

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ ФОТОЭДС В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛОЯХ CdTe

О. М. Артамонов, Р. Я. Берлага, В. С. Львов

В работе исследовалось световое изменение потенциала поверхности тонких слоев CdTe, обладающих высоковольтным фотовольтаическим эффектом. Показано, что поперечная фотоэдс не сводится к явлениям на контакте слоя с проводящей подложкой. Обнаружен ряд общих закономерностей для продольного и поперечного фотоэффекта.

Известно, что в пленках CdTe наблюдается высоковольтный фотовольтаический эффект. Большинство фактов [1, 2, 3, 6] говорит о том, что э.д.с. возникает только в пленках, полученных при косом напылении. Поэтому можно ожидать, что направление вектора напряженности электрического поля, возникающего при освещении, не будет параллельным плоскости слоя, что приведет к световому изменению потенциала поверхности слоя относительно подложки.

В связи с этим на одних и тех же образцах нами исследовалась как фотоэдс вдоль слоя (E_{\parallel}), так и световое изменение потенциала поверхности слоя (ΔE_{\perp}). Следует отметить, что причиной ΔE_{\perp} могут быть не только процессы, происходящие в объеме слоя, но и поверхностные явления.

Исследуемые слои CdTe толщиной 0,25—2,5 мк напылялись по обычной технологии [4] на стеклянную подложку 25×70 мм, предварительно покрытую полупрозрачным слоем золота. ΔE_{\perp} измерялась методом динамического конденсатора и конденсаторным методом, во втором случае свет модулировался с частотой 200 гц.

Максимальное значение ΔE_{\perp} в эксперименте не превышало 1—10 мв при освещении монохроматическим светом с $\lambda=800$ мкм. Показано, что ΔE_{\perp} не сводится к явлениям на контакте. Об этом говорит, например, возможность появления разного знака ΔE_{\perp} при освещении со стороны слоя и подложки. Кроме того, спектральные характеристики ΔE_{\perp} существенно не изменялись в том случае, когда пленка не наносилась на проводящую подложку, а зажималась в конденсаторе между двумя диэлектрическими прокладками. В этом случае использовались монокристаллические пленки CdTe, обладающие E_{\parallel} [6].

На рис. 1 и рис. 2 приведены спектральные кривые ΔE_{\perp} . Значения ΔE_{\perp} не пересчитаны к единице энергии падающего света в силу нелинейной зависимости ΔE_{\perp} от освещенности. Спектральная характеристика источника приведена на рис. 2 (кривая 3). Зависимость ΔE_{\perp} от I была различной для разных областей спектра, приближенно ее можно аппроксимировать I^{α} , где $1/3 < \alpha < 2/3$.

Отметим, что по данным [6] для тонких пленок CdTe, приготовленных на подложке из каменной соли, $E_{\perp} \sim I^{1/2}$.

Для измерения E_{\perp} на подложке оставалась полоса шириной 5 мм, не покрытая слоем золота. Сопротивление участка слоя, находящегося непосредственно на стекле, было порядка 10^{11} — 10^{12} ом. E_{\perp} измерялась компенсационным методом, нульиндикатором служил динамический конденсатор с резонансным усилителем. Обнаружены общие закономерности в спектральных зависимостях E_{\perp} и ΔE_{\perp} : совпадали длинноволновые границы обоих эффектов, для ΔE_{\perp} , как и для E_{\perp} , иногда наблюдалась инверсия знака по спектру. В этом случае при освещении образца коротковолновым светом со стороны слоя и подложки всегда наблюдались разные знаки ΔE_{\perp} . Аналогичный эффект для E_{\parallel} наблюдался в [4]. При увеличении толщины слоя точка инверсии знака обычно сдвигалась в длинноволновую область спектра (рис. 1). На большом количестве образцов не наблюдалась инверсия знака ΔE_{\perp} . В этом случае при освещении как со стороны слоя, так и со стороны подложки потенциал поверхности уменьшался, и спектральные характеристики соответствовали кривой [4] (рис. 1). Эти факты можно интерпретировать, предположив наличие в слое двух механизмов, обуславливающих ΔE_{\perp} . При этом действие одного механизма следует пространственно ограничить приповерхностным слоем образца, а другого — слоем вблизи подложки. В тех образцах, где наблюдается инверсия, процессы ведут к различному по знаку изменению потенциала поверхности. Если инверсия наблюдается при освещении со стороны слоя, то эффективней механизм, расположенный у подложки, и наоборот. Аналогичное предположение о существовании двух механизмов для объяснения различного знака E_{\parallel} было сделано в работе [5].

