

В. А. ЛОГВИН, А. С. ЧЕРНОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В последнее время возрастающее внимание получило легирование конструкционных металлических материалов примесями внедрения (N, C, B, O). Основными предпосылками такой тенденции стали простота получения соответствующих ионных потоков высокой плотности, сравнительно большая глубина их проникновения в материал образца-мишени, высокая химическая активность и возможность образования высокопрочных включений в поверхностных слоях обрабатываемых металлических материалов. Вместе с тем многие исследования по использованию имплантации ионов различных металлов в поверхностные слои изделий базируются на изменении фазового состояния приповерхностного слоя и полиморфизма. Область исследований данного научно-технического направления получила название «ионно-лучевой металлургии».

**Ионная имплантация** (ионное внедрение, ионное легирование) – введение примесных ионов (атомов) в твёрдое тело бомбардировкой его поверхности ускоренными частицами, приводящее к проникновению их вглубь мишени. Внедрение становится существенным при энергии более одного кэВ. Движущиеся частицы в результате многократных столкновений постепенно теряют энергию (тормозятся), рассеиваются и в конечном итоге либо отражаются, либо останавливаются, распределяясь в объеме поверхностного слоя по глубине (рис.1).

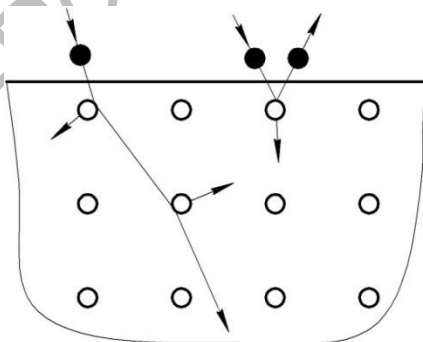


Рис.1. Схема потерь энергии внедряющимся ускоренным ионом

Ионная имплантация имеет ряд преимуществ:

- возможность вводить любой элемент и легировать любой материал;
- легкость локального легирования применяя маскирование или другие доступные методы;

– большие градиенты концентрации примеси по глубине слоя, недостижимые при традиционных методах с неизбежным диффузионным размыванием границы;

– легкость контроля и автоматизации технологического процесса.

Однако существует ряд ограничений, лимитирующих возможности ионной имплантации:

– **возможность вводить любую примесь** иногда ограничена свойствами рабочего вещества ионного источника (слишком высокая рабочая температура, химическая или температурная нестойкость, чрезмерная токсичность, коррозионная активность);

– **локальность легирования** при имплантации возможна применением дополнительных устройств виде масок, ионы материала которых могут испаряться в межкатодное пространство;

– **снижение концентрации примеси по глубине вследствие радиационно-стимулированной диффузии примеси.**

Легирование металлов при облучении их ионами с энергией до и более 10 кэВ имеет ряд характерных особенностей, отличающих его от других способов приготовления сплавов:

– легирование приводит к образованию в приповерхностной области материала атомных смесей, состав которых не лимитируется принципами термодинамики;

– одновременно с ионно-лучевым легированием генерируется большое количество дефектов структуры, которые сильно влияют на расположение вводимых атомов в решетку кристалла и могут вызывать перемещения атомов как на малые, так и на большие расстояния.

Изменяя сорт внедряемых ионов, дозу ионного облучения, температуру образца-мишени, скорость набора дозы, удается получать насыщенные и пересыщенные твердые растворы, метастабильные или аморфные состояния материалов поверхностного слоя.

Часто прибегают к одновременной имплантации ионов различных элементов периодической таблицы. Это связано с повышением адгезии между слоями материалов, которые в природе плохо взаимодействуют в чистом виде. При этом в подслое ионно-имплантированных металлических образцов формируется дислокационная структура как результат деформационных процессов, протекающих в ходе ионной имплантации и в последующий за ионной имплантацией промежуток времени. Подобные процессы вызываются напряжениями, которые генерируются как в самом приповерхностном слое, так и инжектироваться из поверхностного слоя, вследствие релаксации как статических напряжений, связанных с изменением объема поверхностного слоя, так и динамических напряжений, инициируемых при внедрении ионов в образец-мишень.