



О природе микрофотоэлементов

Зокиров Адхам Илхомжон угли, Ташланова Дилноза Муродиловна

Преподаватель кафедры физики, Ферганский государственный университет,

a.zokirov3001@gmail.com

Аннотация: В рамках батарейной концепции в литературе высказаны четыре разные гипотезы о физической природе АФН-эффекта. Одна из них, основанная на идее о внешнем фотоэффекте с освещенных краев дендритов[1], вызывает оприорные возражения, связанные с несоответствием красной границы АФН-эффекта и красной границы внешнего фотоэффекта $\lambda_{\text{АФН}} > \lambda_{\text{вн.фот.}}$. Однако непосредственные изменения работы выхода АФН-пленок не производились, а особенности строения и специфические свойства поверхности пленок могут вызвать сдвиг красной границы внешнего фотоэффекта. Поэтому мы провели прямую экспериментальную проверку этой гипотезы.

Измерения велись на специальной установке с открытым искровым счетчиком типа счетчика Богуна[2], сконструированного для измерения экзоэлектронной эмиссии кристаллофосфоров[3], Установка позволяла уверенно регистрировать эмиссионные токи порядка 10^{-18} А, что на 6÷8 порядков меньше токов короткого замыкания в исследованных нами АФН-пленках. Проверены АФН-пленки всех исследованных нами материалов. Электронная эмиссия с поверхности пленок не была обнаружена, тем самым доказано, что АФН-эффект обусловлен не внешней электронной эмиссией с дендритных игл, а перераспределением зарядов внутри пленки.

Ключевые слова: фотонапряжений, АФН-эффекте, микрофотобатарея, микрофотоэлемент, фотовольтаических эффектов, фотоэлемент, дембер-эффект.

В принципе возможны три кинетических механизма образования фотонапряжения, обусловленные разделением носителей, генерируемых светом: 1) разделение фотоносителей на р-п-переходах, 2) диффузия фотоносителей с разными подвижностями (дембер-эффект), 3) образование объемных зарядов на локальных уровнях. Третья модель должна также содержать в качестве первичного процесса либо фотовольтаический, либо фотодиффузионный механизм разделения свободных носителей заряда, генерируемых светом. Поскольку, однако захват фотоносителей на уровне прилипания может существенно изменить всю картину (привести к возникновению фотонапряжения в однородном полупроводнике при $\mu_n = \mu_p$ к фотоэлектретным явлениям без внешнего поляризующего поля [3], и др.), круг явлений, связанных с объемным зарядом, захваченным на локальный уровень фотоносителей, целесообразно рассматривать отдельно.

Структура АФН-пленки, соответствующая р-п-переходной (а) и демберовской (б) моделям, изображена на рис. 1. В первой из этих моделей высоковольтное фотонапряжение возникает в результате суммирования элементарных

фотонапряжений, генерируемых на переходах одного типа (например, p-n), тогда как переходы другого типа (p-n остаются неосвещенными (см. рис.1а)):

$$V_{\text{АФН}} = N \frac{kT}{q} \ln \left[1 + \left(\frac{J_{\text{фи}}}{J_{\text{си}}} \right) \right] \quad (1)$$

($J_{\text{си}}$ и $J_{\text{фи}}$ -ток насыщения и фототок в p-n переходе).

В демберовской модели (см. рис. 1б) активная часть пленки состоит из фоточувствительных областей, разделенных прослойками, препятствующими обмену свободными носителями между этими фотопроводящими областями. Прослойки могут быть высокоомными и низкоомными. Они препятствуют выравниванию концентраций носителей справа и слева от контакта в двух соседних дем— беровских микрофотоэлементах.

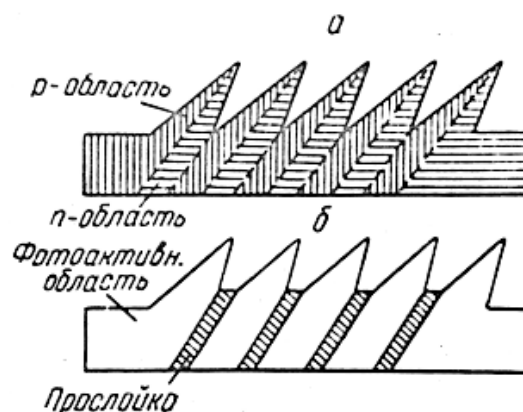


Рис. 1. Модели АФН-пленки из микро-p-n-переходов (а) фотодиффузионных микрообластей (б).

Величина фотонапряжения в демберовской модели АФН-пленки выражается формулой

$$V_{\text{АФН}} = N \frac{kT}{q} \cdot \frac{b-1}{b+1} \ln \frac{1 + \Delta\tau_2/\tau_0}{1 + \Delta\tau_1/\tau_2} \quad (2)$$

(τ_0 -темновая проводимость пленки, а $\Delta\tau_1$ и $\Delta\tau_2$ значения фотопроводимости на концах i -го элемента).

