

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Кафедра вакуумной электроники



Отчёт по лабораторной работе
Электронно-оптический преобразователь

Выполняли студенты:

Наталья Плюскова (Б04-004),
Артём Логинов (Б04-005)

Долгопрудный, 2022

Аннотация

В данной работе требовалось построить графики зависимостей токов на элементах ЭОП от напряжений на этих же элементах, сделать некоторые выводы о характере зависимости, при этом проследить за изменением картины. Также необходимо было пронаблюдать изменение яркости при помещении в схему светофильтров.

Теоретические сведения

Электронно-оптический преобразователь - вакуумный фотоэлектронный прибор для преобразования невидимого глазом изображения (в ближнем инфракрасном, ультрафиолетовом или рентгеновском спектре) в видимое для усиления яркости видимого изображения.

Простейший ЭОП представляет собой короткий стеклянный цилиндр. На одном его торце изнутри напылён фотокатод из вещества с малой работой выхода, то есть легко ионизирующегося под действием света. На другом торце напылён люминофор, то есть вещество, светящееся под ударами электронов. Специальная система электродов обеспечивает ускорение (то есть увеличение энергии) и размножение электронов на пути от фотокатода к люминофору. Для нормальной работы на эти электроды подаются определённые напряжения, вырабатываемые источником питания ЭОП.

В качестве усилителей электронных потоков в современных ЭОП используется микроканальная пластина.

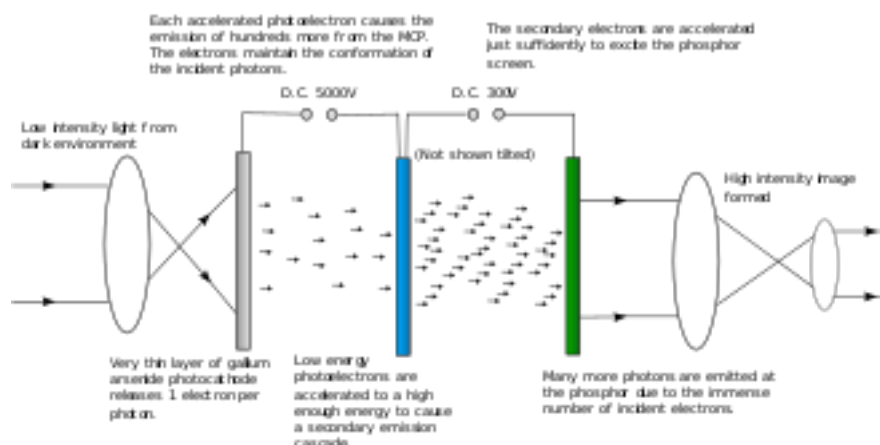


Рис. 1: Схема работы ЭОП

Микроканальная пластина - часть электровакуумных приборов, предназначена для усиления первичного потока электронов, имеющего некоторое пространственное распределение интенсивности. Принцип усиления основан на явлении вторичной электронной эмиссии при взаимодействии электронов возникающей электронной лавины с внутренними стенками каналов МКП.

По принципу действия близка к фотоэлектронным умножителям, но так как усиление фототока происходит во многих микроскопических каналах, обеспечивает пространственное разрешение распределения в потоке первичных электронов.

Когда налетающий электрон попадает в канал, то из стенки канала выбиваются вторичные электроны, которые ускоряются электрическим полем вдоль канала, которое создается приложением напряжения между стенками МКП.

Вторичные электроны летят, пока не попадут на стенку, выбивая еще большее количество вторичных электронов. Процесс повторяется много раз, формируя электронную лавину.

