

МИКРОТВЕРДОСТЬ КОБАЛЬТА, ИМПЛАНТИРОВАННОГО ИОНАМИ БОРА

М.Б.Корнийчук, В.М.Анищик

Белорусский государственный университет, 220050, Республика Беларусь,
г. Минск, пр.Ф.Скорины, 4, e-mail:kornij@phys.bsu.unibel.by

В работе исследовано влияние имплантации ионов бора на изменение микротвердости поликристаллического кобальта. Интервал имплантированных доз составил $10^{16} - 10^{17}$ ион/см². Обнаружена дозовая и глубинная зависимость изменения микротвердости.

I. Введение

Известно, что ионная имплантация позволяет существенно изменять свойства металлов. Имплантируя различные элементы можно модифицировать механические, трибологические, коррозионные свойства поверхностных слоев, увеличить химическую активность катализаторов. Все эти эффекты обусловлены главным образом структурно-фазовыми изменениями, происходящими в имплантированных слоях. Причем в некоторых случаях такие изменения наблюдаются на глубинах, значительно превышающих средний проективный пробег ионов в материале. Чаще всего для имплантации используют пучки ионов азота, бора и углерода, хотя в последнее время этот круг значительно расширился, вплоть до химических соединений.

В работе исследовалось изменение микротвердости кобальта, имплантированного ионами бора.

II. Эксперимент

Поликристаллические образцы кобальта чистой 99.98% имплантировались ионами бора с энергией 30 кэВ в интервале доз $10^{16} - 10^{17}$ ион/см². Для предотвращения разогрева образца плотность ионного тока не превышала 2.5 мкА/см². Величина среднего проективного пробега и среднеквадратичного разброса пробегов ионов составила соответственно 490 А и 230 А.

Микротвердость образцов измерялась на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузках на индентор 20, 30 и 40 г и выдержке 10 сек.

III. Обсуждение результатов

К настоящему времени известно несколько механизмов упрочнения металлов при ионной имплантации.

К ним относится твердорастворное упрочнение, которое обусловлено взаимодействием движущихся дислокаций с такими барьерами, как растворенные атомы. Если концентрация растворенных атомов в мишени увеличивается, то могут изменяться периоды решетки и силы упругого взаимодействия, что будет тормозить движение дислокаций.

Еще один механизм упрочнения связан со структурными или фазовыми изменениями, например, с образованием в мишени новых фаз. Вокруг новых фаз возникают поля высоких упру-

гих напряжений, которые тоже приводят к торможению дислокаций.

Не последнюю роль в упрочнении играют и напряжения, которые могут вызываться радиационными дефектами.

На рис. 1. приведена зависимость изменения микротвердости кобальта от дозы имплантации.

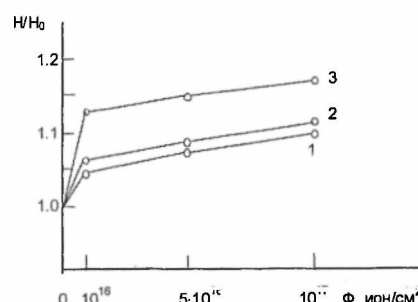


Рис.1. Относительное изменение микротвердости кобальта, имплантированного ионами бора. 1 – нагрузка 40, 2 – 30, 3 – 20 г.

Видно, что с ростом дозы имплантации величина микротвердости кобальта увеличивается, причем увеличение нагрузки на индентор уменьшает этот эффект.

Большой интерес представляет зависимость величины микротвердости кобальта от глубины отпечатка индентора (рис.2)

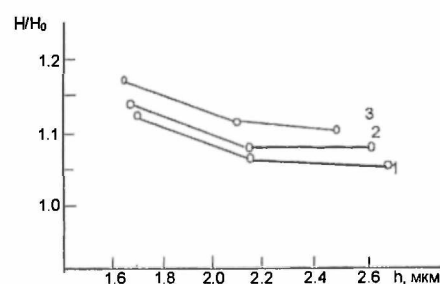


Рис.2. Относительное изменение микротвердости кобальта, от глубины. 1 – доза 10^{16} , 2 – $5 \cdot 10^{16}$, 3 – 10^{17} ион/см²

Из данного рисунка следует, что с ростом глубины отпечатка от индентора прирост микротвердости уменьшается. Это, вероятно, обусловлено тем, что вклад в величину микротвердости кроме нарушенного имплантацией поверхностного слоя будут вносить и значительно более глубокие слои, в которых при этих дозах формируется

дислокационная структура более высокой плотности [1]. Подобные результаты были получены ранее для имплантированной ионами крупнозернистой меди [2]. Кроме того, согласно [3] вклад в микротвердость дает не только слой, толщина которого равна глубине отпечатка, но и нижележащий слой.

