

DOI: 10.30987/conferencearticle_5e028210156607.46541827
УДК 621.3

А.М. Богачев, В.П. Крылов
(г. Владимир, Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г.Столетовых)
A.M. Bogachev, V.P. Krylov (Vladimir, Vladimir State University Named by Alexander
and Nikolay Stoletovs)

ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ ГЛУБОКИХ УРОВНЕЙ ОТ РЕЖИМОВ ИЗМЕРЕНИЙ

DEEP LEVELS' ACTIVATION ENERGY DEPENDENCE
ON MEASUREMENT MODES

Рассматриваются результаты эксперимента по определению энергии активации глубокого уровня в арсенид-галлиевой мезоструктуре методом емкостной релаксационной спектроскопии глубоких уровней при различных значениях запирающего напряжения.

The results of an experiment to determine the activation energy of a deep level in a gallium arsenide mesastructure by capacitive relaxation spectroscopy of deep levels at various values of the blocking voltage are considered.

Ключевые слова: релаксационная спектроскопия глубоких уровней, РСГУ, частотное сканирование.

Keywords: deep-level transient spectroscopy, DLTS, frequency scan.

Релаксационная спектроскопия глубоких уровней позволяет различать ловушки основных и неосновных носителей заряда в полупроводниках, позволяет получить информацию о концентрациях, уровнях энергии и скоростях захвата этих ловушек. Данный метод позволяет разделить сигналы от различных глубоких центров и способен измерять параметры последних на широком диапазоне энергий активации [1].

Наиболее распространённым подходом к измерениям в РСГУ является температурно-частотное сканирование – медленное непрерывное изменение температуры на фоне дискретных значений частоты следования импульсов заполнения и опустошения глубоких уровней (так называемых временных окон). Данный метод сопряжён со сложностями в управлении температурой образца и её точном измерении, что негативно сказывается на точности определения энергии активации. Также не способствует повышению точности ограниченный набор временных окон, и их изменение одновременно с температурой.

В измерительно-вычислительном комплексе релаксационной спектроскопии глубоких уровней Владимирского государственного университета применяется частотно-температурное сканирование, то есть при постоянной температуре образца изменяется ширина временного окна. Измерения повторяются при различных значениях температуры. Таким

образом, частотно-температурное сканирование позволяет наблюдать практически неограниченное количество временных окон при постоянной температуре образца, что создаёт предпосылки для повышения точности определения энергии активации.

Первичными экспериментальными данными являются частотные сканы, полученные при различных температурах образца. Частотный скан – это зависимость выходного сигнала коррелятора (селектора релаксационных сигналов) от частоты следования импульсов электрического заполнения ГУ. Дальнейшая обработка сводится к идентификации параметров каждого частотного скана, в частности постоянной времени релаксации ёмкости, и определению энергии активации. Энергия активации, а также её трёхсигмальный интервал определяются в соответствии со стандартом ASTM F 978 – 90 [2].

Нужно отметить, что в обработке участвуют не все точки частотного скана, а только те, что находятся выше некоторого уровня относительно максимального значения на скане (далее уровня значимости), так как имеют место собственные шумы и искажения аппаратного тракта спектрометра глубоких уровней. На рисунке 1 показан пример частотного скана, на котором отмечены обрабатываемые точки. Частотный скан совмещен с графиком его математической модели, параметры которой идентифицируются в начале обработки данных.

