

$=13.5$ МГц. Таким образом, характер изменения фазы колебаний, регистрируемый на выходе спектрометра, отражает сложный процесс намагничивания в магнитоупорядоченных кластерах при сканировании H_0 . Аналогичные эффекты наблюдаются в образцах $\text{SnTe} : \text{Fe}$, $\text{PbTe} : \text{Fe}$.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что наблюдение линий со сложной структурой в области слабых магнитных полей однозначно указывает на наличие магнитоупорядоченных кластеров в полуметаллических полупроводниках. Следует отметить, что в образцах $\text{CdTe} : \text{Fe}$ с $N_{\text{Fe}} = 5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ наблюдается ЯМР на ядрах ^{113}Cd и ^{125}Te , что подтверждает вывод о магнитном упорядочении в отдельных областях кристалла (кластерах), а не во всем объеме [3].

Список литературы

- [1] Слынько Е. И., Иванчук Р. Д., Слынько В. В., Савицкий А. В., Товстюк К. Д. // УФЖ. 1976. Т. 21. В. 4. С. 663—666.
- [2] Слынько В. В., Иванчук Р. Д. // УФЖ. 1981. Т. 26. В. 2. С. 221—223.
- [3] Слынько Е. И., Хандожко А. Г., Слынько В. В. // Сб науч. тр «Материаловедение узкощелевых и слоистых полупроводников». Киев, 1989. С. 110—119.
- [4] Елесин В. Ф. // ДАН СССР. 1988. Т. 298. В. 6. С. 1377—1379.
- [5] Слынько Е. И., Хандожко А. Г., Летученко С. Д. // А. с. № 1300354. БИ. 1987. № 12.
- [6] Сликтер Ч. Основы теории магнитного резонанса. М., 1981. 448 с.
- [7] Карлин Р. Магнетохимия. М., 1989. 400 с.
- [8] Тикадауми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения. М., 1987. 419 с.

Институт проблем материаловедения
АН УССР
Черновицкое отделение

Получено 30.10.1990
Принято к печати 19.06.1991

ФТП, том 25, вып. 10, 1991

ФОТОКИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ Ti_3SbS_3

Довгий Я. О., Китык И. В.

Развитие акустоэлектроники и акустооптики предопределило некоторый интерес к монокристаллам Ti_3SbS_3 (пр. группа $R\bar{3}m$) [1]. К сожалению, еще многие аспекты поведения этих соединений (в особенности при воздействии светового излучения) еще до конца не выяснены.

Исследуемые монокристаллы были синтезированы методом Бриджмена—Стокбаргера прямым одготемпературным способом с вибрационным перемешиванием, после чего их выращивали в двухзонной печи с предварительным зарожждением монокристаллической затравки с помощью избирательной рекристаллизации в течение 120 ч. Скорость движения фронта кристаллизации составляла 0.08—0.12 мм/ч, а поперечника — 0.2—0.4 мкм/ч. Продольный градиент составлял 6—7, а поперечный — 0.25—0.3 К/мм. В зоне отжига (492—530 К) кристалл выдерживался в течение 52 ч. Затем проводилось охлаждение до комнатной температуры со скоростью 3—5 К/ч. В результате были получены качественные кристаллы с размерами параллелепипеда около $10 \times 10 \times 8$ мм, ориентация и контроль качества которых осуществлялись на рентгенографической установке ДРОН-05 и оптико-поляризационным методом. В качестве источников облучения использовались гелий-неоновые лазеры ЛГ-75. Излучение этих лазеров фокусировалось на поверхность исследуемых кристаллов. Мощность излучения измерялась с помощью измерителя мощности ИМО-2.

Проводимость и диэлектрическая проницаемость измерялись вдоль оптической оси с использованием звукового спектрометра в интервале частот 0.1 Гц—100 кГц. Точность стабилизации частоты составляла ~ 0.2 %. Для предотвра-

чения миграции ионов таллия в образце применялось незначительное модулирующее напряжение (~ 0.1 мВ), приложенное к электродам. Для получения значений темновой проводимости и диэлектрической проницаемости образцы выдерживались в течение 60 ч в темном кристалле. С целью получения надежной статистики измерения проводились на четырех образцах несколько раз.

