

Я в и ч Б.С. Тез. докл. 1 Всес. конф. „Физические основы твердотельной электроники“. Л., 1989. Т. А. С. 4–5.

- [4] Гуревич С.А., Портной Е.Л., Прокин Н.В., Скопина В.И. // Письма в ЖТФ. 1982. Т. 8. В. 4. С. 193–197.
- [5] Tsang W.T. // Appl. Phys. Lett. 1982. Т. 40. N 3. P. 217–219.
- [6] Гуревич С.А., Закгейм А.Л., Марахоннов В.М., Нестеров С.И., Портной Е.Л., Тимофеев Ф.Н., Хвостиков В.П., Чебунина И.Э. Тез. докл. 1 Всес. конф. „Физические основы твердотельной электроники“. Л., 1989. Т. А. С. 58–59.
- [7] Бутусов Д.М., Гоцадзе Г.Г., Ларионов В.Р., Рывкин Б.С., Танклевская Е.М., Тимофеев Ф.Н. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 9. С. 88–94.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
28 апреля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 14

26 июля 1990 г.

11

© 1990

ФОТОСТИМУЛИРОВАННАЯ ЭПИТАКСИЯ ИЗ ПАРОВОЙ ФАЗЫ ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ ПЛЕНOK $ZnSe$ НА (100) Si

П.П. Сидоров, С.Н. Максимовский,
С.Р. Октябрьский, А.П. Шотов

Полупроводниковое соединение $ZnSe$ является наиболее перспективным материалом для создания светоизлучающих диодов и лазеров голубого диапазона спектра [1, 2]. Наиболее совершенные пленки $ZnSe$ на подложках $GaAs$ и Si получены методами молекулярно-лучевой эпитаксии [3, 4] и металл-органической эпитаксии из паровой фазы [5, 6]. Однако метод прямой эпитаксии из паровой фазы, который основан на переносе соединения $ZnSe$ в потоке водорода в поле температурного градиента [7], является наиболее простым и дешевым. Этот метод может стать основой промышленного производства структур на основе $ZnSe$, если удастся добиться качества пленок, сравнимого с тем, которого добиваются в методе МЛЭ.

В работе [7] говорилось об удачной попытке получения люминесцентных слоев $ZnSe$ на подложках $GaAs$ с относительным расхождением параметров решеток, равным 0.26 % при 300 К. Однако

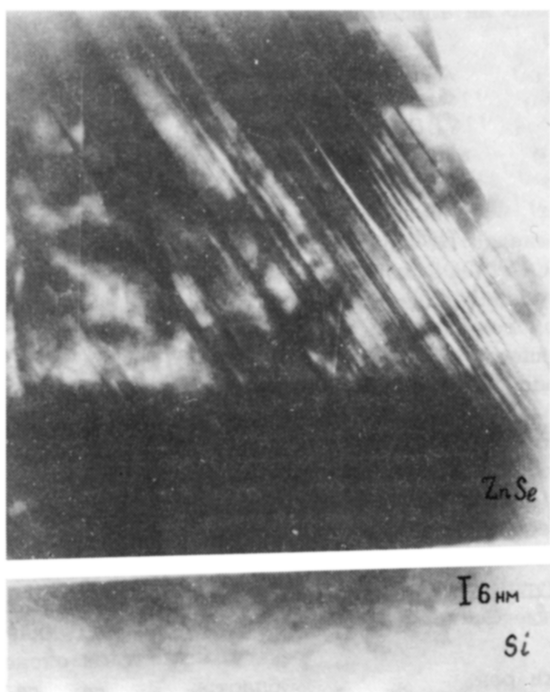


Рис. 1. ПЭМ-фотография пленки $ZnSe$ на $(100)Si$, выращенной при постепенном увеличении скорости роста, $\times 500\,000$.

относительное расхождение параметров решеток $ZnSe$ и Si составляет 4 % при 300 К, что приводит к сильному ухудшению структуры пленок и снижению эффективности процессов, ответственных за краевую люминесценцию. В работе [6] сообщается об удачной попытке получения пленок $ZnSe$ на $(100)Si$ с краевой люминесценцией при 77 К методом металл-органической эпитаксии при пониженном давлении. Был использован двухступенчатый режим роста, при котором вначале на подложке осаждается аморфный слой толщиной до сотни ангстрем при 100 °С, а после этого эпитаксия ведется при 450 °С.

