

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СТИМУЛИРОВАННАЯ ГЕТЕРОЭПИТАКСИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ A_2B_6 ИЗ МОС

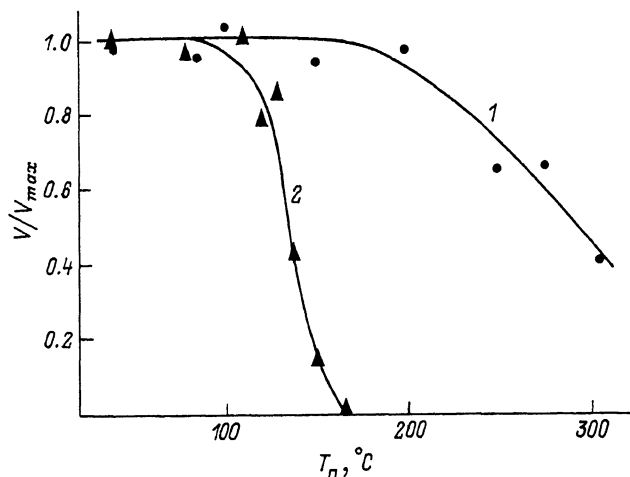
Т.И. Бенюшиц, М.И. Василевский,
Б.В. Гурылев, С.Н. Ершов,
А.Д. Зорин, Г.А. Каржин,
А.Б. Озеров, В.А. Пантелеев,
И.А. Фешенко

Одна из главных проблем газофазной эпитаксии полупроводниковых пленок из паров металлоорганических соединений (МОС) – снижение температуры подложки без уменьшения скорости роста. Это особенно актуально для ртутьсодержащих соединений группы A_2B_6 . В последние годы наметились три основных направления решения этой проблемы: фотостимулированное осаждение из МОС [1], использование сравнительно нестабильных производных исходных МОС [2] и прекрекинг [3].

В настоящей работе впервые исследованы возможности низкотемпературной эпитаксии пленок $CdTe$, $HgTe$, $Cd_xHg_{1-x}Te$ (КРТ) в плазме индуктивного ВЧ-разряда. Рост пленок осуществлялся в прочном горизонтальном реакторе при пониженном давлении в потоке гелия. Исходными МОС служили диметилкадмий, диметилтеллур и диэтилртуть. В качестве подложек для $CdTe$ использовались образцы монокристаллического $GaAs$ с ориентацией (100), а осаждение слоев, содержащих ртуть, проводилось на буферные слои $CdTe$.

Было обнаружено, что основными технологическими параметрами, определяющими закономерности роста пленок и их свойства, являются мощность ВЧ-разряда (W), давление (P), скорость потока и вид газа-носителя, парциальные давления исходных МОС и температура подложки (T_{II}). От величины W , P , вида газа-носителя зависят концентрация и температура электронного газа в реакторе, что контролирует скорость диссоциации молекул МОС [4]. Проведенные *in situ* масс-спектрометрические исследования показали, что распад МОС происходит в основном уже в газовой фазе. Именно это обстоятельство и позволяет существенно снизить температуру подложки.

Осаждение пленок наблюдается при T_{II} от комнатной и выше со скоростями роста (V_p) до 10 мкм/ч. На рисунке показаны температурные зависимости V_p для пленок $CdTe$ и $HgTe$. Видно, что зависимость $V_p(T_{II})$ имеет аномальный для МОС-технологии характер (уменьшение скорости роста пленки с увеличением температуры подложки) и соответствует поведению этого параметра при молекулярно-пучковой эпитаксии [5]. Снижение скорости роста с увеличением T_{II} при этом связано, очевидно, с процессом десорбции



Температурные зависимости относительной скорости роста для пленок $CdTe$ (1) и $HgTe$ (2).

атомов с поверхности. Так, определенная из зависимости на рис.1 (кривая 1) энергия активации этого процесса составляет 0.43 эВ, что совпадает с вычисленной в [6] энергией связи адатома Cd на поверхности $CdTe$.

Во всем исследованном температурном интервале поверхность пленок теллурида кадмия была зеркально гладкой, однако их свойства существенно зависят от температуры подложки. При $T_n < 150$ °C пленки были поликристаллическими как разориентированными, так и текстурированными по направлению (100) или (111). Получались слои как кубической, так и гексагональной модификации. Для $T_n > 150$ °C реализуется эпитаксиальный режим роста $CdTe$, и с повышением температуры наблюдается резкое улучшение структуры пленок. Это проявляется в уменьшении ширины максимума дифракционного отражения от направления (400) на рентгенограммах и в увеличении интенсивности пика, связанного с экситонной рекомбинацией в спектрах фотолюминесценции.

Отмеченная закономерность подтверждает мысль, высказанную в [6]: для эпитаксиального роста пленки необходимо, чтобы скорость поверхностной миграции адатомов (а именно она определяется T_n) превышала скорость их поступления на поверхность. Отсюда вытекает возможность дальнейшего понижения граничной температуры послойного роста пленок в нашем случае: уменьшение парциального давления исходных МОС в газовой фазе.

Закономерности осаждения пленок $HgTe$ и КРТ во многом аналогичны случаю $CdTe$, однако нижняя температурная граница эпитаксиального режима роста для теллурида ртути составляет 80 °C, а для пленок $Cd_xHg_{1-x}Te$ лежит в пределах 80-150 °C

и определяется величиной „ x “. Холловские измерения пленок теллурида ртути толщиной 3–5 мкм методом Ван-дер-Пау показали, что в зависимости от условий роста концентрация и подвижность электронов имеют величину $n = (1-10) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, $\mu_n = (3.2-1.5) \times 10^4 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{с}$ и $n = (0.6-7.0) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, $\mu_n = (6.6-4.2) \times 10^4 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{с}$ для температуры измерения 300 и 77 К соответственно. Следует отметить, что полученные значения подвижности электронов превосходят величину μ_n для пленок HgTe , выращенных как при более высоких температурах с использованием МОС [7] и молекулярно-пучковой эпитаксией [5], так и методом плазмохимического осаждения [8].

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] I r v i n e S.Y.C., M u l l i n Y.B. and al. // Journal of Crystal Growth. 1988. V. 86. P. 188–197.
- [2] L i c h f m a n n L.S., P a r s o n s J.D., C i r l i n E.-H. // Journal of Crystal Growth. 1988. V. 86. P. 217–221.
- [3] W a n g C.-H., L u P.-Y., W i l l i a m s L.M. // Appl. Phys. Lett. 1986. V. 48. N 16. P. 1085–1086.
- [4] С л о в е ц к и й Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме. М.: Наука, 1980. 310 с.
- [5] C h e u n g J.T. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 23. P. 1940–1942.
- [6] D р у б ы р г х P.M. // Journal of Crystal Growth. 1988. V. 87. P. 397–407.
- [7] P a r s o n s J.D., L i c h t m a n n L.S. // Journal of Crystal Growth. 1988. V. 86. P. 222–227.
- [8] W i l l i a m s L.M., L u P.-Y., W a n g C.-H., P a r s e y J.M. Jr., S. N. G. Chu. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 21. P. 1738–1740.

Поступило в Редакцию
14 декабря 1988 г.