На рис. 1 показаны фотоиндуцированные изменения проводимости $\Delta\sigma = (\sigma_p - \sigma_0)/\sigma_0$ (σ_p — проводимость после облучения, σ_0 — темновая проводимость) от частоты. На вставке показан фрагмент частотной зависимости проводимости (в отн. ед.). При этом оказалось, что при малых частотах темновая проводимость

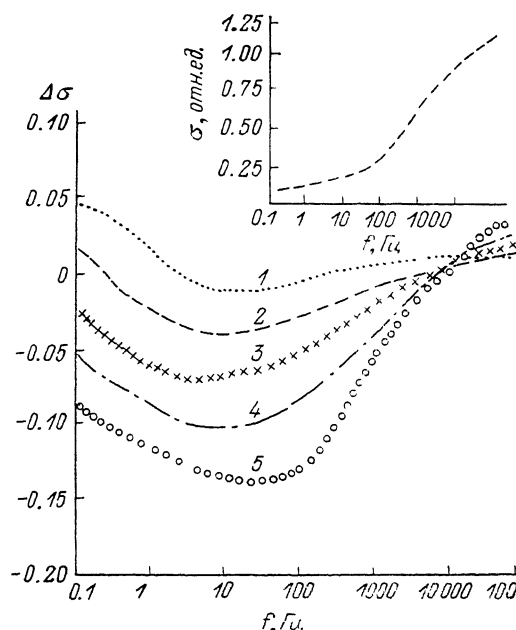


Рис. 1. Частотная зависимость фотоиндуцированных изменений проводимости $\Delta\sigma$ при различных мощностях облучения. Плотность облучения He-Ne-лазером, мВт/см²: 1 — 4, 2 — 13, 3 — 63, 4 — 103, 5 — 134. На вставке — фрагмент частотной зависимости проводимости при отсутствии облучения.

непрерывно возрастает с частотой, а при более высоких частотах на этой зависимости наблюдается небольшой излом. Из полученных результатов становится ясно, что при облучении образца наиболее сильно изменяется проводимость. Наблюдается частотный диапазон (до 50 кГц), в котором проводимость меньше темновой компоненты. С увеличением интенсивности света частоты, при которых начинается эта «отрицательная фотопроводимость», сдвигаются в меньшую область. В то же время высокочастотный предел исчезновения такой фотопроводимости частотно менее изменчив. В остальных диапазонах наблюдается «положительная» фотопроводимость, в то же время ее приращение меньше «отрицательной».

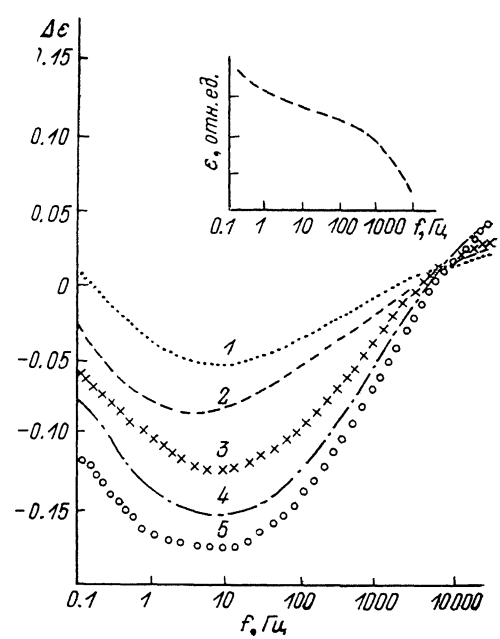


Рис. 2. Частотная зависимость фотоиндуцированных изменений диэлектрической проницаемости при различных мощностях облучения. 1—5 — то же, что и на рис. 1. На вставке — фрагмент частотной зависимости диэлектрической проницаемости для необлученного образца.

