

06.2; 06.3; 12

© 1991

ЭЛЕКТРОННАЯ ПОДВИЖНОСТЬ СЛОЕВ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ, ПОЛУЧАЕМЫХ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИЕЙ В АТМОСФЕРЕ ВОДОРОДА

Б.К. М е д в е д е в, В.Г. М о к е р о в

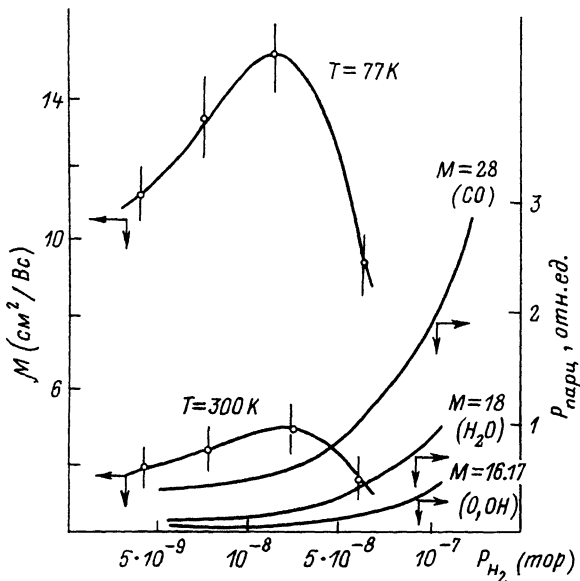
Исследованию влияния водорода на свойства эпитаксиальных структур $GaAs$, $AlGaAs$ уделяется значительный интерес [1–6]. Это связано с высокой восстановительной способностью водорода и возможностью ее использования для вариации характеристик полупроводниковых структур.

В работах [1–6] исследовалось воздействие водородной плазмы на оптические и электрические свойства слоев $GaAs$ и $AlGaAs$. Наблюдавшееся увеличение интенсивности фотолюминесценции в результате указанной обработки объяснено нейтрализацией центров безызлучательной рекомбинации. В [2] также указано и на увеличение электронной подвижности при плазменной обработке образцов при повышенной температуре (350 °C). В то же время авторами [3] не было выявлено изменения при воздействии водородной плазмы.

В работах [5–6] в отличие от работ [1–4] введение водорода в слой $AlGaAs$ и $GaAs$ осуществлялось путем введения молекулярного водорода H_2 непосредственно в редактор молекулярно-лучевого роста. В этом случае молекулы H_2 претерпевают на растущей поверхности химические превращения, обусловленные многостадийной гетерогенной реакцией. В [5] наблюдалось существенное изменение интенсивности фотолюминесценции в $AlGaAs$ при повышении парциального давления водорода в ростовой камере, однако заметного изменения электронной подвижности μ_e не обнаружено.

Учитывая важность электронных транспортных свойств электронов для функционирования сверхскоростных приборов, в настоящей работе выполнены целенаправленные исследования по выяснению влияния водорода на величину подвижности электронов μ_e в слоях арсенида галлия. При этом, как и в [5–6], введение водорода осуществлялось в процессе молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ).

Слой $GaAs$ выращивались при различных давлениях молекулярного спектрально-чистого H_2 в МЛЭ-реакторе. Напуск водорода осуществляется через игольчатый клапан. В качестве легирующей донорной примеси использовался Si . Концентрация Si донорной примеси подбиралась равной $1.5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, а толщина слоев $GaAs$ составляла 1 мкм. Скорость роста и температура подложки поддерживались постоянными и составляли 1 мкм/час и 600 °C соответственно. Давление в ростовой камере контролировалось



Зависимости электронной подвижности в эпитаксиальных слоях $GaAs$ и парциальных давлений фоновых примесей от давления H_2 в реакторе МЛЭ.

ионизационным манометром, а химический состав остаточной атмосферы – квадрупольным масс-спектрометром.

