

ФОТОЭМИССИОННЫЙ ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫЙ ЭФФЕКТ

© *Х.Н.Везиров, Э.Ю.Салаев, Д.Ш.Абдинов*

Научно-исследовательский институт фотоэлектроники,
370602 Баку, Азербайджан
(Поступило в Редакцию 26 января 1996 г.)

Как известно, при совместном действии магнитного и электрического полей в веществе возникают явления, обычно называемые гальваномагнитными [1]. Все они возникают из-за изменения траектории носителей заряда в магнитном поле. Особенностью этих известных эффектов является то, что носители заряда в любом случае остаются в веществе (т. е. не эмиттируются в вакуум).

При исследовании пленочных фотоэммиттеров (фотокатодов) мы столкнулись, как нам кажется, с еще одним гальваномагнитным эффектом, заключающимся в том, что эмиссионная способность (квантовый выход, порог фотоэмиссии) края фотокатода, по которому течет ток, изменяется под действием магнитного поля.

Эксперимент проводился следующим образом (рис. 1). На подложке 1 вакуумного фотоэлектронного прибора 2 типа М-9 [2] создавался пленочный полупроводниковый фотокатод 3 системы Ag-O-Cs [2] прямоугольной формы толщиной примерно 45 нм, шириной 3 см и длиной 2 см со смещенным в длинноволновую область спектра порогом фотоэмиссии, внутренняя часть широких сторон которого располагалась на двух отдельных серебряных пленочных контактах (манжетах) 4, имеющих хороший контакт как с внешними контактными выводами, обеспечивающими соединение с источником тока, так и с фотокатодом.

Через фотокатод пропусклся ток путем подачи напряжения на манжеты 4 от блока питания 5. Этот ток измерялся прибором 6 (В7-21А). Одновременно с этим между анодом 7 и фотокатодом посредством блока питания 8 создавалась разность потенциалов прямой полярности из области насыщения фототока (от 100 В до нескольких кВ) и снимались спектральные характеристики чувствительности края 9 узкой стороны фотокатода и участка, расположенного в центре фотокатода. Фототок измерялся прибором 10 (В6-4). Для измерения чувствительности края фотокатода на этот край от монохроматора МДР-2 посылалось излучение, которое в поперечном сечении представляло собой узкую полосу шириной менее 0.5 мм (на рис. 1 показано в виде жирной линии 9). Это излучение модулировалось с частотой примерно 400 Гц. При этом измеряемая чувствительность не зависела от силы пропускаемого через фотокатод тока (напряжения на манжетах).

После этого в объеме фотокатода (прибора) создавалось постоянное магнитное поле, вектор индукции которого был перпендикулярен плоскости фотокатода, т. е. параллелен оси прибора. Магнитное поле создавалось посредством мощного соленоида 11, в который был помещен прибор. Вновь по той же методике (но уже в магнитном поле) измерялись спектральные характеристики чувствительности участка 9

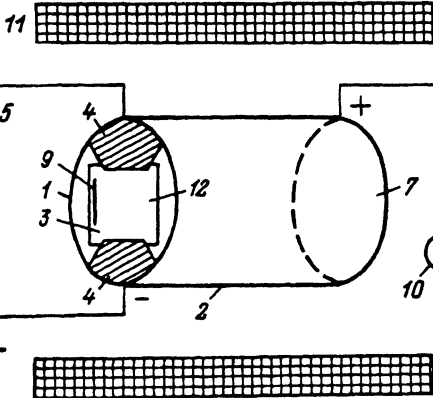


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

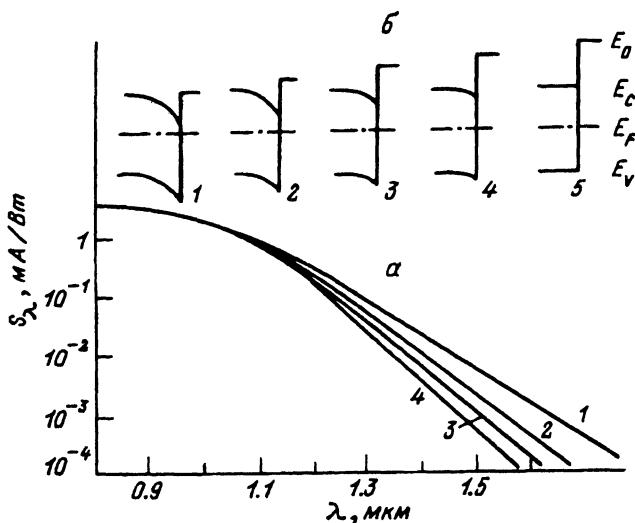


Рис. 2. а — спектральная характеристика чувствительности участка 9 (1 — исходная, без магнитного поля; 2 — в поле 500 Э и при токе через фотокатод 3 мА; 3 — в поле 500 Э и при токе через фотокатод 10 мА; 4 — в поле 1000 Э и при токе через фотокатод 10 мА); б — примерная (качественная) зонная диаграмма фото катода (1 — фотокатод с оптимальной по толщине пленкой цезия на поверхности, 2-4 — оптимальность соответственно более нарушена, 5 — фотокатод без адсорбированной пленки цезия на поверхности).

