

О ПРИЧИНАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АНИЗОТРОПИИ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ GaMnAs.

Газизулина А.С., Даминов Р.Ш.
Национальный Университет Узбекистана

Спинтроника - новая активно развивающаяся область науки и техники, связанная с изучением закономерностей формирования спиновых взаимодействий в металлах и полупроводниках с примесями переходных или редкоземельных элементов, которые обуславливают уникальные свойства этих материалов. В спинтронике предполагается, что для передачи информации используются как заряд носителей, так и их спиновая ориентация, что позволяет с одной стороны существенно повысить плотность передаваемой информации, а с другой стороны уменьшить энергию, необходимую для передачи одного бита информации.

В настоящее время ферромагнитные полупроводники на базе соединений A^3B^5 рассматриваются в качестве базовых материалов для создания приборов и структур полупроводниковой спинтроники. Особое место среди этих материалов занимает GaMnAs. Перспективность его применения обусловлена, с одной стороны, возможностью интеграции с традиционными, немагнитными элементами полупроводниковой спинтроники, а с другой стороны уникальной комбинацией полупроводниковых и магнитных свойств. Согласно принятым на сегодняшний день моделям ферромагнитное упорядочение в полумагнитных полупроводниках, к которым относится GaMnAs, возникает в результате взаимодействия между локализованными спинами магнитных ионов и спинами делокализованных или слабоделокализованных дырок [1]. В GaMnAs

Активации
Чтобы актив

атомы марганца, занимая позиции в подрешетке галлия, являются носителями локализованных спинов и выступают одновременно как акцепторы, поставляющие дырки в валентную зону полупроводника, что исключает необходимость его легирования дополнительными примесями [1,2]. Теоретические оценки показывают возможность получения твердых растворов $Ga_xMn_{(1-x)}As$ с температурой Кюри порядка 300 К при значениях $x = (0,07 \div 0,1)$ [3].

В тоже время возможности создания ферромагнитного упорядочения в GaMnAs ограничены слабой растворимостью примеси Mn в полупроводниковой матрице GaAs. Данное ограничение может быть преодолено при получении GaMnAs термодинамически неравновесными методами, такими как низкотемпературная молекулярно-лучевая эпитаксия (НТ МЛЭ) [4].

Однако, эпитаксиальные слои, полученные при помощи НТ МЛЭ характеризуются высокой концентрацией структурных дефектов, кроме того значительная концентрация примеси Mn в полупроводниковой матрице приводит к тому, что постоянная решётки GaMnAs становится больше, чем постоянная решётки нелегированного марганцем арсенида галлия. Повышенная дефектность слоев GaMnAs и несоответствие параметров решётки GaAs и GaMnAs приводит возникновению в нем полей деформаций и механических напряжений. Наличие деформаций в свою очередь приводит к изменению порядка симметрии GaMnAs и сопровождается изменением его зонной структуры вследствие чего магнитные и транспортные характеристики отличаются от характеристик ненапряженного кристалла.

К настоящему времени установлено, что характер эффектов, связанных с анизотропией магнитных свойств GaMnAs находящегося в состоянии ферромагнитного упорядочения зависит от величины и знака механических напряжений в эпитаксиальном слое, а также концентрацией носителей заряда в его объеме [5]. В то же время природа этих зависимостей не может считаться окончательно установленной, что обуславливает интерес к изучению влияния данных факторов на характер анизотропии магнитных характеристик эпитаксиальных слоев GaMnAs.

Поскольку анизотропия магнитных свойств GaMnAs определяет возможность эффективного управления ориентацией спина носителя заряда в полупроводниковой матрице, она может оказывать определяющее влияние на параметры создаваемых на основе GaMnAs приборов и структур. С другой стороны понимание природы эффектов, приводящих к возникновению анизотропии магнитных свойств GaMnAs и их зависимости от величины механических напряжений, концентрации дефектов и примесей в эпитаксиальном слое и других факторов, может сделать возможным, путём выбора технологических режимов эпитаксии и последующих обработок, получать слои GaMnAs с заданными параметрами анизотропии. Такие слои в свою очередь могут быть использованы для создания приборных структур спинтроники с заданными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. T. Dietl, H. Ohno, F. Matsukura, J. Cibert, D. Ferrand, *Science* 2000. V.287. P 1019 - 1021
2. V.A. Ivanov, T.G. Aminov, V. M. Novotortsev, V. T. Kalinnikov, *Russian Chemical Bulletin* 2004. V. 53 № 11. P. 2357 - 2405.
3. Y. L. Soo, S. W. Huang, Z. H. Ming, Y. H. Kao, and H. Munekata, *Phys. Rev., B*, 1996, 53,4905.
4. T. Hayashi, M. Tanaka, H. Shimada, N. Tsuchiya, Y. Otuka, *J. Cryst. Growth* 1997, V.175/176. P. 1063
5. T. Dietl, *J. Appl. Phys.* 2001. V.89 P/ 7437 - 7444.