

Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети

Со сверткой связаны важные идеи, которые помогают улучшить систему машинного обучения: разреженные взаимодействия, разделение параметров и эквивариантные представления. Обучение – это процесс, в котором параметры нейронной сети настраиваются посредством моделирования среды, в которую эта сеть встроена [1].

Алгоритм проходит обучение на анонимизированных медицинских изображениях таких заболеваний как: акне, рак кожи, дерматит, лишай, экзема, аллергия. Данный список динамичен и может быть изменен. Как параметры для анализа могут использоваться такие данные как: пол, возраст, вес, хронические заболевания и патологии пациента; цветовой градиент, размер, форма и место проявления заболевания.

В будущем при увеличении базы данных, вычислительных мощностей и расширении списка анализируемых параметров возможно предсказание развития заболевания и сопутствующих осложнений.

#### Литература

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.

УДК 621.383.51

## ПРОЕКЦИОННЫЙ ДИСПЛЕЙ НА ОСНОВЕ МЭМС

Садченко В.В.

*Научный руководитель – старший преподаватель кафедры микро- и наноэлектроники, зав. научно-исследовательской лабораторией 4.4 «Компьютерное проектирование микро- и наноэлектронных систем» Ловиенко И.Ю*

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

Современные технологии вывода визуальной информации ограничены по эффективности, производительности или спектру применения [1]. Так, например, системы на базе жидкокристаллических дисплеев и электронно-лучевых трубках не способны поддерживать высокую яркость изображения, имеют проблемы с однородностью и стабильностью [2]. Светоотражающие жидкокристаллические системы, характеризуются низкой контрастностью. *LCLV* подходят для применений, требующих высокую яркость изображения, однако имеют относительно большие размеры и низкую стабильностью. В 1996 году *Texas Instruments (TI)* [3] представила высокоэффективную проекционную технологию на основе микроэлектромеханических систем (МЭМС), которая позволила решить многие из описанных проблем. Цифровые световые процессоры (англ. *Digital Light Processing, DLP*) компании *TI* состоят из цифровых или деформируемых двумерных массивов микрзеркал (англ. *Digital Micromirror Device, DMD*), которые используются в качестве электростатических управляемых модуляторов света.

Приборная структура *DMD*-пикселя (рис. 1) имеет алюминиевое зеркало площадью 16 квадратных микрометров, которое может отражать свет в одном из двух направлений, в зависимости от состояния основной ячейки памяти. Зеркало вращается за счет электростатического притяжения, создаваемого разностью напряжений, возникающих в воздушном зазоре между зеркалом и нижележащей ячейкой памяти. Вращение зеркала ограничено механическими упорами. Когда ячейка памяти находится в состоянии включено зеркало поворачивается на  $+10^\circ$ , когда в выключенном состоянии – минус  $10^\circ$ . Таким образом, зеркало отражает падающий свет либо в объектив проекционной линзы, либо не попадает в него.

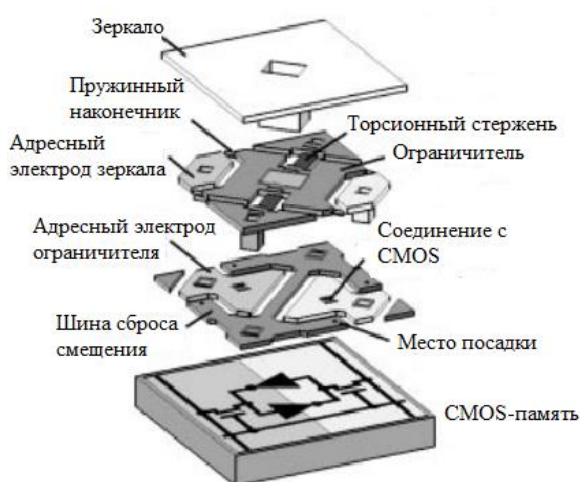


Рис. 1. Приборная структура *DMD*-пикселя [4]

Моделирование микромеханических устройств может представлять значительные трудности. Для создания моделей таких устройств необходимо решение целого комплекса задач математической физики (деформации твердого тела, теплопроводности, диффузии, электростатики, гидродинамики и других). Кроме того, моделирование микроустройств требует учета факторов, обычно не принимаемых во внимание при анализе устройств на макроуровне: сопротивления воздуха и силы тяжести в электростатических устройствах, поверхностного натяжения жидкости в жидкостных устройствах. Для описания поведения микромеханических устройств применяются различные подходы: аналитические, с помощью поведенческих моделей (*ROM*), с использованием дискретной модели на основе конечных элементов, сочетание нескольких способов описания.

