

А.П.Штейнгарт

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОВЕРХНОСТНОЙ ФОТО-ЭДС
ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ**

Basic objectives of the gallium arsenide quality analysis in the course of the microwave devices producing are considered. Analysis of the epitaxial gallium arsenide structures, grown on the semiinsulating substrates, with the method of surface photo-EMF measuring is realized. Method of surface photo-EMF measuring by the original plant is described. The analysis of influence of the chemical processing on results of measurement surface photo-EMF is carried out. It is found, that method of photo-EMF measuring can be used for investigation of the different chemical processing techniques.

Введение

Для производства полевых транзисторов с барьером Шотки (ПТШ) диапазона сверх-высоких частот наиболее широко применяется арсенид галлия. Опыт производства показывает, что на параметры ПТШ основное влияние оказывают длина затвора транзистора, свойства исходного полупроводника и паразитные сопротивления в цепях истока и затвора. Таким образом, актуален вопрос о качестве полупроводникового материала. Тем более, что с течением временем возрастает сложность и, как следствие, стоимость используемых структур, сочетающих в себе различные по электрофизическим свойствам слои толщиной до нескольких нанометров. Не менее важным фактором является разработка и использование технологии, минимально снижающей качество исходного полупроводника.

Метод измерения поверхностной фото-ЭДС соответствует требованиям, предъявляемым к методам исследования материала в технологии полупроводников. В работе, посвященной исследованию эпитаксиальных структур арсенида галлия (см. лит.), было показано, что СВЧ параметры арсенидгаллиевых ПТШ, в частности коэффициент шума, коррелируют со значениями поверхностной фото-ЭДС. Эта методика может использоваться не только для оценки качества эпитаксиальных структур арсенида галлия. В данной работе рассматривается использование метода измерения поверхностной фото-ЭДС для анализа процессов химической обработки полупроводника при изготовлении ПТШ научно-производственным предприятием «Планета-Аргалл» (Великий Новгород).

Методика исследования

При исследовании эпитаксиальных структур арсенида галлия методом измерения поверхностной фото-ЭДС участок поверхности полупроводника освещается модулированным по амплитуде монохроматическим излучением от лазерного диода. Облучение приводит к модуляции электрического заряда на поверхности образца, измеряемого с помощью емкостного датчика, при этом производится сканирование узлом лазер — датчик всей площади пластины. Результаты измерений записываются ЭВМ, благодаря этому имеется возможность представления результатов в различной форме.

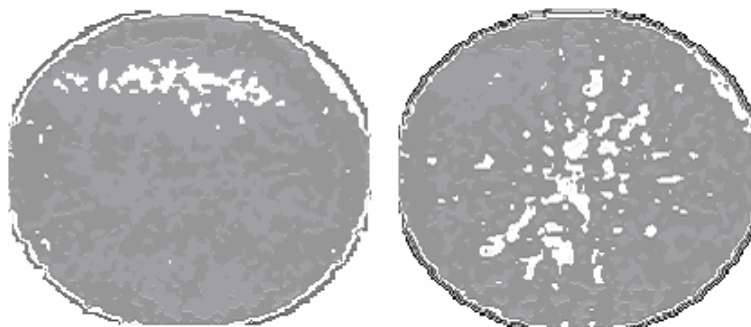
Спектральные зависимости сечений фотоионизации для глубоких центров HL1 (хром) и EL2 в полуизолирующем арсениде галлия представляют собой широкие полосы (интервал энергий 0,7...1,5 эВ). Генерация носителей заряда под действием лазерного излучения с энергией квантов 1,48 эВ (для GaAs $E_G = 1,43$ эВ) обуславливает изменение зарядового состояния полупроводника, при этом происходят энергетические переходы носителей заряда «зона — зона» и «глубокий центр — зона». За счет сильного собственного поглощения эффект локализуется в приповерхностной (менее 1 мкм) области структур. Высокая эффективность процесса собственной рекомбинации и диффузия избыточных носителей заряда от поверхности позволяет по времени выделять из общего фона заряженные глубокие уровни в приповерхностном слое эпитаксиальных структур.

Основные результаты и обсуждение

Исследовалось влияние химической обработки структур арсенида галлия в перекисно-аммиачном растворе, ацетоне и соляной кислоте на результаты измерения поверхностной фото-ЭДС.

В технологии ПТШ перекисно-аммиачный раствор (ПАР) применяется для травления GaAs. С точки зрения последующих этапов технологического процесса практически все сводится к требованию неизменности до и после травления состояния поверхности GaAs, каковое может быть оценено измерением поверхностной фото-ЭДС. Для этого образцы структур (n^+ -слой на поверхности) после обработки в ПАР (1:1:80) в течение 10, 30 и 60 с исследовались на установке измерения поверхностной фото-ЭДС путем многократных последовательных измерений. Было выяснено, что измеряемая фото-ЭДС независимо от времени травления насыщается через 10...15 мин нахождения на воздухе — вероятно, вследствие образования стабильного собственного окисла на поверхности GaAs. Изменения значений поверхностной фото-ЭДС после стабилизации по сравнению со значениями до травления не наблюдалось.

Обработка в кипящем ацетоне с целью удаления органических загрязнений широко распространена в технологии полупроводниковых приборов. Исследование эпитаксиальных структур GaAs после обработки в ацетоне выявило малую длительность переходных процессов после такой обработки и изменение распределения поверхностной фото-ЭДС по сравнению с первоначальным, при этом изменений величин фото-ЭДС в целом не наблюдалось (см. рис.). Связь этого изменения с наличием органических загрязнений вероятно, поскольку такие вещества, хотя и слабо поглощают излучение, способны влиять на показания емкостного датчика вследствие полярности молекул. При последующей обработке образца в 3%-м растворе соляной кислоты, используемой для «освежения» поверхности GaAs, наблюдается восстановление распределения фото-ЭДС до первоначального. Причина такого явления пока не ясна, возможно, имеет место недостаточная чистота применяемых реактивов.



Распределения поверхностной фото-ЭДС образца до (слева) и после кипячения в ацетоне

Анализ результатов обработки структур в соляной кислоте подтвердил, что длительность процесса стабилизации поверхности, предположительно связанного с образованием собственного окисла, составляет 10...15 мин.

Выводы

Использование метода измерения поверхностной фото-ЭДС позволяет не только оценивать качество исходного арсенида галлия, но и анализировать и повышать качество процессов химической обработки GaAs.

Подтверждено, что травление арсенида галлия в перекисно-аммиачном растворе (1:1:80) не приводит к ухудшению характеристик. Кроме того, выяснено, что процесс стабилизации поверхности структур GaAs, предположительно связанный с образованием собственного окисла, на открытом воздухе при комнатной температуре длится 10...15 минут.