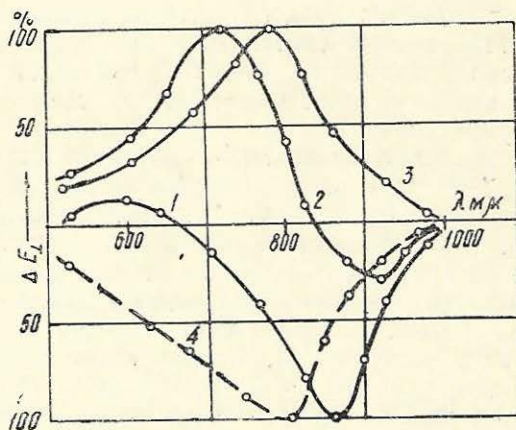


Рис. 1. Типичные спектральные кривые ΔE_{\perp} (нормированы к своему максимуму, принятому за 100%). Кривые 1, 2, 3 относятся к слоям толщиной 0,24; 1,1; 2,7 мк; 4 — типичная для этих же слоев, но при освещении с противоположной стороны.

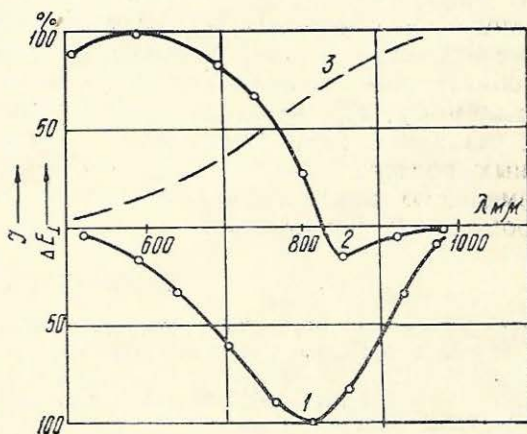


Рис. 2. Типичные спектральные кривые ΔE_{\perp} (нормированы к своему максимуму, принятому за 100%). 1 соответствует данным, полученным на динамическом конденсаторе; 2 соответствует данным, полученным конденсаторным методом; 3 — спектральная характеристика источника света.

Для разделения процессов, вызывающих изменение потенциала поверхности при освещении, исследовалась кинетика ΔE_{\perp} . Измерялось

время нарастания ΔE_{\perp} до $2/3$ максимальной величины ($t_{2/3}$). Если вблизи максимума чувствительности $t_{2/3} = 0,5 \div 2,5$ мсек, то при λ , соответствующей значению ΔE_{\perp} $20 \div 50\%$ максимальной величины, $t_{2/3} = 2 \div 10$ мсек. При выключении освещения время спада ΔE_{\perp} до $1/3$ от максимальной величины составляла $1 \div 5 t_{2/3}$. Проверка на нескольких образцах показала, что вид релаксационной кривой не зависит от интенсивности света. На некоторых образцах, не обладающих E_{\parallel} в силу резкого нарушения режима изготовления, обнаружено сравнительно медленное ($t_{2/3} \sim 5 \cdot 10^{-2}$) световое уменьшение потенциала поверхности.

Спектральные характеристики быстрых ($t_{2/3} < 10^{-3}$) и медленных ($t_{2/3} > 5 \cdot 10^{-2}$) процессов различны. Если при измерении динамическим конденсатором, регистрирующим стационарное значение ΔE_{\perp} , спектральная кривая имела вид 1 (рис. 2), то конденсаторный метод, не регистрирующий в наших измерениях медленные процессы из-за большей частоты модуляции, давал на тех же образцах кривые вида 2 (рис. 2). Абсолютные значения величин ΔE_{\perp} , полученных первым и вторым методами, близки, однако сравнить их трудно, так как во втором случае измерялась амплитуда первой гармоники импульса, зависящая от частоты модуляции. Отметим, что инерционность наиболее быстрых процессов в ΔE_{\perp} совпадает по порядку величины с инерционностью E_{\parallel} , измеренной в работе [4].

Таким образом, продольный и поперечный эффекты имеют много общего в ходе спектральных характеристик, инерционности, зависимости от освещенности. Однако простое предположение о том, что ΔE_{\perp} и E_{\parallel} являются соответственно проекциями на нормаль и плоскость подложки вектора напряженности электрического поля, возникающего при освещении [5], не позволяет объяснить имеющиеся экспериментальные факты. Например, инверсия знака ΔE_{\perp} по спектру не обязательно сопровождается инверсией знака E_{\parallel} и наоборот. По-видимому, ΔE_{\perp} является суммой нескольких процессов, обладающих различной инерционностью, причем вклад их неодинаков в различных областях спектра. При этом не все процессы, приводящие к изменению потенциала поверхности, вносят существенный вклад в продольный фотоэффект.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] L. Pensak. Phys. Rev., 109, № 2, 601, 1958. [2] B. Goldstein. Phys. Rev., 109, № 2, 601, 1958. [3] B. Goldstein, L. Pensak. J. appl. Phys., 30, № 2, 155, 1959. [4] В. А. Любин, Г. А. Федорова. ДАН СССР, 135, № 4, 833, 1960. [5] С. А. Семилетов. ФТТ 4, вып. 5, стр. 1241, 1962. [6] Ф. Т. Новик. ФТТ 4, вып. 10, 3334, 1962.

Ленинградский госуниверситет
имени А. А. Жданова

Поступила в редакцию
4 мая 1963 г.