

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения  
Российской академии наук

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**Перспективные материалы  
с иерархической структурой  
для новых технологий  
и надежных конструкций**

**21 - 25 сентября 2015 г.**

**Томск, Россия**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

current correlation function is explicitly constructed on the base of this Green's function. The resulting conductivities are derived using the Kubo formula and take into account the dependence on temperature and chemical potential. They, first, in an analytical form provide the basic optical transitions between the Landau levels with the selection rule,  $\Delta n=1$ , while neglecting trigonal warping of the carriers spectrum. Second, they generalize calculations of the conductivities for graphene bilayer obtained recently in [3]. Third, they permit one to extend the results of the conductivities calculations within two-band approximation [4] on more high value of energy. The limiting cases for the direct current conductivities are analyzed and the relations among the Hall conductivities and Faraday and Kerr angles, when the radiation transmits through the bilayer samples on substrates in the electric and magnetic fields, are derived in the form being consistent with experimental data.

The results are very useful for nano and microoptoelectronic devices on a base of graphene and permit to extend the results to n-layer graphene with impurities and structural inhomogenities and obtain analogous results for such perspective two-dimensional material as silicene.

#### References:

1. K.S. Novoselov, E. McCann, S.V. Morozov, V.I. Falko, K.I. Katsnelson, U. Zeitler, D. Jiang, F. Schedin, and A.K. Geim, Nat.Phys. 2, 177 (2006);
2. E. McCann and V.I. Fal'ko, Phys. Rev. Lett., 96, 086805, (2006) E. McCann, D.S.L. Abergel, and V.I. Fal'ko, Solid State Commun. 143, 110 (2007);
3. L.A. Falkovsky, Magneto-optics of monolayer and bilayer graphene, arXiv:1303.5214;
4. (E V. Gorbar, V.P. Gusynin, A.B. Kuzmenko, and S.G. Sharapov, Phys. Rev. B 86, 075414 (2012).

### ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПРОЗРАЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ AL-SI-N НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СТЕКЛА

Рыбалко Е.В.<sup>1</sup>, Сергеев В.П.<sup>1,2</sup>, Калашников М.П.<sup>1,2</sup>,  
Христенко Ю.Ф.<sup>3</sup>, Божко И.А.<sup>1,2</sup>, Воронов А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,

<sup>3</sup>Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики  
Томского государственного университета, Россия

evgeniaribka@yandex.com, vserg@mail.tomsknet.ru, kmp1980@mail.ru,  
hrs@niipmm.tsu.ru, bozhko\_irina@mail.ru, avor@sibmail.com

В открытом космосе столкновения космических аппаратов (КА) с метеорными телами и продуктами антропогенного загрязнения космоса вызывают повреждения и разрушения КА. Потоки метеорных тел движутся в основном по замкнутым эллиптическим орбитам вокруг Солнца, при этом их средняя скорость в окрестности Земли составляет

## 5. Тонкие пленки и многослойные покрытия как иерархически организованные структуры

---

около 42 км/с. Удар высокоскоростной микрочастицы вызывает механические и плазменные процессы, при которых на поверхности образуется кратер, распространяется ударная волна, нарушающая связи в слоистой структуре оптических элементов. Одним из эффективных способов решения этой проблемы является нанесение износостойких сверхтвердых покрытий с высоким коэффициентом упругого восстановления и низким термическим коэффициентом линейного расширения, прозрачных в видимой области спектра.

Исследование влияния толщины покрытий на основе Al-Si-N на механические свойства поверхностного слоя кварцевого стекла, а также стойкости исследуемых образцов к ударному воздействию высокоскоростных микрочастиц является целью данной работы. В качестве образцов для исследования использовали кварцевые стекла марки КВ с покрытием на основе Al-Si-N с толщиной от 0,6 до 8,4 мкм. Осаждение покрытий проводили на вакуумной установке типа «КВАНТ» [1]. Для кварцевого стекла с покрытием на основе Al-Si-N была измерена микротвердость посредством нанотвердомера NanoHardnessTester при нагрузке на индентор 20мН и рассчитаны значения приведенного модуля упругости и коэффициента упругого восстановления. Установлено, что микротвердость исследуемых покрытий существенно увеличивается по сравнению с микротвердостью исходного кварцевого стекла в  $\sim 2,5$  раза. Однако, микротвердость образцов с покрытием различной толщины практически не меняется, оставаясь в пределах 25ГПа. Также установлено, что в отличие от микротвердости приведенный модуль упругости возрастает пропорционально толщине покрытия.

