

- [1] Шкловский Б. И., Эфрос А. Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М., 1979. 416 с.
 [2] Domb C., Sykes M. F. // Phys. Rev. 1961. V. 122. N 1. P. 77—78.
 [3] Ziman J. M. // J. Phys. C. 1968. V. 1. N 6. P. 1532—1538.
 [4] Scher H., Zallen R. // J. Chem. Phys. 1970. V. 53. N 9. P. 3759—3761.

Бакинский государственный университет
 им. М. Д. Расул-заде

Получено 12.05.1991
 Принято к печати 18.07.1991

ФТП, том 26, вып. 1, 1992

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ РЕЛАКСАЦИИ ФОТОПРОВОДИМОСТИ n - $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ В МИКРОВОЛНОВОМ ПОЛЕ

Зуев В. В., Клышевич А. И., Стяпоновичус А. А., Яковлев М. П.

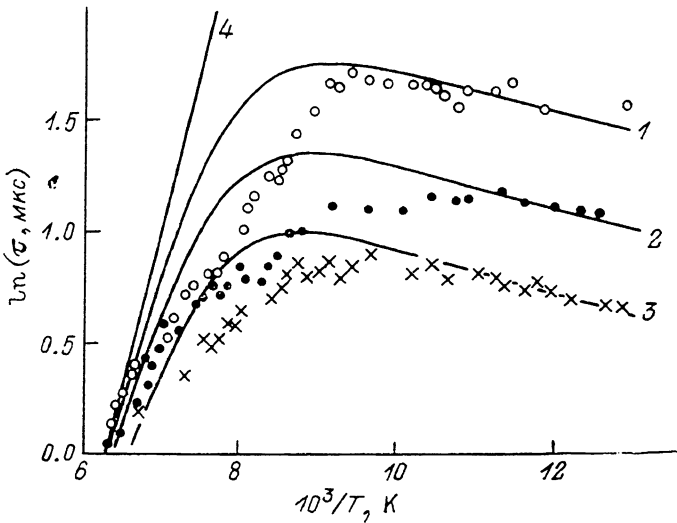
Одним из полупроводниковых материалов, который может быть использован для создания приемников инфракрасного излучения, является узкощелевой $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$. За последние годы накоплена обширная информация о механизмах рекомбинации неравновесных носителей заряда (ННЗ) в данном полупроводнике [1, 2].

Основными методами исследования времени жизни ННЗ являются метод стационарной фотопроводимости и метод релаксации фотопроводимости. Однако время релаксации фотопроводимости часто не совпадает с временем жизни ННЗ, что связано с наличием переходных процессов на контактах и применением тянущего электрического поля [1-3]. Более того, создание контактов зачастую может приводить к изменению электрофизических свойств полупроводника. В работе [4] было проведено измерение времени релаксации фотопроводимости в $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ при температуре жидкого азота при помощи «бесконтактного» метода, основанного на изменении поглощения мощности микроволнового поля при создании неравновесных носителей заряда. В отличие от [4] в данной работе показана возможность исследования процессов релаксации фотопроводимости в n - $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ в диапазоне температур 77–200 К бесконтактным методом микроволнового поля. Полученные результаты по релаксации фотопроводимости хорошо объясняются оже-рекомбинацией ННЗ.

1. Экспериментальная установка, используемая для проведения исследований, была аналогична той, что приведена в [5]. Но в отличие от этой работы в нашем случае можно было проводить температурные исследования. Физические аспекты метода, использующего микроволновое поле, изложены в [6].

Мощность микроволнового поля составляла 10 мВт, частота — 10 ГГц. Генерация неравновесных носителей заряда осуществлялась импульсами Nd : YAG-лазера мощностью 1 мВт, частота следования импульсов составляла 10 Гц, длина волны излучения — 1.06 мкм. Накопление и обработка экспериментальных результатов проводились с помощью ЭВМ. Статистическая достоверность достигалась использованием большого числа разбиений кривой сигнала (частота тактирования 40 МГц) и усреднением в каждой точке по ста измерениям.

Для проведения исследований в нашем распоряжении имелись образцы n - $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ ($x=0.21$) со следующими параметрами при температуре 77 К: $\mu_n \approx 2.6 \cdot 10^5$ см²/В·с, $n_0 \approx (1 \div 1.5) \cdot 10^{15}$ см⁻³ в зависимости от легирования In. Образцы были неправильной формы с наибольшим размером ~0.7 см.



Температурная зависимость времени релаксации фотопроводимости $n\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ при $x \approx 0.21$.

Точки — экспериментальные зависимости; сплошные кривые — теоретические при $n_0 \cdot 10^{-15}, \text{ см}^{-3}$: 1 — 1, 2 — 1.2, 3 — 1.4, 4 — $n_0 = n_i$.

Отметим, что кривые релаксации фотопроводимости при указанных выше параметрах возбуждения являлись экспоненциальными, что свидетельствует о низком уровне возбуждения.

2. На рисунке представлены температурные зависимости времени релаксации фотопроводимости τ в образцах $n\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ с $x \approx 0.21$. Из графиков видно, что с ростом температуры τ сначала незначительно растет, достигая максимума в области температур 110–130 К для разных образцов, а затем резко уменьшается.

