

УДК 546.87/86”24:54-165

РОЛЬ САМОИНТЕРКАЛЯЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МЕЖСЛОЕВЫХ СТРУКТУР В Bi_2Te_3 < ПРИМЕСЬ >

К. т. н. А. П. Алиева¹, к. ф.-м. н. С. Ш. Кахраманов¹, к. ф.-м. н. А. Ш. Кахраманов²

¹Азербайджанский технический университет;

²Бакинский государственный университет

Азербайджан, г. Баку

almaz46@mail.ru

Показано, что процесс самопроизвольного перетекания атомов Cu, осевших в начальный период кристаллизации в квинтетных пакетах между атомными слоями $\text{Te}^{(2)}\text{—Bi}$, $\text{Bi—Te}^{(2)}$ и в дефектных центрах, перпендикулярно поверхности кристалла (0001) завершается образованием межслоевых наноструктур. При этом происходит локализация заряда на межслоевых включениях и неоднородностях кристаллической структуры и изменение электропроводности.

Ключевые слова: дефекты, структуры, квинтеты, кристаллы, массообмен.

Слоистые кристаллы Bi_2Te_3 имеют гексагональную ячейку, состоящую из набора сравнительно далеко отстоящих друг от друга слоев-квинтетов. Расстояние $\text{Te}^{(1)}\text{—Te}^{(1)}$ намного больше расстояний $\text{Bi—Te}^{(1)}$ и $\text{Bi—Te}^{(2)}$. Расположение слоев-квинтетов и их дефектная атомная структура влияет на особенности электронных свойств соединений $A_2^V B_3^{VI}$, легированных легкодиффундирующими примесями [1].

Слоистый характер кристаллической структуры матрицы Bi_2Te_3 делает возможным перемещение атомов меди из положений центров внедрения, где они находятся в активном донорном состоянии, в ван-дер-ваальсовы щели между пятислойными пакетами. При этом атомы Cu упорядочиваются и становятся электрически нейтральными и образуют nanoостровки.

Целью работы являлось выявление нанофрагментов в межслоевом пространстве $A_2^V B_3^{VI} <\text{Cu}>$, изучение их влияния на электрические свойства и особенностей межслоевых диффузионных процессов при самоинтеркаляции.

Изучалось следующее:

— изменение во времени термоэлектрических параметров (термо-эдс α , электропроводность σ) при $T=300^\circ\text{C}$;

— морфологические изменения базовой структуры межслоевого пространства $\text{Te}^{(1)}\text{—Te}^{(1)}$ $A_2^V B_3^{VI}$ <примесь> при самоинтеркаляции.

Хаотически диффундирующие в межслоевое пространство атомы меди формируют новые структуры, что сопровождается изменениями электрических параметров. Установлено, что изменения термо-эдс коррелируют с изменениями электропроводности: если α растёт, то σ уменьшается. При этом концентрация электронов падает от $3,2 \cdot 10^{19}$ до $6 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$.

Значительные изменения проявлялись со временем в кристаллах $\text{Bi}_2\text{Te}_3 <\text{Cu+In}>$: после двухмесячного хранения они меняли знак термо-эдс с n -типа на p -тип, свойства стабилизировались и становились такими же, как и свойства $p\text{-Bi}_2\text{Te}_3$, легированном 0,1% In, с $\alpha = 250 \text{ мкВ/К}$ и $\sigma = 330 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Перемещение атомов меди из вакантных узлов теллура и висмута в слои $\text{Te}^{(1)}\text{—Te}^{(1)}$ Bi_2Te_3 формирует эффект самоинтеркаляции. В течение 1240 часов в образцах $\text{Bi}_2\text{Te}_3 <\text{Cu+In}>$ изменяется тип проводимости. Рассмотренные эффекты могут считаться особенностями процессов самоорганизации в системах $A_2^V B_3^{VI} <\text{Cu}>$ с образованием межслоевых nanoостровок.

Схема расположения атомов в слоистой структуре теллурида висмута при самоинтеркаляции медью приведена на рисунке.