На рис. 2 приведены аналогичные зависимости для диэлектрической проницаемости. Сразу же можно отметить корреляцию в частотном поведении относительного приращения диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon = (\epsilon_p - \epsilon_0)/\epsilon_0$. Правда, в отличие от проводимости абсолютные значения проницаемости с ростом частоты уменьшаются, что показано на вставке.

Для объяснения явлений отрицательной фотопроводимости можно применить различные модели [2-4]. В частности, для полупроводников, содержащих глубокие примесные уровни, часто применяют модель электронных переходов между центрами захвата и ловушками в запрещенной зоне с одновременной рекомбинацией соответствующих носителей. В то же время в данной работе обнаружена нормальная фотопроводимость лишь при очень низких и высоких частотах, что коррелирует с соответствующей зависимостью для диэлектрической проницаемости. Можно предположить, что когда носители перемещаются по кристаллу в электрическом поле со скоростью, большей скорости разряда в пространстве кристалл—электрод, часть носителей накапливается вблизи раздела сред. Это ведет к созданию пространственного заряда вблизи электродов, что в свою очередь изменяет поляризуемость, а соответственно и проницаемость—проводимость. Так же объяснялся и аналогичный эффект в прустите [5].

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования Tl_3SbS_3 в акустоэлектронных и фотоакустоэлектронных преобразователях, что с учетом особенностей их зонной структуры [6] делает возможным их практическое применение.

Список литературы

- [1] Сложные халькогениды и халькогалогениды (получение и свойства) / Под ред. Д. В. Чепура. Львов, 1983. 184 с.
- [2] Byer H. H., Bobb L. C. // J. Appl. Phys. 1974. V. 45. N 8. P. 3738—3744.
- [3] Staebler D. L., Wronski C. R. // J. Appl. Phys. 1980. V. 51. N 7. P. 3262—3268.
- [4] Shimakawa K., Watanabe A. // Sol. St. Commun. 1985. V. 55. P. 1242—1268.
- [5] Taylor K. N. R., Gang S. R. // J. Appl. Phys. 1988. V. 64. N 5. P. 2621—2624.
- [6] Довгий Я. О., Катык И. В., Маньковская И. Г., Евстигнеева Л. И. // ФТП. 1990. Т. 24. В. 9. С. 1608—1610.

Львовский государственный университет им. И. Франко

Получено 17.12.1990

Принято к печати 19.06.1991

ФТП, том 25, вып. 10, 1991

ОСОБЕННОСТИ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В КРЕМНИИ ПРИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ БОРА

Аль-Баккур Ф., Дидык А. Ю., Козлов И. П., Оджаев В. Б., Петров В. В., Просолович В. С., Сохацкий А. С.

Один из перспективных методов создания полупроводниковых приборов на основе кремния заключается в использовании высокоэнергетичного внедрения ионов. Его применение позволяет создавать глубокие (свыше 2—3 мкм) изолирующие (проводящие) слои с заданными свойствами [1-3]. Для осуществления прогнозированного легирования необходимо детальное изучение закономерностей протекания процессов генерации радиационных дефектов. Многие аспекты данной проблемы до сих пор не выяснены.

Методами электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), инфракрасного поглощения (ИКП) и эффекта Холла исследовались особенности процессов радиационного дефектообразования в кремнии (КЭФ-4.5), имплантированном ионами бора с энергиями 5.6 и 13.6 МэВ дозами $1 \cdot 10^{13}$ — $1 \cdot 10^{16}$ см⁻². Распределение по глубине оптических, электрофизических и парамагнитных свойств изучалось при последовательном механическом удалении слоев кремния толщиной 0.5—1.0 мкм. Исследования ИКП осуществлялись на спектрофотометрах Spesord-61 NIR и Spesord-75 IR в диапазоне длин волн 1—25 мкм, ЭПР — на спектрометре Varian E-112 на частоте 9.5 ГГц. Эффективность введения дивакансий (*W*) контролировалась по полосе ИКП при 1.8 мкм, центров, ответственных за близкраевое поглощение (БКП), — на длине волны 1.3 мкм, пара-