

Высокотемпературное облучение арсенида галлия

© В.В. Пешев, С.В. Смородинов

Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова,
634050 Томск, Россия

(Получена 26 марта 1997 г. Принята к печати 29 апреля 1997 г.)

Методом нестационарной емкостной спектроскопии изучалась кинетика введения центров $P2$ и $P3$ в эпитаксиальных слоях GaAs n -типа при облучении электронами с энергией 4 МэВ в температурном интервале $380 \div 550^\circ\text{C}$. Показано, что скорости введения центров не зависят от температуры в этом интервале. Установлено, что концентрация центров $P2$ пропорциональна $D^{0.7}$, а центров $P3$ — $D^{0.5}$, где D — доза облучения.

В настоящее время существует незначительное количество работ, посвященных высокотемпературному облучению GaAs. В работе [1] наблюдали образование глубоких ловушек электронов после облучения при 300°C . В работе [2] было показано, что доминирующим центром для GaAs n -типа, облученного при 400°C , является центр $P3$. Однако неизвестно, в каком температурном интервале стабильны дефекты, вводимые при высокой температуре, а также какова кинетика их накопления. Цель данной работы — изучение дозовых зависимостей концентрации радиационных дефектов при облучении GaAs в температурном интервале $380 \div 550^\circ\text{C}$.

Изучались диоды с барьером Шоттки, полученные напылением Ti на газофазные эпитаксиальные слои GaAs n -типа с концентрацией электронов $n \cong 3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ (в дальнейшем — НЕСГУ диоды). Облучение проводилось на импульсном ускорителе электронами с энергией 4 МэВ со средней плотностью тока, равной 0.8 мкА/см^2 , а температура поддерживалась с помощью нагревателя. Измерение характеристик глубоких уровней проводилось методом нестационарной емкостной спектроскопии (НЕСГУ).

На рис. 1 приведена высокотемпературная часть спектра НЕСГУ диода, облученного при 380°C интегральным потоком электронов $D = 2.4 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$. Сопоставление спектров диодов, облученных при 380°C , и диодов, облученных при комнатной температуре и отожженных при 380°C , показало, что центры, вводимые при высокой температуре, соответствуют центрам, образующимся при отжиге. Измерения энергии активации эмиссии E_{na} и кажущегося сечения захвата σ_{na} электронов на уровень доминирующего центра (рис. 1) дали значения $E_{na} = 0.74 \text{ эВ}$ и $\sigma_{na} = 10^{-13} \text{ см}^2$, что близко к параметрам центра $P3$ [3]. К сожалению, перекрытие пиков не позволило достаточно надежно идентифицировать пик $P2$ (рис. 1). Наши данные ($E_{na} = 0.6 \text{ эВ}$, $\sigma_{na} = 10^{-14} \text{ см}^2$) не согласуются с данными [3], но близки к результатам, полученным для центра $P2$ в работе [4].

На рис. 2 показана полученная зависимость концентрации (N_{P3}) дефектов $P3$ от величины дозы облучения при различных температурах, соответствующая зависимости $N_{P3} \sim D^{0.5}$. Отметим, что такой характер зависимости

от дозы соответствует ситуации, когда дефект, комплементарный центру $P3$, подвижен при "температуре облучения" и исчезает на ненасыщающихся стоках [5], возможно на дислокациях. Кроме того, из рис. 2 следует, что скорость введения дефектов $P3$ не зависит от температуры облучения в интервале $380 \div 550^\circ\text{C}$. Было установлено, что концентрация центров $P2$ тоже нелинейно зависит от дозы по закону $N_{P2} \sim D^{0.7}$. В настоящее время однозначно не установлено, образуются ли центры $P3$ в образцах, облученных при комнатной температуре, в результате перестройки дефектов при последующем отжиге ($T \geq 300^\circ\text{C}$) или они вводятся в процессе облучения при комнатной температуре, но при этом маскируются пиками известных центров $E4$, $E5$. В первом случае зависимость N_{P3} от дозы должна быть линейна, поскольку известно, что кинетики введения центров $E4$, $E5$ линейны. Если же в таких образцах $N_{P3} \sim D^{0.5}$, то можно утверждать, что реализуется 2-й случай и что

