

Исследование гистерезиса сток-затворных характеристик FeFET



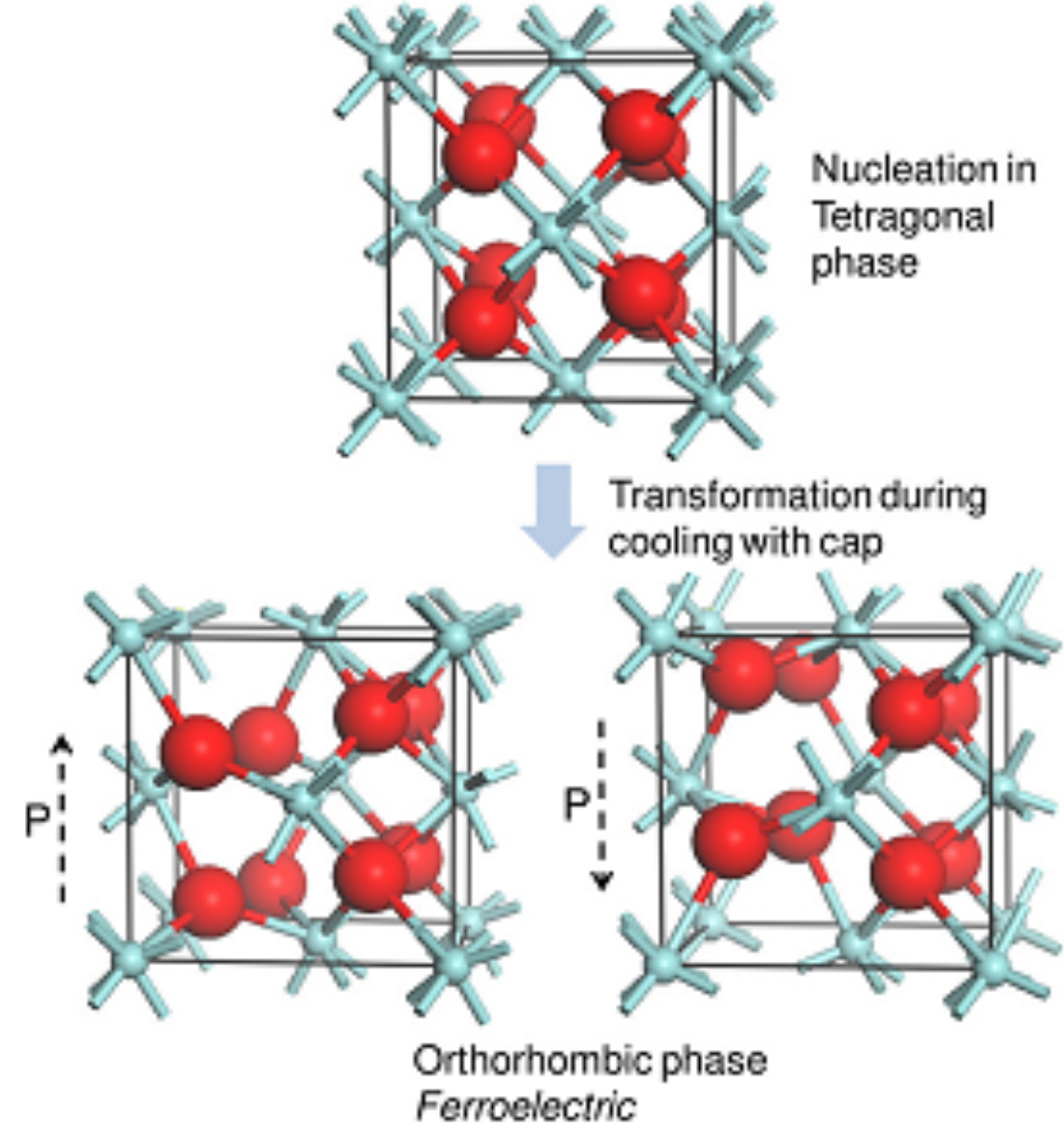
Тихоненко Ф. В., Попов В. П.

Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН

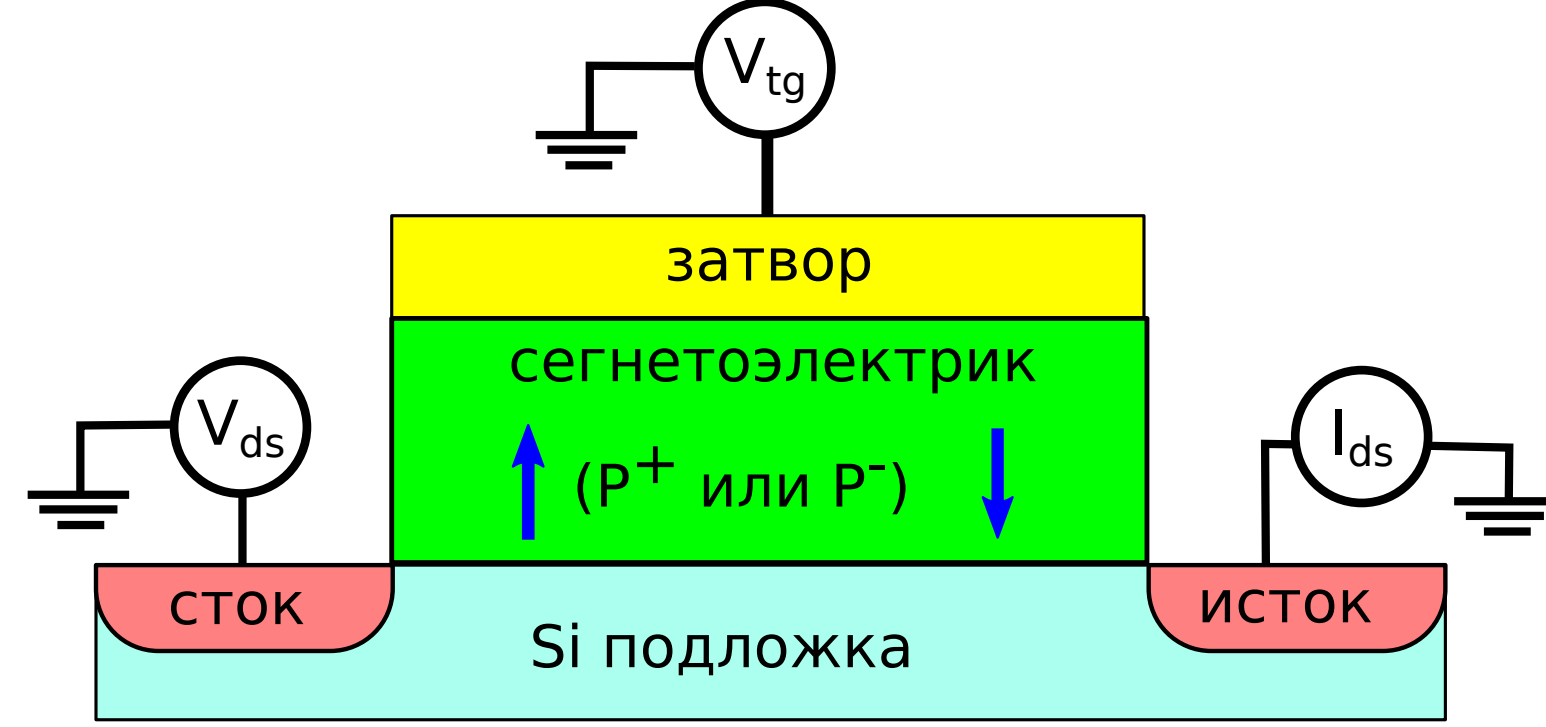


Полевые транзисторы с сегнетоэлектриком для нейроморфных систем

Необходимость дальнейшего увеличения вычислительной мощности наталкивается на технологические трудности при переходе на новые топологические нормы. Использование нейроморфных структур позволяет объединить хранение и обработку информации в одном устройстве. Открытие сегнетоэлектрического эффекта в тонких плёнках диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью (high-k) позволяет реализовать МОП-транзистор с "эффектом памяти"



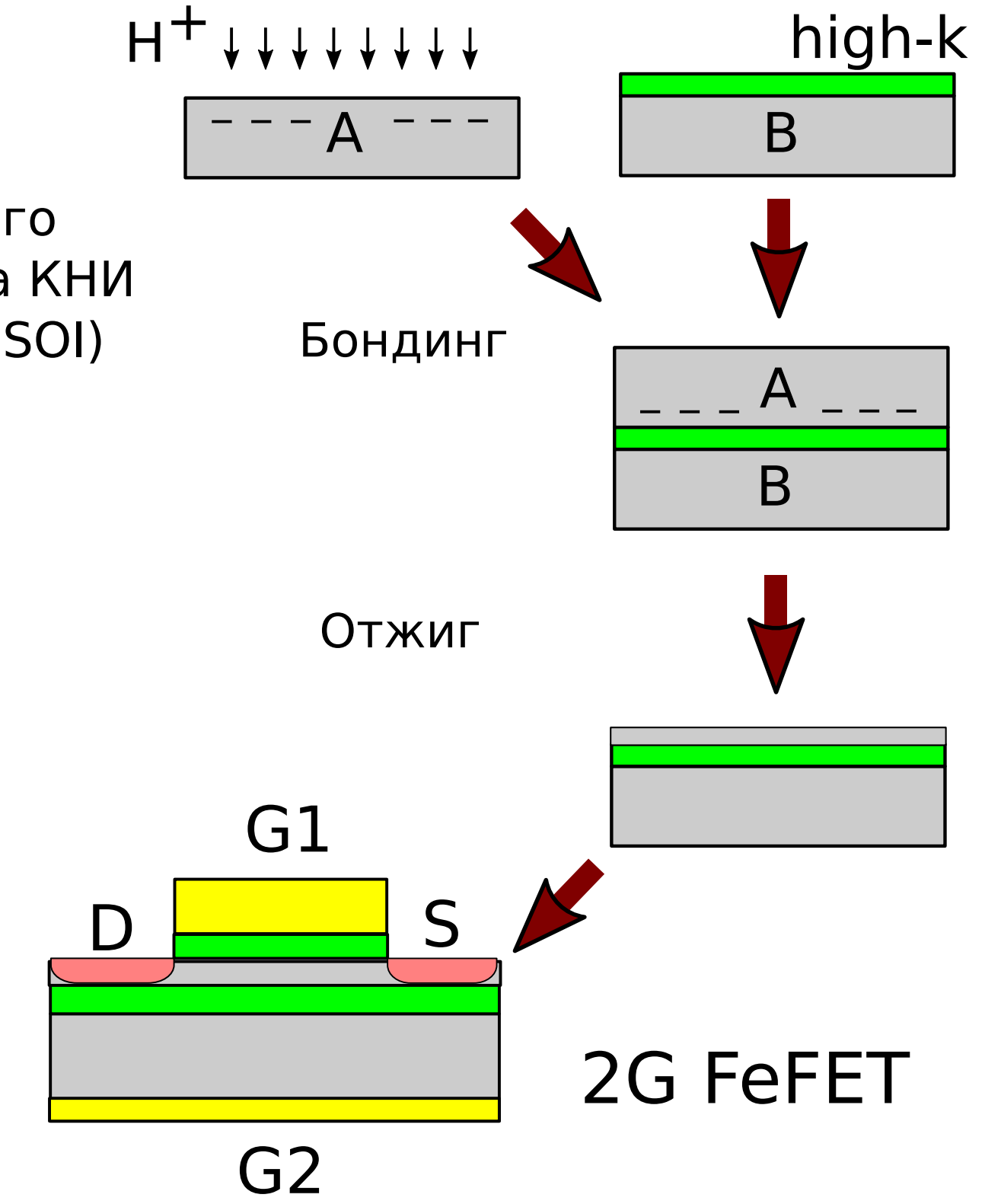
Полевой транзистор с сегнетоэлектриком (FeFET) в качестве элементной базы для нейроморфных устройств



