

06;11

## Термоэмиссионный гальваномангнитный эффект

© Х.Н. Везиров

Научно-исследовательский институт фотоэлектроники, Баку

Поступило в Редакцию 16 мая 1997 г.

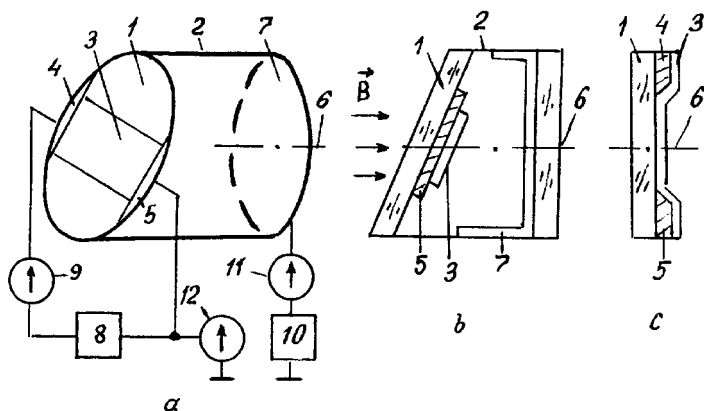
Описаны опыты, позволившие установить существование заметного термоэмиссионного тока с фотокатода и измерить зависимости плотности тока термоэлектронной эмиссии фотокатода от температуры, магнитного поля и силы пропускаемого через фотокатод тока.

Как уже сообщалось, совместное действие на фотоэмиттер электрического тока и магнитного поля приводит к возникновению фотоэмиссионного гальваномангнитного эффекта [1].

Дальнейшие исследования привели к обнаружению второго эмиссионного гальваномангнитного эффекта, заключающегося в изменении плотности тока термоэлектронной эмиссии (ТЭЭ) фотокатода, по которому проходит ток, под воздействием магнитного поля.

Следует сказать, что этот эффект не наблюдался в образцах фотоэлектронных приборов (ФЭП), в которых был обнаружен фотоэмиссионный гальваномангнитный эффект [1], так как в них магнитное поле было перпендикулярно к плоскости фотокатода.

Для проведения экспериментов были изготовлены образцы специальных ФЭП особой конструкции (рис. 1). Не вдаваясь в технологические подробности изготовления подобного образца, которые в достаточной степени сложны, отметим лишь, что подложка 1 для фотокатода (а стало быть и сам фотокатод) в этом ФЭП расположена не нормально к его цилиндрической оболочке 2, а под углом ( $\sim 70^\circ$ ). На подложке 1 создавался Ag–O–Cs-фотокатод 3 [2] прямоугольной формы, толщиной примерно 150 nm, шириной 3 cm и длиной 6 cm. Два противоположных края фотокатода располагались на двух отдельных серебряных пленочных контактах (манжетах) [3] 4 и 5. Два других края фотокатода были свободны от манжет. Расположенная между манжетами часть фотокатода лежала на стеклянной подложке 1. В объеме образца вакуум  $10^{-6}$  Pa.



**Рис. 1.** Конструкция образца: *a* — общий вид и схема подключения, *b* — продольный разрез по оси, *c* — подложка образца.

Образец помещался в специальный мощный соленоид. Соленоид был снабжен также специальной печью, посредством которой могла регулироваться температура фотокатода (образца) в пределах от комнатной и выше. Конструктивно соленоид был выполнен таким образом, что позволял использовать его в различных режимах, т. е. включать магнитное поле как с печью, так и без нее, а также печь как с магнитным полем, так и без него. При включении соленоида возникало магнитное поле, вектор индукции которого  $\mathbf{B}$  был одновременно и перпендикулярен току через пленку фотокатода, и направлен под углом к плоскости фотокатода (т. е. был направлен параллельно оси *b* образца). Таким образом, становятся понятными конструктивные особенности образца: 1) в его объеме вектор индукции возникающего в соленоиде магнитного поля параллелен вектору напряженности электрического поля между анодом 7 и фотокатодом и поэтому это магнитное поле не вносит возмущений на полет электронов в вакууме от фотокатода к аноду; 2) магнитное поле отклоняет дрейфующие в объеме фотокатода электроны в направлении, перпендикулярном продольной оси *b* образца, так как вектор магнитной индукции перпендикулярен направлению тока через фотокатод; 3) магнитное поле обеспечивает скапливание электронов не на краю фотокатода [1], а на всей его площади (поверхности), так как это поле направлено под углом к его плоскости.

