

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ВЕТВИ ВАХ В ТЕМНОТЕ И НА СВЕТУ.

И.Б. Сапаев, Ш. Утамурадова, Б. Сапаев, Ш.А. Мирсагатов, С.З.
Зайнобиддинов,

E-mail: mohim@inbox.ru

Исследовано электрофизические и световые характеристики инжекционного pSi - nCdS - n⁺CdS- фотодиодов после ультразвукового облучения. Установлено, что ультразвуковая обработка таких фотодиодов приводит к уменьшению плотности поверхностных состояний на границе раздела гетероперехода и повышает спектральную и интегральную чувствительности фотодиодов и это объясняется ультразвуковым отжигом дефектов на границе раздела.

Целью исследования в данной работе является влияние ультразвукового облучения на электрофизические свойства инжекционного фотодиода на основе структуры pSi - nCdS –n⁺CdS. УЗО проводилось с мощностью 1W частотой тестового сигнала $f = 2,5\text{MHz}$ в течение 15min.

На рис.1 представлены в полулогарифмическом масштабе прямая и обратная ветви вольтамперной характеристики типичной структуры pSi - nCdS-n⁺CdS-структуры. Напомним, что прямым направлением тока в структуре считается, когда к pSi контакту прикладывается «+» потенциал, а обратным «-» потенциал. Анализ ВАХ показывает, что структура обладает выпрямляющими свойствами и ее коэффициент выпрямления «К» (определяемый как отношение прямого и обратного тока при фиксированном напряжении $V=20\text{ V}$), составляет $\approx 10^5$ [1].

В прямой ветви ВАХ ток при больших напряжениях смещения в темноте и на свету соответственно увеличивается на $\sim 20\%$, (см.рис..1 кр.1,2,3) после УЗО, т.е. увеличивается настолько на сколько уменьшается

плотность поверхностной состояний N_{ss} в нижней половине запрещенной зоны кремния на границе раздела pSi-nCdS- гетероперехода.

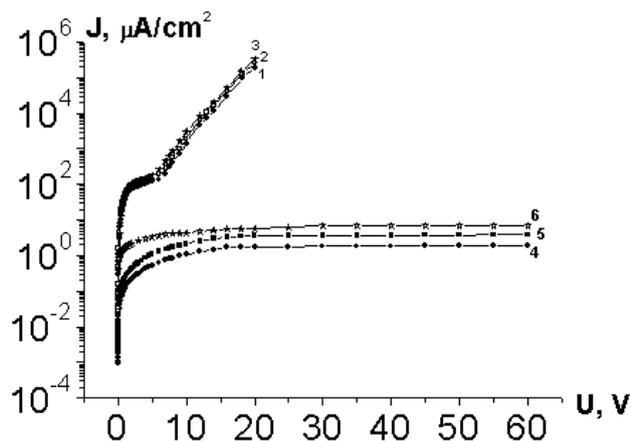


Рис.5.1. Вольтамперная характеристика структуры pSi-nCdS-n⁺CdS в полулогарифмическом масштабе в темноте и на свету до и после ультразвукового облучения при комнатной температуре: прямая ветвь до УЗО (1), прямая ветвь после УЗО (2), прямая ветвь после УЗО при освещенности E=0,1 лкx (3), обратная ветвь до УЗО (4), обратная ветвь после УЗО (5), обратная ветвь после УЗО при освещенности E=0,1 лкx (6).

В обратной ветви S_{λ} возрастает примерно в два раза (см.рис.1,кр.4,5,6), что соответствует уменьшению величины плотности поверхностных состояний, расположенные вблизи середине верхней половины запрещенной зоны кремния. Эти результаты показывают, что при включении структуры pSi - nCdS – n⁺CdS в прямом направлении тока, («+»- потенциал на pSi) инжекция электронов из слоя nCdS в pSi-слой, а также туннелирования дырок из слоя pSi в слой объемного заряда базы (nCdS) происходит через N_{ss} , находящихся в нижней половине запрещенной зоны кремния.