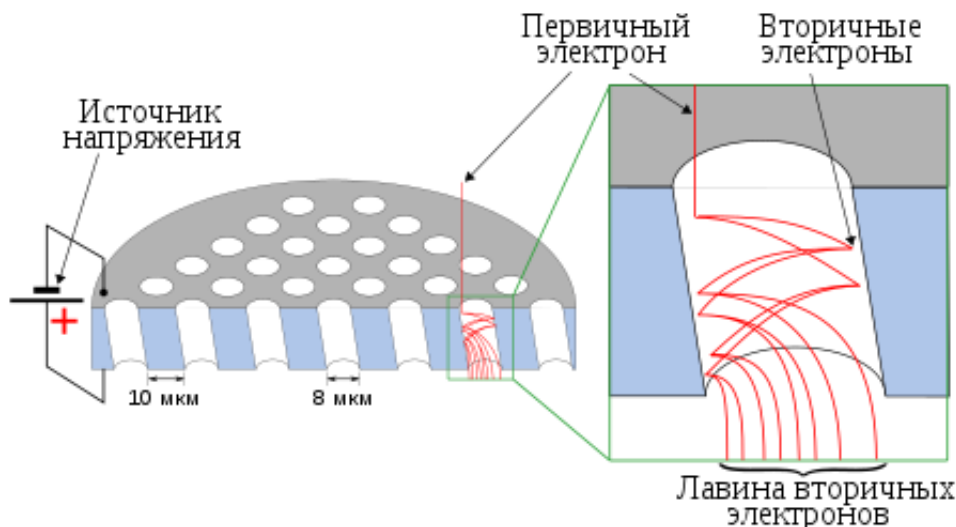


Рис. 2: Схема работы микроканальной пластины

Экспериментальной установка

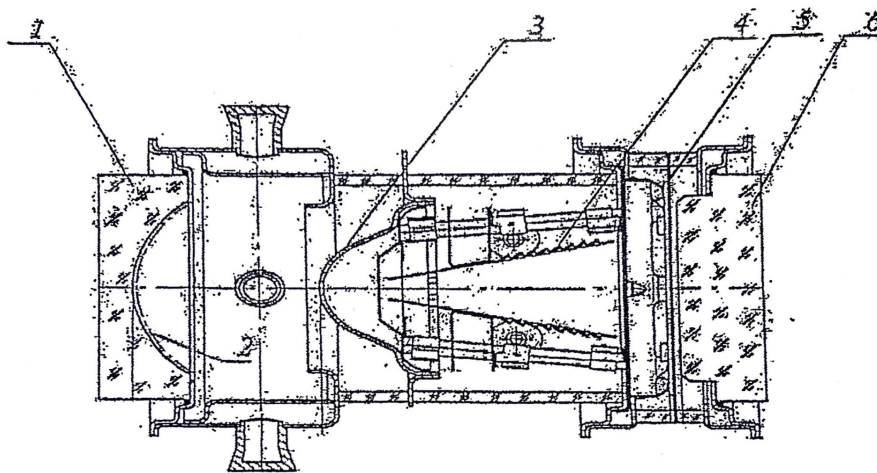


Рис. 3: Схема установки электронно-оптического преобразователя. 1 - стекловолоконное входное напряжение, 2 - фотокатод, 3 - анод, 4 - отклоняющие пластины, 5 - микроканальная пластина, 6 - выходное стекловолоконное окно

Входное оптическое излучение подается на фотокатод, изготовленный на стекловолоконной шайбе. Каждое волокно транспортирует оптическое излучение с входной плоскости ЭОП к фоточувствительному слою фотокатода. Когда налетающий электрон попадает в канал, то из стенки канала выбиваются вторичные электроны, которые ускоряются электрическим полем вдоль канала. Электрическое поле внутри канала создается путём приложения напряжения между поверхностями МКП. Экран покрыт люминофором, который при электронном возбуждении обеспечивает свечение в зеленой области видимого спектра. Изображение на экране регистрируется с помощью видеокамеры.

Результаты измерений и обработка данных

Подготовка экспериментальной установки

Приводим установку в рабочее состояние. При помощи ручек можно регулировать напряжение катода, напряжение экрана и напряжение МКП; регистрировать ток анода, катода, МКП и экрана. По умолчанию значения напряжений МКП, экрана и катода равны 1.2 кВ, 3.5 кВ и 3.5 кВ соответственно.

