

ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ТИТАН-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОТОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Ф.Ф. Комаров*, А.И. Купчишин, К.Н. Арюткин

Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Казахстан, Алматы

*Белорусский государственный университет, Белоруссия, Минск

Проведены исследования структуры образцов композитного материала на основе титана и полимера. Проведено моделирование процессов происходящих в материале под воздействием протонного облучения.

В настоящее время большое внимание в мире уделяется созданию материалов с заданными свойствами. Одним из способов регулирования их свойств при этом является воздействие пучками заряженных частиц [1-4]. В данной работе исследовались процессы, происходящие в титановых композитах под действием пучка протонов дозой 10^{17} см⁻² с энергией 300 кэВ.

После облучения снимались рентгенограммы с исходного и облученного образцов. На рисунке 1 (а, б) и 2 (а, б) показана рентгенограмма исходного и облученного протонами композита.

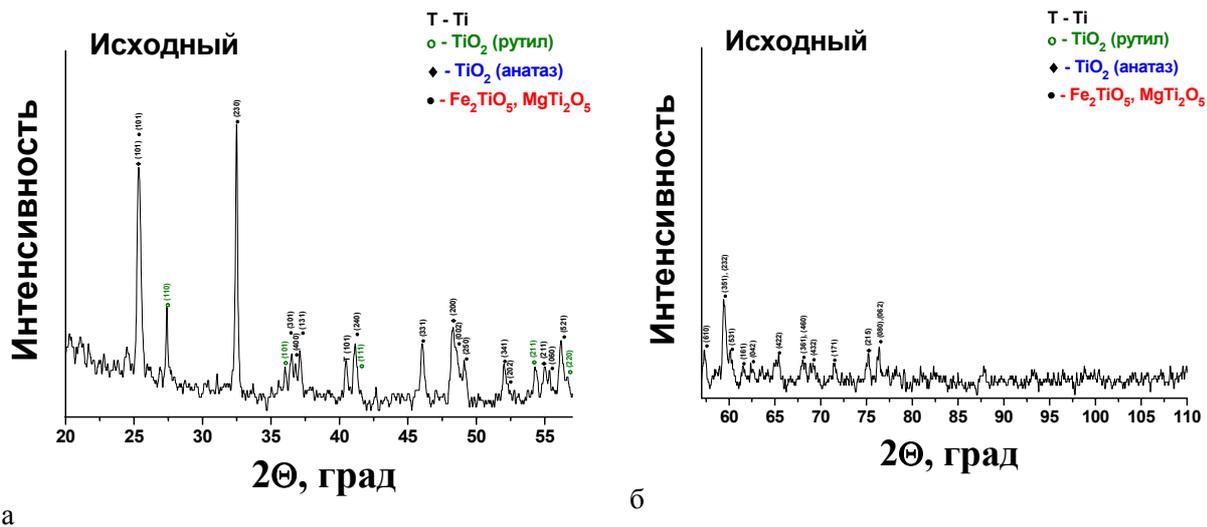


Рис. 1. Рентгенограмма, полученная на исходном образце а – угол дифракции от 0° до 55° ; б – угол дифракции от 55° до 110°

В результате расшифровки рентгенограмм обнаружены следующие фазы:

1 Титан: гексагональная примитивная решётка.

Параметры решётки (табличные):

$a=2,95$; $c=4,682$;

2 Оксиды титана:

2.1 Рутил: TiO_2 , тетрагональная примитивная решётка

Параметры решётки (табличные):

$a=4,594$; $c=2,959$;

2.2 Анатаз: TiO_2 , тетрагональная объёмноцентрированная решётка

Параметры решётки (табличные):

$a=3,797$; $c=9,579$;

3 Титанаты магния и железа: орторомбическая базоцентрированная решётка (ввиду того, что их структуры практически идентичны, дифракционные линии накладываются друг на друга)

3.1 $MgTi_2O_5$:

Параметры решётки (табличные):

$a=9,727$; $b=10,00$; $c=3,742$;

3.2 Fe_2TiO_5

Параметры решётки (табличные):

$a=3,756$; $b=9,812$; $c=10,09$;

На рисунках 3 (а, б, в, г) приведены рентгенограммы пиков титана, оксида титана в двух фазах (anatase и rutile) и систем $MgTi_2O_5$ и Fe_2TiO_5 , снятые с прецизионной точностью (ошибка составляет порядка 0,0025 градуса) для исходного и облученного протонами образцов.

