

**Исследование полос деформации в  $C_{60}$  после обработки в сдвиговой камере с алмазными наковальнями**

Е.В. Тюкалова<sup>1,2</sup>, Б.А. Кульницкий<sup>1,2</sup>, И.А. Пережогин<sup>1,2</sup>, М.Ю. Попов<sup>1,2</sup>,  
А.Н. Кириченко<sup>2</sup>, В.Д. Бланк<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов

tyukalova@phystech.edu

Методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и спектроскопии характеристических потерь энергии электронов исследовались образцы фуллерита  $C_{60}$ , полученные в результате сдвиговой деформации в камере высокого давления с алмазными наковальнями. Настоящее исследование выявило образование наноразмерных полос сдвига после обработки  $C_{60}$  давлением и сдвигом при комнатной температуре. Результат оказался неожиданным, так как локализация сдвига пластической деформации требует снижения твердости материала в этой области [1-4]. В то время как фаза высокого давления  $C_{60}$  тверже, чем фаза низкого давления [5]. Фазовые переходы в  $C_{60}$  под давлением и сдвигом сопровождаются эффектом мультипликации давления [6,7], что возможно только для более твердой фазы высокого давления [8,9]. Для других материалов на ПЭМ изображениях не было выявлено каких-либо полос сдвига, инициированных давлением и кручением [10,11]. Было обнаружено, что полосы деформации состоят из нанокристаллов, образованных из линейнополимеризованных молекул и политипов, триклинных, моноклинных и ГПУ-структур  $C_{60}$ , а также имеются фрагменты аморфных структур и дырки (пустоты). Таким образом, пластические деформации в условиях нормального давления являются причиной возникновения пяти фаз высокого давления. Полосы состоят из чередующихся параллельных темных полос (более толстые области) и светлых полос (более тонкие области). В некоторых областях системы полос пересекались под различными углами (рис.1). Была проанализирована структура фрагментов, как в темных, так и в светлых областях.

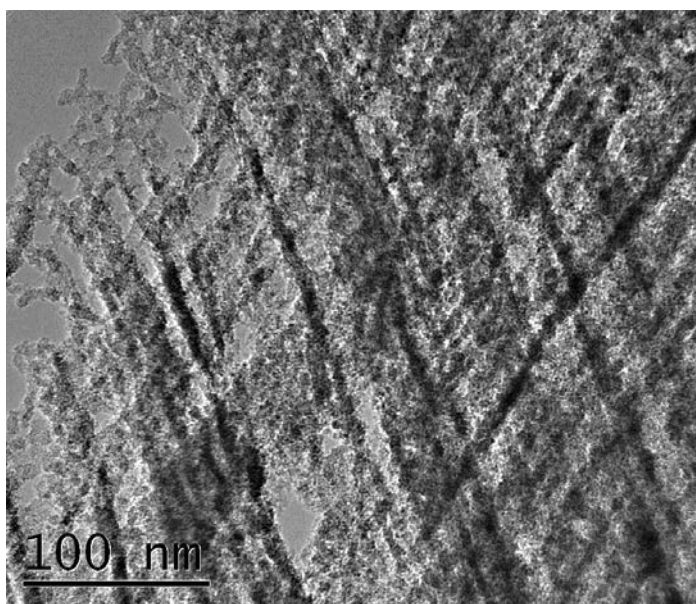


Рис. 1. ПЭМ-изображение системы полос деформации в  $C_{60}$  после воздействия давлением и сдвиговой деформацией.

#### Литература

1. Meyers M.A., Xu Y.B., Xue Q., Pérez-Prado M.T., McNelley T.R. Microstructural evolution in adiabatic shear localization in stainless steel. - *Acta Mater.* – 2003. - № 51(5). – P. 1307 - 1325.
2. Wright T.W. Theory of Adiabatic Shear Bands. In *Adiabatic Shear Localization: Frontiers And Advances.* - Y. Elsevier Insights. – 2012. – P. 215-246.
3. Asaro R. J., Rice J. R. – Strain localization in ductile single crystals. - *J. Mech. Phys. Solids.* – 1977. - № 25. – P. 309.
4. Levitas V.I and Zarechnyy O.M. Modeling and simulation of strain-induced phase transformations under compression in a diamond anvil cell. - *Phys. Rev. B.* – 2010. - № 82. - 174123.
5. Blank V.D., Buga S.G., Dubitsky G.A., Serebryanaya N.R., Popov M.Yu., and Sundqvist B. High-pressure polymerized phases of  $C_{60}$ . - *Carbon.* – 1998. - № 36. – P. 319.
6. Blank V., Popov M., Buga S., Davydov V., Denisov V.N., Ivlev A.N., Marvin B.N., Agafonov V., Ceolin R., Szwarc H., Rassat A. Is  $C_{60}$  fullerite harder than diamond? - *Phys. Lett. A.* – 1994. - № 188. – P. 281.
7. Novikov N.V., Polotnyak S.B., Shvedov L.K., Levitas V.I. Phase transitions under compression and Shear in diamond anvils: Experiment and theory. - *Superhard Materials.* - 1999. - № 3. – P. 39-51.

8. *Levitas V.I. and Zarechnyy O. M.* Modeling and simulation of strain-induced phase transformations under compression and torsion in a rotational diamond anvil cell. - *Phys. Rev. B.* – 2010. - № 82. - 174124, 15 pages.
9. *Feng B. and Levitas V.I.* Coupled phase transformations and plastic flows under torsion at high pressure in rotational diamond anvil cell. - *J. Appl. Phys.* – 2013. - № 114. – 213514, 12 pages.
10. *Zhilyaev A.P., Sabirov I., González-Doncel G., Molina-Aldareguía J., Srinivasarao B., Pérez-Prado M.T.* Effect of Nb additions on the microstructure, thermal stability and mechanical behavior of high pressure Zr phases under ambient conditions. - *Materials Science and Engineering A.* – 2011. - № 528(9). – P. 3496-3505.
11. *Srinivasarao B., Zhilyaev A.P. and Perez-Prado M.T.* Orientation dependency of the alpha to omega plus beta transformation in commercially pure zirconium by high-pressure torsion. - *Scripta Materialia.* – 2011. - № 65. – P. 241-244.