Из-за однотипного характера формул (1) и (2) большинство экспериментальных фактов оказались не критичными по отношению к механизму элементарных процессов, лежащих в основе АФН-эффекта, т.е. по крайней мере, они качественно согласуются как с p-n-переходной, так и с демберовской моделями микрофотоэлементов. При $J_{\text{ф}} \propto B$ и $\Delta\tau \propto B$, а $J_{\text{с}} \propto R_0$ и $\tau_0 = 1/R_0$ (B интенсивность падающего света, темновое сопротивление) видим, что при фотодиффузионном и фотовольтаическом механизмах $V_{\text{АФН}} = f(B, R_0)$ (2.24), т.е. АФН-эффект может возникать только в высокоомных пленках. Действительно, как видно из приведенных параметров, для АФН-пленок типичны высокие сопротивления, АФН-пленки представляют собой генератор тока и как источник высокого напряжения могут работать только на высокоомную нагрузку.

Как указано, первая модель, предложенная в [4], представляла АФН-пленку как батарею p-n-переходов. Затем была предложена фотодиффузионная (демберовская) модель [5] Швабе обнаружил инверсию знака фотонапряжения при

изменении угла падения света на АФН-пленку PbS от 0 до 180°. В рамках р-п-переходной модели подобную инверсию знака $V_{\text{АФН}}$ объяснить нельзя, так как знак фотонапряжения на р-п-переходе не зависит от напряжения освещения перехода (см.рис. 1а). Напротив, знак фотонапряжения, возникающего в результате дембер-эффекта, определяется направлением диффузионного потока генерированных светом носителей, поэтому при изменении угла падения света, когда освещение переходит с одной грани элементарного фотопроводящего участка на другую его грань, меняется знак $V_{\text{АФН}}$ (см.рис. 1а). Использование угловых зависимостей $V_{\text{АФН}}(\varphi)$ -(φ -угол падения света на АФН-пленку) для решения вопроса о природе АФН-эффекта осложняется тем, что, как показано в работе [6], возможен аномальный дембер-эффект. В этом случае знак генерируемого фотонапряжения определяется не только направлением светового потока относительно поверхности, но и различием скоростей поверхностной рекомбинации на различных гранях элементарных фотопроводящих участков полупроводниковой пленки.

В работах [7] показано, что эта неопределенность устраняется, если проводить угловые измерения $V_{\text{АФН}}(\varphi)$ освещении пленок монохроматическим светом с различными длинами волн. Поэтому угловые изменения, дополненные спектральными исследованиями, позволяют сделать однозначный вывод о механизме элементарных фотоэлектрических процессов, лежащих в основе АФН-эффекта.

Предложена фотовольтаическая модель АФН-пленки, в которой возможна инверсия знака $V_{\text{АФН}}(\varphi)$. Однако в [9] показано, что предлагаемая в /ПО/ модель, рассчитанная в рамках геометрической оптики, в реальных АФН-пленках не реализуется.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Зокиров, Адхам Илхомжон Угли, & Ташланова, Дилноза Муродиловна (2022). АФН-ПЛЕНКА КАК МИКРОФОТОБАТАРЕЯ. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 2 (Special Issue 4-2), 854-860.
2. Маматова, М. А., & Мансурова, Г. А. (2020). МЕТОД КР-ВОЗМУЩЕНИЙ. In *ИННОВАЦИОННЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА* (pp. 14-18).
3. Ахмедов, Б. Б. (2020). МЕТОД КР-ВОЗМУЩЕНИЙ С УЧЕТОМ ВЫРОЖДЕНИЯ. In *Наука и современное общество: актуальные вопросы, достижения и инновации* (pp. 21-25).
4. Ахмедов, Б. Б. (2020). УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА ДЛЯ ВОЛНОВЫХ ФУНКЦИЙ БЛОХА. In *Научный форум: технические и физико-математические науки* (pp. 20-25).
5. Ахмедов, Баходир Бахромович, Муминов, Ислонжон Араббоевич, & Хошимов, Хусанбой Анваржон Угли (2022). РАЗМЕРНОЕ КВАНТОВАНИЕ В



ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЯМЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 2 (Special Issue 4-2), 1032-1036.

6. Ахмедов, Баходир Бахромович, Хошимов, Хусанбой Анваржон Угли, & Зокиров, Адхам Илхомжон Угли (2022). РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА ДЛЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЯМЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 2 (Special Issue 4-2), 942-947.

7. Аббор Абдувоситович Юлдашев, Хусанбой Анваржон Ўғли Хошимов, & Бунёд Улуғбек Ўғли Омонов (2022). ОПТРОНЛАР ЯРАТИШНИНГ ХОСЛИКЛАРИ. Scientific progress, 3 (2), 827-832.

8. Шохидахон Кадыровна Якубова, Хусанбой Анваржон Угли Хошимов, & Гавхарой Косимовна Мирзаева (2022). ИЗУЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ О МАССЕ В СРЕДНИХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛАХ. Scientific progress, 3 (2), 73-77.