$$V_{TH} = V_G + P \frac{d_{FE}}{\epsilon_0 \epsilon_{FE}}$$

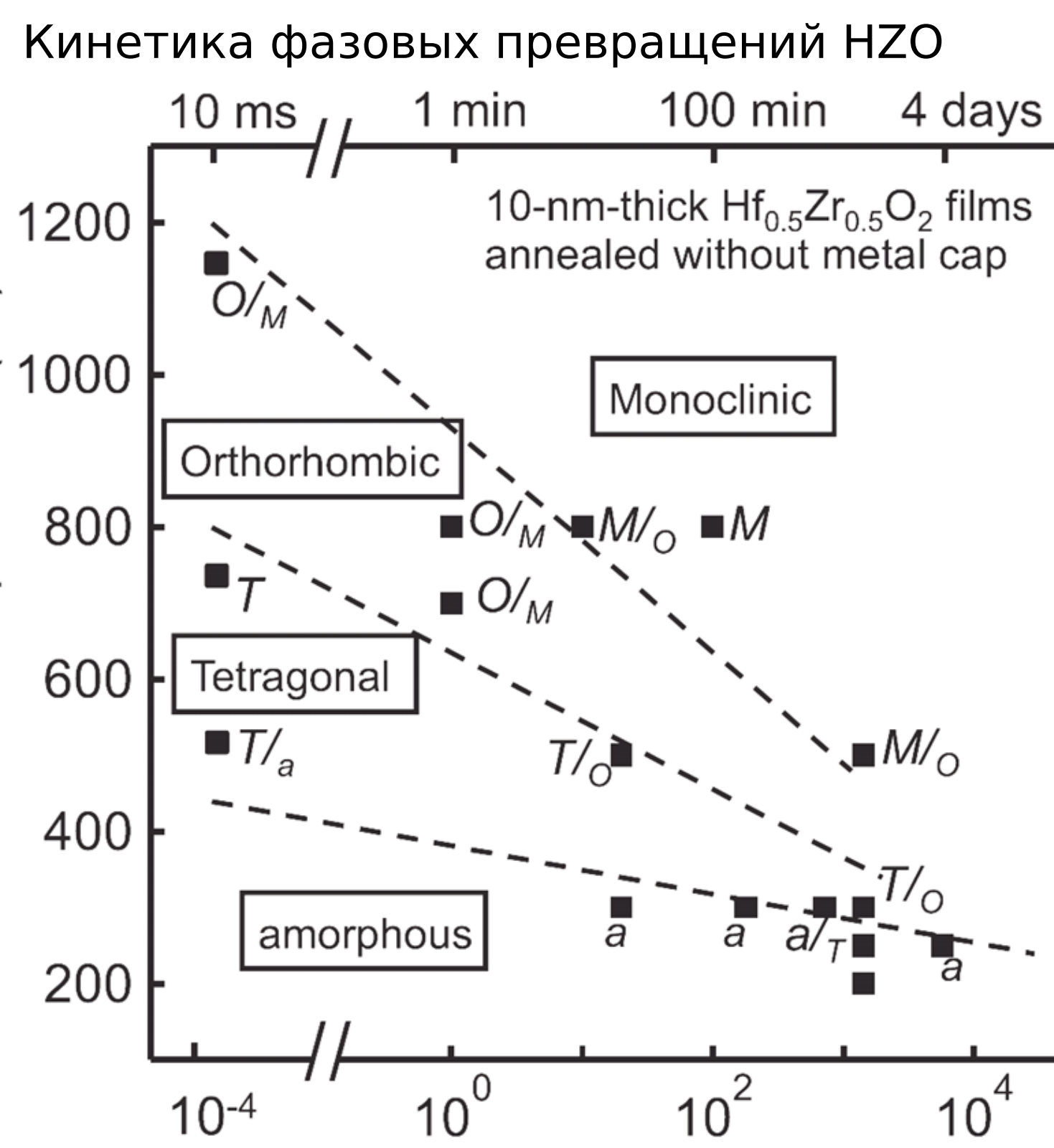
площадь ячейки: 0,15мкм²
время переключения: <10нс
затраты энергии на перезапись: 1,4 фДж/бит
Ni, K., et al., Nat Electronics 2, 521-529 (2019)

