

05.3; 06.3

© 1991

ФОРМИРОВАНИЕ ЧАСТИЦ СУЛЬФИДА КАДМИЯ  
В ОБЪЕМЕ ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ

А.А. А г а с и е в, М.Б. М у р а д о в

В последние годы большое внимание уделяется методам формирования и исследованию физических свойств [1–3] ультрадисперсных полупроводниковых частиц в объеме различных матриц. Значительный интерес к системам с пониженной мерностью и квантоворазмерным структурам обусловлен возможностью улучшения параметров матриц путем введения в объем полупроводниковых микрокристаллитов. На основе квантово-размерного эффекта Штарка в этих структурах были изготовлены волноводные электрооптические модуляторы [4]. Следует отметить, что показатель преломления стекол, содержащих полупроводниковые микрокристаллиты, близок к показателю преломления оптических волокон, что существенно снижает Френеловские потери при стыковке интегрально-оптических структур, изготовленных на их основе.

Формирование полупроводниковых микрокристаллитов в объеме стеклянной матрицы осуществляется в несколько этапов при высоких температурах (500–1200 °С), что затрудняет контроль качества получаемых образцов. Учитывая перспективность применения таких структур в оптоэлектронике и интегральной оптике, актуальным является поиск новых методов формирования ультрадисперсных частиц в объеме различных материалов.

В последние годы разработаны методы селективного роста полупроводниковых пленок на различных подложках по механизму послойной хемосорбции потенциалопределяющих ионов при комнатной температуре [5]. Было показано, что при определенной концентрации растворов электролитов возможно получение ультрадисперсных и пористых [6] структур. В настоящей работе для получения ультрадисперсных частиц сульфида кадмия в объеме полимерной матрицы нами был использован метод послойной хемосорбции. В качестве подложки использовалось стекло, на которое была нанесена желатиновая пленка. В качестве растворов электролитов были использованы водные растворы солей  $Cd(NO_3)_2$  и  $Na_2S$  с концентрацией 0,1 м. Рост полупроводниковых микрокристаллитов сульфида кадмия осуществляли путем поочередной абсорбции ионов кадмия и серы в объеме полимерной матрицы. Остатки растворов электролитов удаляли промежуточной промывкой структур в дистиллированной воде. Размеры формируемых частиц контролировали с помощью количества проведенных циклов. Промежуточная промывка в дистиллированной воде (время промывки  $t_{пр} \sim 60$  с) исключала возмож-

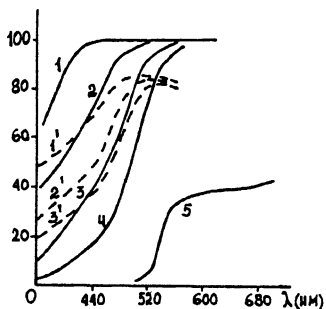


Рис. 1. Спектры пропускания образцов  $CdS$  : желатин/стекло (кривые 1-4); 1' -3' - спектры пропускания образцов после термического отжига ( $T = 90^{\circ}C$ ,  $t = 30$  мин.); цифры на кривых указывают на количество циклов; 5 - спектр пропускания кристаллов  $CdS$  относительно воздуха.

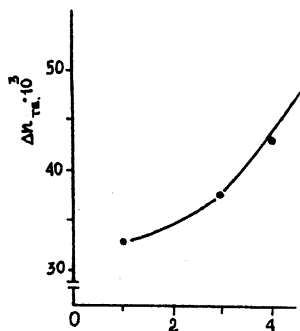


Рис. 2. Зависимость изменения показателя преломления пленки  $CdS$ :желатин от количества циклов для ТЕ волн.

