

### ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОБЛАСТЬ ГОМОГЕННОСТИ ТЕЛЛУРИДА СВИНЦА

О.В. Александров, В.В. Зайцев, Г.А. Калюжная, К.В. Киселева

*Обнаружено существенное уменьшение размеров и изменение конфигурации области гомогенности узкозонного полупроводника теллурида свинца, выращенного в широком интервале температур 450 – 830 °С в условиях фотостимулированной эпитаксии при воздействии на зону роста лазерного излучения ( $\lambda = 0,35$  мкм).*

В работе /1/ впервые было исследовано влияние излучения импульсных лазеров на процессы роста и структурные характеристики монокристаллических слоев узкозонного полупроводникового соединения — теллурида свинца. Рентгенодифракционные исследования структурных характеристик монокристаллических слоев РbТе, выращенных при постоянной температуре подложки ( $\approx 800$  °С) под воздействием излучений ксеноновой лампы мощностью 3 кВт и импульсного лазера с  $\lambda = 0,35$  мкм, показали, что стабильно наблюдается существенное увеличение параметра кубической кристаллической решетки  $a$  слоев (табл. 1) без изменения типа ее симметрии. Это увеличение предположительно было связано с уменьшением степени дефектности решетки за счет понижения концентрации термодинамически равновесных вакансий. Вывод работы /1/ можно также рассматривать как указание на изменение под действием излучения размеров области гомогенности теллурида свинца, полученного при температуре кристаллизации  $T_{ст} \approx 800$  °С. В свя-

Таблица 1

*Структурные параметры слоев, полученных в условиях лазерного воздействия*

Слой, подложка	Световое воздействие		Параметры роста		Структурные данные
	УФ излучение, $\lambda = 0,25-1,5$ мкм, 3 кВт	длина волны лазера, мкм	$T_{ст}$ , °С	скорость роста, мкм/мин	параметр решетки $a$ , Å
РbТе(100) на РbТе(100)	—	—	800	1,2	6,4602
	+	—	790	3,8	6,4604
	+	—	800	3,8	6,4606
	+	—	790	3,9	6,4606
	+	0,35	800	3,8	—
	+	0,35	780	3,8	6,4608
РbТе(111) на BaF <sub>2</sub> (111)	—	—	500	1,0	—
	+	—	800	2,8	6,4657
	+	0,35	780	3,3	6,4692
	+	0,35	800	3,9	6,4675
	+	0,35	830	4,5	—

зи с этим целью настоящей работы заключается в исследовании влияния электромагнитного излучения на область гомогенности теллурида свинца, являющегося двухсторонней фазой переменного состава, в широком интервале температур кристаллизации.

В условиях фотостимулированной газовой эпитаксии (непрерывный источник полихроматического излучения — ксеноновая лампа,  $\lambda = 0,2 \div 1,5$  мкм) при воздействии на зону роста импульсного лазерного излучения ( $\lambda = 0,35$  мкм) были выращены автоэпитаксиальные монокристаллические слои теллурида свинца с кристаллографической ориентацией (100). Для получения слоев предельных составов по свинцу и теллуру — PbTe (Pb) и PbTe (Te) — использовалась шихта, насыщенная свинцом или теллуrom. В первом случае слои имели электронную проводимость, во втором — дырочную. Мощность ксеноновой лампы составляла в одной серии экспериментов 3 кВт, в другой — 10 кВт; характеристики импульсного лазера во всех случаях сохранялись постоянными. Температура кристаллизации для слоев PbTe (Pb) изменялась от 500 до 800 °C, а для слоев PbTe (Te) — от 460 до 800 °C.

Для решения поставленной задачи был использован метод прецизионного измерения в режиме двухкристального спектрометра параметра  $a$  кубической решетки эпитаксиальных слоев PbTe (Pb) и PbTe (Te) при точности измерений  $\pm 2 \cdot 10^{-4}$  Å в области больших углов дифракции  $\Theta \approx 70^\circ$ . Финишные значения  $a$  получали путем экстраполяции зависимостей  $a(\Theta)$  к  $\Theta = 90^\circ$ ; в этих условиях ошибка  $\Delta a$  не превышала  $\pm 2 \cdot 10^{-5}$  Å.

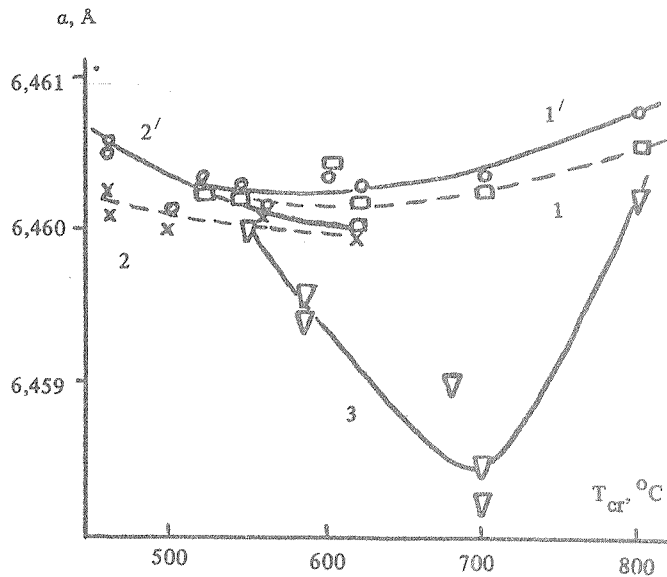


Рис. 1. Зависимости от температуры кристаллизации  $T_{cr}$  параметра решетки  $a$  эпитаксиальных слоев PbTe (Te), полученных при облучении ксеноновой лампой мощностью 3 кВт (1), 10 кВт (2) и совместном облучении лампой (3 или 10 кВт) и лазером (соответственно 1' и 2'), а также объемных монокристаллов PbTe (Te) (3), полученных без облучения [2].

