ВЛИЯНИЕ МОЩНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИОННОГО ПУЧКА НА ТОПОГРАФИЮ ПОВЕРХНОСТИ ПИРОГРАФИТА И КРЕМНИЯ

А.Е. Лигачев[1)], М.В. Жидков[1)], Г.В. Потемкин[3)],
С.К. Павлов[2)], В.А. Тарбоков[3)], Е.В. Голосов[2)]
[1)]*Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН,*
ул. Вавилова 38, Москва 119991, ГСП-1, Россия, carbin@yandex.ru
[2)]*ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН,*
пр. академика Семенова 1, Черноголовка 142432, Россия,
zhidkov@icp.ac.ru, golosov@icp.ac.ru
[3)]*Томский политехнический университет,*
ул. Ленина 2а, Томск 634050, Россия, ep.gvp@yandex.ru,

С помощью оптической (конфокальной) микроскопии изучено влияние на поверхностный слой пирографита и кремния мощного импульсного ионного пучка (МИИП) состава 70% C_n^+ + 30% H^+ (ускоряющем напряжении 200 ± 10 кВ, длительности импульса ~ 100 нс). В результате воздействия МИИП изменяется шероховатость поверхности пирографита без образования кратеров и формируются трещины. На поверхности кремния образуются кратеры в виде правильных шестигранников.

Ключевые слова: мощный импульсный ионный пучок; пирографит; кратер; шероховатость.

INFLUENCE OF A HIGH POWER ION BEAM ON THE TOPOGRAPHY AND STRUCTURE OF THE PYROGRAPHITE AND SILICON SURFACE

A.E. Ligachev[1)], M.V. Zhidkov[2)], G.V. Potemkin[3)],
S.K. Pavlov[3)], V.A. Tarbokov[3)], E.V. Golosov[2)]
[1)]*A.M. Prokhorov Institute of General Physics of the Russian Academy of Sciences,*
38 Vavilova Str., 119991 GSP-1 Moscow, Russia, carbin@yandex.ru
[2)]*Federal Research Center for Problems of Chemical Physics and Medical Chemistry,*
Russian Academy of Sciences, 1 Academician Semenov Ave., 142432 Chernogolovka, Russia,
zhidkov@icp.ac.ru, golosov@icp.ac.ru
[3)]*Tomsk Polytechnic University, 2a Lenina Str., 634050 Tomsk, Russia, ep.gvp@yandex.ru*

Using optical (confocal) microscopy, the effect of a high-power pulsed ion beam (HPIB) of the composition 70% C_n^+ + 30% H^+ (accelerating voltage 200 ± 10 kV, pulse duration ~ 100 ns) on the surface layer of pyrographite and silicon was studied. As a result of the impact of MIIP, the roughness of the pyrographite surface changes without the formation of craters. Craters are formed on the silicon surface in the form of regular polygons.

Keywords: powerful pulsed ion beam; pyrographite; crater; roughness.

Введение

Механизм кратерообразования на поверхности таких конструкционных материалов как металлы, сплавы, а также кремний и графит после воздействии на них мощных импульсных ионных пучков (МИИП) изучается, но полное понимание этого явления пока отсутствует [1, 2]. Поэтому мы продолжаем проводить экспериментальные исследования, направленные на изучение влияния МИИП на приповерхностный слой конструкционных материалов, имеющих не только различную температуру плавления, но и структуру. Ранее нами были выполнены эксперименты по воздействию МИИП ионов углерода на поверхность магния [3], титана и его сплавов [4], а также нержавеющей стали [5].

В настоящей работе представлены результаты экспериментов по определению топографии и структуры поверхностного

слоя пирографита и кремния после воздействия на него МИИП. Пирографит обладает гладкой поверхностью, которую не нужно полировать, слоистой структурой, в нем практически отсутствует пористость. Кремний также имеет зеркальную и беспористую поверхность.

Материал и методика

Образцы пирографита и кремния размером 10 x 10 x 2 мм облучали на ускорителе “ТЕМП-4” [1] потоком ионов 70% C_n^+ + 30% H^+ при ускоряющем напряжении 200 ± 10 кВ, длительности импульса ~ 100 нс.

Морфологию поверхности и параметры шероховатости исследуемых материалов до и после обработки ионами исследовали с помощью лазерного конфокального микроскопа Optelics Hybrid (Lasertec).

Результаты и их обсуждение

Согласно данным конфокальной микроскопии воздействие МИИП не приводит к формированию кратеров на поверхности пирографита (рис. 1, 2). В результате воздействия МИИП на поверхности пирографита возникают участки темного цвета (рис. 2 а, б), для их идентификации в дальнейшем необходимо применение метода рамановской спектроскопии.

