

10; 11; 12

© 1991

СИНТЕЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ α -Fe
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИОННО-ЛУЧЕВОГО СМЕШИВАНИЯ
И ПРЯМОЙ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИЛ.П. Чупятова, И.Г. Мурзин,
Т.Е. Пекшева, И.А. Комаровский

Традиционными методами формирования тонких пленок нитридов Al и Fe являются реактивные магнетронное напыление [1], ионно-лучевое распыление [2], ионное покрытие [3] и молекулярно-лучевая эпитаксия [4]. Однако в большинстве из них используется высокая температура процесса, а полученные покрытия нуждаются в последующей термообработке. Для низкотемпературного синтеза нитридов в поверхности может быть предложена прямая высокодозная имплантация ионов азота в обрабатываемые металлы [5-8]. Сформированные таким образом нитриды обладают высокими механическими характеристиками, в частности, высокой твердостью, что делает возможным создание на их основе новых износостойких материалов [9].

Целью данной работы является формирование на поверхности α -Fe покрытия AlN с использованием следующих методов: 1) ионно-лучевого смешивания (ИЛС) для повышения адгезии к основе [10, 11]; 2) прямой ионной имплантации для синтеза соединения [5-8].

В экспериментах использовали механически полированные образцы α -Fe с тонкопленочными покрытиями Al . Пленки Al толщиной 100 нм наносили методом магнетронного напыления. Перед нанесением пленки поверхность образцов подвергалась ионно-плазменной очистке. Имплантация проводилась на установке High Voltage Engineering BV в два этапа - сначала ионами Ar^+ с энергией 120 кэВ и дозой $D = 3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, а затем - ионами N_2^+ с $E = 50 \text{ кэВ}$ и $D = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Ожеэлектронная спектроскопия (ОЭС) с послойным травлением применялась для получения распределений концентраций основных элементов (Al , Fe , N , O , C) по глубине образца. Для исследования структуры имплантированных слоев использовался метод просвечивающей электронной микроскопии.

Выбор описанных выше режимов имплантации основан на моделировании с помощью программы ТРИМ [12] торможения ионов Ar^+ и N_2^+ в исходном двухслойном образце. На рис. 1, а приведены рассчитанные профили энергии E_n , внесенной в упругих столкновениях с атомами мишени. Видно, что энергия E_n , вносимая ионами N_2^+ (кривая 1), теряется в тонкой пленке Al , не

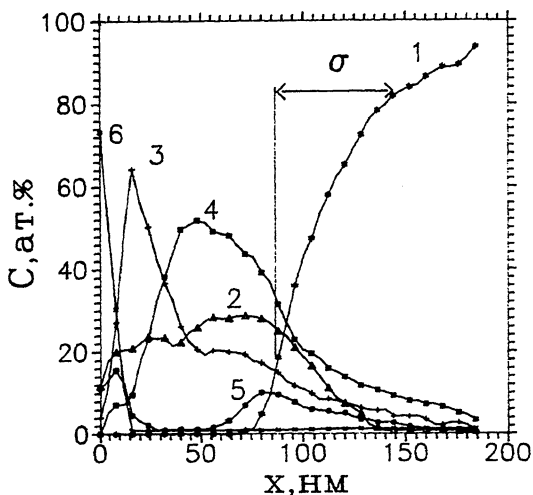


Рис. 1. Результаты моделирования торможения ионов Ar^+ и N_2^+ в α -Fe с алюминиевым покрытием толщиной 100 нм. На рис. 1, а кривые 1, 2 обозначают профили энергии E_N , внесенной ионами Ar^+ и N_2^+ в упругих столкновениях с атомами мишени, соответственно; на рис. 1, б кривые 3, 4 относятся к экспериментальному и рассчитанному распределению концентрации N внедренного азота как функции глубины x соответственно.

способствуя перемешиванию атомов Al и Fe . Создание перемешанного слоя обеспечивается облучением более тяжелыми ионами Ar^+ , так как максимум распределения E_N (кривая 2) приходится на внутреннюю границу двухслойного образца, что является необходимым условием технологии ИЛС [10, 11].

Характер распределения основных элементов и ширину перемешанного слоя σ [10, 11] после облучения определяли из данных ОЭС, представленных на рис. 2. Взаимное проникновение Al и Fe происходит равномерно, а величина σ составляет ≈ 50 нм.

Для синтеза AlN использовали прямую имплантацию N_2^+ в поверхность, модифицированную ИЛС. Как видно из рис. 1, б, средний проекционный пробег R_p ионов азота составлял ≈ 50 нм и почти весь внедренный азот оставался в пленке Al . Максимальная концентрация азота составляла ≈ 54 ат.%. Экспериментальный и рассчитанный профили (кривые 3 и 4 соответственно) практически совпадают за исключением участков, соответствующих интервалам глубин от 0 до 20 нм и от 100 до 180 нм, что связано с наличием на поверхности тонкого слоя окисла и массопереносом азота вглубь основы за счет ее разогрева при облучении соответственно.