Реализация двухзатворного транзистора (2G FeFET) на КНИ с полным обеднением (FDSOI)

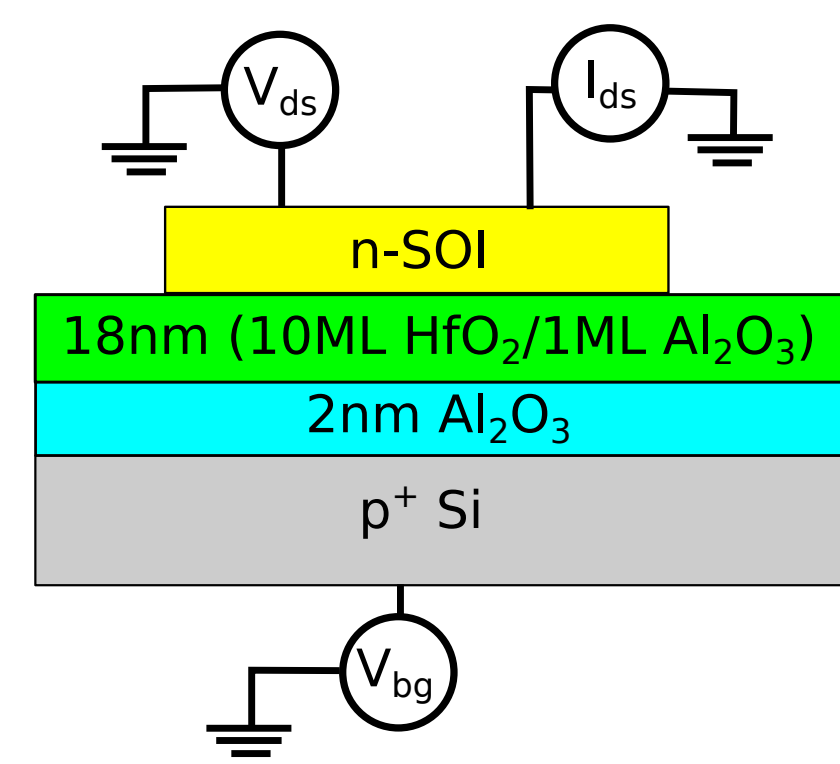


Boscke et al., Appl. Phys. Lett 99, 102903 (2011)