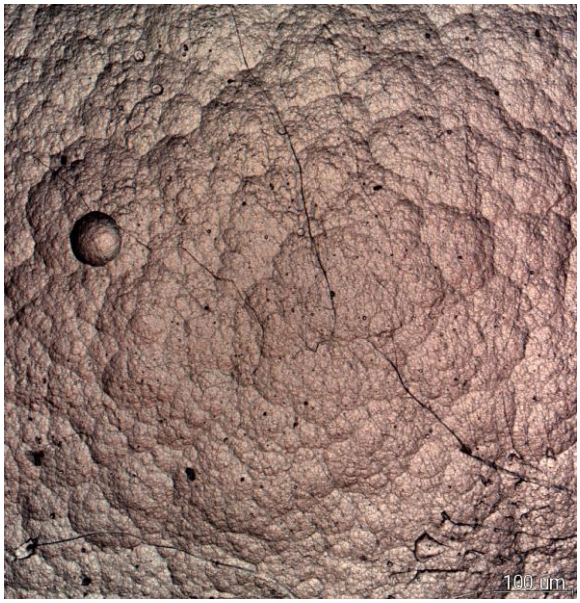

Рис. 1. Топография не облученной поверхности пирографита

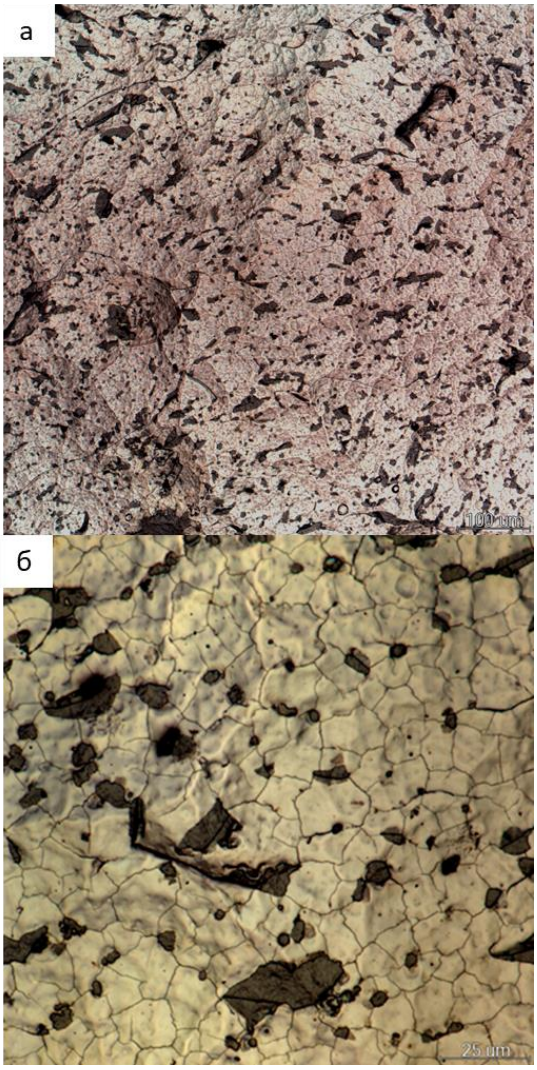

Рис. 2. Поверхность пирографита после облучения МИИП

Также после МИИП формируется разветвленная сеть микротрещин, которая свидетельствует о плавлении и последующей сверхбыстрой кристаллизации приповерхностного слоя.

Параметры шероховатости после поверхностной обработки возрастают, значение R_a увеличивается с 0.7 до 1.5 мкм (рис. 3). При этом после поверхностной обработки исчезает наношероховатость поверхности графита (рис. 4).

Что касается кремния, то после облучения МИИП на его поверхности формируются многокольцевые кратеры шестигранной формы (рис. 5). Причем стороны шестигранников имеют практически одинаковую длину. Поверхность кремния вне расположения кратеров остается гладкой,

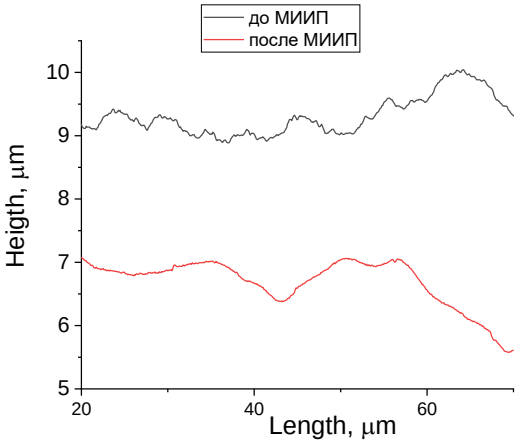

Рис. 3. Профиль шероховатости поверхности пирографита до (черная линия) и после (красная линия) облучения МИИП

