

Моделирование тепловых процессов в структуре КМОП КНИ инвертора

Д.А. Попов

Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ,
e-mail: jantor@tushino.com

В настоящее время КМОП КНИ технология широко используется. По сравнению со стандартной структурой на объемном кремнии, рабочая область МОП-транзистора окружена оксидом, который имеет меньшую тепловую проводимость по сравнению с кремнием. Это способствует нагреву транзистора, что может оказать заметное влияние на его характеристики.

В момент переключения входного сигнала КМОП-ячейки через п- и р-канальный транзисторы протекает ток. Вследствие этого, в момент переключения транзисторы начинают нагреваться. После завершения переходного процесса транзисторы рассеивают накопленное тепло и охлаждаются. При достаточно малой частоте следования импульсов транзисторы успевают полностью остыть. Однако с увеличением частоты возникает ситуация когда к началу следующего переключения транзистор не успевает полностью остыть. В такой ситуации температура транзисторов и структуры будет увеличиваться по мере следования импульсов, пока не достигнет теплового насыщения.

В работе рассматривается изменение температуры п- и р-канальных КНИ МОП транзисторов с длиной канала 0,35 мкм при подаче импульсного сигнала частотой порядка МГц. Моделирование производилось в САПР Synopsys TCAD и Synopsys HSPICE. При подаче на вход КМОП-ячейки импульсного сигнала ($T_R = T_F = 0,1$ мкс, $PW = 0,4$ мкс и периодом 1 мкс) структура полностью успевала остыть до следующего импульса. При увеличении частоты сигнала в два и четыре раза наблюдался небольшой прирост температуры (десятые доли градуса). При дальнейшем увеличении частоты сигнала температура увеличивается на один или несколько градусов.

Для таких устройств, как ВЧ генераторы, высоко разрядные АЦП/ЦАП и др. повышение температуры более чем на один градус может негативно повлиять на их характеристики, по этому предварительные оценки электротепловых режимов с помощью САПР TCAD и HSPICE имеет большое значение.