфазному сигналу*. Дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2020, с. 26–29.

Optimizing tool amplifier speed: effect of capacity and drain current

Serov I.E. serovie@student.bmstu.ru

Chuburkov A.E. chuburkov2015@mail.ru

Adarchin S.A. adarchin@bmstu.ru

BMSTU (KB), Kaluga, Russia

The solution of the problem of low dynamic parameters of the instrumentation amplifier chip caused by a significant drop in the drain current of the p-channel FET and insufficient filtering of high-frequency noise and interference is considered. Improving these parameters by improving the technology of semiconductor wafer production at the stages of forming the structure of FET elements and capacitance, made it possible to double the speed of the entire amplifier chip. These qualitative changes will allow in the future to expand the scope of application of instrument amplifiers and increase their reliability.

Keywords: dynamic parameters, technology, field-effect transistor, capacitance, improvement, research