ность спонтанного зародышеобразования в объеме полимерной матрицы. При временах промывки  $t_{пр} \gtrsim 40$  с спектры пропускания образцов при одинаковом количестве циклов идентичны, что свидетельствует об отсутствии спонтанного зародышеобразования. На рис. 1 показаны спектры пропускания полученных образцов относительно подложки желатин-стекло. Цифры на кривых 1-4 (рис. 1) указывают на количество проведенных циклов. Как видно из рисунка, край фундаментального поглощения в таких структурах по сравнению с кристаллами сульфида кадмия (рис. 1, кривая 5) смещается в коротковолновую область, что связано с квантоворазмерными эффектами. Смещение ширины запрещенной зоны вследствие квантоворазмерных эффектов в малых частицах определяется выражением [7],

$$\Delta E = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2\mu \bar{a}^2}, \quad (1)$$

где  $\bar{a}$  - средний размер частицы,  $\mu = \frac{m_e m_h}{m_e + m_h}$  - приведенная масса,  $m_e$ ,  $m_h$  - соответственно эффективная масса электрона и дырки. Следует отметить, что для малых частиц кластерного типа может оказаться неприменимым табличное значение  $m^*$ . Будем исходить из того, что полупроводниковые свойства веществ определяются ближним порядком, и эффективные массы электрона и дырки по порядку величины совпадают с табличными значениями. Оценки, проведенные по формуле (1), показывают, что размеры частиц при изменении количества циклов от 1 до 4 колеблются в диапазоне 30-200 Å.

При формировании микрокристаллитов важную роль играют процессы коалесценции полупроводниковых частиц. После термического отжига в таких структурах в спектрах пропускания край фундаментального поглощения смещается в длинноволновую область (пунктирные линии 1'-3' на рис. 1), что, по-видимому, связано с укрупнением микрокристаллитов вследствие процесса коалесценции. Маленькое межчастичное расстояние и подвижность микрокристаллитов кластерного типа способствует протеканию процесса коалесценции. При формировании полупроводниковых частиц в объеме полимерной матрицы увеличивается показатель преломления пленки (рис. 2), что позволяет варьировать показатель преломления желатиновой пленки. Изменения показателя преломления пленки определены путем измерения эффективных показателей преломления в многомодовых волноводах [8]. Волноводы, изготовленные на основе таких структур, обладают потерями  $\sim 3$  дБ/см. Термический отжиг при температурах 70-100 °C приводит к уменьшению оптических потерь (менее 1 дБ/см) в таких структурах, что, по-видимому, связано с уменьшением шероховатости поверхности.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность формирования ультрадисперсных полупроводниковых частиц в объеме полимерной матрицы и перспективность метода для создания планарных волноводов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Wang Y., Н е r r о n N. // J. Phys. Chem. 1987. V. 91. N 2. P. 257-260.
- [2] Е к и м о в А.И., О н у ш е н к о А.А., Ц е х о м - с к и й В.А. // Физика и химия стекла. 1980. Т. 6. № 4. С. 511-512.
- [3] Е к и м о в А.И., С к в о р ц о в А.П., Ш у б и н а Т.В., Ш у м и л о в С.К., Э ф р о с Ал.Л. // ЖТФ. 1989. Т. 5. В. 3. С. 202-204.
- [4] Г а л е ч я н М.Г., Е к и м о в А.Е., К а р а в а н - с к и й В.А., Л и н д и н Н.М., С ы ч у г о в В.А., Т и ш е н к о А.В. // Краткие сообщения по физике. 1989. № 11. С. 32-34.
- [5] К л е ч к о в с к а я В.В., М а с л о в В.Н., М у р а - д о в М.Б., С е м и л е т о в С.А. // Изв. АН СССР, сер. Физическая. 1988. Т. 52. № 7. С. 1324-1326.
- [6] К у т е п о в А.М., М а с л о в В.Н., П е р в о в В.С., М у р а д о в М.Б. // ДАН СССР. 1989. Т. 304. № 4. С. 900-903.
- [7] Э ф р о с Ал.Л., Э ф р о с А.Л. // ФТП. 1982. Т. 16. В. 7. С. 1209-1214.
- [8] Интегральная оптика / Под ред. Т. Тамира. М.: Мир. 1978. 444 с.

П о с т у п и л о в Р е д а к ц и ю  
14 а п р е л я 1991 г.