и центрального участка фотокатода. Было обнаружено, что длинноволновая чувствительность участка 9 упала, а порог фотоэмиссии сдвинулся в область более коротких волн, причем эти изменения были пропорциональны индукции магнитного поля и току через фотокатод (рис. 2). Чувствительность участка в центре фотокатода при этом не изменилась.

Эффект оказался нечетным, т. е. при изменении направления вектора индукции магнитного поля на противоположный (путем изменения направления тока в соленоиде) на участке 9 эффект исчезал, но он появлялся на противоположном ему участке 12 (рис. 1).

Конечно, в принципе изменение чувствительности можно объяснить рассеиванием электронов в вакуумном объеме прибора при их полете от фотокатода к аноду в магнитном поле. Однако известно, что электроны с небольшими поперечными скоростями, движущиеся в вакууме в достаточно сильном магнитном поле, идут почти по силовым линиям, т. е. магнитное поле как бы фокусирует электроны. Так как поперечная составляющая скорости фотоэлектронов, эмиттированных Ag-O-Cs фотокатодом, имеет очень малое значение [2], то можно утверждать, что уменьшение фототока от участка 9 никоим образом не может быть связано с влиянием магнитного поля на полет электронов в вакуумном объеме прибора. Это же доказывается нечетностью эффекта и тем, что магнитное поле не изменяло фототока от центральных участков фотокатода. Таким образом, объяснение полученного результата необходимо искать в процессах, происходящих именно в самом фотокатодe.

Известно, что при изготовлении фотоэммитера увеличения квантового выхода и смещения порога фотоэмиссии в длинноволновую область спектра добиваются уменьшением работы выхода (уменьшением электронного сродства). Это достигается нанесением на поверхность фотокатода пленки из электроположительного вещества оптимальной толщины (близкой к толщине монослоя) [2,3]. Эта пленка образует дипольный слой с положительным зарядом на поверхности, граничащей с вакуумом. При этом электрическое поле, имеющееся внутри этого слоя, облегчает выход электронов в вакуум. Известно также, что уменьшение потенциала работы выхода $\Delta\varphi$ пропорционально поверхностной плотности n адсорбированных атомов и их дипольному моменту ed : $\Delta\varphi = (ned/\epsilon_0)$, где ϵ_0 — электрическая постоянная [1]. Именно из-за большого дипольного момента окиси цезия и других соединений цезия их часто используют в качестве материалов, наносимых на поверхность фотокатодов.

Таким образом, при создании на поверхности фотокатодов пленки цезия или его окисла поле двойного слоя зарядов в приповерхностной области фотокатода способствует выходу движущихся к поверхности электронов из объема в вакуум. Поэтому все энергетические уровни в объеме фотокатода поднимаются вверх относительно этих же уровней на поверхности и уровня вакуума [4] (рис. 2, б).

Так как исследуемый фотокатод обладал электронным типом проводимости (удельное сопротивление порядка 10^{-4} Ом·м), то можно предположить, что при прохождении постоянного тока от блока питания через пленку фотокатода в результате отклонения электронов в объеме фотокатода в магнитном поле на краю фотокатода, т. е. на участке 9 (либо на участке 12 при противоположном направлении магнитного поля) будет скапливаться отрицательный заряд, который, растекаясь по поверхности фотокатода, компенсирует часть положительного заряда двойного слоя, что фактически аналогично уменьшению плотности n адсорбированных электроположительных атомов (нарушению оптимальности структуры поверхности) или же возникновению тормозящего поля. Т. е. для выхода в вакуум электрону, возбужденному в объеме, потребуется большая энергия, чем если бы не было этого тормозящего поля. Поэтому энергетические уровни в объеме фотокатода должны опуститься вниз относительно этих уровней на поверхности и

уровня вакуума (рис. 2, б). Порог фотоэмиссии в этом случае сдвигается в область более коротких волн, а квантовый выход уменьшается.

Обратный эффект, т. е. заметный рост квантового выхода и сдвиг порога фотоэмиссии в длинноволновую область спектра, в экспериментах обнаружен не был. Вероятно, это объясняется тем, что исследуемый фотокатод уже обладал оптимальной структурой поверхности (плотностью n положительных зарядов на поверхности) и еще большее уменьшение работы выхода для него оказывалось невозможным. Однако можно предположить, что такое возможно при использовании других фотоэмиттеров, например фотокатодов с междолинным переносом электронов [5].

Обнаруженный эффект не наблюдается в обычных фотоэлектронных приборах с одной круглой манжетой [2,3]. Очевидно, это связано с характером симметрии. Действительно, фотокатоды в этих приборах имеют круглую форму и нанесены на симметричную манжету таким образом, что протекание тока в них аналогично току в дисках Корбино.

Замеченный эффект может, видимо, более ярко наблюдаться в образцах оптимальной конструкции и может быть полезен при исследовании полупроводниковых пленок, расположенных в вакууме.

Список литературы

- [1] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982. 624 с.
- [2] Бутслов М.М., Степанов Б.М., Фанченко С.Д. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях. М.: Наука, 1978. 432 с.
- [3] Соболева Н.А., Меламид А.Е. Фотоэлектронные приборы. М.: Высшая школа, 1974. 376 с.
- [4] Гугель Б.М., Меламид А.Е., Степанов Б.М. // РиЭ. 1977. Т. 22. № 7. С. 1466–1472.
- [5] Пашук А.В., Фурсенко Т.А. // ПТЭ. 1994. № 2. С. 112–114.