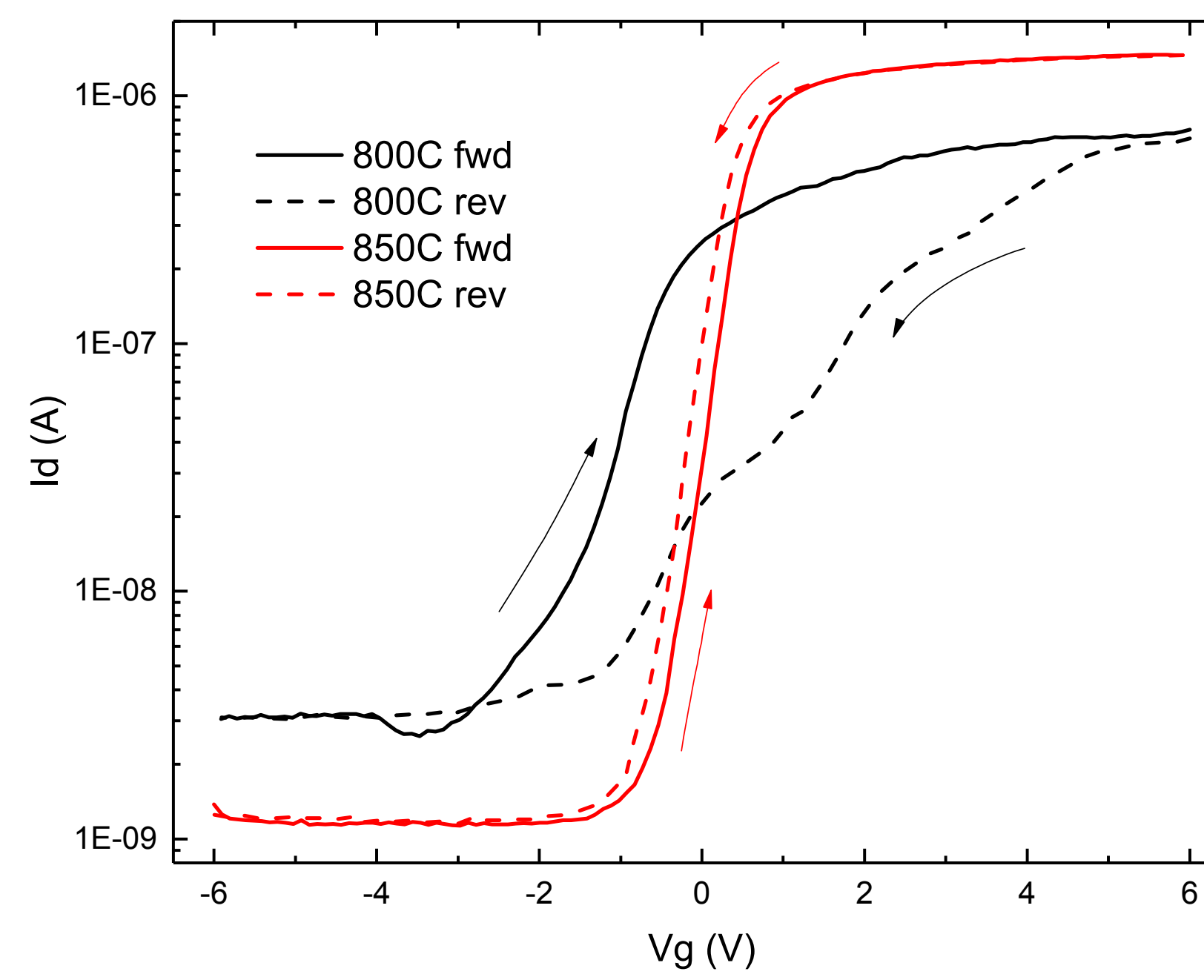
Влияние термообработок на гистерезис



Измерение сток-затворных характеристик псевдо-МОП транзисторов

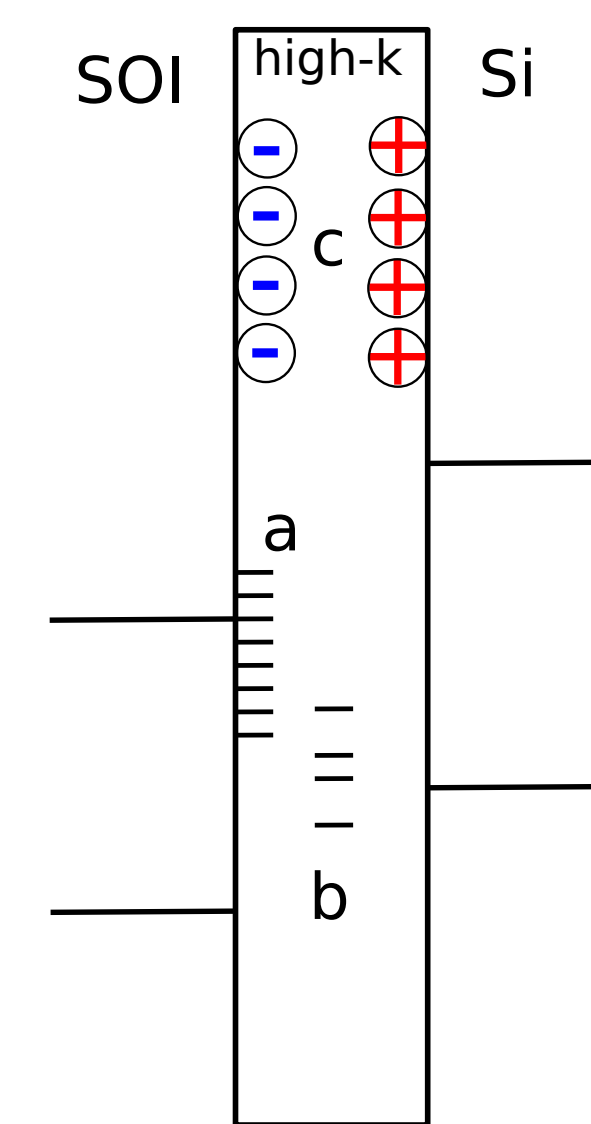


Быстрый температурный отжиг (RTA) в течение 30сек. в атмосфере азота



Влияние температуры отжига на сток-затворные характеристики псевдо-МОП транзисторов

Зарядовые состояния в системе SOI/high-k/Si

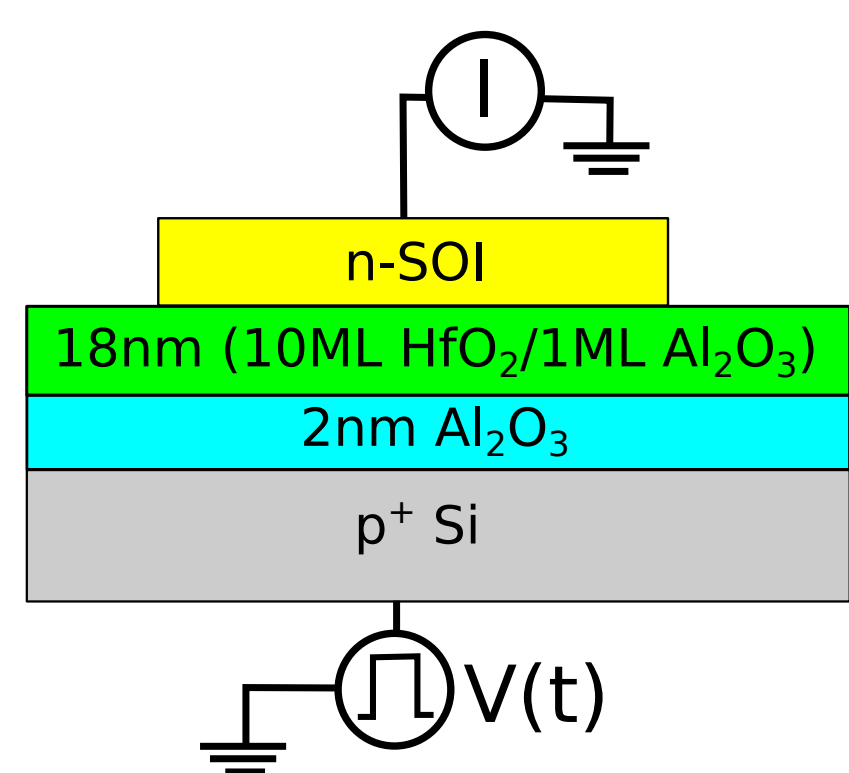


а) состояния на границе раздела
б) состояния в объёме сегнетоэлектрика
с) поляризационный заряд

