

06;10;12

Исследование процесса сухого травления нитрида алюминия ионным пучком

© Д.М. Демидов, Р.В. Леус, В.П. Чалый

Центр перспективных технологий и разработок,
С.-Петербург

Поступило в Редакцию 5 февраля 1997 г.

Проведено сравнительное исследование процесса сухого травления AlN ионным пучком. Определены скорости травления в зависимости от параметров процесса для слоев, полученных газофазной эпитаксией и с помощью магнетронного распыления. Продемонстрирована возможность формирования заданного рельефа (системы мезаполосков) в слое AlN. Показано, что данный метод может быть использован для планаризации поверхности AlN.

Одной из актуальных задач современной оптоэлектроники, связанной с созданием полупроводниковых светодиодов и гетеролазеров синие-зеленого спектрального диапазона [1], является разработка методов формирования профилированных структур на основе нитридов III группы, включая AlN. Решение этой задачи методом традиционной фотолитографии, основанным на обработке образцов в жидкостных растворах, затруднено из-за высокой химической стойкости нитридов. Поэтому перспективны новые методы формирования структур с заданной геометрией.

Данная работа посвящена исследованию процесса сухого травления AlN, полученного различными методами, с использованием коллимированного ионного пучка.

Для травления использовался широкий частично нейтрализованный коллимированный пучок ионов аргона с энергией до 1 КэВ. Ионный

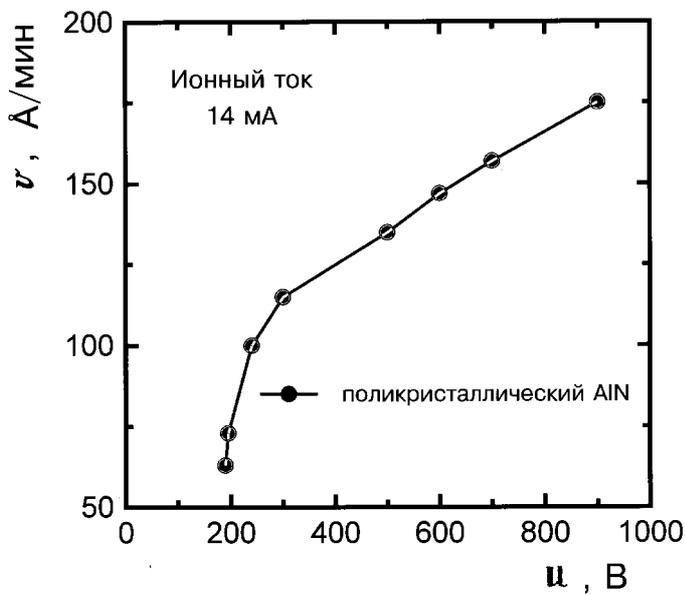


Рис. 1. Зависимость скорости травления нитрида алюминия от ускоряющего напряжения.

источник был установлен во фланце колпака многофункциональной вакуумной установки. Расстояние между эмиттерной сеткой источника и образцом составляло ~ 80 мм. Образец располагался на вращающемся пьедестале. Скорость вращения пьедестала в процессе травления составляла 100 об/мин. Угол падения ионного пучка мог изменяться от 0 до 90 градусов.

С целью сравнения в качестве объектов применения метода нами были выбраны следующие материалы: монокристаллический арсенид галлия АГНК-3 с ориентацией (100), слои нитрида алюминия, выращенные на подложках из лейкосапфира с помощью реактивного магнетронного распыления при температуре 600°C и газофазного осаждения в хлоридной системе при 1100°C . Слои AlN, полученные магнетронным распылением, имели поликристаллическую структуру с заметной шероховатостью поверхности, достигающей 3000 \AA ; слои, выращенные с по-

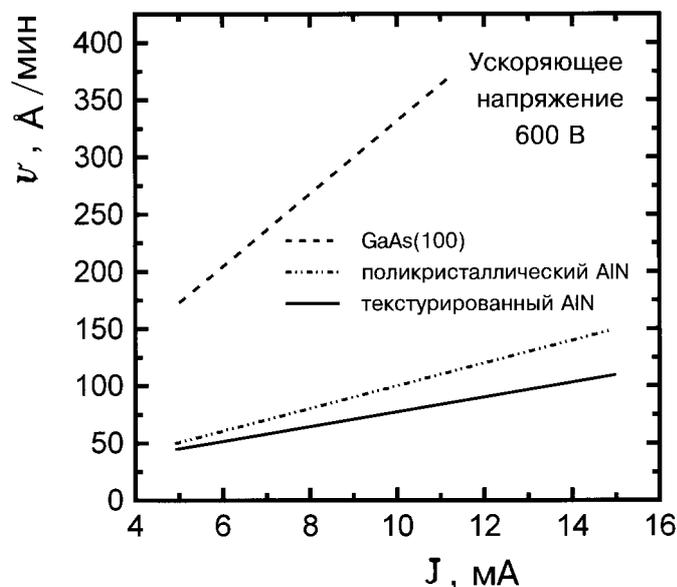


Рис. 2. Зависимость скорости травления арсенида галлия и нитрида алюминия, полученного различными методами, от тока ионного пучка.

мощью газофазной эпитаксии, обладали высокой текстурированностью. Рентгеновский гетероструктурный анализ таких слоев, выполненный на установке ДРОН-2 (излучение Cu_{α}), выявил отражение только от плоскостей, перпендикулярных направлению $\langle 0001 \rangle$.