Как уже отмечалось, возможны несколько механизмов упрочнения. Анализ показывает, что вклад твердорастворного упрочнения вряд ли может быть существенным. Твердый раствор бора в кобальте является твердым раствором внедрения, а растворимость пренебрежимо мала [4].

Более значительный вклад в упрочнение могут вносить боридные фазы, формирующиеся в процессе имплантации. По мере роста боридных выделений возрастают и поля упругих напряжений вокруг них. В [5] отмечается, что захваченные частицами новой фазы дислокационные петли будут создавать в плоскостях скольжения значительные напряжения обратного знака по отношению к напряжениям, которые вызывают скольжение. Такие обратные напряжения приводят к дополнительному упрочнению. Кроме того, следует учитывать, что при образовании новых фаз изменяется энтальпия системы, которая определяет энергию межатомного взаимодействия. По мере увеличения количества боридных фаз увеличивается и доля ковалентной связи, что также влияет на изменение микротвердости.

Необходимо учитывать и упрочнение, связанное с напряжениями, которые обусловлены дефектами, образовавшимися при имплантации ионов бора. Проведенная оценка показывает, что в поверхностном слое мишени имеет место высокая концентрация точечных дефектов. Так один ион бора создает в кобальтовой мишени в среднем 230 вакансий. Кроме этого следует принимать во внимание образование вторичных дефектов, главным образом дислокаций, плотность которых может возрасти при имплантации на несколько порядков [6]. Согласно [7], именно

формирование при ионной имплантации развитой дислокационной структуры является одной из причин упрочнения поверхностных слоев металлов. Надо учесть, что область характерного изменения дислокационной структуры может простирается на глубины в десятки микрон, т.е. толщина модифицированного слоя оказывается значительно больше среднего проективного пробега ионов. В [8] предложена модель, объясняющая формирование дислокационной структуры на таких глубинах. Предполагается, что дислокации под действием высоких напряжений в имплантированном слое выталкиваются из него и по инерции движутся внутрь мишени. Расстояние, которое они проходят зависит от их ориентации и состояния мишени.

IV. Заключение

При имплантации ионов бора происходит увеличение микротвердости кобальта. Это, в первую очередь, связано с выделением боридных фаз и с образованием радиационных дефектов в поверхностном слое кобальта.

Список литературы

1. Гирсова Н.В., Гриценко Б.П., Шаркеев Ю.П. и др. // Изв. вузов. Физика. - 1998. - №11. - С.10.
2. Марков Ю.П., Гирсова Н.В., Рябчиков А.И. и др. // ФизХОМ. - 1996. - №4. - С.14.
3. Пащенко О.В., Гирсова Н.В., Гашенко С.А. и др. // ФизХОМ. - 1997. - №4. - С.13.
4. Lerner C., Caderille M. // J.Scr.met. - 1973. - v.7. - №9. - P.941.
5. Механизмы упрочнения твердых тел. Под. ред. Бернштейна М.Л. - М.: Металлургия, 1965. - 367с.
6. Poffer D.J., Ahmed M. and Lamonds S. // Ion Implantation and Ion Beam Processing of Materials. - 1984. - v.27 - P.117
7. Шаркеев Ю.П., Диденко А.Н., Козлов Э.В. // Изв. вузов. Физика. - 1994. - №5. - С.92.
8. Sharkeev Yu.P., Kozlov E.V., Didenko A.M. // Surface and Coating Technology. - 1966. - v.83. - P.15.

MICROHARDNESS OF COBALT IMPLANTATED WITH BORON IONS

M.B.Kornijchuk, V.M.Anishchik
Byelorussian State University, F. Scoryna Ave., 4, 220050, Minsk, Belarus
e-mail: komij@phys.bsu.unibel.by

The effect of boron ions implantation on the microhardness of polycrystalline cobalt was investigated. The interval of doses of implantation constituted $10^{16} - 10^{17} \text{ cm}^{-2}$. The dose and depth dependence of microhardness was found.