Измерения электронной холловской подвижности выращенных слоев проводилась методом Ван-дер-Пау при температурах 300 и 77 К. На рисунке представлены результаты измерений зависимости от парциального давления водорода P_{H_2} , из которой следует существенное влияние водородной атмосферы на величину μ_e . В интервале давлений H_2 от $5 \cdot 10^{-9}$ до $5 \cdot 10^{-8}$ тор электронная подвижность возрастает почти в 1.5 раза, достигая максимальных значений 5500 и 16 000 см²/Вс при 300 и 77 К соответственно. Однако при дальнейшем увеличении давления P_{H_2} μ_e уменьшается. На этом же рисунке приведены результаты масс-спектрометрических измерений парциальных давлений наиболее активных компонентов, присутствующих в вводимом молекулярном водороде, как функции P_{H_2} . Из этих данных следует, что область резкого спада на зависимости $\mu_e(P_{H_2})$ совпадает с областью быстрого увеличения парциальных давлений CO, H_2O , O и OH.

Полученные результаты свидетельствуют, что в нашем эксперименте до $P_{H_2} \leq 5 \cdot 10^{-8}$ тор в выращиваемых слоях $GaAs$ преобладает процесс снижения концентрации рассеивающих центров, ограничивающих подвижность электронов. Однако при $P_{H_2} \geq 5 \cdot 10^{-8}$ тор, по-видимому, сказываются загрязнения, присутствующие в используе-

мом нами молекулярном водороде, которые вводят дополнительные неконтролируемые рассеивающие центры. Возможно, что использование более чистого H_2 позволит усилить эффект изменения подвижности.

Таким образом, с учетом результатов работы [2], выполненные нами исследования, показывают, что, как и в случае обработки в водородной плазме при повышенной температуре (350 °C), введение водорода в процессе МПЭ-роста слоев $GaAs$ приводит к увеличению как интенсивности фотолуминесценции, так и электронной подвижности. Очевидно, в обоих случаях происходит снижение концентрации рассеивающих центров для электронного транспорта и центров безызлучательной рекомбинации для фотолуминесценции. Возможно, что в случае МПЭ-роста более активно осуществляется процесс очистки поверхности роста за счет химической реакции водорода с рядом неконтролируемых примесей.

Отсутствие увеличения подвижности при плазменной обработке слоев $GaAs$ при комнатной температуре (300 °K), очевидно, связано с введением радиационных дефектов, обуславливающих дополнительное электронное рассеяние.

В заключение следует отметить, что проведение МПЭ-роста в атмосфере водорода может быть использовано для улучшения транспортных свойств электронного газа слоев в $GaAs$. Полученные результаты свидетельствуют, что эффективность этого способа должна возрастать с повышением степени очистки используемого молекулярного водорода.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] N a b i t y J.C., S t a v o l a M., L o p a t a J., D a u t r e m o n t - S m i t h W.C., T u C.W. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 50. N 14. P. 921-923.
- [2] M c C l u s k e y F.P., P f e i f f e r L., W e s t K.W., L o p a t a J., S c h n o e s M.L., H a r r i s T.D., P e a r t o n S.J., D a u t r e m o n t - S m i t h W.C. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 54. N 18. P. 1769-1771.
- [3] В а с и л ь е в А.М., К о п ь е в П.С., Л ы с е н - к о В.С., Н а з а р о в А.Н., Н а у м о в е ц Г.А., П о п о в В.Б., Т к а ч е н к о А.С., У с т и - н о в В.М. // П и с ь м а в Ж Т Ф. 1990. Т. 16. В. 20.
- [4] M a t s u s h i t a K., S o t o T., S o t o Y., S u g i y m a Y., H a r i u T., S h i b a t a Y. // IEEE Transactions on Elektron Devise. 1984. V. ED-31. P. 1092-1096.

- [5] K o n d o K., M u t o S., N a n b u K.,
I s h i k a w a T., H i g a m i z u S. //
Collekt Paper of MBE - CST - 2. 1982. To-
kyo.
- [6] S u g i u r a H., K a w a s h i m a M., H o -
r i h o s h i Y. // Jap. J. of Appl. Phys.
1986. V. 25. P. 950-954.

Поступило в Редакцию
26 июля 1991 г.