

06;11

Виброэлектронная эмиссия

© Х.Н. Везиров

Научно-исследовательский институт фотоэлектроники, Баку

Поступило в Редакцию 11 июня 1998 г.

Описано обнаруженное явление эмиссии электронов серебряно-кислородно-цезиевым фотокатодом под воздействием его вибрации.

Известно несколько эмиссионных эффектов, заключающихся в испускании электронов телами под воздействием различных внутренних и внешних факторов: термоэмиссионная, фотоэлектронная, вторичная электронная, автоэлектронная, экзоэлектронная, взрывная электронная эмиссии [1–3].

При исследовании свойств пленок на основе системы Ag–O–Cs (так называемых серебряно-кислородно-цезиевых фотокатодов) был обнаружен, как нам кажется, еще один эмиссионный эффект, заключающийся в эмиссии электронов фотокатодом при его вибрации.

Качественная схема эксперимента приведена на рис. 1. На одной из поверхностей кварцевого резонатора 1 с пленочными металлическими контактами 2 в вакууме (10^{-6} – 10^{-7} Pa) создавался серебряно-кислородно-цезиевый фотокатод 3 толщиной примерно 30 nm. В этом же вакуумном объеме находился другой электрод (анод), состоящий из нанесенного на стекло 4 слоя люминофора 5, покрытого тонким, прозрачным для электронов совершенно не прозрачным для света слоем алюминия 6. Между анодом и фотокатодом посредством блока питания 7 создавалась разность потенциалов прямой полярности (т. е. плюс на аноде). При этом в темноте через вакуумный промежуток анод–фотокатод проходил ток термоэлектронной эмиссии силой примерно 0.1 nA (фотокатод имел площадь примерно 3 cm^2 и находится при комнатной температуре). При освещении фотокатода видимым светом возникал ток фотоэлектронной эмиссии. Интегральная чувствительность фотокатода достигала $70 \text{ }\mu\text{A/lm}$, длинноволновый порог фотоэмиссии находился на длине волны $1.7 \text{ }\mu\text{m}$. Фототок в этом случае мог измеряться путем снятия напряжения с магазина сопротивлений 8 и подачи этого сигнала на осциллограф 9 либо селективный вольтметр В6-4.

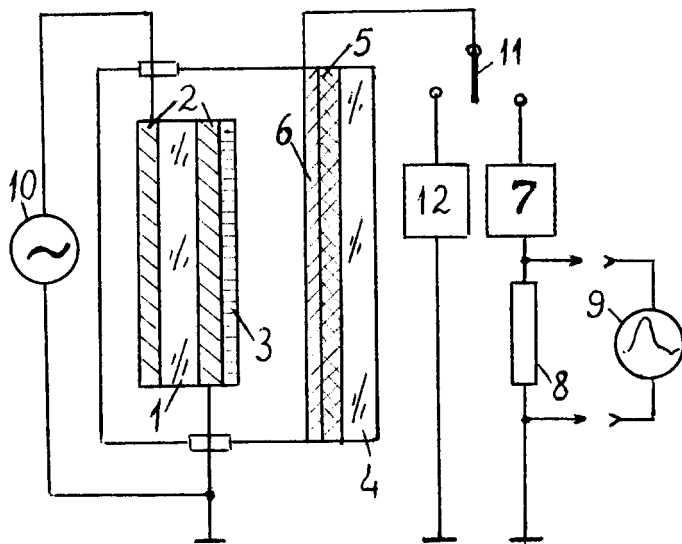


Рис. 1. Качественная схема эксперимента.

Излучение с длиной волны более $1.7 \mu\text{m}$ фотоэмиссии не вызывало.

Затем на резонатор 1 от специального генератора 10 подавалось высокочастотное напряжение (частотой порядка 3MHz), приводящее к высокочастотным колебаниям (вибрациям) фотокатода. При этом в темноте с фотокатода возникала эмиссия электронов и на анод шел высокочастотный ток эмиссии, сила которого была равна $0.02 \mu\text{A}$, т.е. более чем на два порядка величины превышала ток термоэлектронной эмиссии. Частота этого тока совпадала с частотой колебания резонатора. Этот эксперимент проводился в темноте, т.е. фототок отсутствовал. Следует заметить, что обнаруженное не является просто модуляцией термоэлектронного тока, так как количество прошедших за единицу времени зарядов (электронов) в этом случае и в случае отбора тока термоэмиссии без колебания фотокатода были бы равны, а в экспериментах они отличались на два порядка величины.

