

4. Абдуллаев Ж.С., Мирзажанов М.А. «Исследование процесса деградации и долговечности светодиодов». «Все науки» Международный научный журнал. №5 стр 115. Сентябрь 2022 г.

ПРИРОДА ПИКОСЕКУНДНОЙ ФОТОПРОВОДИМОСТИ В ТОНКИХ СЛОЯХ p - CdTe - SiO₂ - Si.

Н.Э. Алимов, С.М. Отажонов
Ферганский государственный университет

Аннотация: В данной работе рассмотрена пикосекундное фотонапряжение тонких слоев p - CdTe - SiO₂ - Si. Установлено что время релаксации пикосекундного фотонапряжения равно $\tau = 10^{-10}$ с, что указывает о наличии большого количества активных центров захвата в тонких пленках CdTe. При этом определено поверхностная концентрация центров рекомбинации которое равно $N_s = N^{2/3} \approx 3 \cdot 10^{11} \text{см}^{-2}$.

Ключевые слова: пикосекундного фотонапряжения, пикосекундная фотопроводимость, центры рекомбинации, быстродействующий фотодетектор.

При комнатной температуре, в образце p - CdTe - SiO₂ - Si облученного лазером, была обнаружена пикосекундная фотопроводимость с мощностью $(6 \div 8) \cdot 10^2 \text{ Вт/см}^2$ длительностью 1-3 минут. В тонких слоях p-CdTe-SiO₂-Si кроме пикосекундного фотонапряжения, регистрировалась и заметная пикосекундная фотопроводимость. Исследуемая тонкая пленка CdTe имел р-тип проводимости ($p = 10^{17} \text{ см}^{-3}$) которая термическим испарением выращивался по поверхность SiO₂ – Si, легированный с элементом . С помощью метода Оже – анализа измерялась толщина слоя SiO₂, которое было равным $d = 0,46 \text{ мкм}$.

Тонкие слои p - CdTe - SiO₂ - Si после облучения с импульсом света, длительностью 17 пс, сначала в промежутке времени 250÷300 пс наблюдалась пик сигнала ФН. В тоже время промежутке меньше чем 100 пс наблюдалась спад основной части (ПФН). Для фиксации пикосекундная фотопроводимости использовалась осциллограф С7-19. При этом регистрируемые промежутки времени были близки к разрешающей способности осциллографа С7-19 (Рис. 1).

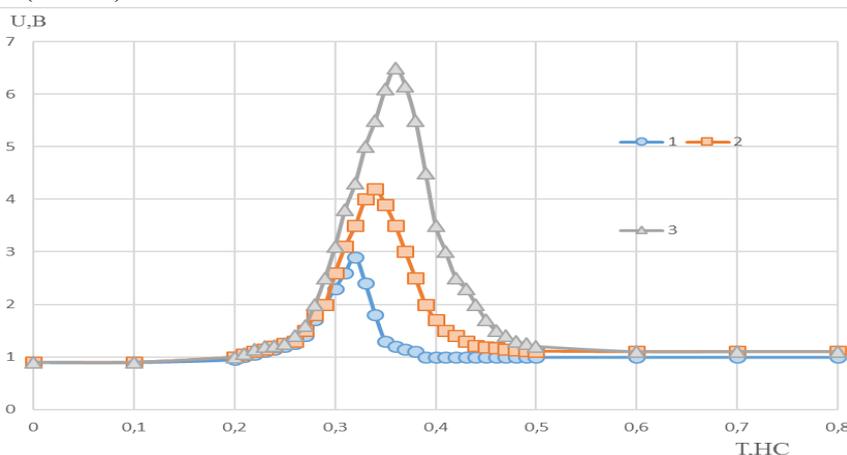


Рис. 1. Зависимость пика фототока гетероструктуры от времени. $I_\phi = \Delta U/R_n$ (где ΔU – падение напряжения на сопротивлении нагрузки); $U, \text{В}$: 1–1,7; 2–3,5; 3–7,0.

Особенный интерес вызывает относительно медленное наступление максимального пика ПФН и очень быстрое уменьшение в его основной части, а затем, относительно долговременный, почти периодически затухающий процесс релаксации ПФН. Очень маленькое время ($\tau = 10^{-10}$ с) релаксации ПФН указывает о наличии большого количества активных центров захвата в тонких плёнках CdTe. Они возникают из-за уменьшения времени жизни носителей, которые зависят от фотоионизации ловушек, после опустошения они становятся активными центрами захвата [1].

Учитывая для CdTe, коэффициент рекомбинации γ будет приблизительно $\sim 10^{-7}$ см³/с [2], тогда для определения концентраций центров быстрой рекомбинации из полученного результата времени релаксации ПФН $\tau = 10^{-10}$ с можно получить приблизительную оценку $N_{рек} = (\tau \gamma)^{-1} \leq 10^{17}$ см⁻³.

Если учесть что, в исследуемых тонких пленках CdTe, зернистость структур встроенных гетеропереходов составляет $\sim 0,14$ мкм, то активные центры захвата, ответственные за быструю релаксацию ПФП, находятся на поверхностях кристаллитов. Учитывая это, поверхностная концентрация центров рекомбинации, приблизительно будет равен $N_s = N^{2/3} \approx 3 \cdot 10^{11}$ см⁻².

Для определения природы пикосекундной фотопроводимости предположено, только в слое CdTe происходит формирование неосновных носителей заряда которые свою очередь определяет фототок. В слое кремния возникают носители заряда, имеющие короткое время жизни, с другой стороны существенный вклад в фототок препятствует и малая толщина SiO₂ слоя. Учитывая что приблизительная толщина SiO₂ равной $\approx 0,46$ мкм, можно сказать что их вклад на фототок будет составлять не превысит 25% .

При включении импульса излучения фототок, наблюдается зарядка ёмкости слоя Si. Это явление можно объяснить разделением носителей заряда в области пространственного заряда кремния. Кроме того, носители заряда протекая по внешней цепи заряжают и емкость слоя SiO₂. Это создает выходной сигнал через сопротивление нагрузки, который записывается как фотосигнал.

Таким образом, полупроводниковые плёнки p –CdTe с глубокими примесными уровнями, полученных на окисленных поверхностях кремния можно использовать как быстродействующий фоточувствительный фотодетектор для регистрации пикосекундных импульсов лазерного излучения в близкой ИК-области спектра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отажонов С.М., Алимов Н.Э., Ботиров К.А. Оптическая спектральная память в пленочной ультракристаллической гетероструктуре p -CdTe-SiO₂-Si//Научно-Технический журнал ФерПИ. 2018. Том 22. №2. С.113-116
2. Тришенков, М. А. Твердотельная фотоэлектроника: сегодня и завтра/ М. А. Тришенков, И. И. Таубкин, А. М. Филачёв // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. – 2010. - В. 1(224) - С. 31-45
3. Otajonov S.M., Alimov N.E., Movlonov P.I., Botirov K.A. CdTe-SiO₂-Si heterostructure photosensitivity control with deep impurity levels under external factors.// Euroasion Journal of Semiconductors Science and Engineering. 2020.-p.22-25.