

КИНЕТИКА НАКОПЛЕНИЯ ДОНОРОВ В СЕЛЕНИДЕ СВИНЦА ПРИ КОРПУСКУЛЯРНОМ ОБЛУЧЕНИИ

Казаринов Ю. Н., Ломасов В. Н.

Корпускулярные облучения, в частности протонное и электронное, приводят к эффективной генерации дефектов донорного типа в халькогенидах свинца, что используется в технологических целях для создания $p-n$ -переходов в монокристаллах [1], однако инверсия p -типа проводимости не всегда достижима [2, 3]. Поскольку причина отсутствия инверсии до настоящего времени оставалась невыясненной, целью данной работы явилось исследование кинетики накопления доноров при электронном и протонном облучениях в монокристаллических

и поликристаллических слоях селенида свинца p -типа проводимости.

Облучение электронами проводилось на ускорителе типа РТЭ-1В. Энергия электронов варьировалась в диапазоне 250–900 кэВ. Частота следования импульсов облучения составляла 450 Гц, длительность им-

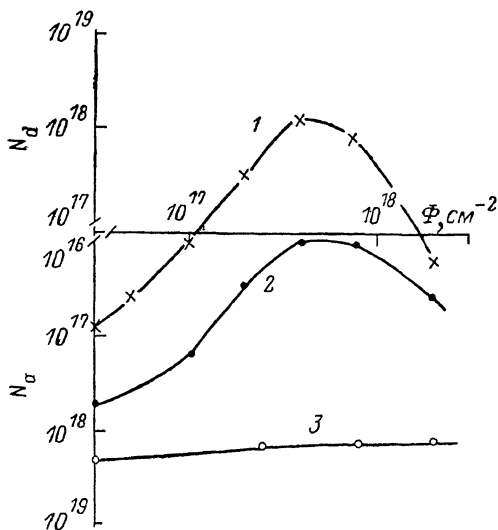


Рис. 1. Кинетика накопления доноров при электронном облучении с последующим отжигом в поликристаллических слоях на основе селенида свинца с разной исходной концентрацией НЗ.

Концентрация НЗ, см^{-3} : 1 — $8 \cdot 10^{16}$, 2 — $5 \cdot 10^{17}$, 3 — $2 \cdot 10^{18}$.

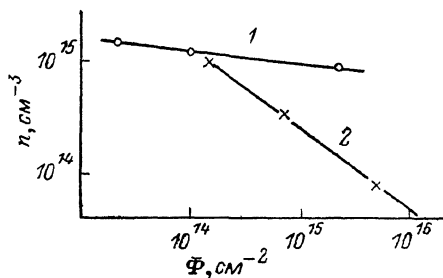


Рис. 2. Зависимость изменения концентрации доноров в инвертированном слое монокристаллического селенида свинца от дозы протонного облучения с различной плотностью потока.

Плотность потока, $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$: 1 — $5 \cdot 10^{11}$, 2 — $1 \cdot 10^{13}$.

пульса 370 мкс, плотность потока электронов в импульсе до $10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Облучение образцов протонами с энергией 150 кэВ и плотностью потока частиц до $10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ выполнялось на ускорителе нейтронного генератора НГ-200У. Температура образцов при облучении поддерживалась близкой к комнатной.

Исследовались монокристаллические образцы селенида свинца, выращенные методом Бриджмена, и поликристаллические слои, полученные термическим осаждением в вакууме на стеклянную подложку с последующей термической активацией на воздухе. Концентрация носителей заряда (НЗ) определялась из измерений коэффициента Холла в поликристаллических слоях и из анализа прямой ветви вольтамперной характеристики, а в инвертированных слоях монокристаллов — по ширине области пространственного заряда, измеренной с помощью растрового электронного микроскопа.

Закономерности накопления дефектов донорного типа в монокристаллах и поликристаллических слоях оказались подобными, однако в отличие от монокристаллов в поликристаллических слоях наблюдалась компонента электропроводности, которая исчезала при относительно низкотемпературных термообработках (150°C , 1 ч). Отсутствие такой компоненты у монокристаллов позволяет предположить, что она связана с влиянием облучения на электропроводность окисной фазы.

В результате облучения образцов концентрация доноров в них сначала растет с дозой облучения, а по достижении некоторого ее значения начинает падать (рис. 1). Зависимость величины максимальной концентрации электронов от исходной концентрации НЗ при фиксированных интенсивности и температуре облучения говорит в пользу наличия предельного значения концентрации доноров, достижимого при данных условиях. Поэтому при исходной концентрации НЗ, превышающей $5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, инверсии типа проводимости не наблюдалось, хотя характер закономерности процесса накопления доноров сохранялся. Существенное влияние на скорость накопления дефектов донорного типа оказывает темп генерации первичных радиационных дефектов. Так, возрастание плотности потока протонов при дозе выше 10^{14} см^{-2} и фиксированной температуре облучения приводит к снижению эффективности создания дефектов, являющихся донорами (рис. 2). Облучение инвертированных слоев при малой плотности потока протонов сопровождается быстрым уменьшением концентрации электронов в инвертированном слое, что при величине дозы $8 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ приводит к обратной инверсии типа проводимости.

Полученные результаты можно объяснить в предположении, что по мере увеличения дозы облучения происходит перестройка простых дефектов, являющихся донорами, в более сложные, которые либо оказываются нейтральными, либо обладают акцепторными свойствами. Возрастание интенсивности облучения приводит к увеличению темпа генерации сложных дефектов (см., например, [4]) и соответственно к уменьшению скорости введения доноров. Аналогичное явление наблюдается и при увеличении температуры облучения [1].

Возможно, однако, и одновременное образование радиационных дефектов донорного и акцепторного типа, имеющих принципиально разную природу: например, одни связаны с дефектами в подрешетке свинца, а другие — в подрешетке селена. У таких дефектов, очевидно, должны быть и различные энергетические пороги дефектообразования.

С целью получения дополнительных сведений о природе вводимых дефектов нами использовалось облучение слоев селенида свинца электронами различных энергий. Уменьшение энергии электронов до величины, достаточной только для смещения атомов селена, не приводило к прекращению генерации доноров, причем зависимость концентрации доноров от дозы облучения имела вид, аналогичный кривым, приведенным на рис. 1. Это позволило сделать вывод, что дефекты донорного и акцепторного типа связаны со смещением атомов в подрешетке селена.

Л и т е р а т у р а

- [1] Брудный В. Н., Войцеховский А. В., Кривов М. А., Петров А. С. // Физические основы радиационной технологии твердотельных электронных приборов. Клев, 1978. С. 24—36.
- [2] Wang C. C., Tao T. F., Sunier J. W. // J. Appl. Phys. 1974. V. 45. N 19. P. 3881—3884.
- [3] Брудный В. Н. и др. // ФТП. 1981. Т. 15. В. 8. С. 1606—1608.
- [4] Емцев В. В., Машовец Т. В. Примеси и точечные дефекты в полупроводниках. М., 1981. 248 с.

Получено 7.06.1988
Принято к печати 21.07.1988

ФТП, том 23, вып. 1, 1989

О ДИФФУЗИИ ВОДОРОДА В КРЕМНИИ

Омельяновский Э. М., Пахомов А. В., Поляков А. Я.,
Бородина О. М.

В последнее время внимание многих исследователей привлекает явление водородной пассивации примесей и дефектов в полупроводниках (см., например, обзор [1]). Важным аспектом проблемы является, конечно, изучение закономер-