

ПОЛУЧЕНИЕ ZnSe p-ТИПА ПУТЕМ ИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ МЫШЬЯКОМ

А. Н. Георгобидани, М. Б. Котляревский, В. В. Ластовка,  
Д. А. Носков

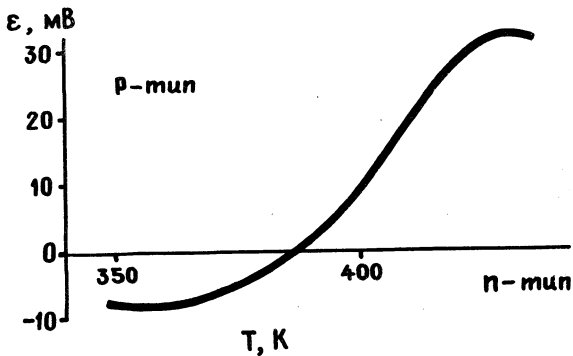
УДК 537.3.312.5

Ионное внедрение мышьяка в селенид цинка с последующей термообработкой при определенных условиях приводит к образованию слоя дырочной проводимости на исходном монокристалле n-типа.

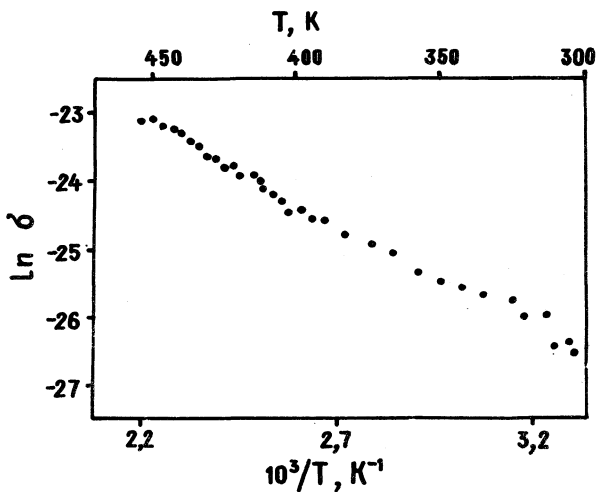
Трудности получения сульфидов и селенидов цинка дырочного типа проводимости связаны с эффектами самокомпенсации, проявляющимися при высокотемпературных методах выращивания и легирования этих соединений /1/. Принципиальную возможность преодоления этих трудностей и управления электрическими свойствами широкозонных соединений  $A^{II}B^{VI}$  открывает метод ионного легирования. Это связано с тем, что ионное легирование можно проводить при сравнительно низкой температуре, при которой равновесная концентрация компенсирующих вакансий мала, так что они не способны к конкуренции со свободными носителями в поддержании электронейтральности.

В работе /2/ сообщалось о получении дырочной проводимости на кристаллах ZnS имплантацией ионов серебра, а в работе /3/ - о получении дырочной проводимости ионным внедрением металлоидного компонента этого соединения - S. Отжиг радиационных дефектов, проводимый в специально подобранных условиях, в достаточной мере исключает компенсацию вводимых акцепторов вакансиями серы, что позволяет получить сравнительно низкоомные слои ( $\rho \sim 10^4 \div 10^6 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ ) с инверсной проводимостью.

В настоящей работе исследовалась возможность инверсии типа проводимости селенида цинка ионной имплантацией мышьяка. Ранее в /4/ уже сообщалось о получении селенида цинка p-типа ионным внедрением фосфора. Авторы отмечают, что низкое сопротивление полученных слоев обусловлено тем, что наряду с глубокими акцепторными уровнями, которые дает фосфор как примесь замещения, существу-