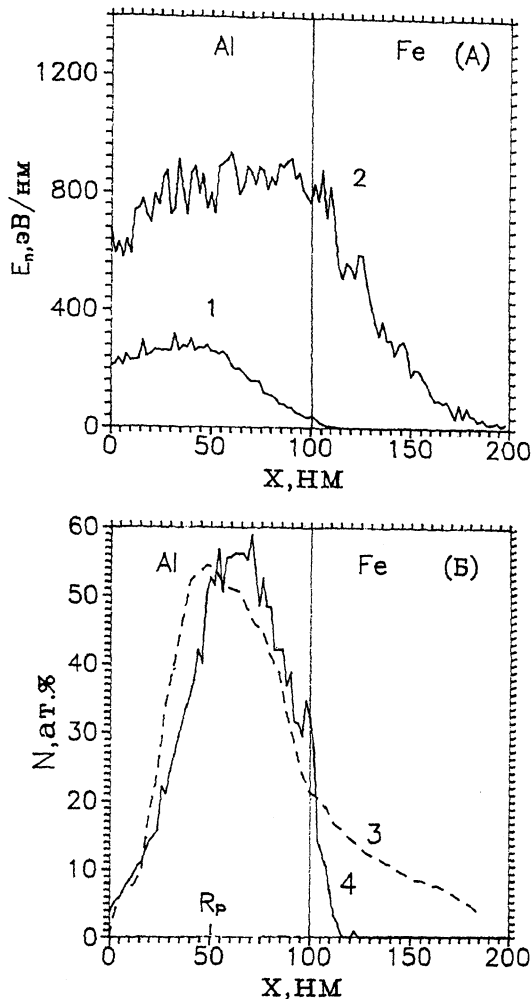


Рис. 2. Зависимость концентрации C основных элементов от глубины образца x после имплантации Ar^+ и N_2^+ . 1 - Fe, 2 - Al, входящий в состав нитрида, 3 - Al, 4 - N, 5 - O, 6 - C.

Об образовании фазы AlN свидетельствует корреляция (рис. 2) между профилем Al, входящего в состав нитрида (кривая 2) и профилем азота (кривая 4). Данный результат был подтвержден путем электронно-микроскопического исследования поперечного среза имплантированного образца на просвет. В результате расшифровки картин микродифракции установлено, что в модифицированном облучением покрытии присутствуют поликристаллические слои Al и его нитрида.

Результаты предварительных испытаний износостойкости свидетельствуют о ее увеличении в 3-4 раза по сравнению с необработанными образцами.

Таким образом, в данной работе показано, что прямая высокодозная имплантация в сочетании с ИЛС может успешно применяться для формирования износостойких покрытий *AlN* на поверхности железа.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Ohuchi F.S., Russell P.E. // J. Vac. Sci. & Technol., 1987. V. A5. N 4. P. 1630-1635.
- [2] Erler H.-J., Reisse G., Weismantel C. // Thin Solid Films. 1980. V. 65. N 2. P. 233-238.
- [3] Murayama Y., Kashiwagi K. // J. Vac. Sci. & Technol. 1980. V. 17. N 4. P. 796-801.
- [4] Yoshida S., Misawa S., Gonda S. // J. Vac. Sci. & Technol. 1983. V. B1. N 2. P. 250-255.
- [5] Chatterjee P., Batabyal A.K. // Thin Solid Films. 1989. V. 169. N 1. P. 79-86.
- [6] Ohira S., Iwaki M. // Mat. Sci. & Eng. 1987. V. 90. N 1. P. 143-148.
- [7] McCune R.C., Donlon W.T., Plummer H.K., Toth Js.L., Kunz F.W. // Thin Solid Films. 1989. V. 168. N 2. P. 263-280.
- [8] Lieske N., Hezel R. // J. Appl. Phys. 1981. V. 52. N 9. P. 5806-5810.
- [9] Chapman G.E., King B.V., MacDonald R.J. // Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res. 1989. V. B39. N 2. P. 535-539.
- [10] Чупятова Л.П., Комаровский И.А., Мурзин И.Г., Пекшева Т.Е. // Поверхность. 1991. № 6. С. 133-145.
- [11] Чоупятова Л.П., Комаровский И.А., Мурзин И.Г., Виденская Т.Е. 3rd International Conference on Energy Pulse and particle beam modification of materials. Dresden, GDR, 4-8 sept. 1989.
- [12] Ziegler J.F., Biersack J.P., Littmark U. The stopping and range of ion in solids. New York: Pergamon, 1985. V. 1. Edited by Ziegler J.F., P. 314.

Поступило в Редакцию
5 июля 1991 г.