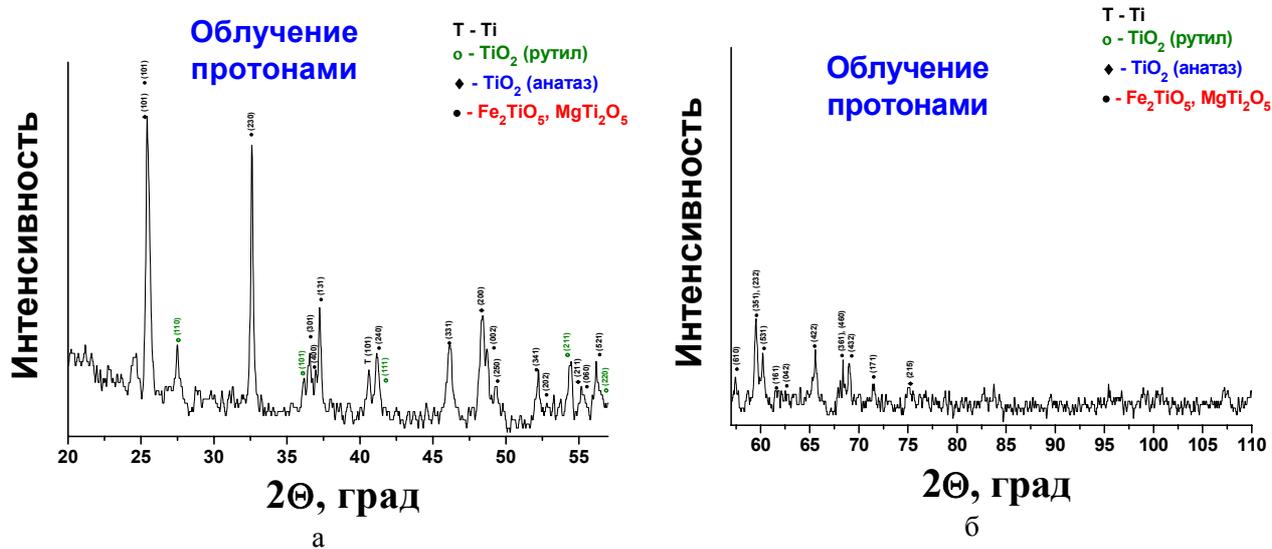
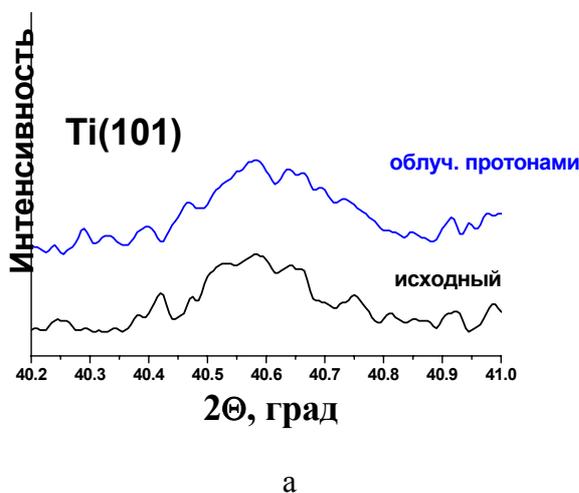
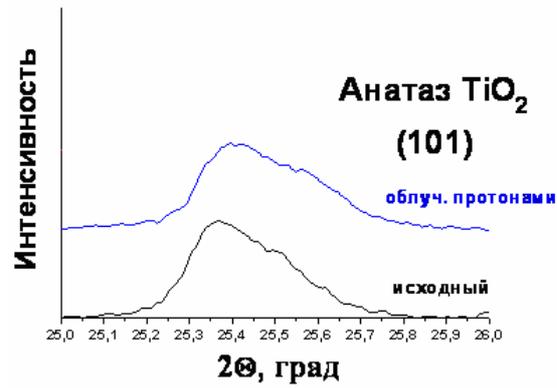
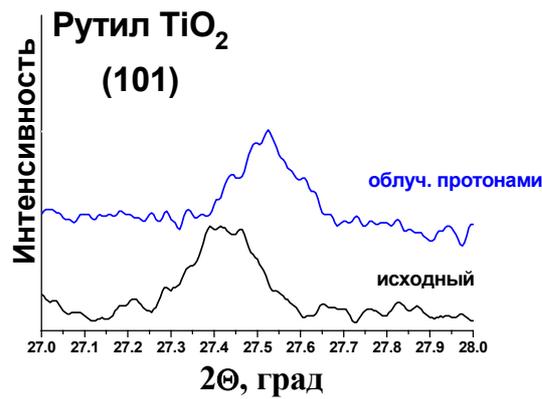