Основанием для использования в настоящей работе указанного метода послужили результаты [2], где было установлено, что для предельных составов PbTe со стороны избытка Te имеет место качественное подобие температурных зависимостей  $a(T_{cr})$  и атомного фактора рассеяния  $f_{Pb}(T_{cr})$ , а для предельных составов PbTe со стороны избытка Pb подобное соответствие наблюдается для зависимостей  $a(T_{cr})$  и  $f_{Te}(T_{cr})$ . Поскольку зависимости  $f_{Pb}(T_{cr})$  и  $f_{Te}(T_{cr})$  с точностью до коэффициента есть не что иное как зависимости концентрации преобладающих собственных дефектов от температур кристаллизации, правомерно использовать зависимости параметров решетки  $a(T_{cr})$  предельных составов PbTe (Te) и PbTe (Pb) как калибровочные кривые для оценки изменения размеров области гомогенности исследуемого соединения по обе стороны от линии стехиометрии.

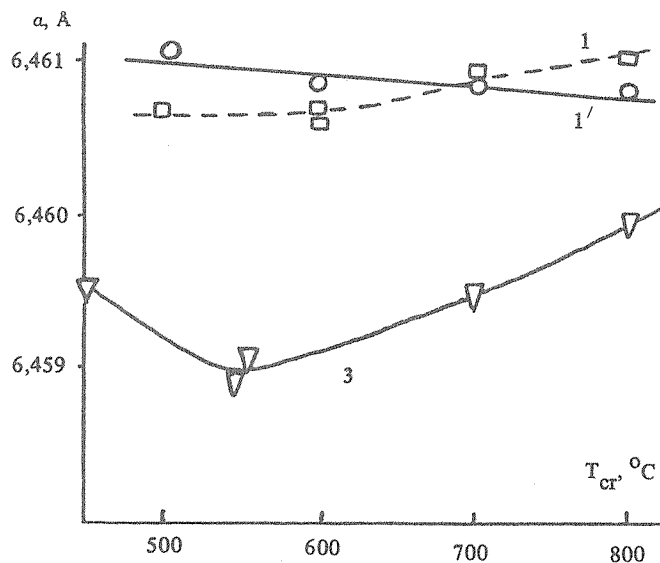


Рис. 2. То же, что на рис. 1, для эпитаксиальных слоев PbTe (Pb), полученных при облучении ксеноновой лампой мощностью 3 кВт (1) и совместном облучении лампой (3 кВт) и лазером (1'), а также для объемных монокристаллов PbTe (Pb) (3), полученных без облучения /2/.

Для всех выращенных зеркально-гладких автоэпитаксиальных слоев PbTe (Pb) и PbTe (Te) толщиной до 200 мкм были определены параметры  $a$  (рис. 1, 2, кривые 1 и 1', 2 и 2'). На рис. 1 и 2 (кривые 3) приведены также полученные ранее в /2/ зависимости параметров решетки  $a$  объемных монокристаллов PbTe (Te) и PbTe (Pb), полученных в широком интервале температур кристаллизации из растворов-расплавов, насыщенных по теллуру и свинцу. Из совокупности кривых рис. 1 и 2 следует, что в случае светового или лазерного воздействия (или их одновременного действия) на рост теллурида свинца, во-первых, все кривые  $a$  ( $T_{cr}$ ) смещаются в сторону более высоких значений  $a$  и, во-вторых, зависимости  $a$  ( $T_{cr}$ ) становятся более слабыми.

Таблица 2

Полуширина дифракционной линии (600), угл. град., слоев PbTe(Te), полученных при воздействии электромагнитного излучения

Параметр решетки слоев, $a$ , Å	Мощность УФ лампы	
	3 кВт	10 кВт
6,46024	—	0,0321
6,46026	—	0,0314*
6,46026	—	0,0308
6,46028	—	0,0303*
6,46060	0,0430	—
6,46061	—	0,0302*
6,46080	0,0410	—

\* Слой получен при одновременном воздействии УФ и лазерного излучения.

Оценка степени совершенства кристаллической решетки полученных монокристаллических слоев PbTe (Te) по измерению угловых полуширин дифракционных рефлексов (600) и (800) (табл. 2) показала, что приближение составов слоев к линии стехиометрии сопровождается существенным улучшением их кристаллической решетки.

Таким образом, в условиях фотостимулированной газовой эпитаксии при воздействии на зону роста электромагнитного излучения в широком интервале температур кристаллизации реализуются составы PbTe, приближающиеся к стехиометрическим. Необходимо отметить, что никакими другими известными из литературы технологическими методами до сих пор не удавалось получать теллурид свинца со столь высокими значениями параметров решетки. Область гомогенности теллурида свинца претерпевает под действием излучения существенное изменение, которое заключается в уменьшении ее размеров, т.е. уменьшении отклонений предельных составов от линии стехиометрии и уменьшении ретроградной растворимости собственных компонентов в PbTe в исследованном интервале температур 450 – 830 °С.

Отметим, что значения параметра  $a$  кристаллической решетки автоэпитаксиальных слоев PbTe (Te) и PbTe (Pb), полученных под воздействием электромагнитного облучения, нельзя считать рекордно высокими, так как экстремальными они оказались у гетероэпитаксиальных слоев PbTe, выращенных в тех же условиях на подложках BaF<sub>2</sub> (111) (табл. 1).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров О.В. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 2, 45 (1984).
2. Горина Ю.И. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 11, 24 (1975).

Поступила в редакцию 11 мая 1987 г.