Ионно-лучевое гофрирование поверхности углеродного волокна

Н.Н. Андрианова2, Н.Ю. Бейлина3, А.М. Борисов1, Е.С. Машкова1, Д.Н. Черненко3, Н.М. Черненко3

1Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына,  
 Московский государственный университет, г. Москва, Россия, [es\_mashkova@mail.ru](mailto:es_mashkova@mail.ru)  
2МАТИ — Российский государственный технологический университет им.  
 К.Э. Циолковского, г. Москва, Россия, [anatoly\_borisov@mail.ru](mailto:anatoly_borisov@mail.ru)  
3НИИграфит, г. Москва, Россия, [onizsky@mail.ru](mailto:onizsky@mail.ru)

В установках по УТС используют углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) [1, 2]. При радиационном воздействии их свойства в большой степени зависят от времени и температуры облучения. Армирующим элементом УУКМ являются углеродные волокна. В настоящей работе проводится исследование модифицирования морфологии поверхности полиакрилонитрильных (ПАН) и гидратцеллюлозных (ГЦ) углеродных волокон при высокодозном облучении ионами Ar+ с энергией 30 кэВ. Образцы тканей из ПАН- и ГЦ-волокон облучали на масс-монохроматоре НИИЯФ МГУ с флюенсами 1018 − 1020 ион/см2 при плотности ионного тока 0,4 мA/см2. Углеродное ПАН-волокно имеет высокосовершенную текстурированную оболочку, тогда как структура поверхности углеродных ГЦ-волокон разупорядочена и близка к аморфной [1]. Для анализа ионно-индуцированных структурных изменений в углеродных материалах эффективным является измерение зависимости γ(*Т*) коэффициента ионно-электронной эмиссии от температуры облучаемой мишени [3]. Для ряда углеродных материалов зависимости γ(*Т*) обнаруживают скачок при температуре *Т*а динамического отжига радиационных нарушений. Облучение при *T* < *T*a приводит к разупорядочению материалов, значение γ при этом скачкообразно уменьшается вследствие зависимости величины γ от длины λ свободного пробега вторичных электронов, которая в свою очередь, в аморфных материалах меньше, чем в кристаллических. Измерения зависимостей γ(*Т*) показывают, что облучение ионами аргона энергии 30 кэВ при температурах, близких к комнатной, приводит к аморфизации поверхности ПАН-волокна. С увеличением температуры на зависимости γ(*Т*) для ПАН-волокна наблюдается скачок при температуре *Т*а ≈ 160 оС, тогда как для ГЦ-волокон лишь небольшое увеличение выхода вторичных электронов. Последнее можно связать с частичным ионно-индуцированным упорядочением исходной аморфной структуры ГЦ-волокон. Качество композиционных материалов в большой степени зависит от степени адгезионного взаимодействия армирующих матрицу углеродных волокон, которое в свою очередь зависит от удельной поверхности волокон. Различия структуры ГЦ- и ПАН-волокон проявляются в кардинальном различии ионно-индуцированной морфологии их поверхности. Для высокомодульных ПАН-волокон при повышенных температурах высокодозного ионного облучения характерно значительное увеличение удельной поверхности волокон вследствие гофрирования поверхности волокна [5]. Ионное облучение при тех же условиях к гофрированию ГЦ-волокон не приводит, происходит образование пористой губчатой структуры. Исследования показали также, что прочность обоих типов углеродных волокон при высокодозном ионном облучении практически не изменяется.

Литература

1. Virgil’ev, Yu. S.; Kalyagina // Inorganic Materials. 2004, 40 (Suppl. 1), S33-S49.
2. Snead L.L., Burshell T.D., Qualls A.L. // J. of Nucl. Mater.2003. V.321. P.165.
3. Борисов А.М., Виргильев Ю.С., Машкова Е.С. // Поверхность. 2008. № 1. C.58.
4. Патент РФ № 2560362 Черненко Н.М., Черненко Д.Н., Бейлина Н.Ю., Елизаров П.Г., Борисов А.М., Машкова Е.С., Андрианова Н.Н. Углеродное высокомодульное волокно с модифицированной поверхностью для армирования композитов и способ ее модификации. Опубл. 20.08.2015. Бюл. № 23.