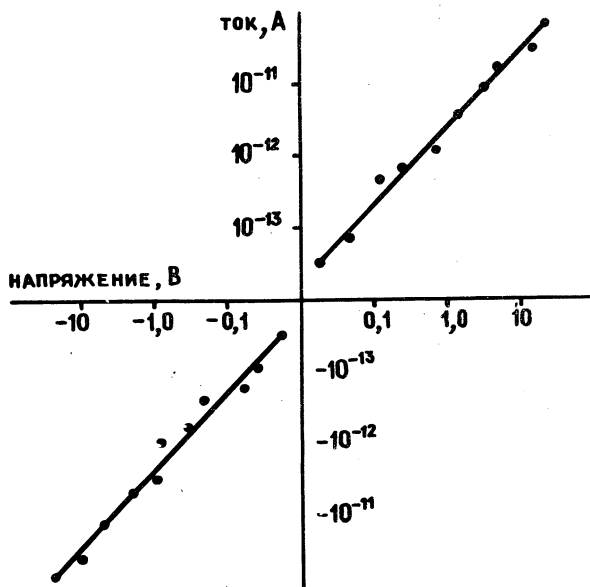


Р и с. 1. Температурная зависимость интегральной термо-э.д.с.  $\varepsilon$  слоев селенида цинка, легированных ионами мышьяка



Р и с. 2. Температурная зависимость электропроводности  $\sigma$  слоев селенида цинка, легированных ионами мышьяка

ют мелкие акцепторные уровни, которые связаны с примесными комплексами, образующимися в результате ионного легирования. На наш взгляд мышьяк, ионный радиус которого близок к радиусу анионного



Р и с. 3. Вольт-амперная характеристика ионно-легированных слоев селенида цинка с золотыми контактами

компонента, является более подходящей примесью замещения, нежели фосфор.

В качестве исходного материала нами использовались монокристаллы ZnSe n-типа с удельным сопротивлением  $2 \cdot 10^{11}$  Ом·см. Вырезанные из слитка образцы полировались с обеих сторон окисью хрома с размером зерна 0,1 мкм, затем травились в смеси  $\text{HNO}_3 + \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$  в течение 1 минуты при температуре  $90^\circ\text{C}$  с последующей промывкой в кипящем 25% растворе NaOH в течение 30 секунд. Далее образцы последовательно промывались в кипящем толуоле, ацетоне и деионизированной воде.

Ионы  $\text{Au}^+$  с энергией 150 кэВ внедрялись при комнатной температуре. Доза легирования составляла  $10^{15}$  ион/см<sup>2</sup>. С целью предотвращения компенсационных эффектов, возникающих в результате разогрева образцов при облучении, плотность тока ионного пучка не превышала 0,3 мкА/см<sup>2</sup>. Последующий отжиг образцов проводился при температуре 440°C в течение 15 минут в токе аргона. Как показали результаты эксперимента, этой температуры еще не достаточно для заметной генерации вакансий серы, компенсирующих акцепторы, но уже достаточно для отжига радиационных дефектов. На это указывает понижение удельного сопротивления до величины  $1,8 \cdot 10^6$  Ом·см и инверсия типа проводимости, определенная по термоэлектрическим измерениям (рис. 1). По температурной зависимости электропроводности (рис. 2) была оценена глубина акцепторных уровней, ответственных за дырочную проводимость. Она равна  $0,6 \pm 0,1$  эВ. Более мелкие уровни не обнаружены. Поведение кривой термо-эдс на низкотемпературном участке можно связать с большой глубиной акцепторных уровней и влиянием диффузии электронов из объема кристалла исходного типа проводимости.

Омические контакты к кристаллам формировались также путем ионного легирования приконтактных областей атомами отдачи из предварительно нанесенных на облучаемые поверхности тонких пленок золота ( $\sim 100 \text{ \AA}$ ). Атомы золота, вбиваясь в кристалл, обогащают приконтактную область. Это существенно снижает величину потенциального барьера на границе металл-полупроводник и позволяет получить линейную вольт-амперную характеристику слоев уже при малых напряжениях (см. рис. 3).

Поступила в редакцию  
4 марта 1977 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. А. Н. Георгобiani, УФН, 113, вып. I, 129 (1974).
2. A. N. Georgobiani, M. B. Kotljarevsky, V. N. Zlobin, P.A. Toudual, Yu. P. Generalov and B. P. Dement'ev, Mat. Res. Bull., 8, 893 (1973).
3. Д. В. Бочков, А. Н. Георгобiani, Б. П. Демет'ев, М. Б. Котляревский, Д. А. Носков, П. Е. Рамазанов, ФТП, 10, в. 2, 316 (1976).
4. Y. S. Park, B. K. Shin, J. Appl. Phys., 45, No3, 1444 (1974).