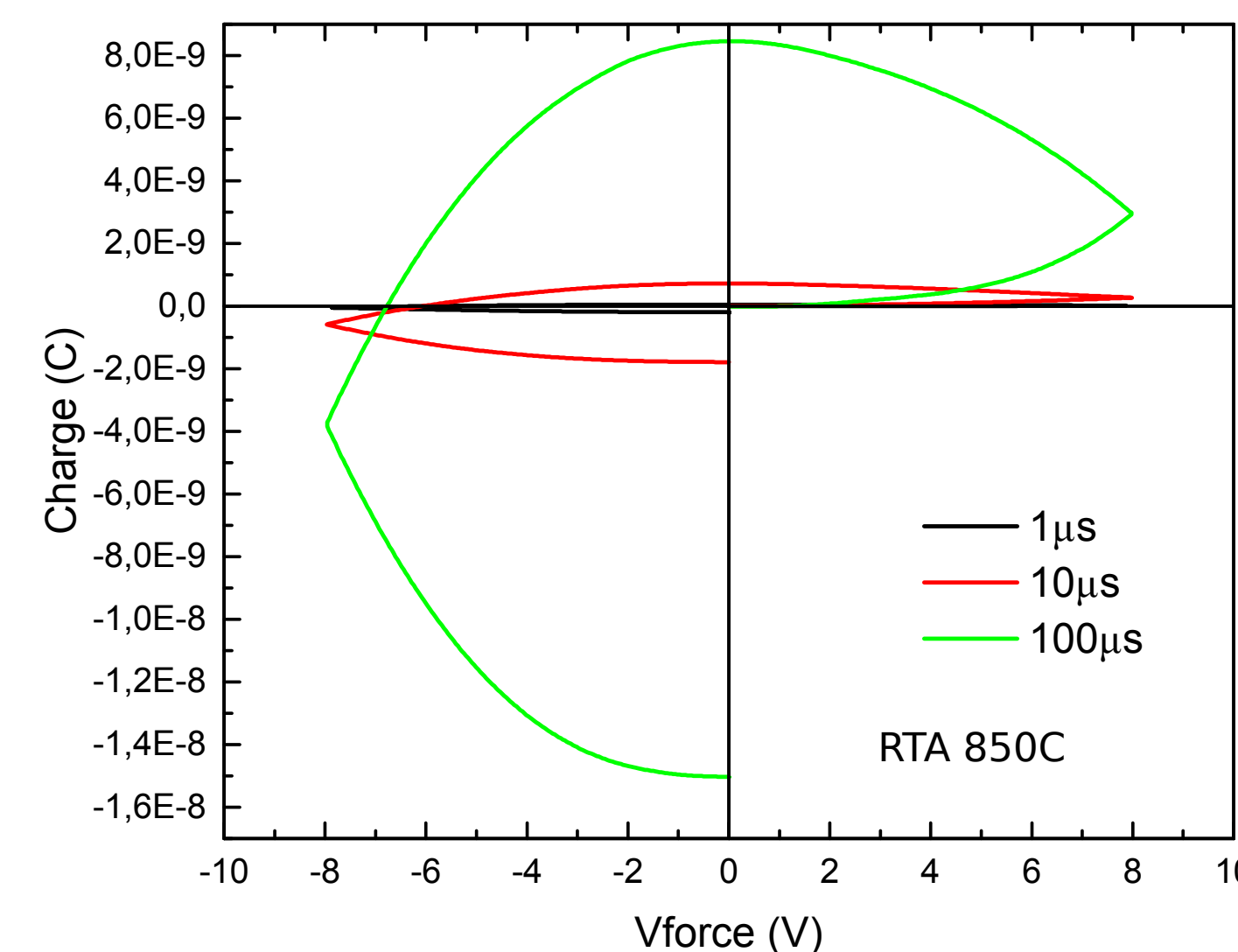
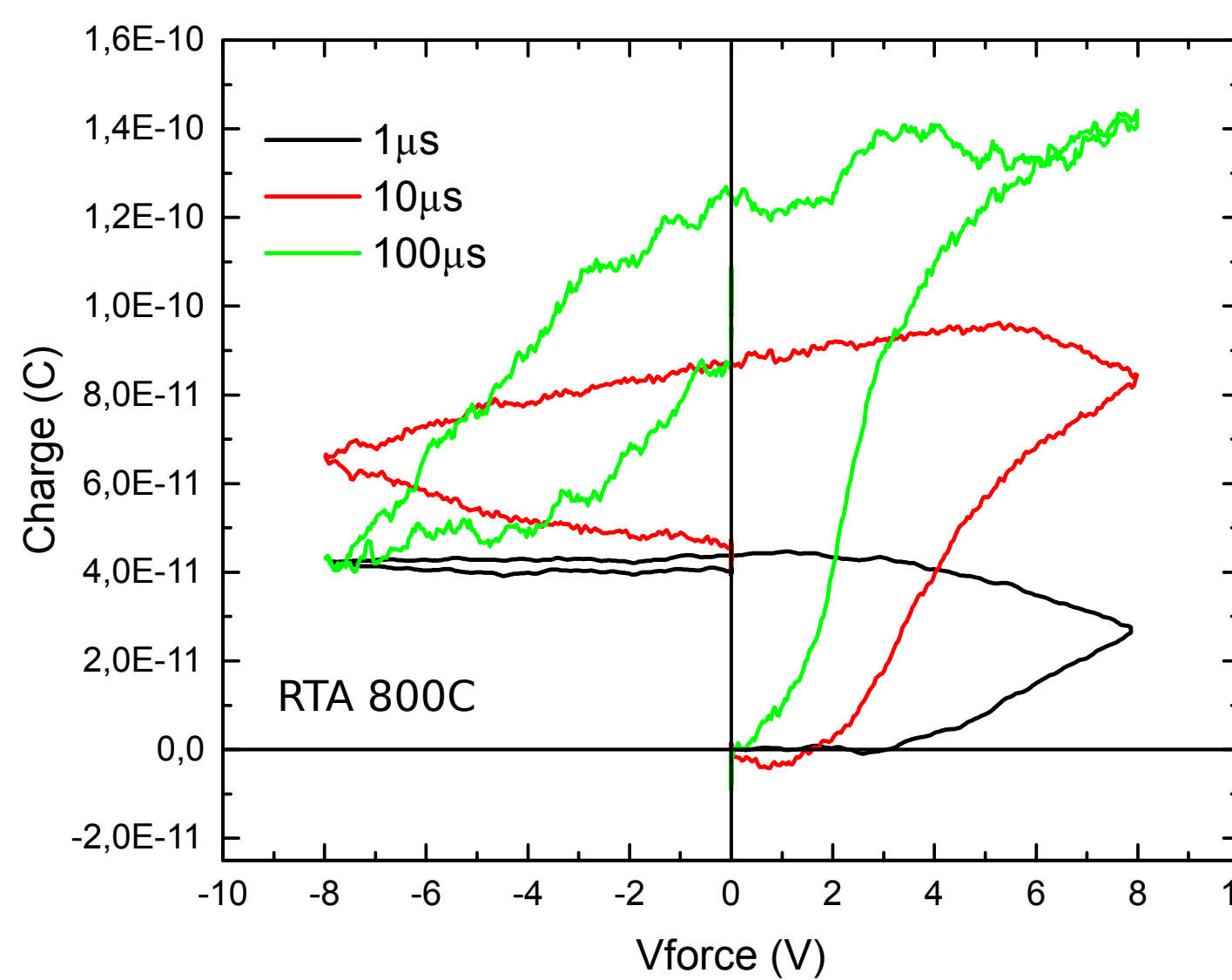
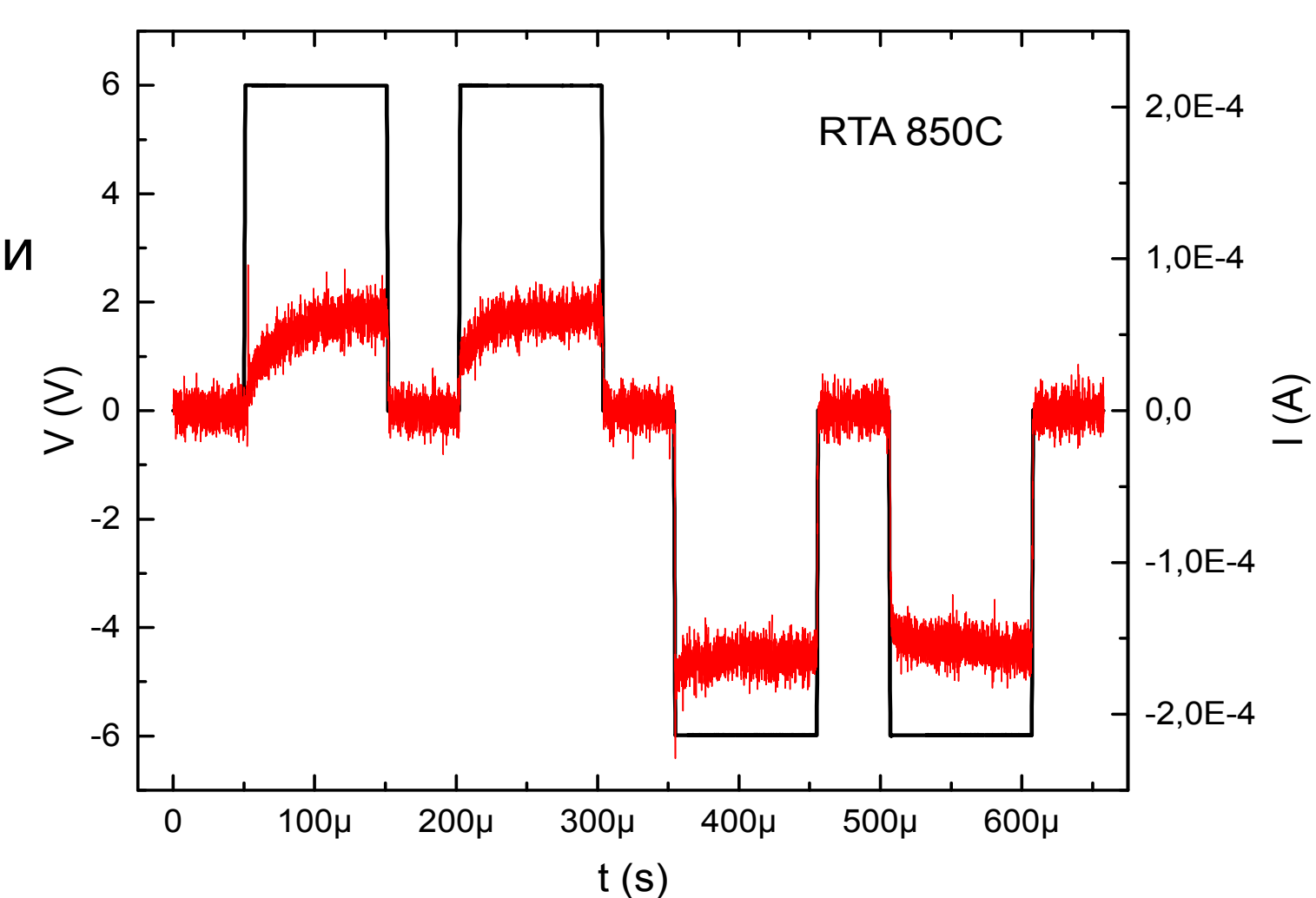
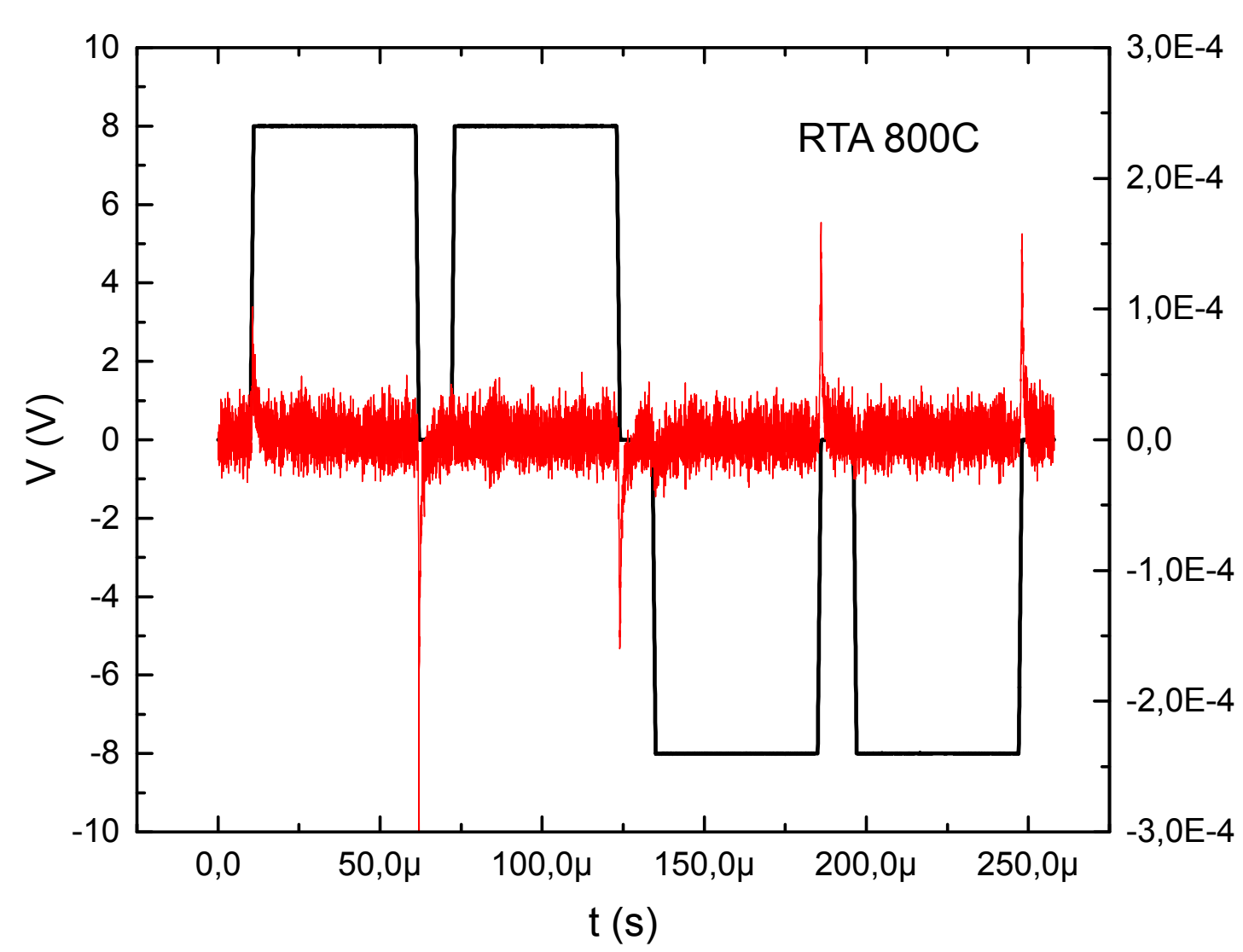
S. Migita et al., Jpn. J. Appl. Phys. 58 (2019) SBBA07

Определение природы гистерезиса

PUND измерения



Методика PUND позволяет разделить вклад перезарядки состояний и изменения поляризации



Из данных PUND и зависимостей Q(V) можно заключить, что происходит перезарядка состояний, а не изменение поляризации сегнетоэлектрика

Выводы и заключение

1. Возможно реализовать двухзатворный полевой транзистор с сегнетоэлектриком на КНИ-подложке с полным обеднением.
2. Сток-затворные характеристики псевдо-МОП транзисторов с сегнетоэлектриком имеют характерный гистерезис.
3. Величина и направление этого гистерезиса могут быть изменены быстрыми температурными отжигами при температурах 800-850C. Для наблюдения эффектов реполяризации сегнетоэлектрика необходимо снизить влияние зарядовых состояний на границе и в объёме high-k, путём оптимизации технологии изготовления структур.