Прежде всего было проведено исследование сухого травления кристаллов в зависимости от технологических параметров процесса. На всех образцах глубина травления менялась линейно со временем, что говорит о постоянстве скорости травления. Были определены зависимости скорости травления GaAs, поликристаллических и высокотекстурированных слоев AlN от ускоряющего напряжения при постоянном токе ионного пучка 14 мА. Одна из таких кривых, полученная на поликристаллическом AlN приведена на рис. 1. Как видно из рисунка, в диапазоне 300–1000 В наблюдается линейная зависимость скорости травления от ускоряющего напряжения, а при уменьшении напряжения ниже 300 В скорость травления резко падает, уменьшаясь до нуля

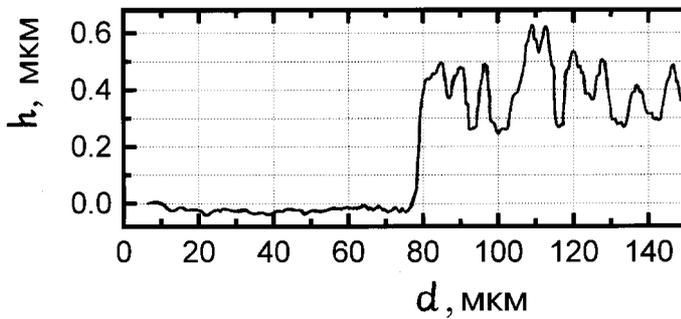


Рис. 3. Профилометрическая кривая поверхности слоя нитрида алюминия после травления (слева) и нетравленного участка (справа).

при $U \approx 50-70$ В. Такая зависимость согласуется с теоретическими представлениями о каскадном механизме распыления поверхности, характерном для данного диапазона энергий падающих ионов [2,3]. В свою очередь, это позволяет сделать вывод о практическом отсутствии в пучке высокоэнергетических ионов.

На рис. 2 представлена зависимость скорости травления GaAs и слоев AlN при различных значениях тока ионного пучка и постоянном ускоряющем напряжении 600 В. Во всем исследуемом диапазоне токов наблюдалось линейное увеличение скорости травления. Скорости травления исследуемых материалов при одинаковых характеристиках пучка, естественно, заметно отличались и при токе 10 мА составляли: для GaAs ~ 330 Å/мин, для поликристаллического AlN ~ 100 Å/мин и для высокотекстурированного AlN — ~ 75 Å/мин.

Нами была опробована возможность планаризации поверхности AlN с помощью ее травления ионным пучком. Для этого использовались пленки AlN, выращенные магнетронным реактивным распылением и имеющие большую шероховатость поверхности. Травление осуществлялось через фоторезистивную маску. На рис. 3 приведена профилометрическая кривая поверхности слоя AlN после травления (левая часть) и закрытого маской в процессе травления (правая часть). Из рисунка видно, что характерные размеры шероховатости поверхности после травления уменьшились от ~ 0.3 мкм до десятков ангстрем.

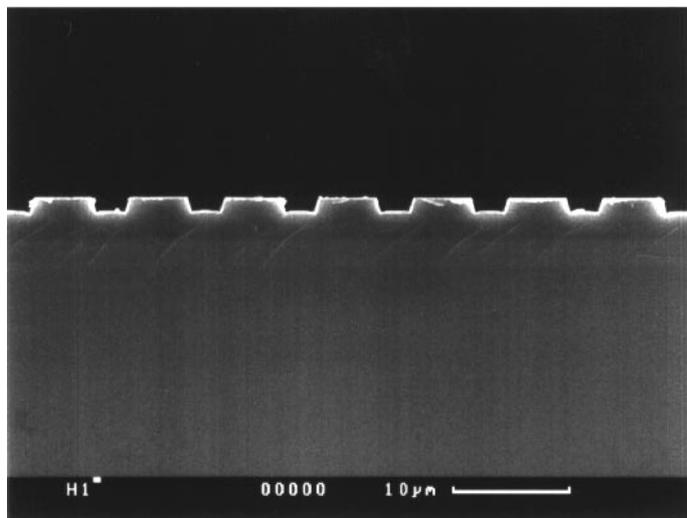


Рис. 4. Микрофотография скола структуры с мезаполосками, сформированными в слое нитрида алюминия.

Разработанная методика ионного травления была применена для создания рельефа на поверхности слоя, текстурированного AlN. С этой целью использовалась маска из фоторезиста с размерами 5 мкм через 3 мкм, сквозь которую было произведено сухое травление слоя AlN на глубину ~ 2 мкм с образованием системы мезаполосков. На рис. 4 показана микрофотография скола структуры после травления и удаления фоторезистивной маски.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

метод ионного травления позволяет формировать рельеф на поверхности AlN и сглаживать шероховатость поверхности;

скорости травления зависят от способа получения AlN и степени его кристалличности.

Данная работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 96-02-17203).

Список литературы

- [1] *Morkoc H., Strite S., Gao G.B., Lin M.E., Sverdlov B., Burns M.* // J. Appl. Phys. 1994. С. 76. N 3. P. 1363–1398.
- [2] *Glöersen P.G.* // J. Vac. Sci. Technol. 1975. V. 12. N 1. P. 28–35.
- [3] *Ивановский Г.Ф., Петров В.И.* // Ионно-плазменная обработка материалов. М.: Радио и связь, 1986. 281 с.