Данная работа посвящена разработке метода фотостимулированной эпитаксии из паровой фазы при пониженном давлении водорода для получения пленок $ZnSe$ на $(100)Si$, обладающих краевой люминесценцией при 77 и 300 К. Ранее фотостимулированная эпитаксия из паровой фазы при атмосферном давлении была использована для получения пленок $ZnSe$, легированных As на $(100)GaAs$, обладающих высокой интенсивностью полосы излучения 2.66 эВ при 300 К [8].

Пленки $ZnSe$ на $(100)Si$ выращивались в атмосфере водорода, прошедшего палладиевую очистку, при давлении около 70 Тор в вертикальном кварцевом реакторе с плоским окном над источником и подложкой. Источник пересублимированного $ZnSe$ помещался в зоне испарения на 6 см выше подложки и нагревался печью сопротив-

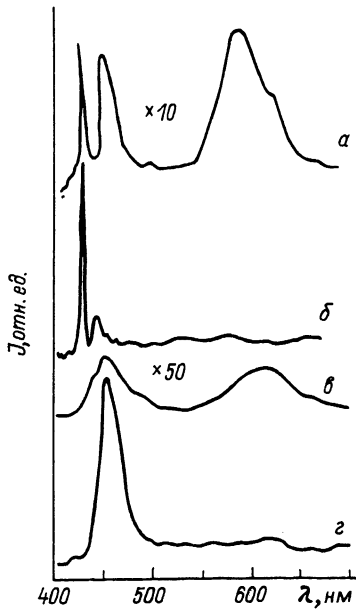
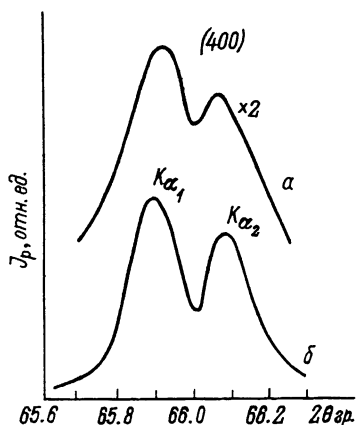


Рис. 2. Участки рентгенограмм в области рефлекса (400) пленок $ZnSe$ на (100) Si толщиной 1 мкм, выращенных непосредственно на Si (а) и с образованием переходного слоя (б).

Рис. 3. Спектры ФЛ пленок $ZnSe$ при 77 К без переходного слоя (а), на переходном слое (б), при 300 К без переходного слоя (в), на переходном слое (г).

ления до 800 °С. Источник и подложка облучались светом в диапазоне 0.25–1.1 мкм от ксеноновой лампы высокого давления. Интенсивность облучения источника была около 10 Вт/см², а подложки — около 100 мВт/см². Температура в зоне подложки без облучения поддерживалась около 450 °С. Скорость роста составляла 0.5 мкм/час. С момента начала процесса скорость роста изменялась от 0 до 0.5 мкм/час за время около 20 минут. При таком режиме выращивания на поверхности Si образовывался переходный слой, который отчетливо виден на просвечивающей микрофотографии (рис. 1). Картина дефектов характерна для несогласованных систем и наблюдалась ранее в работе [9]. Если скорость роста устанавливалась сразу, то переходный слой не образовывался.

На рис. 2 представлены участки рентгенограммы в области рефлексов (400) от $Si K\alpha$ линий пленок, выращенных в различных режимах. Видно, что ширина рефлексов от пленок без переходного слоя примерно в 1.5 раза больше чем от пленок на переходном слое.