Универсальные пакеты конечного элементного анализа, такие, как *ANSYS*, *Algor*, *Comsol Multiphysics (Femlab)* и другие, обеспечивают решение описанных выше задач [5]. Одним из таких инструментов является программный продукт *CoventorWare* и его различные модули. Так, например, используя программный модуль *MEMS+* можно создать описание приборной структуры и выполнить моделирование эксплуатационных характеристик цифрового светового процессора. Одним из важных параметров, который можно рассчитать, являются динамические угловые отклики. Приборная структура *DMD*-пикселя для обеспечения требуемого быстродействия видеоприложений должна перемещать зеркало из одного крайнего положения в другое с максимально возможной скоростью, не приводящей к выходу устройства из строя (энергия удара должна быть минимизирована). Одним из ключей к достижению целей оптимизации является эффективная структура сигнала напряжения, которая направлена на получение желаемых динамических угловых откликов от зеркала (динамическая адресация). Также *CoventorWare* поможет в нахождении частоты собственных колебаний и определение напряжений и деформации в условиях статического нагружения.

Расчеты с использованием программного продукта *CoventorWare* предлагают возможность выполнения мультифизического (междисциплинарного) анализа компонентов МЭМС с учетом факторов, оказывающих существенное влияние на работу микроустройств. Учет этих факторов позволяет в ряде случаев существенно уточнить результаты вычислений и избежать ошибок при их изготовлении.

### Литература

1. Лабунов, В.А. Современные дисплеи: перспективы миниатюризации / В.А. Лабунов, П.В. Жагиро, П.С. Кацуба, А.Г. Смирнов // Доклады БГУИР. – 2008. – № 5. – С. 5–28.
2. Томилин М.Г., Невская Г.Е. Дисплеи на жидких кристаллах / М.Г. Томилин, Г.Е. Невская. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2010. – 108 с.
3. Hornbeck, L.J. Digital Light Processing™ and MEMS: An Overview / L. J. Hornbeck // Proc. Dig. IEEE/LEOS Summer Topical Meetings Opt. MEMS Applicat. – 1996. – P. 7–8.
4. A MEMS-Based Projection Display / Peter F. Van kessel, Larry J. Hornbeck, Robert E. Meier, Michael R. Douglass // Proceedings of the IEEE. – 1998. – Vol. 86. – № 8. – P. 1687–1704.
5. Компьютерное моделирование компонентов МЭМС / Ю.В. Коловский, А.А. Левицкий, П.С. Маринушкин // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). – 2008. – № 1. – С. 398-401.

УДК 621.3.049.77: 621.793

### ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ОКСИДА ВАНАДИЯ ПРИ ОТЖИГЕ

аспирант Нгуен Т. Д.<sup>1</sup>,  
аспирант Занько А. И.<sup>2</sup>,  
магистрант То Т. К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Научный руководитель – канд. техн. наук *Голосов Д. А.*

<sup>2</sup>Научный руководитель – канд. техн. наук *Котов Д. А.*

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

**Введение.** В последние годы интенсивно ведутся исследования, направленные на разработку неохлаждаемых микроболометрических матриц инфракрасного диапазона, использующих терморезистивные свойства чувствительного элемента [1]. Работа такого микроболометра основана на повышении температуры термочувствительного материала (терморезистора) за счет поглощения падающего ИК излучения. Изменение температуры вызывает изменение электрического сопротивления терморезистора, которое преобразуется в напряжение и измеряется внешней цепью. Термочувствительный материал микроболометра должны обладать высоким значением температурного коэффициента электрического сопротивления (ТКС), малыми значениями удельного сопротивления  $\rho$ , теплопроводности и шумов. Одним из таких материалов является оксид ванадия  $VO_x$ . Полученные методом реактивного магнетронного распыления пленки аморфного оксида ванадия обладают требуемыми характеристиками:  $\rho = (0.6 - 4.0) \times 10^{-2}$  Ом $\times$ м, ТКС = 2.2 – 2.3 %/°С [2]. Однако в технологическом процессе производства микроболометрических датчиков после нанесения слоя оксида ванадия производится еще ряд термических процессов. Аморфный оксид ванадия не обладает достаточной термической стабильностью, и проявляет тенденцию к дальнейшему окислению и кристаллизации при повышенных температурах. Процессы кристаллизации в пленках оксида ванадия отмечаются уже при температурах около 200 °С [3]. Кроме того поливалентная природа ванадия приводит к