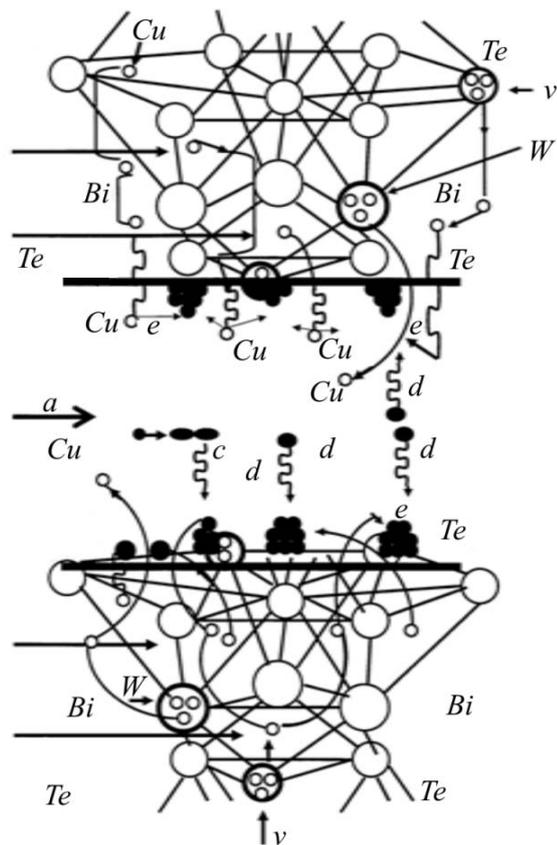


Схема расположения атомов в слоистой структуре Bi_2Te_3 при самоинтеркаляции меди:

- a — направление диффузии атомов Cu вдоль плоскости (0001) при кристаллизации и при интеркаляции;
- c — агрегация частиц в межслоевом пространстве;
- d — диффузия частиц на плоскость (0001);
- e — направление перемещения Cu из квинтетов в межслой $\text{Te}^{(1)} - \text{Te}^{(1)}$ при самоинтеркаляции;
- v — вакансии Te; w — вакансии Bi

Образование межслоевых нанофрагментов и изменения электропроводности при комнатной температуре в системе $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{Cu}+\text{In}\rangle$ подтвердили предположение о неустойчивости примесных центров в слоистых системах типа $A_2^V B_3^{VI}$, которые наряду с локализацией заряда на межслоевых включениях приводят к усилению неоднородности в кристаллической решетке и, соответственно, к дополнительной локализации заряда. Эти кристаллы могут использоваться как датчики физических параметров, основу которых составит резистивный элемент из материала $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{Cu}+\text{In}\rangle$.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Алескеров Ф. К., Кахраманов С. Ш. Влияние межслоевых металлических нанофрагментов на кинетические свойства $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{Cu}, \text{Ni}\rangle$ // Металлофизика и новейшие технологии.— 2008.— Т. 30, № 11.— С. 1465—1477.

A. P. Aliyeva, S. Sh. Gahramanov, A. Sh. Gahramanov

Role of self intercalation in the formation of dissipative structures in $A_2^V B_3^{VI}\langle\text{impurity}\rangle$

It was shown that the process of spontaneous flow of Cu perpendicular to the crystal surface (0001), which settle in the initial crystallization period between $\text{Te}^{(2)}-\text{Bi}$ and $\text{Bi}-\text{Te}^{(2)}$ layers and in defect centers, completes the formation of quintets interlayer nanostructures. Changes over time in the electrical conductivity of $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{Cu}\rangle$ systems at room temperature and the formation of the interlayer nanostructures confirmed that the impurity centers in type $A_2^V B_3^{VI}$ layered systems are instable. The latter, combined with localization of the charge on the interlayer inclusions lead to the increased inhomogeneity in the crystal lattice and, accordingly, additional charge localization. This crystal can be used as a sensor of physical parameters based on the $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{Cu}+\text{In}\rangle$ resistive element.

Keywords: defects, structure, quintets, crystals, mass transfer.