

Исследование фотокатодов при воздействии интенсивного
излучения импульсных ламп и лазерного излучения

Ванцан В.М., Галат А.Б., Сафоник Н.Н.

Введение

В настоящее время фотокатоды широко используются во многих областях техники. Например, для химического анализа (фотоэлектронная спектроскопия), в измерительной аппаратуре, в звуковоспроизводящей киноаппаратуре, в приборах автоматики (фотоэлементы, фотоэлектронные умножители), в телевидении (передающие телевизионные трубки) и т.д. Однако во всех случаях практического использования фотокатоды работают в условиях низкой плотности тока (обычно менее 1 мкА/см^2). В последнее время в литературе стали появляться сведения о работе катодов при весьма значительных плотностях (порядка 30 А/см^2) [1,2]. Использование фотоэмиссионных токов таких плотностей сможет значительно расширить область практического использования фотокатодов.

Однако такой режим работы для катода является крайне тяжелым, приводит к значительному уменьшению чувствительности с течением времени [3].

В данной работе экспериментально исследованы фотоэмиссионные характеристики фотокатодов, используемых в промышленно-выпускаемых фотоэлементах ЦВ-3, Ф-5 и Ф-8 (катоды из $\text{Sb} - \text{Cs}$, $\text{O} - \text{Ag} - \text{Cs}$ и $\text{Sb} - \text{Na} - \text{K} - \text{Cs}$), под действием мощных потоков излучения, в том числе лазерного.

Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка, на которой проводились исследования, включает в себя вакуумный пост, высоковольтный источник питания, осветители, монохроматор с кварцевой оптикой, измерительную аппаратуру, юстировочные предметные столики и систему фокусировки излучения, фотоэлементы ЦВ-3, Ф-5, Ф-8.

В качестве осветителей использовались газоразрядная лампа типа ИСШ-100-4 и лазер ЛГН-406. Лампа работала в импульсном режиме с частотой 25 Гц и энергией разряда 2 Дж. ЛГН-406 представляет собой ионный газовый многомодовый лазер непрерывного действия. Мощность лазерного излучения не менее 5 Вт., расходимость не более 2×10^{-3} рад. Спектральный состав излучения анализировался с помощью монохроматора ЗМР-3. Для измерения средней мощности излучения служил измеритель мощности лазерного излучения типа ИМО-2Н. Регистрация импульсов фототока осуществлялось осциллографом.

Измерение параметров фотокатодов при воздействии излучения газоразрядной лампы

Измерение распределения мощности по спектру излучения лампы осуществлялось по известной методике с использованием измерителя лазерной мощности, монохроматора и фотоэлектронного умножителя. Было установлено, что лампа излучает в диапазоне от мягкого ультрафиолета до инфракрасного излучения. В интервале длин волн 298-700 нм длительность импульса излучения на уровне 0,5 составляла порядка 30 мкс. Результаты измерений параметров лампы ИСШ-100-4 представлены на рис.1. Пиковая мощность излучения ее равнялась 25,7 кВт, что соответствует силе света поряд-

ка 0,4 Мкд. Исследование параметров фотокатодов проводилось по методике, описанной в 4,5. Селектирование излучения ИСШ-100-4 осуществлялось с помощью светофильтров, параметры которых приведены в 6.

Максимальная величина фототока, полученного в экспериментах с ламповым осветителем, равнялась 0,14 А при анодном напряжении 800 В, (многощелочной катод). Ограничение тока наступало за счет объемного заряда электронов, покинувших катод. Освещение фотокатода проводилось через кольцеобразный анод. Попытки увеличения ускоряющего напряжения с целью рассасывания объемного разряда приводили к пробоя промежутка катод-анод, что вело к разрушению фотокатода.

Максимальная величина плотности тока, достигнутая в режиме насыщения равнялась для $Sb - Cs$ катоды - 0,014 А/см², для $0 - Ag - Cs$ катодов - 0,01 А/см², для $Sb - Na - K - Cs$ катодов - 0,5 А/см². Мощность падающего излучения при этом составляла 45 Вт/см². Дальнейшее повышение мощности излучения ограничивалось параметрами осветителя и условиями эксперимента.