Как известно из [1], такое поведение τ характерно в случае процесса оже-рекомбинации. Кроме того, известно, что время оже-рекомбинации в примесной области τ_a сильно зависит от концентрации равновесных носителей n_0 ($\tau_a \approx n_0^{-2}$), т. е. увеличение концентрации n_0 приводит к уменьшению времени τ_a и сдвигу максимума в области более высоких температур, что и наблюдается в наших экспериментальных результатах. С использованием теоретической зависимости времени релаксации оже-рекомбинации в примесной области τ_a от n_0 [2] и учетом наших экспериментальных значений времени релаксации в области низких температур (см. рисунок) были уточнены значения концентрации n_0 : 1.0, 1.2, $1.4 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Эти значения хорошо согласуются с исходными данными по концентрации. Из рисунка видно, что теоретические зависимости времени жизни ННЗ от температуры, рассчитанные по [2], хорошо согласуются с экспериментальными результатами. Некоторое различие в расчетных и экспериментальных зависимостях в области промежуточных температур можно объяснить наличием параллельного канала рекомбинации ННЗ — излучательной рекомбинации, которую необходимо учитывать в данной области температур [7]. Время жизни ННЗ в области высоких температур определяется собственной оже-рекомбинацией, что видно из асимптотического приближения экспериментальных зависимостей к теоретической зависимости собственной оже-рекомбинации (на рисунке кривая 4).

Таким образом, из представленных в данной работе результатов видно, что данный метод микроволнового поля может быть использован для исследования процессов рекомбинации ННЗ в $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ в диапазоне температур 77–200 К.

- [1] Барышев Н. С., Гельмонт Б. Л., Ибрагимова М. И. // ФТП. 1990. Т. 24. В. 2. С. 209—224.
- [2] Любченко А. В., Салько Е. А., Сизов Ф. Ф. Физические аспекты полупроводниковой инфракрасной фотозлектроники. Киев, 1984.
- [3] Иванов-Омский В. И., Огородников В. К., Тотиева Т. Ц. // ФТП. 1980. Т. 14. В. 4. С. 699—702.
- [4] Chen M. C. // J. Appl. Phys. 1988. V. 64. N 2. P. 945—946.
- [5] Cummings K. D., Perton S. J., Vella-Coliero G. P. // J. Appl. Phys. V. 60. N 1. P. 1676—1680.
- [6] Kunst M., Beck G. // J. Appl. Phys. 1986. V. 60. N 6. P. 3558—3566.
- [7] Баженов Н. М., Гельмонт Б. Л., Иванов-Омский В. И., Малькова А. А., Огородников В. К., Тотиева Т. Ц. // ФТП. 1982. Т. 16. В. 1. С. 101—114.

Московский инженерно-физический институт

Получено 27.05.1991
Принято к печати 24.07.1991

ФТП, том 26, вып. 1, 1992

ВЛИЯНИЕ КОМПЕНСИРУЮЩЕГО ОТЖИГА НА ШУМ $1/f$ В $Cd_xHg_{1-x}Te$

Бакши И. С., Карачевцева Л. А., Любченко А. В.,
Петряков В. А., Сальков Е. А., Хижняк Б. И.

В настоящее время шум $1/f$ в полупроводниках связывается с флуктуациями числа подвижных носителей заряда за счет их захвата на некоторые центры, природа которых пока не ясна [1, 2]. Неясно также, в чем принципиальное отличие центров, приводящих к шуму $1/f$, от обычных, создающих генерационно-рекомбинационный ($g-r$) шум. Отличие должно быть, так как шум $1/f$ не объясняется простой суперпозицией $g-r$ компонент [3]. Мы предлагаем попытку решения этого вопроса на примере материала $Cd_xHg_{1-x}Te$, применяемого в ИК фотозлектронике. Согласно нашим предварительным данным, шум $1/f$ в $n-Cd_xHg_{1-x}Te$ обусловлен флуктуациями числа электронов [4], а его интенсивность растет с концентрацией акцепторов, предположительно, вакансий ртути [5]. В данной работе за счет контролируемого введения вакансий ртути исследованный диапазон концентраций акцепторов существенно расширен — вплоть до конверсии материала из n -типа в p -тип.

Образец	Температура отжига, К	Толщина, мкм (± 2 мкм)	Тип носителей	Концентрация, см ⁻³	Подвижность, см ² /В · с
IV	—	30	n	$2.4 \cdot 10^{15}$	$1.6 \cdot 10^5$
AI	623	38	n	$6.4 \cdot 10^{13}$	$9.8 \cdot 10^4$
AII	703	29	p	$3.9 \cdot 10^{15}$	310
			n	$5.4 \cdot 10^{12}$	$7.3 \cdot 10^4$
AIII	783	26	p	$1.3 \cdot 10^{16}$	680
			n	$9.4 \cdot 10^{14}$	540
AIV	783	37	p	$8.4 \cdot 10^{14}$	560

Образцы изготовлены из близко расположенных участков одного монокристалла $n-Cd_xHg_{1-x}Te$, выращенного методом вертикально направленной кристаллизации. Заготовки с близкими параметрами [$x=0.205 \div 0.213$, концентрация