Затем проводилось облучение фотокатода ИК-излучением с длинами волн, лежащими за длинноволновой границей фотоэмиссии (т.е. более $1.7 \mu\text{m}$). Такое излучение само по себе фотоэмиссии хотя и не вызы-

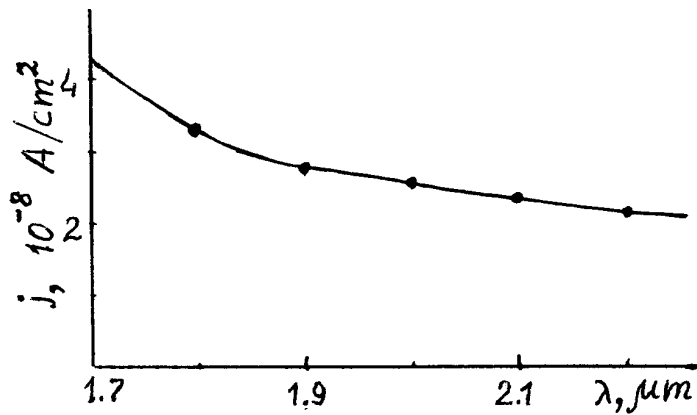


Рис. 2. Зависимость плотности тока виброэлектронной эмиссии от длины волны излучения в области спектра выше порога фотоэмиссии.

вало, однако при одновременной вибрации резонатора это излучение усиливало эмиссию электронов (рис. 2). По всей вероятности, такая зависимость виброэлектронной эмиссии от длины волны (энергии) падающего излучения объясняется зонной структурой этого фотокатода [4] и ее оптическими свойствами.

После этого генератор 10 выключался, посредством ключа 11 отключалась измерительная схема и на анод подавалось высокое напряжение прямой полярности (5–15 kV) от высоковольтного блока питания 12. При этом освещение фотокатода приводило к возникновению с его поверхности фотоэлектронной эмиссии. Эмитированные фотокатодом электроны, попав в электрическое поле, ускорялись до энергии 5–15 keV и бомбардировали люминофор, вызывая его свечение, что наблюдалось через стекло 4.

Затем освещение фотокатода выключалось (фототок и свечение люминофора исчезали) и в темноте (т. е. без освещения фотокатода) при поданном на анод высоком напряжении вновь включался ВЧ-генератор 10. При включении генератора вновь возникало свечение люминофора, что свидетельствовало о возникновении с фотокатода эмиссии электронов, так как люминофор мог светиться только под воздействием электронной бомбардировки.

Каким бы странным это ни казалось, однако анализ полученных результатов приводит все же к выводу, что высокочастотные колебания фотокатода приводят к эмиссии последним электронов.

Экспериментов на других частотах не проводилось из-за ограниченности возможностей экспериментальной установки.

Следует, однако, обратить внимание на то обстоятельство, что вообще-то эксперименты с высокочастотными колебаниями различных пленок проводились и ранее, например при экспериментах с кварцевыми измерителями толщины. В этих экспериментах измерялась масса, а соответственно и толщина, напыляемых в вакууме пленок. Т.е. и в тех экспериментах пленки приводились в колебательное движение. Однако в этих многочисленных исследованиях о наблюдении токов не сообщалось. В случае же колебания именно серебряно-кислородно-цезиевого фотокатода наблюдается эмиссия электронов.

Объяснение этому следует искать, очевидно, в эмиссионных (поверхностных) свойствах этой пленки. Как известно [5], из всех известных пленок наименьшей работой выхода электронов обладает именно серебряно-кислородно-цезиевый фотокатод. Величина этой работы выхода (точнее, электронного сродства, т.е. энергетического расстояния от дна зоны проводимости до уровня энергии свободного электрона в вакууме) может быть меньше 0.2–0.3 eV, а в некоторых равномерно расположенных по всей поверхности фотокатода микроскопических участках размером порядка 100 Å быть даже равным нулю (так называемое нулевое электронное сродство) [4,6], что более чем на порядок меньше средней работы выхода известных веществ (3–5 eV). Поэтому, хотя бы качественно, более или менее становится понятным, почему обнаруженное явление наблюдается именно в серебряно-кислородно-цезиевом фотокатоде.

Думается, что обнаруженный эффект должен более ярко выражаться в фотокатодах с отрицательным электронным сродством [7] и быть полезным для исследования пленок, обладающих низкой работой выхода.

Список литературы

- [1] *Спроул Р.* Современная физика. М: Наука, 1974. 592 с.
- [2] *Рабинович Э.* // УФН. 1979. Т. 127. В. 1. С. 163–174.
- [3] *Месяц Г.А.* Генерирование мощных наносекундных импульсов. М: Сов. радио, 1974. 256 с.

- [4] Гугель Б.М., Меламид А.Е., Степанов Б.М. // Радиотехника и электроника. 1977. Т. 22. № 7. С. 1466–1472.
- [5] Фоменко В.С. Эмиссионные свойства материалов. Справочник. Киев: Наук. думка, 1981. С. 223.
- [6] Жигаре А.А., Шамаева Г.Г. Электронно-лучевые и фотоэлектронные приборы. М: Высш. школа, 1982. 463 с.
- [7] Фотоприемники видимого и ИК-диапазонов / Под ред. Р. Дж. Киеса. М: Радио и связь, 1985. С. 153.