

## **Технологии современных электронно-оптических преобразователей и этапы их становления**

На сегодняшний день каждый специалист технической отрасли хотя бы раз слышал словосочетание электронно-оптический преобразователь (ЭОП), но не каждый знает, что это за устройство и где оно используется в современном мире. Простыми словами, ЭОП – это прибор, с помощью которого невидимое для человеческого глаза излучения превращается в видимое изображение [1].

Углубившись в историю, можно узнать, что самую первую схему ЭОП предложили голландские ученые Холст и де Бур в 1928 году, аппаратная реализация которой состоялась аж в 1934 году компанией Philips и была названа стаканом Холста. Идея заключалась в том, что светочувствительная мишень подвергалась воздействию инфракрасного (ИК) излучения, а перенос электронного изображения с фотокатода осуществлялся с помощью электрического поля, после чего на экране появлялось изображение. После реализации стакана Холста очень быстро стали появляться усовершенствованные ЭОП и, чтобы как-то обозначить разницу между ними, их классифицировали на четыре поколения [2].

Нулевым поколением считается технология улучшения изображения, которой стали пользоваться еще во время Второй мировой войны. Такой однокамерный преобразователь был реализован на основе электростатического ускорения электронов. Прибор позволял видеть в темноте, однако, качество его изображения и чувствительность были низкими. Также была зависимость от ИК ламп, поскольку устройство работало только в «активном» режиме.

С изобретением электростатической линзы появилась возможность фокусировать электроны и разгонять их для усиления яркости изображения до 100 раз, что позволило отказаться от использования ИК ламп и использовать для работы рассеянный свет окружающей среды. Так в начале 50-х годов

появилось первое поколение ЭОП. Несмотря на увеличение чувствительности и коэффициента усиления, параметры устройства все еще оставались низкими, а изображение было размыто по краям. Для устранения последнего недостатка были применены волоконно-оптические плоско-вогнутые линзы на входе и выходе, а многокаскадная система последовательно объединенных ЭОП позволила значительно увеличить коэффициент усиления. Однако увеличение количества усилительных ламп в системе неизбежно вело к росту шумов.

Второе поколение ЭОП родилось в 60-х годах в США после изобретения микроканальных пластин (МКП), что дало возможность в разы увеличить коэффициент усиления яркости изображения. Использование мультищелочного фотокатода позволило повысить интегральную чувствительность и спектральные реакции устройства. Одним из существенных недостатков ЭОП второго поколения остались внушительные габариты и масса прибора.

В середине 70-х годов применили фотокатоды на арсениде галлия, что привело к появлению ЭОП третьего поколения. Новые трубки имели большую чувствительность, разрешение и соотношение сигнал/шум, что существенно повысило дальность обнаружения объектов и эффективность в условиях недостаточного освещения, также уменьшились габариты прибора. Недостатком оказалось то, что из-за химической реакции GaAs с МКП трубки быстро разлагались. Решением стало изолировать МКП тонкой ионно-барьерной пленкой, но при этом уменьшилось соотношение сигнал/шум.

Дальнейшие попытки преодолеть ограничения ЭОП третьего поколения привели к разработке беспленочной интенсификаторной трубки, однако, производственные расходы при этом стали чрезмерными по сравнению с полученным повышением производительности устройства. Технология получила название беспленочных усилителей изображения 3-го поколения.

На сегодняшний день основными частями типичного ЭОП являются полупрозрачный фотокатод, электронно-оптическая система фокусировки электронов и люминесцентный экран. Схематически принцип действия однокамерного ЭОП показан на рисунке 1.