Измерения при постоянных напряжениях на катоде и экране

При значениях напряжения на экране и катоде по умолчанию меняем напряжение на МКП от 0.5 кВ до 1.5 кВ и фиксируем значения всех токов. Запишем полученные данные в таблицу 1:

U_k , кВ	U_{mkp} , кВ	U_{scr} , кВ	I_k , мкА	I_{mkp} , мкА	I_{scr} , мкВ	I_a , мкА
3,48	0,51	3,49	0,02	2,08	0,01	1,04
3,48	0,6	3,49	0,02	2,44	0,01	1,22
3,48	0,7	3,49	0,02	2,85	0,01	1,44
3,48	0,8	3,49	0,02	3,29	0,01	1,65
3,48	0,9	3,49	0,02	3,68	0,01	1,86
3,48	1,0	3,49	0,02	4,13	0,01	2,08
3,48	1,1	3,49	0,02	4,54	0,01	2,3
3,48	1,2	3,49	0,02	5,00	0,01	2,51
3,48	1,3	3,49	0,02	5,42	0,01	2,72
3,48	1,4	3,49	0,02	5,90	0,01	2,97
3,48	1,5	3,49	0,02	6,38	0,01	3,22

Таблица 1: Результаты измерений при фиксированных значениях напряжения на катоде U_k и напряжения на экране U_{scr}

Построим график зависимости I_{mkp} и I_a от U_{mkp} (остальные токи при этом не изменялись):

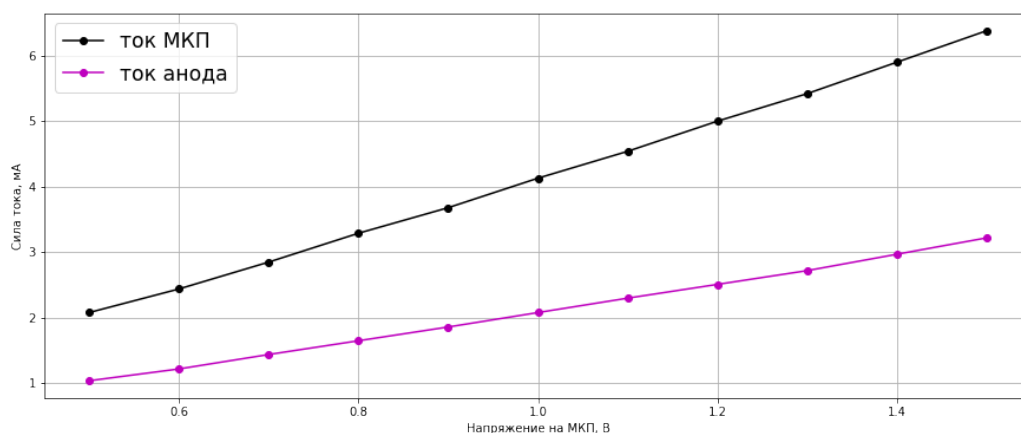


Рис. 4: График зависимости $I_{mkp}(U_{mkp})$ и $I_a(U_{mkp})$

Измерения при постоянных напряжениях на катоде и МКП

Варьируя напряжение на катоде от 2 до 4 кВ, фиксируем значения всех токов. Ни одна величина существенно не отклонялась от этих значений:

U_{mkp} , кВ	I_a , мкА	I_k , мкА	I_{mkp} , мкА	I_{scr} , мкА	U_k , кВ	U_{scr} , кВ
1,52	3,27	0,01	6,47	0,00	3,50	2,01

Изменение яркости изображения при помощи светофильтров

Устанавливая различные цветные светофильтры, зарегистрируем изменение тока катода, анода, МКП и экрана при фиксированных напряжениях: $U_{scr} = 3,5$ кВ, $U_k = 3,5$ кВ, $U_{mkp} = 1,2$ кВ. Пронаблюдаем изменение яркости изображения.

