Адаптивный аналоговый синапс-резистор для искусственной нейронной сети на основе перехода полупроводник-металл

Бортников С.Г., Алиев В.Ш.

ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

DOI 10.34077/Semicond2019-438

Диоксид ванадия (VO_2) широко исследуется из-за своих необычных свойств, связанных с переходом полупроводник-металл, который сопровождается резким изменением оптических и электрических характеристик материала [1]. В последнее время проявляется большой интерес к искусственным нейронным сетям, вычислительные способности которых, ограничиваются быстродействием отдельных синапсов, реализуемых на основе стандартной элементной базы микроэлектроники [2]. Для успешного применения синапса в искусственных нейронных сетях, количество его возможных состояний должно превышать 10^2 [3]. В данной работе была решена задача управления величиной связи искусственного синапса на основе VO_2 , что позволило приблизиться к указанной величине состояний.

Известно, что при нагреве в области гистерезиса пленка VO_2 изменяет на 1.5 порядка свое сопротивление, имеющее непрерывный спектр значений [4], что можно использовать для задания состояния синапса. Способ управления состоянием синапса заключался в управлении теплопередачей между пленкой VO_2 и нагревательными элементами, входящими в состав синапса. При подаче на вход синапса постоянного смещения и импульса напряжения прямой/обратной полярности можно уменьшать/увеличивать сопротивление пленки VO_2 , т.е., управлять состоянием синапса (Рис. 1).

Экспериментальные результаты и моделирование показали, что таким способом возможно установить сопротивление пленки VO_2 с точностью выше 1%, т.е., количество состояний синапса превышает 100. При этом для установления требуемого значения сопротивления пленки достаточно не более 10 обучающих импульсов напряжения

(итераций в методе обратного распространения ошибки). Управление состоянием синапса осуществлялось при длительности обучающих импульсов 200 мкс, однако с уменьшением размеров устройства его быстродействие может превысить 1 мкс.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-71-10026).

[1] H.S. Choi et al., *Phys. Rev. B*, **54**, 4621 (1996).

[2] В.П. Грибачев. *Компоненты и технологии*, **8**, 100 (2006).

[3] S. Sahu et al., *Appl. Phys. Lett.* **102**, 123701 (2013).

[4] А.А. Бугаев и др., *Фазовый переход металл-полупроводник и его применение*, Наука, Ленинград (1979).

Рис.1. – Переключение при помощи электрических импульсов между значениями величины сопротивления пленки VO_2 (точки 1-4), характеризующих состояние синапса. T_c – температура пленки VO_2 , заданная с помощью внешнего нагревателя и постоянного смещения, поданного на вход синапса.