УДК 621.794.4

ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРА ТРАВЛЕНИЯ ПОДЛОЖЕК GaAs В БРОМНЫХ ТРАВИТЕЛЯХ ОТ СПОСОБА ХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ

К. т. н. Г. А. Пащенко, М. Ю. Кравецкий, к. ф.-м. н. А. В. Фомин

Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарёва НАН Украины
Украина, г. Киев
ipsfomin@ukr.net

В зависимости от способа полирования подложек GaAs (химико-динамического или бесконтактного химико-механического) в бромных травителях одинакового состава возможна реализация селективного или полирующего характера травления. Проведенные расчеты показывают, что различие может быть обусловлено протеканием реакции растворения двумя путями, вероятность которых определяется гидродинамическими условиями полирования.

Ключевые слова: поверхность, химико-динамическое полирование, бесконтактное химико-механическое полирование.

Состояние поверхности полупроводниковой пластины-подложки существенным образом влияет на работу изготавливаемых полупроводниковых приборов, поэтому важно знать ее дефектность и морфологию после каждого этапа обработки (резки, полировки) в технологической карте передела слитка. Решающее значение имеют применяемые методы финишной обработки подложки, определяющие, кроме глубины нарушенного поверхностного слоя, характеристики полученной поверхности — ее планарность и шероховатость, морфологию.

Нами проведено сравнительное исследование химико-динамического (ХДП) и бесконтактного химико-механического (БХМП) методов полирования пластин на финишной стадии изготовления подложек GaAs. Было обнаружено, что на стороне пластины GaAs(111)B, обработанной методом ХДП в 2%-ном растворе Br_2 в HBr, образуются ямки травления, которые, однако, не наблюдались при полировании этой же пластины в этом же растворе методом БХМП. Известно [1], что селективные свойства травителя обусловлены высокими энергиями активации реакции растворения, тогда как полирующие свойства проявляются при низких энергиях активации. Но, поскольку при полировании обоими названными способами использовался один и тот же травитель, можно предположить, что растворение GaAs в данном травителе может идти двумя альтернативными путями – с высокой и низкой энергией активации. При этом, в зависимости от условий полирования, может преобладать какой-то один из этих двух «конкурирующих» механизмов растворения. Экспериментально было установлено, что при БХМП скорость растворения поверхности в несколько раз больше, чем при ХДП. Это говорит о том, что концентрация травителя на поверхности реакции при БХМП значительно выше, чем при ХДП. Представляется, что именно этим фактом можно объяснить преобладающую роль механизма растворения с низкой энергией активации при БХМП.

Одной из основных причин образования ямок травления при химическом полировании является наличие в образце дислокаций, выходящих на поверхность. Нами была разработана компьютерная «квазитрехмерная» модель растворения кристаллического материала вблизи выхода дислокации на поверхность, учитывающая возможность протекания реакции по двум механизмам:

1) реакция первого порядка с высокой энергией активации,

2) реакция второго порядка с низкой энергией активации.

Если концентрация травителя на поверхности реакции мала, то мала и вероятность реакции второго порядка, вследствие чего преобладает селективное травление, характеризуемое высокой энергией активации. С увеличением концентрации травителя вероятность реакции второго порядка

возрастает, что может привести к преобладанию полирующего травления, которое характеризуется низкой энергией активации.

В разработанной нами модели учитывалось различие энергии связи отдельных атомов кристаллической решетки с их окружением в зависимости от их расположения относительно морфологических дефектов поверхности (выступы, впадины, «ступеньки» – см. рис. 1).

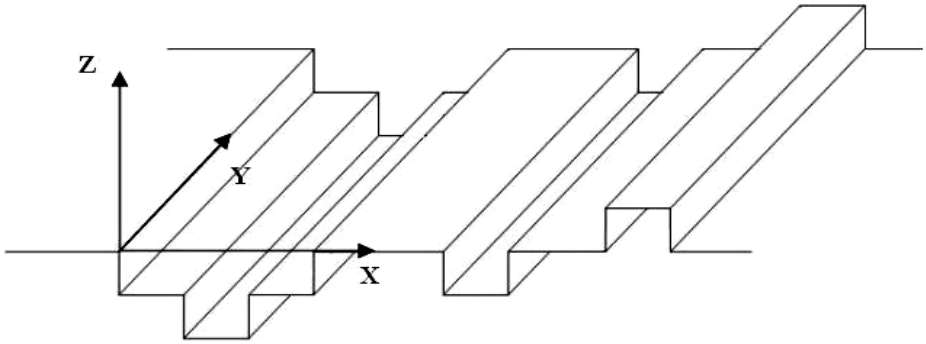

Рис. 1. «Квазитрехмерное» изображение морфологических дефектов поверхности. Атомы располагаются на «ребрах» дефектов.

Всего было рассмотрено 9 разных вариантов расположения атома относительно морфологических дефектов поверхности, каждый из которых характеризовался индивидуальным числом n_i, принимающим значение от 5 до 12, в зависимости от количества атомов в его ближайшем окружении. Это число вместе с коэффициентами пропорциональности b_1 и b_2 ($b_1>b_2$) определяет энергию активации реакции травления $E_a = b_j n_i$, входящую в формулу Аррениуса:

$$p = A \exp(-b_j n_i / kT), \quad (1)$$

где p — вероятность химического взаимодействия молекулы травителя с атомом кристаллической решетки; A — множитель, характеризующий частоту столкновений молекул.

С помощью формулы (1) рассчитывалась вероятность химической реакции, которая тем выше, чем меньше величины b_1, b_2 и n_i и чем больше температура T.

Стационарный размер ямки травления, образуемой в месте выхода дислокации на поверхность, рассчитывался по диффузионной теории Бома—Клебера [1], согласно которой рост ямки прекращается, когда плотности диффузионных потоков ко дну ямки и к поверхности вдали от ямки выравниваются вследствие увеличения диффузионной длины ко дну ямки. Расчеты показывают, что для коэффициента b_2 существует критическая величина, ниже которой ямка травления при больших концентрациях травителя на поверхности реакции вообще не возникает.

Разработанная нами конвективно-диффузионная модель позволила описать особенности процессов сглаживания поверхности пластин как при БХМП, так и при ХДП.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Сангвал К. Травление кристаллов.— Москва: Мир, 1990.

G. A. Paschenko, M. J. Kravetsky, A. V. Fomin

Dependence of the nature of bromine etching of GaAs substrates on the method of chemical polishing.

Depending on the method of polishing GaAs substrates (chemical-dynamic method or chemical-mechanical contactless method) in the same composition bromine etchants it is possible to realize either selective etching or polishing etching. The calculations show that the difference may be due to the two ways of dissolution reaction progress, the probability of which is determined by the hydrodynamic polishing conditions.

Keywords: *surface, chemical-dynamic polishing, chemical-mechanical contactless polishing.*