Рис. 2. Рентгенограмма, полученная на образце, облученном дозой протонов 10^{17} см^{-2} а – угол дифракции от 0° до 55° ; б – угол дифракции от 55° до 110°



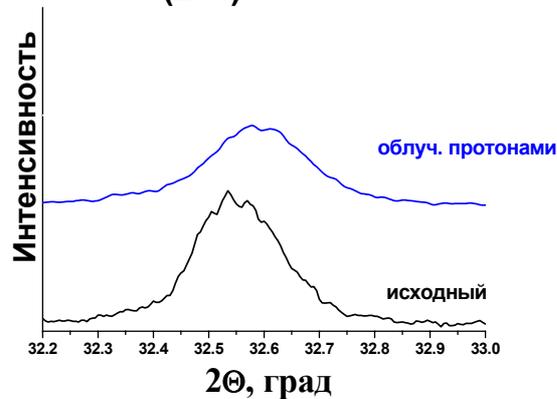


б



в

Оксиды MgTi_2O_5 , Fe_2TiO_5
(230)



г

Рис. 3. Прецизионная съемка отдельных дифракционных линий а – титан; б – анатаз; в – рутил; г – оксиды MgTi_2O_5 и Fe_2TiO_5

Из рисунков 3 (а, б, в, г) видно, что в результате облучения композитного материала протонами пики смещаются в область больших углов. Это объясняется увеличением межплоскостного расстояния и образованием дефектов. В таблице 1 приведены результаты исследований структурных изменений в решетках TiO_2 , Ti , MgTi_2O_5 и FeTiO_5 .

Таблица 1 – Результаты исследований структурных изменений в решётках TiO₂, Ti, MgTi₂O₅ и FeTiO₅

Фаза	Линия	Исходный образец		Облучение протонами			
		2Θ, град	d, Å	2Θ, град	d, Å	Δd, Å	Δd/d , %
TiO ₂ - анатаз	(101) 100%	25,365	3,511±0,002	25,420	3,505±0,002	-0,006	0,17
TiO ₂ - рутил	(110) 100%	27,430	3,251±0,002	27,525	3,240±0,002	-0,011	0,34
Ti	(101) 100%	40,580	2,223±0,001	40,625	2,220±0,001	-0,003	0,13
MgTi ₂ O ₅ FeTiO ₅	(230) 80%	32,545	2,751±0,002	32,595	2,747±0,002	-0,004	0,14

Здесь Θ – угол дифракции; d – межплоскостное расстояние (в ангстремах); Δd, |Δd/d| – соответственно абсолютное и относительное изменение межплоскостного расстояния.

Было проведено моделирование процессов происходящих в материале под воздействием облучения пучком протонов при помощи программы SRIM. Данная программа обладает широким спектром настроек. Устанавливается тип материала, количественное соотношение в нем атомов различных элементов, задается толщина слоя, энергия пучка и тип налетающих ионов, а так же угол пучка относительно поверхности. Можно задать несколько слоев различных материалов (исследование покрытий и пленок). В данной работе задавался композит на основе титана и полимера, в качестве налетающих частиц использовались протоны и ионы азота. Энергия пучка составляла 300 кэВ как для протонов так и для ионов.

Проведено моделирование облучения композитного материала на основе титана и полимера пучком протонов с энергией 300 кэВ. На рисунке 4 представлен профиль распределения протонов по глубине материала.

На рисунке 5 представлено распределение вакансий, образовавшихся в результате облучения, в узлах водорода, углерода, кислорода и титана по глубине образца.