Зависимость интенсивности от напряжения на МКП, U на катоде 3.5 кВ

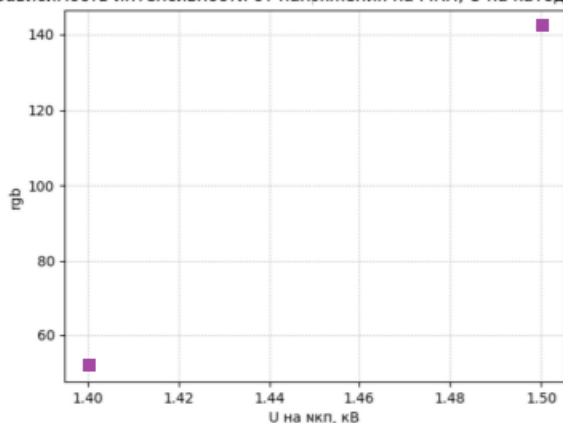


График зависимости $RGB(U_{mkp})$

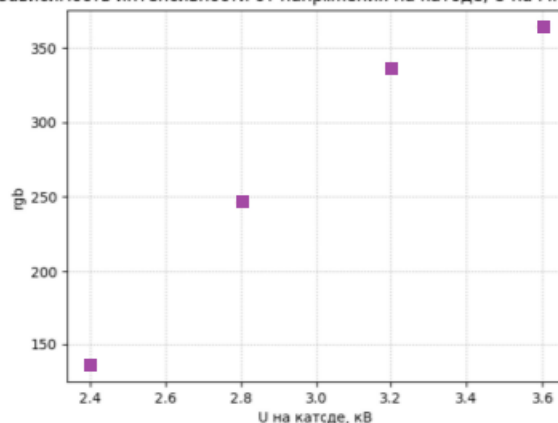


График зависимости $RGB(U_k)$

Зависимость интенсивности от напряжения на аноде, U на катоде 3.5 к

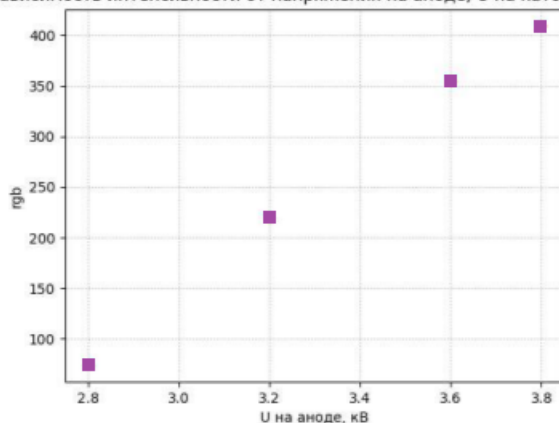


График зависимости $RGB(U_a)$

Таким образом мы из обширного спектра излучения, падающего на фотокатод выделяли лишь свет определенной длины волны. Результаты представлены в таблице ниже:

Светофильтр	Цвет	R	G	B
СС15	фиолетовый	10	20	17
СЗС9	сине-фиолетовый	6	21	17
СЗС17	синий	20	65	49
СЗС23	голубой	27	77	61
ЖС10	зеленый	33	93	72
ЖС19	салатовый	32	87	67
ЖС18	желто-оранжевый	17	67	47
ОС12	оранжевый	11	34	24
КС10	красный	6	11	10
ПС7	пурпурный	21	64	50

В таблице указаны интенсивности красной, зеленой и синей составляющей в изображении сетки на экране. Благодаря ним можно судить и об интенсивности излучения той или иной длины волны в спектре.

Из таблицы видно, что пик интенсивности приходится на зеленый свет. Также можно заметить, что интенсивность красного света очень низкая, но интенсивность пурпурного довольно высока, из чего можно сделать вывод, что еще один пик интенсивности находится вблизи синего света. Таким образом, спектр состоит преимущественно из света с длиной волны от 450 до 600 нм, с пиками в области 460 и 550 нм, что соответствует табличным данным.

Вывод

В данной работе мы ознакомились с устройством электронно-оптического преобразователя, исследовали зависимости силы тока на катоде, аноде, МКП и экране от напряжений на этих же элементах. В итоге получили линейные зависимости силы тока на аноде и МКП от напряжения на МКП (см. рис.4). На опыте убедились, что картинка становилась ярче с увеличением напряжения.

Также с помощью светофильтров был исследован спектр излучения света, падающего на фотокатод. Благодаря полученным данным мы пришли к выводу, что спектр преимущественно состоит из света с длиной волны 450-600 нм с пиками, приходящимися на излучение с длиной волны 460 нм и 550 нм, т.е. синий и зеленый свет соответственно, что соответствует табличным данным.