

ПРОБЛЕМА ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ КРИСТАЛЛОВ $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$

В.А.АЛИЕВ, К.Ш.КАХРАМАНОВ, Н.А.АЛИЕВА

*Институт физики НАН Азербайджана
Баку, AZ1143, Азербайджан, пр.Джавида, 33*

Məqalədə $TlInS_2$ laylı kristallarının nümunəsində $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$ tipli yarımkəçiricilər əsasında cihazların işçi xarakteristikalarının sabilliyinin tədqiqindən alınmış ilkin nəticələr verilmişdir. Alınmış nəticələr kristallaşma prosesinin fiziki-kimyəvi parametrlərinin nəzərə alınması ilə müzakirə edilmişdir.

В статье, на примере кристаллов $TlInS_2$, приводятся предварительные результаты изучения проблемы воспроизводимости рабочих характеристик полупроводниковых приборов изготовленных на основе активных элементов слоистых кристаллов $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$. Полученные результаты обсуждаются в рамках учета физико-химических параметров процесса кристаллизации.

The paper deals with the study of a problem of reproducibility of performance data of the semiconductor devices made on the basis of active elements of $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$ -type layer crystals. Case study investigations carried out in photo-resistors on the basis of $TlInS_2$ single crystals. The received results discussed in the frame of consideration of physical and chemical parameters of crystallization process.

Управление свойствами кристаллов немислимо без глубокого знания физико-химических аспектов образования этих соединений и их реальной структуры. Проблема воспроизводимости рабочих характеристик любого полупроводникового прибора на основе сложного соединения упирается к гомогенности фазового состава исходного вещества активного элемента, учета физико-химических характеристик, играющих роль в кристаллизации, в частности, кристаллизационную атмосферу, градиент температуры и скорость распространения фронта кристаллизации. Кроме того, важное значение имеют особенности фазовой диаграммы состояния вблизи состава, соответствующего данному соединению, так как незначительные отклонения от стехиометрии могут вызвать весьма существенные изменения их структурно-чувствительных физических свойств [1]. Сверхстехиометрические компоненты и/или дефицитные концентрации компонентов (вакансии) ведут себя как собственные примеси и создают глубокие уровни в широкозонных полупроводниках $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$. Следует отметить что примеси, создающие глубокие состояния, как правило, обладают высокой миграционной способностью и поэтому, зачастую ответственны за наблюдаемую деградацию полупроводниковых приборов [2].

Изучение областей гомогенности слоистых соединений $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$, показало что, состав монокристаллов, выращенных из сплавов, не соответствующих точкам максимума на диаграммах плавкости будет изменяться по длине слитка [3]. В кристаллах постоянного сечения, полученных направленной кристаллизацией расплава, собственные примеси распределяются согласно уравнению:

$$C_x = kC_0 \left(1 - \frac{x}{L}\right)^{k-1}$$

где, C_x - концентрация примеси, закристаллизованная в тонком слое d_x , который находится на расстоянии x от начала слитка, k - коэффициент распределения, C_0 - начальная равномерная концентрация примеси в слитке, x/L - закристаллизовавшаяся часть слитка.

В результате этого образцы полупроводниковых приборов изготовленных на основе активных элементов

подобранных из разных участков по длине слитка слоистых кристаллов $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$ имеют разные рабочие характеристики. Распределение примеси в слитке, аналогичным образом повторяется в рамках размера активного элемента. Поэтому, взаимодействие излучения с активным элементом в его разных участках по-разному влияет на концентрацию неравновесных носителей заряда: чем больше размеры активного элемента, тем больше разброса рабочих характеристик наблюдается на практике.

Физико-химические критерии образования слоистых соединений $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$ считаются установленными. Однако, в результате политипизма, структура этих кристаллов сильно зависит от деталей технологического процесса, и как правило, непредсказуемы. Поэтому, воспроизводимость структурно-чувствительных (анизотропных) характеристик слоистых кристаллов $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$ также большая проблема. До наших исследований, сведения относительно воспроизводимости рабочих характеристик полупроводниковых приборов изготовленных на основе активных элементов слоистых кристаллов $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$ в литературе практически отсутствовали, что связано со сравнительной новизной материалов.

Соединения слоистых кристаллов $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$ склонны к переохлаждению [3]. Поэтому, наиболее доступным с технической точки зрения методом выращивания крупных слитков слоистых кристаллов $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$ считается модифицированный метод Бриджмена, где высокий градиент температуры в зоне выращивания противопоставляется явлению переохлаждения, величина которой составляет 60-65 К. Однако, увеличение температурного градиента создает высокие термические напряжения, также отрицательно отражающиеся на качестве кристаллов и воспроизводимости их рабочих характеристик. Каждый цикл нагрев-охлаждение при измерениях приводит к перераспределению внутреннего напряжения и разбросу рабочих характеристик.

Нами проводилось изучение воспроизводимости рабочих характеристик фоторезисторов на основе слоистых кристаллов $TlInS_2$. Из каждой технологической партии были изготовлены 8 фоторезисторов с одинаковыми размерами ($\pm 5\%$) активного элемента.

ПРОБЛЕМА ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ.....

Условия экспериментов также были одинаковыми. В качестве рабочей характеристики для контроля воспроизводимости во времени выбрали интегральную фоточувствительность при освещении белым светом лампы накаливания 400 лк при комнатной температуре. Измерения проводились с перерывами 10 дней в течение 3 месяцев. Наблюдалось уменьшение интегральной чувствительности и увеличение удельного темного сопротивления фоторезисторов. Для отдельных образцов разброс характеристик во времени достигает 60%.

Таким образом, по предварительным результатам можно констатировать существование проблемы

воспроизводимости рабочих характеристик полупроводниковых приборов изготовленных на основе активных элементов слоистых кристаллов TlInS_2 . В настоящее время, нами проводятся рентгеноструктурные, электронно-микроскопические и электрофизические исследования причинно-следственной связи отдельных факторов влияющих на воспроизводимость рабочих характеристик полупроводниковых приборов изготовленных на основе активных элементов слоистых кристаллов $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{III}}\text{C}^{\text{VI}}_2$.

-
- [1]. Crystal Engineering: From Molecules and Crystals to Materials. (ed. By D.Braga et al), Kluwer Academic Publishers, Boston, 1999, pp.421-441.
- [2]. А. Милнс Примеси с глубокими уровнями в полупроводниках. М.: Мир, 1977.
- [3]. В.И. Ткаченко Автореферат дисс к.х.н., Баку, 1981.

Daxil olunub: 01.07.2007