

ХИМИЯ В ДИСПЛЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Левоненко Ю.И., Ляшко М.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бычек И.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Изучен химический состав жидкокристаллических, органических светодиодных и e-ink дисплеев. Представлен принцип работы дисплеев. Рассмотрены химические процессы, происходящие при производстве дисплеев.

Ключевые слова: дисплейные технологии, дисплеи, жидкокристаллические дисплеи, органические светодиодные дисплеи, электронные чернила, химические процессы.

Введение. В современном мире дисплейные технологии играют ключевую роль в повседневной жизни. Для исследований интерес представляет химический состав дисплеев и химические процессы, протекающие при их производстве.

Основная часть. Дисплеи классифицируются на следующие типы:

- жидкокристаллические дисплеи (LCD – liquid crystal display);
- органические светодиодные дисплеи (OLED – organic light-emitting diode);
- e-ink дисплеи (e-ink – electronic ink).

Жидкокристаллические дисплеи относятся к одним из самых распространенных типов экранов. Основным компонентом LCD является жидкий кристалл, который обладает свойствами как жидкостей, так и твердых тел. Наиболее часто используются нематические жидкие кристаллы, такие как цианобифенилы ($C_{14}H_{11}N$) и азоксибензолы ($C_{12}H_{10}N_2O$), которые имеют упорядоченную структуру в одном направлении. Жидкие кристаллы расположены между двумя слоями поляризатора, который контролирует направление света, проходящего через дисплей, и обеспечивает его правильное функционирование. Для создания цветного изображения используются цветные фильтры, которые разделяют свет на красный, зеленый и синий компоненты. Например, красный фильтр может содержать оксид железа (Fe_2O_3), зеленый – оксид хрома (Cr_2O_3), а синий – кобальтовый синий ($CoAl_2O_4$). Комбинируя эти цвета, можно получить широкий спектр оттенков. LCD-дисплеи требуют источника света, так как сами жидкие кристаллы не излучают свет. Обычно для этого используются светодиоды (LED), которые обеспечивают равномерное освещение дисплея. Светодиоды часто изготавливаются из полупроводниковых материалов, таких как арсенид галлия (GaAs) или нитрид галлия (GaN). Схема работы жидкокристаллического дисплея представлено на (рисунке 1) [1].

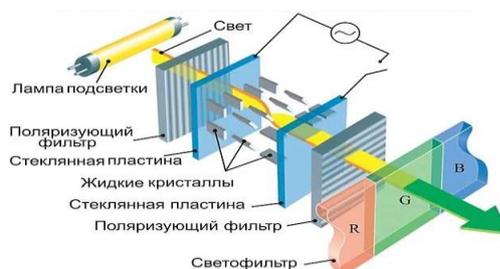


Рисунок 1 – Схема работы жидкокристаллического дисплея

OLED-дисплеи представляют собой более современную технологию, которая использует органические молекулы, такие как поли(*n*-фениленвинилен) (PPV) или поли(3-

гексилтиофен) (РЗНТ), для излучения света при прохождении через них электрического тока, что и создает изображение на экране. Электроды, через которые подается ток, играют ключевую роль в работе OLED-дисплеев. Катод обычно изготавливают из металлов с низкой работой выхода, таких как алюминий (Al) или кальций (Ca), а анод – из прозрачных проводящих материалов, таких как оксид индия (In₂O₃) олова (SnO₂). Эти дисплеи обладают рядом преимуществ, включая высокую контрастность, гибкость и возможность создания ультратонких экранов. Структура OLED дисплея представлена на (рисунке 2) [2, 3].

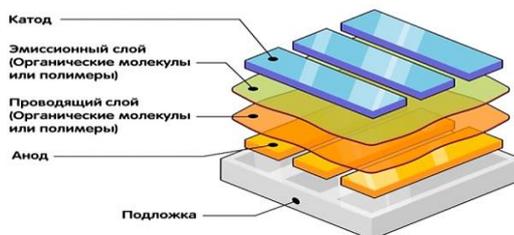


Рисунок 2 – Структура OLED дисплея

В e-ink дисплеях используются электронные чернила (e-ink), представляющие собой инновационную технологию отображения, которая имитирует внешний вид обычных чернил на бумаге. Эта технология нашла широкое применение в электронных книгах. Электронные чернила состоят из миллионов микрокапсул, каждая из которых содержит черные и белые частицы, взвешенные в прозрачной жидкости. Частицы, используемые в микрокапсулах, обычно представляют собой пигменты на основе углерода (C) и диоксида титана (TiO₂). Эти материалы обладают высокой стабильностью и контрастностью. В качестве среды для взвешивания частиц используется прозрачная жидкость, часто на основе углеводородов, например, толуола (C₇H₈). Эта жидкость обеспечивает свободное перемещение частиц под воздействием электрического поля. Эти микрокапсулы распределены по всей поверхности дисплея. Когда к микрокапсуле прикладывается электрическое поле, заряженные частицы движутся к противоположно заряженному электроду. Например, если нижний электрод положительный, черные частицы будут двигаться вниз, а белые – вверх, создавая изображение на экране. Принцип работы дисплея на электронных чернилах приведен на (рисунке 3) [4].