В обратном направлении тока, особенно при больших напряжениях смещения в структуре происходит инжекция электронов из pSi в nCdS- слой и рекомбинационные процессы определяются поверхностными состояниями вблизи середины верхней половины запрещенной зоны кремния. Поэтому

обратные токи в темноте и на свету особенно на протяженной сублинейном участке ВАХ, а также спектральная (S_λ) и интегральная чувствительности (S_{int}) после УЗО увеличиваются в два раза. Кроме этого, отметим, что после УЗО протяженность сублинейного участка увеличивается, особенно в области малых напряжений смещения. Например, до облучения этот участок четко проявляется с $V \approx 8-10V$, а после УЗО он начинается с $V \approx 3-5V$. До сих пор был рассмотрен перенос тока, когда биполярные дрейфовые токи имели малые величины примерно одинаковые с величиной фототока. При этом биполярный дрейфовый ток в высокоомной базе (nCdS) практически определялся неосновными равновесными носителями (дырками). Проведенное исследование показывает, что УЗО при этом не влияет на закономерность протекания тока в структуре в прямой и обратной ветвях ВАХ в темноте и на свету, а лишь увеличивает величины тока при одном и том же значении напряжения смещения (рис.1 и табл.1).

Таблица I. Зависимости интегральной (S_{int}), спектральной (S_λ) чувствительностей от освещенности (E_{lux}), мощности лазерного облучения (P) и напряжении смещения (U) до и после ультразвукового облучения при прямом направлении тока.

Освещенность	Белый свет			При лазерном облучении		
	U, V	До УЗО	После УЗО	Мощность	До УЗО	После УЗО
E (lux)		$S_{int}, \frac{A}{W}$	$S_{int}, \frac{A}{W}$	$P, \frac{mW}{cm^2}$	$S_\lambda, \frac{A}{W}$	$S_\lambda, \frac{A}{W}$
0.05	5	$0.26 \cdot 10^4$	$0.316 \cdot 10^4$	0.7	36	42,85
	10	$4.2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$		550	660
	20	$4.47 \cdot 10^6$	$5.4 \cdot 10^6$		50358	60428
1	5	$0.2 \cdot 10^3$	$0.23 \cdot 10^3$	50	7.4	8.86
	10	$3.32 \cdot 10^3$	$3.98 \cdot 10^3$		121.5	145.8
	20	$3.4 \cdot 10^5$	$4.1 \cdot 10^5$		8326	9992

Кроме этого, по данным табл. II абсолютные значения S_{int} и S_λ на ~ четыре порядка меньше, чем их величины в прямом направлении тока. В то же время спектральная чувствительность по величине существенно больше, чем S_λ идеального фотоприемника.

Таблица II. Зависимости интегральной (S_{int}), спектральной (S_{λ}) чувствительностей от освещенности (E_{lux}), мощности лазерного облучения (P) и напряжении смещения (U) до и после ультразвукового облучения при обратном напряжении смещения.

Белый свет				При лазерном облучении		
Освещенность		До УЗО	После УЗО	Мощность	До УЗО	После УЗО
E (lux)	U, V	$S_{int}, \frac{A}{W}$	$S_{int}, \frac{A}{W}$	$P, \frac{\mu W}{cm^2}$	$S_{\lambda}, \frac{A}{W}$	$S_{\lambda}, \frac{A}{W}$
0.1	5	40,1	80,2	10	1,31	2,62
	10	47,36	94,72		1,883	3,766
	60	76	152		3,28	6,56

В обратной ветви ВАХ сравнительные малые значения S_{int} и S_{λ} связаны с происходящими физическими процессами в базе структуры и появлением сублинейного участка. Увеличение величины темнового и светового токов на этом участке примерно в два раза после УЗО подтверждают, что свойство гетероперехода pSi-nCdS, точнее плотность поверхностных состояний вблизи середины верхней половины ширины запрещенной зоны кремния на его границе раздела определяет механизм переноса тока неравновесных носителей. Они также указывают, что УЗО слегка увеличивает протяженность сублинейного участка и высоту потенциального барьера гетероперехода pSi-nCdS из-за отжига поверхностных состояний, возле которого аккумулируются неосновные неравновесные носители дырки и создают диффузионные токи, направленные навстречу дрейфовому току. При этом отжиг поверхностных состояний приводит к возрастанию количество инжектированных неравновесных носителей из pSi в nCdS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Ш.А. Мирсагатов, И.Б. Сапаев, Ж.Т. Назаров. Ультразвуковой отжиг поверхностных состояний в гетеропереходе инжекционного pSi - nCdS - n⁺CdS- фотодиода// Неорганические материалы 2015. т. 51. № 1. С. 1-4.