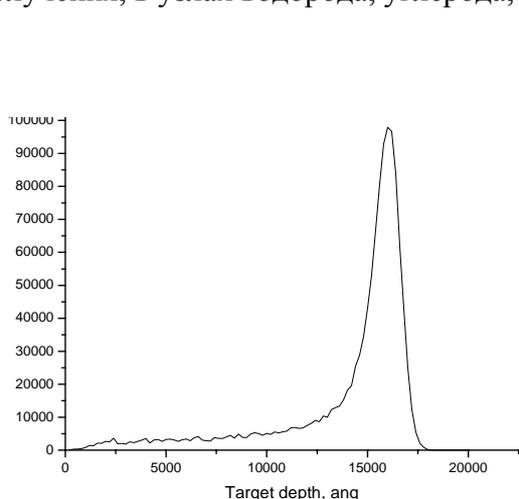


Рис.4. Профиль распределения протонов по глубине материала

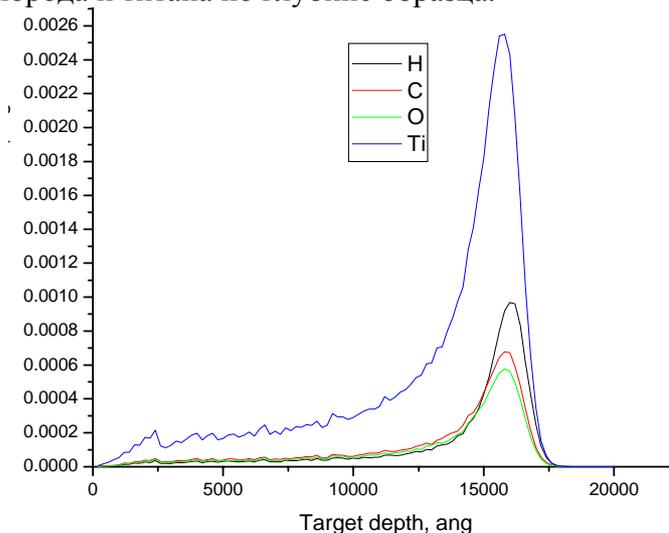


Рис. 5. Распределение по глубине материала вакансий на месте атомов водорода, углерода, кислорода и титана

Из рисунка 5 можно сделать вывод, что наибольшее число вакансий образовывается в узлах титана, что связано с большим значением сечения взаимодействия.

В результате проведенных исследований установлено, что под действием потока протонов в композитном материале на основе титана и полимера возникают дефекты структуры (вакансии, междоузельные атомы, вакансионные кластеры, дислокации), что приводит к увеличению межплоскостных расстояний, а следовательно и к изменению свойств материала. В результате моделирования процесса имплантации протонов в композитный материал получены профили их распределения. Выяснено, что основная часть вакансий образуется в узлах титана, что связано с большим значением сечения взаимодействия, а также с большей концентрацией атомов титана в композите.

Литература

1. Кудайкулова, С.К., Исаков, Р.М., Кравцова, В.Д., Умерзакова, М.Б., Abadie, M., Жубанов, Б.А. и др. Полимеры специального назначения. – Алматы: 2006. – 310 с.
2. Гольдман, А. Я. Прогнозирование деформационно-прочностных свойств полимерных и композиционных материалов: - Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1988. - 272 с.
3. Арюткин К.Н., Воронова Н.А., Ердыбаев Н., Купчишин А.И., Плотников С.В., Погребняк А.Д., Шмыгалев Т.А. Радиационные эффекты в титановых сплавах и композитах. - КазНПУ им. Абая, ТОО Кама, НИИЭТФ КазНУ им. аль-Фараби. – 2010. – 228с.
4. Воронова, Н.А., Шмыгалев, Т.А., Тогамбаева, А., Комаров, Ф.Ф., Купчишин, А.И., Купчишин, А.А., Плотников, С.В., Погребняк, А.Д., Таипова, Б.Г. Модификация свойств структуры железа и его сплавов, облученных ионными пучками. - КазНПУ им. Абая, ТОО Кама, НИИЭТФ Каз.НУ им. аль-Фараби. – 2010. – 263с.

ТИТАН-ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИТ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ПРОТОНДАРМЕН СӘУЛЕЛЕНДІРУ ӘСЕРІНЕН ӨЗГЕРУІ

Ф.Ф. Комаров, А.И. Купчишин, К.Н. Арюткин

Титан мен полимер негізіндегі композитті материал нұсқаларының құрылымдары зерттелген. Материалдағы сәулелендіру әсерінен өтетін процесстерді модельдеу жұмыстары жүргізілді.

RESTRUCTURING OF TITANIUM-POLYMER COMPOSITE UNDER IRRADIATION PROTON

F.F. Komarov, A.I. Kupchishin, K.N. Aryutkin

Investigations of the structure of samples of a composite material based on titanium and polymer. The simulation of processes occurring in the material under the influence of radiation.