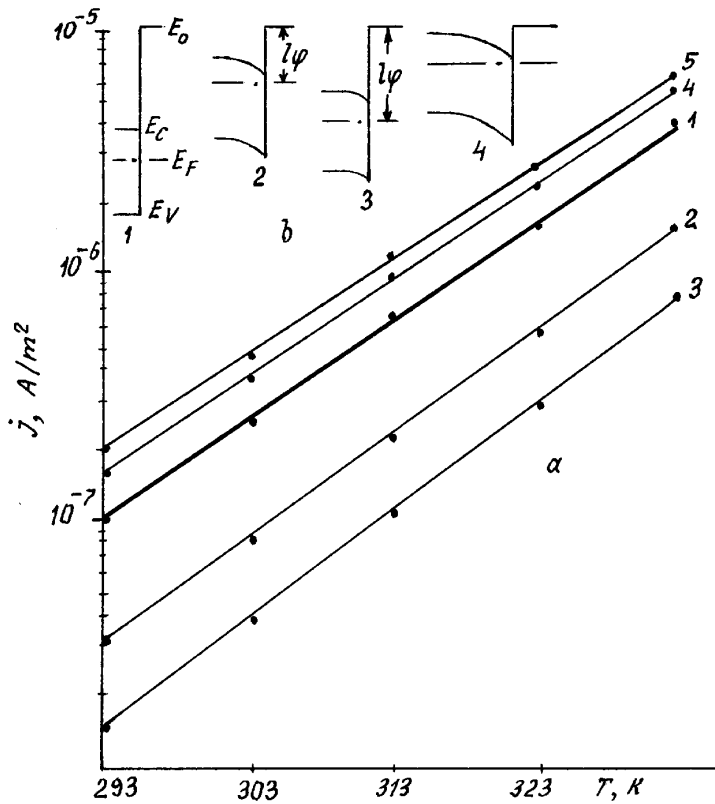
Измерения проводились следующим образом. Не пропуская тока через соленоид и его печь на манжеты 4 и 5 (рис. 1), от блока питания 8 подавалось напряжение и через фотокатод пропусклся ток, который измерялся прибором 9. Одновременно с этим между анодом 7 и фотокатодом посредством блока питания [10] создавалась разность потенциалов прямой полярности из области насыщения эмиссионного тока (от десятков вольт и выше) и приборами 11 или 12 измерялся ток ТЭЭ. Последний не зависел от силы пропускаемого через фотокатод тока, т. е. напряжения на манжетах. Следует также отметить, что, благодаря хорошей теплопроводности подложки, джоулево тепло от проходящего через фотокатод тока практически не приводило к нагреву фотокатода (увеличение температуры составляло доли градуса). Затем, пропуская ток через печь, увеличивалась температура фотокатода и вновь измерялся ток ТЭЭ фотокатода. Измерения последнего при различных температурах позволяли построить зависимость плотности тока ТЭЭ фотокатода от температуры (рис. 2, прямая 1).

После этого по соленоиду пропусклся ток, приводящий к возникновению в образце магнитного поля, параллельного его оси  $b$ , и описанные выше измерения по той же методике проводились в магнитном поле. Измерения в различных магнитных полях при различных силах пропускаемого через фотокатод тока позволяли построить ряд кривых зависимости плотности тока ТЭЭ фотокатода от температуры, магнитного поля и силы пропускаемого через фотокатод тока (рис. 2).

Было обнаружено, что плотность тока ТЭЭ фотокатода, по которому проходит ток, изменяется под воздействием магнитного поля, причем эти изменения были пропорциональны силе тока, пропускаемого через фотокатод, и магнитной индукции (рис. 2).

Эффект оказался нечетным, т. е. при изменении направления тока через фотокатод или магнитного поля на противоположное (путем изменения направления тока в обмотке соленоида) эффект также менял знак, а именно уменьшение плотности тока ТЭЭ (рис. 2, прямые 2 и 3) сменялось увеличением (прямые 4 и 5), хотя и не в такой же степени, что уменьшение.

Как известно [1], при нанесении на поверхность Ag–O–Cs-фотокатода пленки окисла цезия образуется дипольный слой с положительным зарядом на поверхности, граничащей с вакуумом (рис. 2,  $b$ ). Именно из-за оптимальности состава и структуры поверхностного



**Рис. 2.** *a* — зависимость плотности тока ТЭЭ  $j$  от силы пропускаемого тока, магнитного поля и температуры: 1 — исходная, без магнитного поля, при токах от нуля до 10 мА; 2 — магнитное поле 500 Ое, ток 3 мА (оба, условно, прямого направления); 3 — магнитное поле 1000 Ое, ток 10 мА (оба прямого направления); 4 — магнитное поле 500 Ое (противоположного направления), ток 3 мА (прямого направления), 5 — магнитное поле 1000 Ое (прямого направления), ток 10 мА (обратного направления). *b* — качественная зонная диаграмма фотокатода: 1 — фотокатод без пленки электроположительного вещества на поверхности, граничащей с вакуумом; 2 — фотокатод с оптимальной пленкой оксида цезия на поверхности (соответствует прямой 1); 3 — фотокатод с избытком электронов на поверхности, граничащей с вакуумом (соответствует прямым 2 и 3); 4 — фотокатод в случае оттока электронов с поверхности, граничащей с вакуумом (соответствует прямым 4 и 5).

слоя Ag–O–Cs-фотокатодов они среди известных веществ обладают наименьшей работой выхода  $e\varphi$  и поэтому наибольшей плотностью тока ТЭЭ [3,4].

Думается, что при прохождении тока через пленку фотокатода в результате отклонения электронов магнитным полем на граничащей с вакуумом поверхности фотокатода будет скапливаться отрицательный заряд (ср. с [1]), что аналогично возникновению поля, тормозящего термоэлектроны. Поэтому энергетические уровни в объеме фотокатода должны опуститься вниз относительно этих уровней на поверхности и уровня вакуума (рис. 2, *b*). Работа выхода  $e\varphi$  в этом случае увеличивается и плотность тока ТЭЭ уменьшается (рис. 2, *a*, прямые 2 и 3).

При противоположном направлении тока или магнитного поля, наоборот, из-за оттока электронов, потенциал поверхности фотокатода увеличивается, работа выхода  $e\varphi$  уменьшается, а плотность тока ТЭЭ возрастает (прямые 4 и 5 на рис. 2, *a*).

Обнаруженный эффект может быть полезен при исследовании эмиссионных свойств пленок, расположенных в вакууме.

## Список литературы

- [1] Везиров Х.Н., Салаев Э.Ю., Абдинов Д.Ш. // ЖТФ. 1996. Т. 66. № 11. С. 203–206.
- [2] Саммер А. Фотоэмиссионные материалы. М.: Энергия, 1973. 177 с.
- [3] Гартманн В., Бернгард Ф. Фотоэлектронные умножители. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1961. 208 с.
- [4] Фоменко В.С. Эмиссионные свойства материалов. Справочник. Киев: Наук. думка, 1981. 340 с.