

Влияние температуры оксидного катода на его фотоэмиссионные свойства

Галат А.Б., Сафоник Н.Н., Кормилец В.М.

Известно [1], что фотокатоды обладающие большой эмиссионной способностью (порядка 1 A/cm^2 и выше) имеют целый ряд преимуществ при использовании их в электронно-лучевых системах по сравнению с термокатадами и катодами с холодной эмиссией. К основным их достоинствам можно отнести практическую безынерционность эмиссии и малый энергетический разброс эмиттированных электронов. Однако применение традиционных фотокатодов ограничено низкой технологичностью и малым ресурсом работы при большом токоотборе.

Поиск и применение фотоэмиссионных материалов, которые были бы технологичными, дешевыми, с большим ресурсом работы представляют весьма важную задачу.

Целью настоящей работы является исследование возможности использования в качестве фотоэмиссионного материала хорошо известного и практически выверенного оксидного катода - наиболее распространенного в приборах с термоэлектронной эмиссией.

Величина термоэлектронной работы выхода активированного оксидного катода составляет примерно 1 эВ [2]. Однако его фотоэлектронная работа выхода несколько выше, так как оксид бария является полупроводником с шириной запрещенной зоны порядка 2 эВ , а энергия электронного средства составляет величину порядка 1 эВ [3].

При облучении образцов оксидных катодов на основе BaO много-модовым газовым лазером ЛГН-406 с максимальной мощностью излучения 5 Вт , сфокусированного в пятно диаметром $0,1 \text{ мм}$, были достигнуты плотности тока с "холодного" катода до 10 A/cm^2 . В эксперимен-

те расстояние между катодом и анодом равнялось 0,4 мм, модуляция лазерного излучения осуществлялась механическим модулятором. Длительность импульсов излучения составляла 130 мкс с периодом следования 50 мс. Максимальная энергия квантов лазерного излучения не превышала 2,7 эВ.

Вольтамперные характеристики "холодного" оксидного катода при фиксированном уровне светового потока и зависимости фототока от интенсивности лазерного излучения очень сильно напоминают аналогичные характеристики для фотокатодов с большим продольным сопротивлением [4].

Явления фотоэмиссии под действием лазерного излучения с длиной волны 0,46 - 0,51 мкм можно объяснить на основании того, что при активировании оксидного катода в нем образуется слой положительных ионов Ba , который приводит к понижению фотоэлектронной работы выхода электронов до уровня ниже 2,7 эВ.

Эти экспериментальные результаты и послужили основой дальнейшего исследования эмиссионных характеристик оксидного катода на основе BaO в зависимости от температуры катода при дополнительном облучении лазерным излучением.

Исследования проводились с использованием предварительно активированного катодного узла, применяемого в электронных лампах типа 6С19П.

Анодное напряжение устанавливалось равным 20 В, чтобы ограничить величину тока термоэмиссии за счет повышения температуры подогревателя.

Импульсы тока, получаемые в результате воздействия лазерного излучения, фиксировались на экране осциллографа типа С8 - 13.

Форма импульсов тока "холодного" катода и при изменении его температуры представлены на рис.1. Импульсы соответствуют мощности

лазерного излучения равной 5,1 Вт. Как можно заметить, форма импульсов фототока существенно зависит от напряжения подогревателя, т.е. от температуры катода.

В диапазоне напряжений подогревателя 2,0 – 2,2 В появляются характерные "хвосты", обусловленные, по нашему мнению, термоэмиссией за счет нагрева лазерным излучением. Амплитуда импульса несколько снижается. Хотя в диапазоне низких температур катода, соответствующих напряжению подогревателя 1,6 – 1,8 В наблюдался прирост фототока с увеличением температуры и "хвосты" отсутствовали.

С дальнейшим ростом температуры катода (напряжение подогревателя 2,5 – 3 В), в импульсе тока, вызванном лазерным излучением, доля фототока снижается, а составляющая термотока за счет нагрева лазерным излучением увеличивается. Общая амплитуда токового импульса возрастает.

В диапазоне напряжений подогревателя равном 3 – 4 В составляющая фототока в импульсе практически исчезает. Амплитуда импульса растет только за счет термоэмиссионной составляющей. В наших экспериментах амплитудное значение тока при напряжении подогревателя равном 4 В 1,5 – 2 мА, что соответствует плотности тока – 22 – 30 А/см²

По-видимому, уменьшение доли фототока в импульсе с повышением температуры катода происходит за счет разрушения слоя положительных ионов Ва, что вызывает повышение фотоэлектронной работы выхода катода. При этом лазерное излучение являлось дополнительным источником нагрева оксидного катода.

