

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

УДК 621.382.2

DOI: 10.17223/00213411/66/1/56

АРСЕНИД ГАЛЛИЯ С ВКЛЮЧЕНИЯМИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ MnAs
НАНОКЛАСТЕРОВ В КАЧЕСТВЕ МАТЕРИАЛА ДЛЯ СПИНТРОНИКИ. Ч. 1

С.С. Хлудков, И.А. Прудаев, О.П. Толбанов, И.В. Ивонин

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Представлен обзор литературы по магнитным свойствам арсенида галлия, легированного марганцем (GaMnAs), с включениями нанокластеров. Экспериментальные исследования однозначно показали, что GaMnAs с включениями нанокластеров обладает ферромагнитными свойствами с температурой Кюри 350–360 К, что значительно выше, чем у разбавленного магнитного полупроводника GaMnAs, содержащего однородно распределенные атомы марганца. Ферромагнитные свойства таких структур обусловлены включениями нанокластеров MnAs в матрице GaAs. Показано, что GaMnAs с включениями MnAs является перспективным материалом для изготовления устройств спинтроники.

Ключевые слова: *арсенид галлия, нанокластеры, магнитные свойства, температура Кюри.*

Введение

Разбавленные магнитные полупроводники (DMS) привлекают внимание исследователей как материал для создания приборов спинтроники. Ожидают, что сочетание полупроводниковых и магнитных свойств позволит получить новые функциональные возможности по сравнению с современными полупроводниковыми приборами: более высокое быстродействие, меньшее потребление энергии – и в результате создать многофункциональные устройства в области спиновой электроники, спиновой оптоэлектроники, квантовых компьютеров [1–6]. При этом ферромагнитные полупроводники должны сохранять ферромагнетизм при комнатной температуре и интегрироваться с материалами современной микроэлектроники, такими как Si, Ge, GaAs.

Наиболее изученным из DMS является GaAs, легированный марганцем (GaMnAs). При этом он является одним из основных материалов современной микроэлектроники. Изучению GaMnAs посвящено значительное количество публикаций, в том числе ряд обзоров (например, [7–10]).

Ферромагнитный GaMnAs впервые был получен группой Оно в 1996 г. методом низкотемпературной молекулярно-лучевой эпитаксии (LT MBE) и имел температуру Кюри $T_C = 110$ К [11]. Довольно быстро T_C DMS GaMnAs была повышена до 190 К [12]. Это было достигнуто за счет увеличения концентрации Mn в GaAs и проведения послеростовых термообработок. В настоящее время T_C GaMnAs составляет около 200 К [7, 8]. DMS GaMnAs, содержащий однородно распределенные магнитные атомы Mn, стал модельной системой для целого класса DMS и его исследованию посвящено большое число работ [7–9, 13–15].

В некоторых ранних работах сообщалось о получении величины T_C DMS GaMnAs выше комнатной температуры, но позднее было установлено, что это – результат образования в GaMnAs включений второй фазы, обладающей высокой T_C . То, что GaMnAs может содержать нанопреципитаты MnAs, впервые было показано уже в 1996 г. [16, 17]. После того, как авторами работ [18, 19] было показано, что GaMnAs, содержащий нанопреципитаты MnAs, имеет высокую T_C (вплоть до 360 К), стало ясно, что он имеет большие потенциальные возможности для спинтроники. Начались интенсивные исследования этого материала [20–22]. Изучению свойств GaMnAs, содержащего нанопреципитаты MnAs, посвящено значительное число работ, в том числе монографии [23, 24]. Следует отметить, что после них появилось много новых публикаций.

Для получения DMS GaMnAs используют неравновесный процесс низкотемпературной молекулярно-лучевой эпитаксии с последующим низкотемпературным отжигом при 170–250 °С. Концентрация Mn может достигать 10% [25–27]. При этом атомы Mn равномерно распределяются в матрице GaAs. Отжиг при более высоких температурах (400–700 °С) приводит к образованию на-

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>