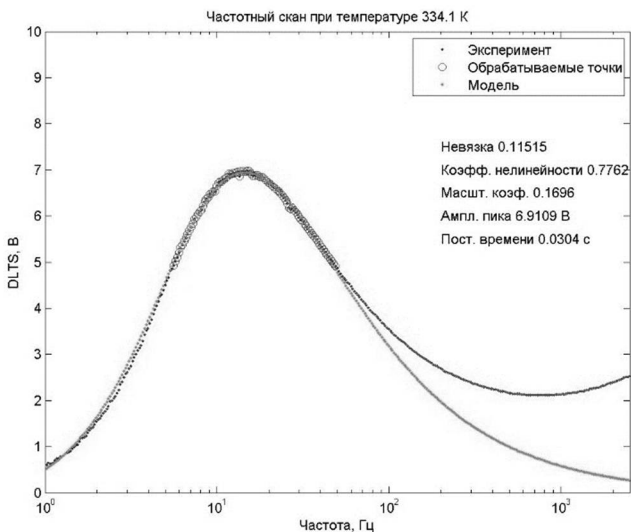


Рис. 1. Пример частотного скана, на котором отмечены обрабатываемые точки, построена идентифицированная модель и указаны её параметры.

В результате эксперимента для одной и той же мезаструктуры была определена энергия активации глубокого уровня и её трёхсигмальный

интервал при различных уровнях значимости и двух значениях запирающего напряжения U_R . Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента.

Уровень значимости	Энергия активации при $U_R = -4$ В, эВ	Энергия активации при $U_R = -6$ В, эВ
0,9	$0,72010 \pm 0,00353$	$0,71647 \pm 0,00313$
0,8	$0,72014 \pm 0,00247$	$0,71490 \pm 0,00235$
0,7	$0,71884 \pm 0,00241$	$0,71401 \pm 0,00224$
0,6	$0,71885 \pm 0,00212$	$0,71325 \pm 0,00220$
0,5	$0,71961 \pm 0,00194$	$0,71292 \pm 0,00198$

На рисунке 2 показан график, на котором отмечены значения энергии активации и их трёхсигмальные интервалы для разных уровней значимости.

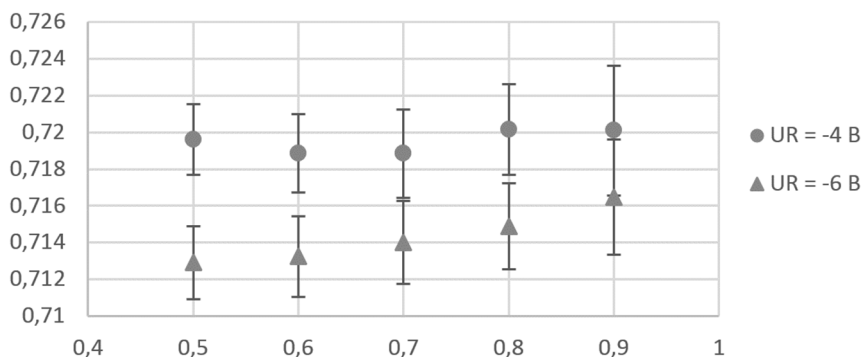


Рис.2. График, содержащий значения энергии активации и её трёхсигмальные интервалы. По горизонтали отложены значения уровня значимости, по вертикали – значения энергии активации в эВ.

Эксперимент показал, что трёхсигмальные интервалы энергий активации, полученных при различных значениях запирающего напряжения, не пересекаются. Трёхсигмальные интервалы пересекаются только для уровня значимости 0,9, что связано со снижением точности из-за недостаточного количества обрабатываемых точек. Таким образом, полученные результаты позволяют сделать предположение о наличии связи между энергией активации глубокого уровня и запирающим напряжением.

Список литературы

1. Lang D.V. Deep Level Transient Spectroscopy: A new method to characterize traps in semiconductors / D. V. Lang // Proc. of 9th World Congress on Railway Research, May 2011.
2. Крылов, В.П. Комплексное моделирование физических процессов и аппаратных преобразований в релаксационной спектроскопии глубоких уровней / Крылов В.П., Богачев А.М., Пронин Т.Ю., Мищенко А.А. // САПР и моделирование в современной электронике: сб. науч. тр. I Междунар. науч.-прак. конф. (Брянск, 22-23 ноября 2017 г.) / под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. – Брянск: БГТУ, 2017. – С. 9 – 11.

Материал поступил в редколлегию 14.10.19.