Кроме того, было замечено, что длительность токового импульса (замер производился по основанию его) сначала увеличивается, а потом уменьшается (см. рис. I).

Изменение длительности импульса происходит, по-видимому, за счет изменения теплопроводности материала катода.

С другой стороны повышение напряжения подогревателя до 5В и выше, т.е. при доведении температуры катода до оптимальной для термоэмиссии, приводило к исчезновению импульсного тока, получаемого за счет действия лазерного излучения. Очевидно, при такой конструкции электродов, которая использовалась в эксперименте, при данном значении анодного напряжения наступало ограничение тока анода объемным зарядом.

Кроме того, исследования, аналогичные описанным выше, но при повышенном анодном напряжении (100-200 В) показали еще больший рост анодного тока за счет излучения лазера. Однако, наряду с ростом импульсного тока, значительно возрастал и термоток катода при повышении его температуры.

Этот ток и накладывал ограничение на проведение эксперимента с целью исследования максимально возможной плотности тока при облучении оксидного катода лазерным излучением.

В наших экспериментах плотность тока в импульсе достигала $40 - 60 \text{ А/см}^2$.

Превышение определенной величины термотока (порядка 200мА) при высоком анодном напряжении ($\underline{U_a} = 100 \text{ В}$) вело, очевидно, к разрушению фотокатода, причем даже, после остывания фотоэмиссии с такого катода практически отсутствовала. Однако, при повторении режима активирования фотоэмиссия с данного катода восстанавливалась.

Необходимо отметить, что фотоэлектронная работа выхода оксидного катода существенно зависит от его температуры. Следовательно, использование оксидного катода в качестве фотоэмиттера целесообразно только в "холодном" состоянии, либо при небольшом повышении температуры.

В ходе экспериментов оценивался ресурс работы катода. В течение 100 часов наработки при максимальном токоотборе

(60 А/см²) не было обнаружено ухудшение эмиссионных характеристик.

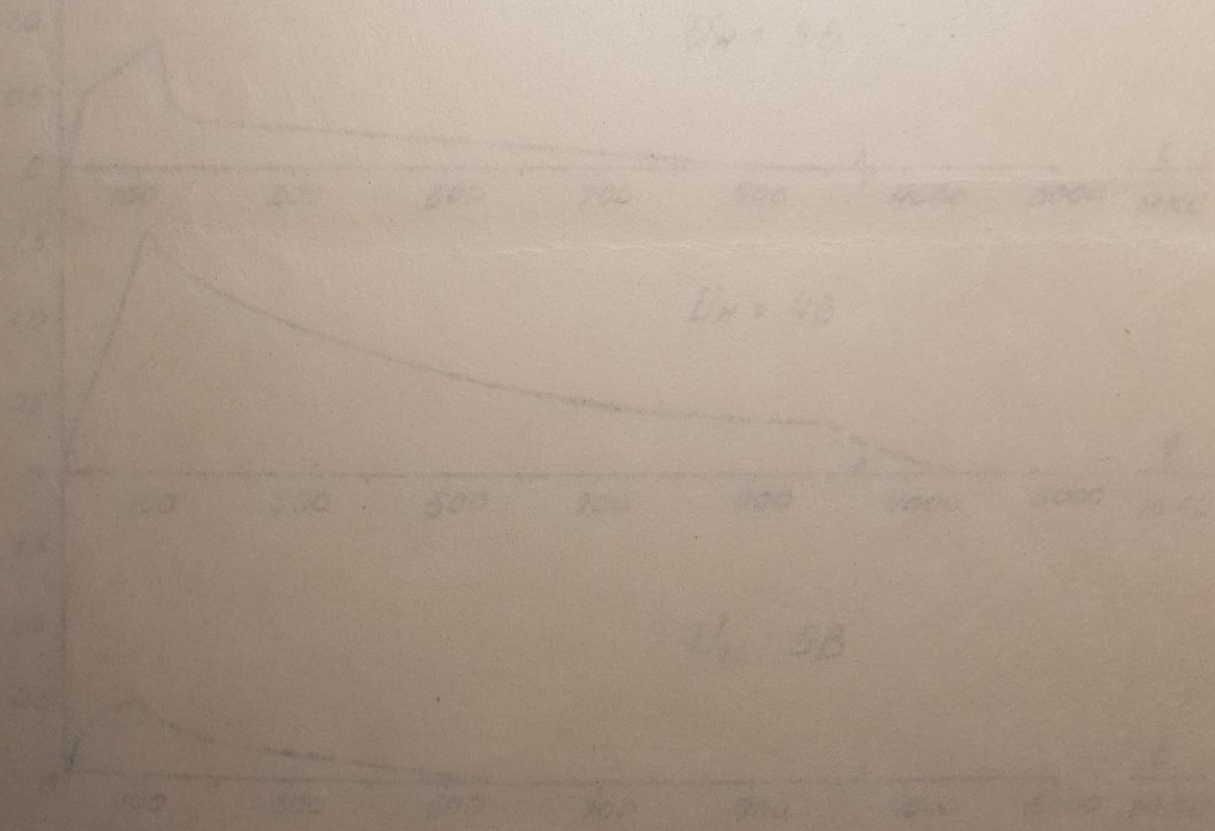
Лазерный импульсный нагрев катода, как показали эксперименты, является более предпочтительным по сравнению с термонагревом. В первом случае нагрев происходит лишь на короткое время, равное длительности импульса. В промежутке между импульсами катод поддерживается при температуре ниже, чем рабочая для термокатаода, что, не снижая его способности к восстановлению, уменьшает распыление поверхности. Необходимо отметить что увеличение длительности импульса лазерного излучения более 500 мкс приводит к перегреву и разрушению катода, поэтому этот параметр не должен превышать 150-200 мкс при частоте следования до 150 Гц.