За критерий стойкости образцов к ударному воздействию высокоскоростных микрочастиц была принята поверхностная плотность образующихся кратеров. Для ее определения экспериментальные образцы подвергли бомбардировке высокоскоростными микрочастицами на легкогазовой пушке МПХ23/8 в НИИ ПММ НИ ТГУ. В качестве частиц для обстрела экспериментальных образцов были выбраны микрочастицы порошка железа с формой близкой к сферической. Скорости движения микрочастиц были в пределах 5-8 км/с. На изображениях поверхности стеклянных образцов, полученных методом РЭМ для нескольких серий образцов, исследованы распределения возникающих после обстрела кратеров и рассчитана их поверхностная плотность  $\rho$ . Установлено, что на стеклах с покрытием  $\rho$  при одних и тех же условиях испытания существенно ниже, чем на стеклах без покрытия. Причем, с увеличением толщины покрытий отношение плотности распределения кратеров на стекле с покрытием по сравнению с исходным стеклом  $\rho/\rho_0$  уменьшается.

В результате проведенных исследований показано, что нанесение на кварцевое стекло твердых прозрачных покрытий на основе Al-Si-N приводит: к уменьшению поверхностной плотности ( $\rho$ ) образующихся

кратеров по мере увеличения толщины покрытий; к увеличению приведенного модуля упругости с увеличением толщины покрытий; к увеличению микротвердости относительно исходного стекла.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОНКИХ ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК НА МЕХАНИЗМ ДЕГРАДАЦИИ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА В РАЗНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ СРЕДАХ**

Рыбин В.А., Бакланова Н.И.

*Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, Россия  
vyacheslav-rybin@yandex.ru*

Базальтовое волокно является перспективным армирующим компонентом для изготовления композиционных строительных материалов, например, фибробетона. По некоторым своим характеристикам, таким как модуль упругости, прочность на разрыв, оно превосходит некоторые виды стекловолкна. Для его производства используются широко распространенные в земной коре базальтовые породы. Для успешной разработки фибробетона необходимо решить проблему деградации базальтового волокна в щелочной среде бетонной матрицы.

Целью работы является исследование механизма деградации базальтового волокна в разных щелочных средах и влияние на этот процесс нанесенных на поверхность волокна наноразмерных защитных покрытий, состоящих из диоксидов циркония и титана.

Для нанесения покрытий использовались водно-спиртовые и водные золи гидратированных оксидов циркония и титана, в качестве прекурсоров использовались  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  и  $TiCl_4$ . Концентрации золь были 0.1-1.0 М и 0.2-0.8 М, соответственно. После кратковременного погружения волокна в золь, проводилась сушка и термообработка для удаления растворителя и формирования кристаллических покрытий диоксида циркония и диоксида титана. Было установлено, что покрытия гладкие, их толщина составляет 300-400 нм и 400-1000 нм для  $ZrO_2$  и  $TiO_2$ , соответственно. На некоторых волокнах заметно наличие длинных, протяженных структур – следов золь, задержавшихся между близко расположенными волокнами.

Щелочное травление волокон с покрытиями и без них проводилось в 2М NaOH растворе и насыщенном растворе  $Ca(OH)_2$ . Исследована морфология, фазовый и элементный состав, механические свойства волокна с нанесенными покрытиями до и после щелочного травления. Показано, что при травлении в растворе NaOH уже в первую неделю образуются сферы из карбоната кальция и формируется слой сросшихся шестиугольных пластинчатых кристаллов гидроксида железа (II). При травлении в насыщенном растворе  $Ca(OH)_2$  растут друзы кристаллов кальцита, формирование слоя из шестиугольных пластинчатых кристаллов