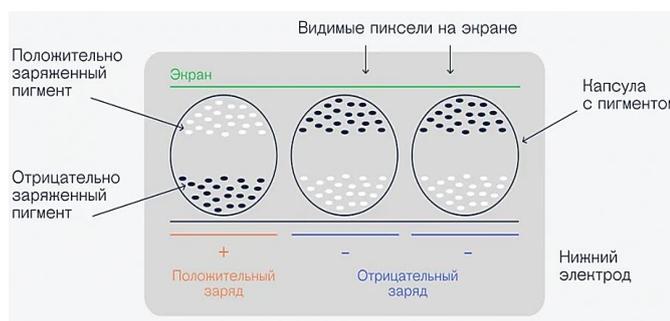


Рисунок 3 – Принцип работы дисплея на электронных чернилах

При производстве дисплеев происходят такие химические процессы, как травление и инкапсуляция.

Травление используется в создании дисплеев для формирования тонких проводящих дорожек и структур на подложках. Этот процесс позволяет точно удалять материал, создавая необходимые схемы. Например, травление с использованием

фтористоводородной кислоты (HF) позволяет удалять оксид кремния (SiO_2) с поверхности подложки. В процессе травления для удаления различных материалов также могут использоваться другие химические вещества, например, хлор (Cl_2) и бром (Br_2).

В свою очередь процесс инкапсуляции необходим для защиты дисплеев от воздействия внешних факторов. Для этого используются технологии COB (Chip On Board – чип на плате) и GOB (Glue On Board – клей на плате). Технология COB предполагает размещение светодиодов непосредственно на печатной плате и их инкапсуляцию слоем фосфора (P) и эпоксидной смолы (например, бисфенол А – $\text{C}_{15}\text{H}_{16}\text{O}_2$). Применение технологии COB улучшает тепловое управление, повышает яркость и эффективность дисплея. Технология GOB, в свою очередь, включает нанесение слоя эпоксидной смолы или клея на светодиоды, что обеспечивает физическую защиту и улучшает долговечность дисплея. Технология GOB помогает предотвратить проникновение воды и пыли, а также защищает светодиоды от механических повреждений и температурных колебаний [5, 6].

Процессы травления и инкапсуляции позволяют создавать точные схемы и защищать дисплеи от внешних воздействий, что увеличивает их долговечность и функциональность.

Заключение. Рассмотрены типы дисплеев. Жидкокристаллические дисплеи (LCD) обеспечивают высокое качество изображения благодаря использованию жидких кристаллов и цветных фильтров. Органические светодиоды (OLED) предлагают высокую контрастность и гибкость. Электронные чернила (e-ink) обеспечивают стабильность и контрастность изображения благодаря использованию микрокапсул с пигментами.

Изучен химический состав дисплеев и рассмотрены процессы травления и инкапсуляции, происходящие при производстве дисплеев. Понимание химических основ дисплейных технологий открывает путь к дальнейшим инновациям и новым достижениям в данной области, что способствует улучшению качества и долговечности дисплеев.

Список литературы

1. Жидкокристаллические дисплеи и материалы на симпозиуме международного дисплейного общества (SID) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhidkokristallicheskie-displei-i-materialy-na-simpoziume-mezhdunarodnogo-displeynogo-obschestva-sid-san-diego-ssha-1-6-iyunya-2014/viewer>. – Дата доступа: 03.03.2025.
2. Органический светодиод (OLED) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.panasyslcd.com/info/organic-light-emitting-diode-oled-20134829.html>. – Дата доступа: 03.03.2025.
3. Гибкие печатные экраны. Разнообразие и технологии производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.electronics.ru/files/article_pdf/3/article_3173_283.pdf. – Дата доступа: 03.03.2025.
4. Цветные электронные чернила E-Ink: как работают и какие бывают [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-81-elektronnyie-knigi/131153-tsvetnyie-elektronnyie-chemnila-e-ink-kak-rabotaut-i-kakie-byivaut/>?. – Дата доступа: 03.03.2025.
5. Моделирование процессов травления микро- и наноструктур с использованием программного модуля «Nemo etching» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-protsessov-travleniya-mikro-i-nanostruktur-s-ispolzovaniem-programmnogo-modulya-nemo-etching/viewer>. – Дата доступа: 03.03.2025.
6. Сравнение и контраст отличий и преимуществ COB и GOB инкапсуляции для светодиодных дисплеев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.itcledisplay.com/ru/3328.html?ysclid=m4a1ndbnx539499785>. – Дата доступа: 03.03.2025.

UDC 621.382–541.64

CHEMISTRY IN DISPLAY TECHNOLOGIES

Levonenko Y.I., Lyashko M.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bychek I.V. – Cand. of Sci., associate professor of the department of ETT

Annotation. The chemical composition of liquid crystal, organic light-emitting diode and e-ink displays is studied. The operating principle of the displays is presented. The chemical processes occurring during the production of displays are considered.

Keywords: display technologies, displays, liquid crystal displays, organic LED displays, electronic inks, chemical processes.