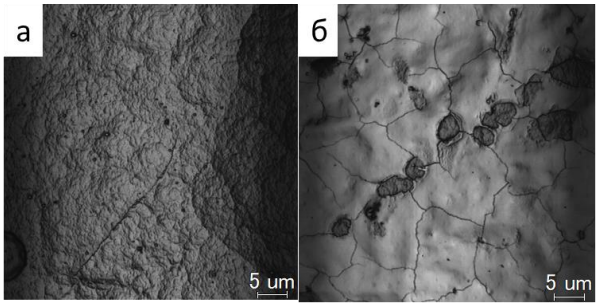

Рис. 4. Поверхность пирографита до (а) и после (б) облучения МИИП

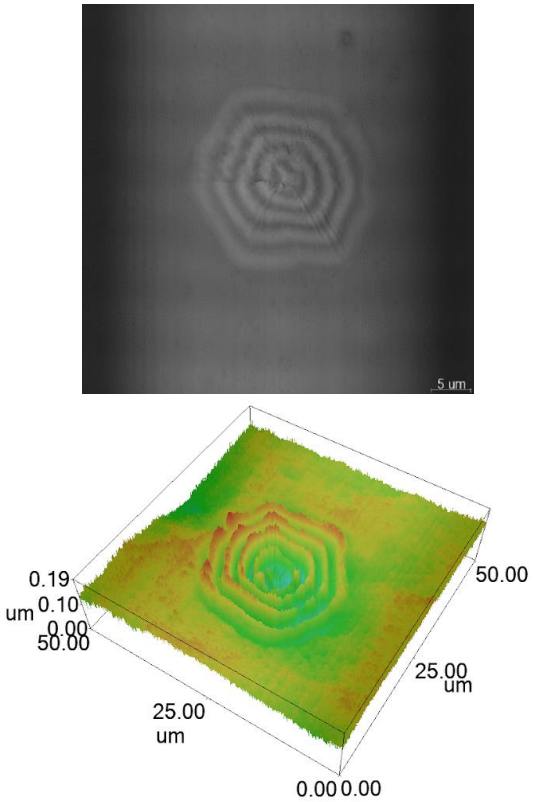

Рис. 5. Кратеры на поверхности кремния после воздействия МИИП

параметр шероховатости R_a составляет порядка 20 нм.

Работа выполнена в рамках государственного задания FSWW-2023-001-1.

Заключение

Выполнены эксперименты по обработке поверхности пирографита и кремния мощным импульсным пучком ионов 70% C_n^+ + 30% H^+. С помощью конфокального лазерного микроскопа проведено исследование поверхности обработанных материалов. На пирографите воздействие МИИП приводит к формированию трещин в поверхностном слое, при этом образование кратеров не обнаружено. На поверхности кремния форма кратеров правильная, в виде шестигранников.

Библиографические ссылки

1. Remnev G.E., Isakov I.F., Opekounov M.S., Kotlyarevsky G.I., Kutuzov V.L. et al. High power ion beam sources for industrial application. *Surface and coatings technology* 1997; (96): 103-109.
2. Shulov V.A., Nochovnaia N.A., Remnev G.E. The effect of crater creation on the fatigue strength and corrosion resistance of steels and titanium alloys irradiated by high-power pulsed ion beams. *Surface and Coatings Technology* 2002; 158-159: 488-93.
3. Потемкин Г.В., Лигачев А.Е., Жидков М.В., Колобов Ю.Р., Ремнев Г.Е., Газизова М.Ю., Божко С.А., Буреев О.А. Изменение рельефа поверхности магния под действием мощного импульсного ионного пучка. *Физика и химия обработки материалов* 2015; (4): 5-9.
4. Zhidkov M.V., Ligachev A.E., Kolobov Yu.R., Potemkin G.V., Remnev G.E. Effect of High-Power Ion Beams on the Surface Topography and Structure of the Subsurface Layer of Submicrocrystalline Titanium Alloys. *Russian journal of non-ferrous metals* 2019; (60): 590-597.
5. Zhidkov M.V., Ligachev A.E., Golosov E.V., Gazizova M.Y., Pavlov S.K., Remnev G.E. Study of craters formed on surface of AISI 321 stainless steel after high power ion-beam exposure. *Vacuum* 2022; (198): 110852.