Спектры фотолюминесценции (ФЛ) снимались на спектрометре *Jobin Yvon-HR320*. Возбуждение при 77 К имело интенсивность 20 мВт/см^2 в непрерывном режиме, длину волны 365 нм. При 300 К возбуждение осуществлялось импульсами длительностью 10 нс с энергией 0.1 мкДж, длиной волны 337 нм от азотного лазера. На рис. 3 представлены спектры ФЛ при 77 и 300 К пленок, выращенных в разных условиях. Видно, что пленки, выращенные на переходном слое, обладают большей эффективностью процессов, ответственных за краевое излучение по сравнению с пленками, выращенными в обычном режиме. При 300 К краевая люминесценция с максимумом 2.69 эВ наблюдалась только в пленках на переходном слое. При 77 К в спектрах этих пленок доминирует линия с максимумом 445 нм, за которую ответственно излучение поляритонов [1], что говорит об их относительном совершенстве и малом содержании точечных дефектов.

Таким образом, показано, что для получения совершенных пленок ZnSe на $(100)\text{Si}$ методом эпитаксии из паровой фазы необходимо: использование фотостимулированных процессов испарения и осаждения, понижение давления водорода в реакторе до 70 Тор, проведение плавного увеличения скорости роста на начальном этапе процесса для образования переходного слоя. Полученные таким образом пленки ZnSe обладают повышенной эффективностью процессов краевого излучения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Y a m a g u c h i M., Y a m a m o t o A., K o n d o M. // J. Appl. Phys. 1977. V. 48. P. 196.
- [2] J a i n F.C. // J. Cryst Growth. 1988. V. 86. P. 929.
- [3] C h e n g H., D e P u y d t J.M., P o t t s J.E. // J. Cryst Growth. 1989. V. 95. P. 512.
- [4] P a r k M., M a r H.A., K l e i m a n J. // J. Cryst. Growth. 1988. V. 86. P. 335.
- [5] F u j i t a S., T e r a d a K., S a k a - m o t o T., F u j i t a S. // J. Cryst. Growth. 1989. V. 94. P. 102.
- [6] L e e M.K., Y e h M.Y., C h a n g C.C. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 55. P. 1850.
- [7] U m a r - S y e d M., L i l l e y P. // J. Cryst. Growth. 1988. V. 88. P. 415.
- [8] Сидоров П.П., Александров О.В., Карпов И.В., Максимовский С.Н., Случ М.И. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. № 19. С. 34.
- [9] S a m t a s k D.A., N e w b u r y P.R.,

Физический институт
им. П.Н. Лебедева
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
27 апреля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 14

26 июля 1990 г.

07; 12

© 1990

СВЕТОРАССЕЯНИЕ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СЛОЯ ПВМС НА ОСНОВЕ СТРУКТУРЫ МДП-ЖК

В.В. Б е л я е в, С.П. Б е р е с т н е в,
С.А. И в а н о в, А.Б. К у з н е ц о в,
З.А. К о с т о ч к и н а, Г.К. М и х а й л о в а

В настоящее время в когерентно-оптических системах пространственно-спектрального анализа изображений нашли применение пространственно-временные модуляторы света (ПВМС) на основе структур „металл-диэлектрик - полупроводник - жидкий кристалл“ (МДП-ЖК) [1-3]. Такие структуры по сравнению с модуляторами света на основе высокоомных полупроводников [4, 5] обладают более высоким быстродействием, поэтому их применяют в системах с импульсной входной засветкой. На качество считываемых изображений и их пространственных спектров оказывают влияние шумы светорассеяния, которые можно определить как интенсивность световой волны, дифрагированной на флуктуационных и статических неоднородностях слоя жидкого кристалла. Так же, как и в голографии [6], шумы приводят к увеличению фоновой интенсивности в восстановленном изображении и в его пространственном спектре. Согласно [7], шумовые характеристики различных ПВМС определяются структурой слоев модулятора, их фазовыми неоднородностями, величиной светорассеяния, амплитудой и пространственным спектром сигнала. Если отвлечься от искажений, связанных с сигналом, основной вклад в шумовые характеристики жидкокристаллических ПВМС могут вносить рассеяние света на термических флуктуациях директора, статическое рассеяние на неоднородностях ориентации ЖК и рассеяние света, связанное со структурными неоднородностями полупроводника и диэлектрического зеркала.

Целью работы являлось исследование физических условий, при которых проявляется тот или иной источник шума, и измерение вклада в интенсивность светорассеяния, обусловленного этими различными источниками.