Измерение параметров фотокатодов при воздействии лазерного излучения

Спектральный состав излучения лазера ЛГН-406 измерялся с помощью монохроматора. Исследование показали, что лазер генерирует на длинах волн 459 нм, 476 нм, 487,5 нм и 528 нм. Уровень мощности лазерного излучения измерялся прибором ИМО-2Н. Распределение мощности по спектру излучения лазера в зависимости от тока разряда излучателя представлено на рис.2. Из зависимостей видно, что порядка 90 % мощности излучается на длине волны 512 нм. С целью повышения плотности мощности пада-

ющего излучения луч лазера фокусировался в пятно диаметром 0,01 см. Чтобы исключить тепловое разрушение фотокатода, лазерное излучение модулировалось механическим модулятором. Длительность светового импульса при этом равнялось 100 мкс. Для всех типов исследуемых фотокатодов величина анодного напряжения равнялось 300 В, что соответствует области насыщения, определенной экспериментально. Максимальные величины фототоков полученные для $Ag - Cs$ катодов, $0 - Ag - Cs$ катодов и $Sb - Na - K - Cs$ катодов равнялись 0,26 мА, 1,6 мА и 12 мА, что соответствует плотностям 3,3 А/см², 10,2 А/см² и 153 А/см². На рис.3 приведены графические зависимости плотности тока фотоэмиссии от изменения мощности излучения лазера. Из приведенных зависимостей видно, что закон изменения плотности тока от величины потока излучения носит нелинейный характер. Нарушение линейности при этом может происходить как за счет теплового разрушения катода, так и за счет его утомления. Однако, после тщательного осмотра поверхности фотокатодов по окончании экспериментов видимых повреждений не наблюдалось. С другой стороны в процессе проведения работ на осциллограммах не наблюдалось характерного удлинения заднего фронта импульса тока, обусловленного термоэмиссией. Следовательно температура катодного слоя была недостаточной для появления термоэмиссии.

Необходимо отметить, что эффективность катодов во всех случаях уменьшалась с увеличением мощности падающего потока излучения, хотя плотность тока при этом росла. Например, ^{для} многощелочного катода при уровне мощности падающего излучения порядка 0,5 Вт эффективность равнялась 7 мА/Вт. При увеличении же мощности до 5 Вт эффективность катода уменьшалась до 2,6 мА/Вт. Эти результаты вероятнее всего объясняются утомлением

катода.

Заключение

В результате проведенной работы была получена плотность тока порядка 150 А/см^2 (многощелочной катод), что соответствует уровню термоэмиссии лучших оксидных катодов. Анализ экспериментальных данных показал, что наиболее сильному утомлению при больших уровнях плотности мощности подвержены $\text{Sb} - \text{Cs}$ катоды.

Плотность фотокатода при облучении фотокатода газоразрядной лампой не превышала $0,45 \text{ А/см}^2$, что обусловлено невозможностью получения большей интенсивности излучения в эксперименте. Общий ток катода ограничивался объемным зарядом и не превышал $0,14 \text{ А}$. Для получения большего тока необходимо изменять конструкцию исследуемой системы.

Полученные результаты доказывают возможность применения фотокатодов в качестве безынерционных источников электронов с высокой плотностью тока. Такие источники могут быть использованы при создании ускорителей электронов с регулируемой эмиссией непосредственно с катодов. Для практической разработки таких устройств необходимо более детальное изучение вопросов, связанных с утомляемостью катодов, влиянием окружающей среды, в которой они работают и тепловым режимом системы.

Литература

1. Lee C. High current density photoemission electron source. // *Appl. Phys. Lett.* - 1984 - v. 44(5) - p 565-566.
2. Danielson L.R., Lee C., Oettinger P.E. Laser illuminated high current photocathodes. // *Appl. Surf. Science.* - 1983. - V. 16. - p. 257-267.
3. Соболева Н.А., Меламид А.Е. Фотоэлектронные приборы. - М.: Высш. школа, 1974. - 376 с.
4. Кондратов В.Е. Оптика фотокатодов. - М.: Наука, 1976. - 208 с.
5. Рейхель Т., Йедличка М. Фотоэлектронные катоды. - М.: Энергия, 1968. - 160 с.
6. Каталог цветного стекла. - М.: Машиностроение, 1967. - 62 с.