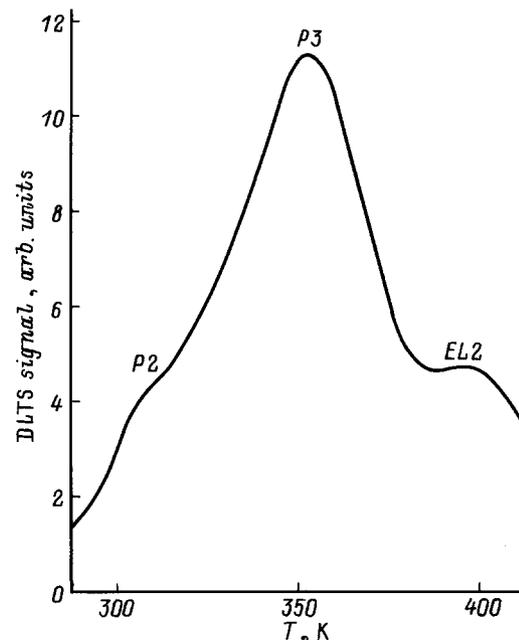


Рис. 1. Высокотемпературная часть спектра диода с барьером Шоттки, измеренного методом нестационарной емкостной спектроскопии. Диод был облучен потоком электронов при $T = 380^\circ\text{C}$; $\tau = 5 \cdot 10^{-3} \text{ с}$.

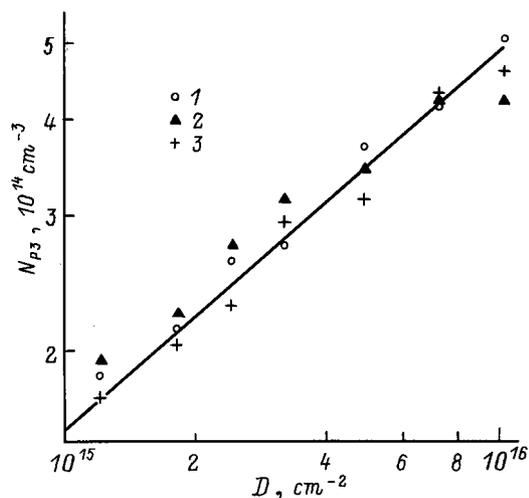


Рис. 2. Зависимости концентрации центров $P3$ от интегрального потока электронов при температурах облучения $T, ^\circ\text{C}$: 1 — 380, 2 — 480, 3 — 550.

дефекты, комплементарные центрам $P3$, подвижны при комнатной температуре. Поэтому продолжением данной работы может быть получение зависимости $N_{P3} = f(D)$ в образцах, отожженных при $T \geq 300^\circ\text{C}$ после облучения при комнатной температуре.

Таким образом, показано, что концентрации центров $P2$ и $P3$ пропорциональны $D^{0.7}$ и $D^{0.5}$ и что скорости введения этих центров не зависят от температуры в интервале $380 \div 550^\circ\text{C}$.

Список литературы

- [1] D. Stievenard, J.C. Bourgoin. *J. Appl. Phys.*, **59**, 743 (1986).
- [2] V.N. Brudnyi, V.V. Peshev. *Phys. St. Sol. (a)*, **105**, K57 (1988).
- [3] D. Pons, J.C. Bourgoin. *J. Phys. C: Sol. St. Phys.*, **18**, 3839 (1985).
- [4] В.А. Иванюкович, В.И. Карась, В.М. Ломако. *ФТП*, **24**, 1427 (1990).
- [5] М. Томпсон. *Дефекты и радиационные повреждения в металлах* (М., Мир, 1971).

Редактор Т.А. Полянская

High temperature irradiation of gallium arsenide

V.V. Peshev, S.V. Smorodinov

V.D. Kuznetsov Siberian Physical-Technical Institute,
634050 Tomsk, Russia

Abstract Kinetics of the $P2$ - and $P3$ -centre introduction in a n -type GaAs under 4 MeV electron irradiation in the temperature range from 380 to 550°C has been studied by DLTS method. It is shown that the introduction rates of these centres don't depend on the irradiation temperature in this range. It has been found that the concentration of $P2$ -centres is proportional to $D^{0.7}$ and that of $P3$ -centres — to $D^{0.5}$.