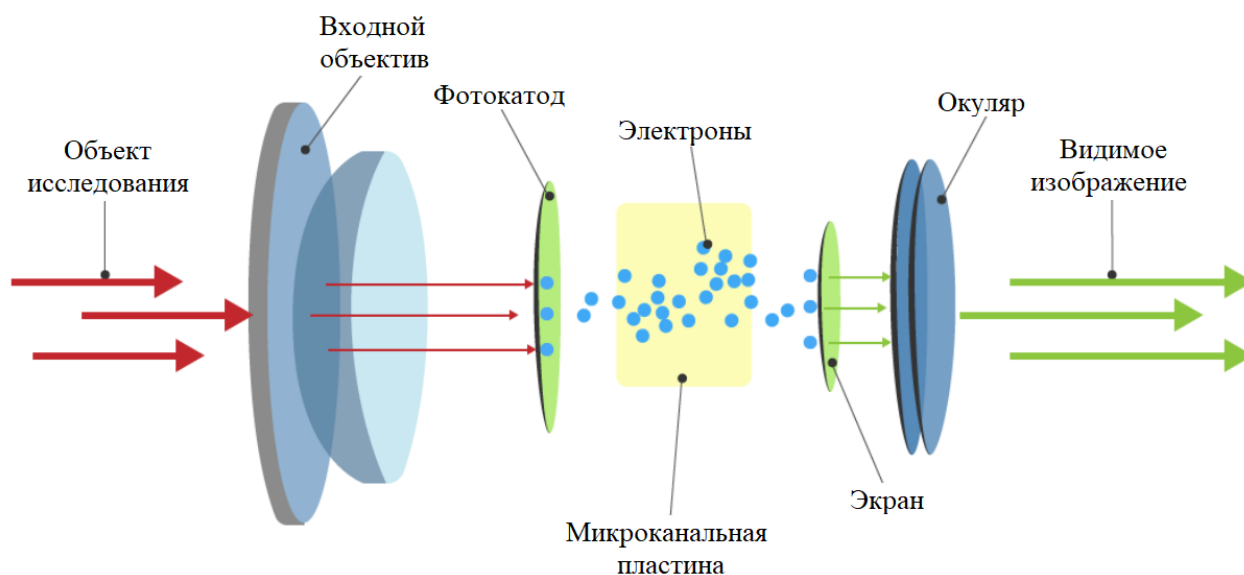


Рис 1. Блок-схема типичного электронно-оптического преобразователя

Изображение объекта, наблюдаемого с помощью объектива, проецируется на фотокадод. При этом за счет фотоэлектронной эмиссии создается электронное изображение, в котором плотность распределения электронов соответствует распределению света и тени в самом оптическом изображении. Под влиянием ускоряющего поля электронное изображение переносится в плоскость люминесцентного экрана и возбуждает его, причем степень нарушения экрана или яркость отдельных его элементов определяется распределением света и тени в изображении наблюдаемого объекта.

Основными характеристиками ЭОП сегодня являются:

- интегральная чувствительность – параметр определяет, насколько эффективно фотокадод преобразует падающий свет в поток электронов;
- разрешающая способность – показатель, определяющий четкость получаемого изображения;
- отношение сигнал/шум – параметр определяет количество шумов (помехи в виде «снега» или «ряби») в исходном изображении;
- коэффициент преобразования – показатель определяет во сколько раз ЭОП способен усилить улавливаемый свет;
- поколение технологии.

Области применения ЭОП достаточно широкие: медицина, энергетика, микробиология, ядерная физика, ИК техника, спектроскопия, астрономия и другие. Устройства используют при проведении микроскопических исследований, наблюдении малоконтрастных объектов, для видения в темноте, диагностики коронных и поверхностных частичных разрядов на линиях электропередач. ЭОП созданы также для регистрации быстрых процессов, сопровождающихся световым, рентгеновским и корпускулярным излучением.

Сегодня ЭОП – это вакуумный фотоэлектронный прибор, который применяется для преобразования невидимого человеческим глазом излучения (ИК, УФ или рентгеновский диапазоны спектра электромагнитных волн) в видимое изображение или для усиления последнего [3]. В наше время используются ЭОП всех существующих поколений, кроме нулевого. ЭОП первого поколения благодаря совершенствованию производственных процессов способны формировать изображение с разрешающей способностью до 35 лин/мм. Современные устройства 2-го поколения создают яркие и четкие изображения с разрешением до 54 лин/мм. На современном рынке можно найти приборы третьего поколения со значением этого параметра более 75 лин/мм, высокой чувствительностью и качеством изображения.

### **Литература:**

1. Муравьев А. В. Пассивная атермализация оптической системы медицинского термографа / А. В. Муравьев // TRENDS OF MODERN SCIENCE. – vol. 15. – 2018. – pp. 88-91.
2. Грузевич Ю. К. Оптико-электронные приборы ночного видения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 276 с.
3. Муравьев А. В. Пассивная термостабилизация оптической системы тепловизора и перспективы его применения в медицинской диагностике / А. В. Муравьев // Приборостроение – 2017: материалы 10-й Международной научно-технической конференции. – Минск, Белоруссия, 2017. – С. 385-387.