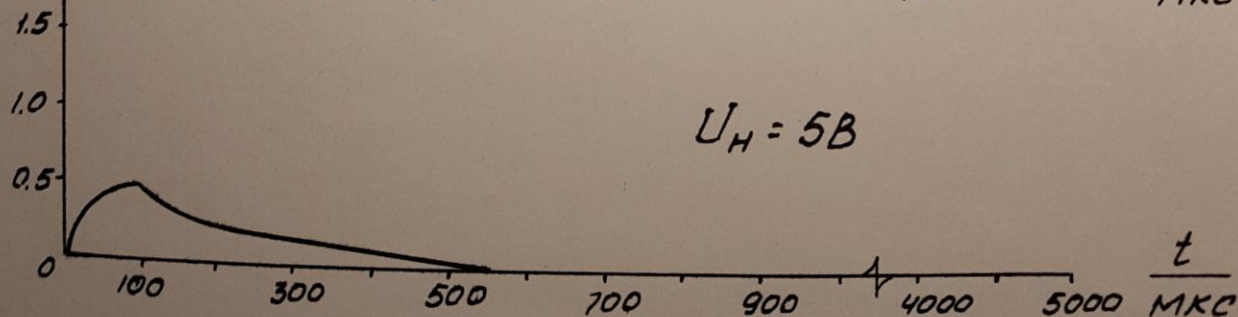
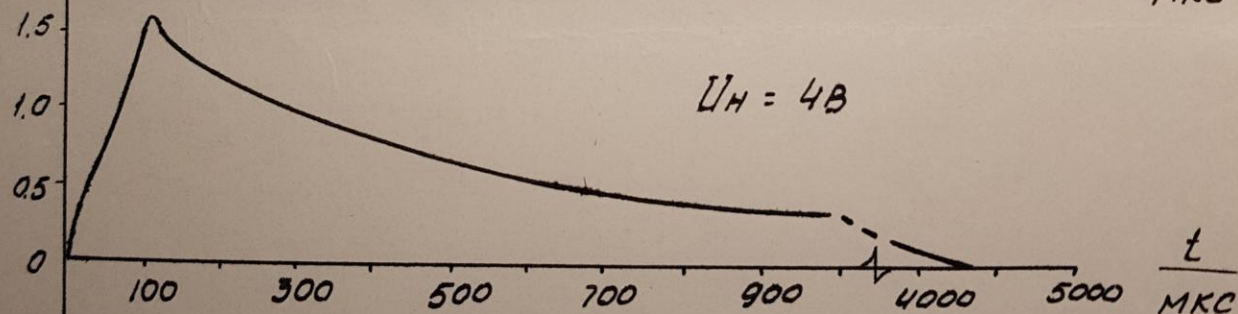
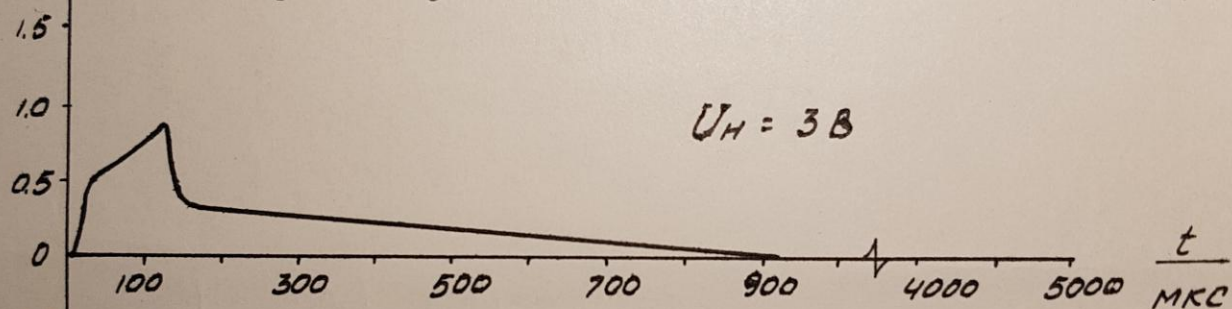
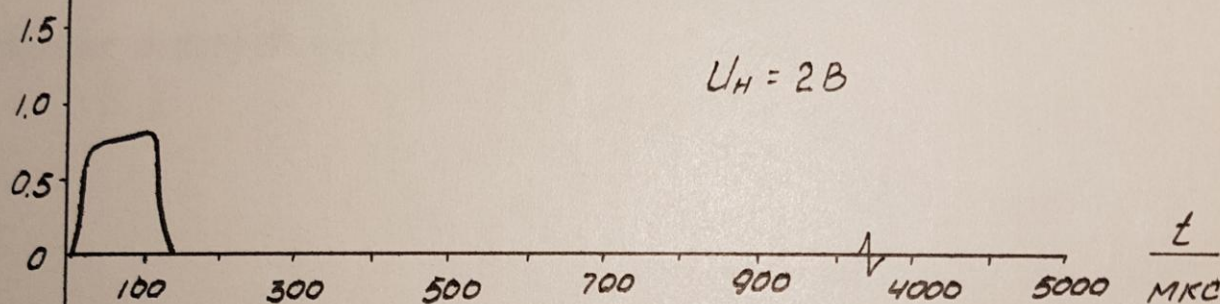
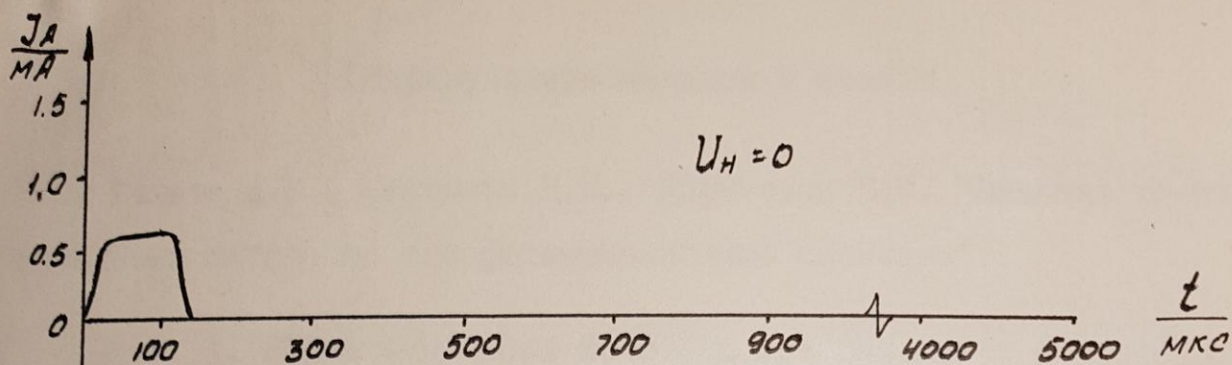
Использование оксидного акатода, возбуждаемого лазерным излучением, целесообразно в системах электроннолитографии, рентгеновской импульсной технике, импульсных генераторах СВЧ, где требуются высокие яркостные характеристики, оперативное управление токоотбором непосредственно с катода, достаточно большой общий ток луча.

Ткачев
Иван
Вен

Литература

1. Lee, G. et al. *Practical laseractivated photoemissive electron source.* // *Rev. Sci. Instrum.* - 1985. - v. 56(4). - p. 560 - 562.
2. Фоменко В.С. Эмиссионные свойства материалов. Справочник. - Киев.: Наукова думка, 1981. - 340 с.
3. Герасимов С.М., Белоус М.В., Москалюк В.А. Физические основы электронной техники: Учеб. пособие для вузов. - Киев.: Вища школа, 1981. - 368 с.
4. Соболева Н.А., Меламид А.Е. Фотоэлектронные приборы. - М.: Высш. школа, 1974. - 376 с.





Подрисуночные подписи к статье

Галата А.Б., Сафоника Н.Н., Кормильца В.М. "Влияние температуры оксидного катода на его фотозмиссионные свойства"

Рис. I. Форма импульсов фототока при различном напряжении накала подогревателя.