

Электропроводность наноструктурированного титана в области $\alpha \leftrightarrow \omega$ перехода при ударном сжатии

А.А. Голышев¹, Д.С. Соболев², А.М. Молодец¹

1. *Институт проблем химической физики РАН, г.Черноголовка*
2. *МГУ им. М.В. Ломоносова, ФФФХИ, г. Москва*

Electrical conductivity of nanostructured titanium in the $\alpha \leftrightarrow \omega$ transition under shock compression

A.A. Golyshev¹, D.V. Sobolev², A.M. Molodets¹

1. *The Institute of problems of chemical physics RAS, Chernogolovka*
2. *Lomonosov Moscow state university*

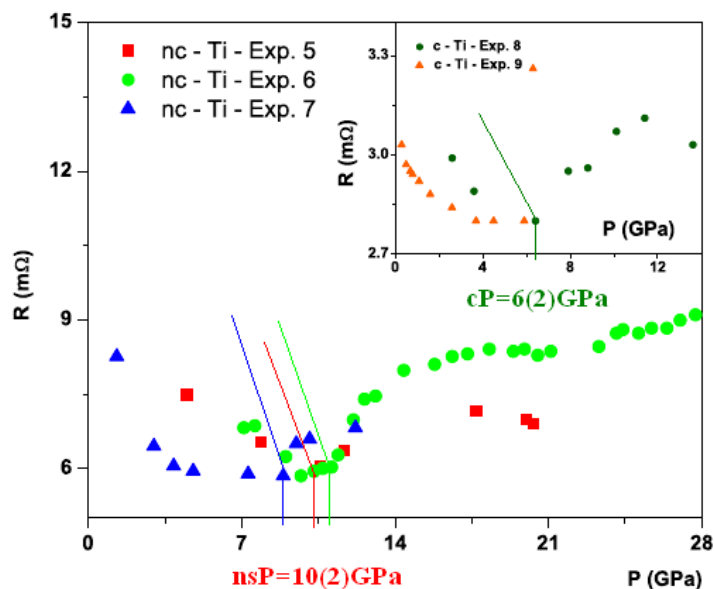
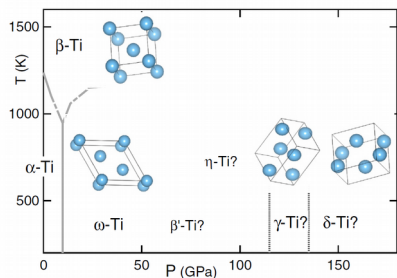
Введение

Электропроводность

крупно- и нано-кристаллического титана в области $\alpha \leftrightarrow \omega$ полиморфного перехода при статическом сжатии

AGNÈS DEWAELE *et al.* PHYSICAL REVIEW B **91**, 134108 (2015)

Mater. Res. Express **1** (2014) 035044 N Velisavljevic *et al*



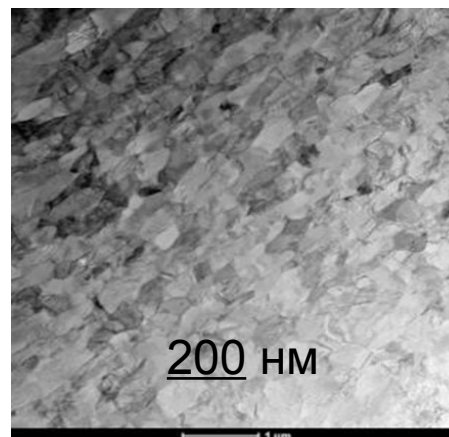
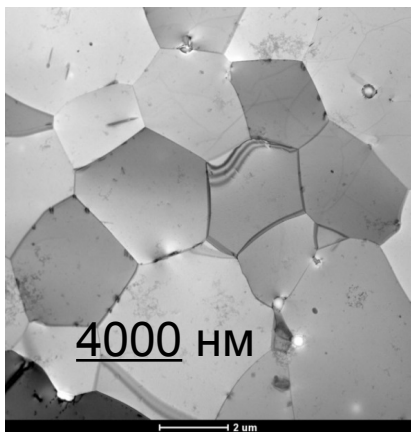
nsP > cP

Figure 3. Change in electrical resistance as a function of pressure for nc-Ti and c-Ti. For each of these, all experiments are shown to indicate the transition pressures measured for both the nc and c-Ti. The inset shows the measured values for c-Ti, while the main graph shows results for the three measurements of nc-Ti.

Образцы для исследований

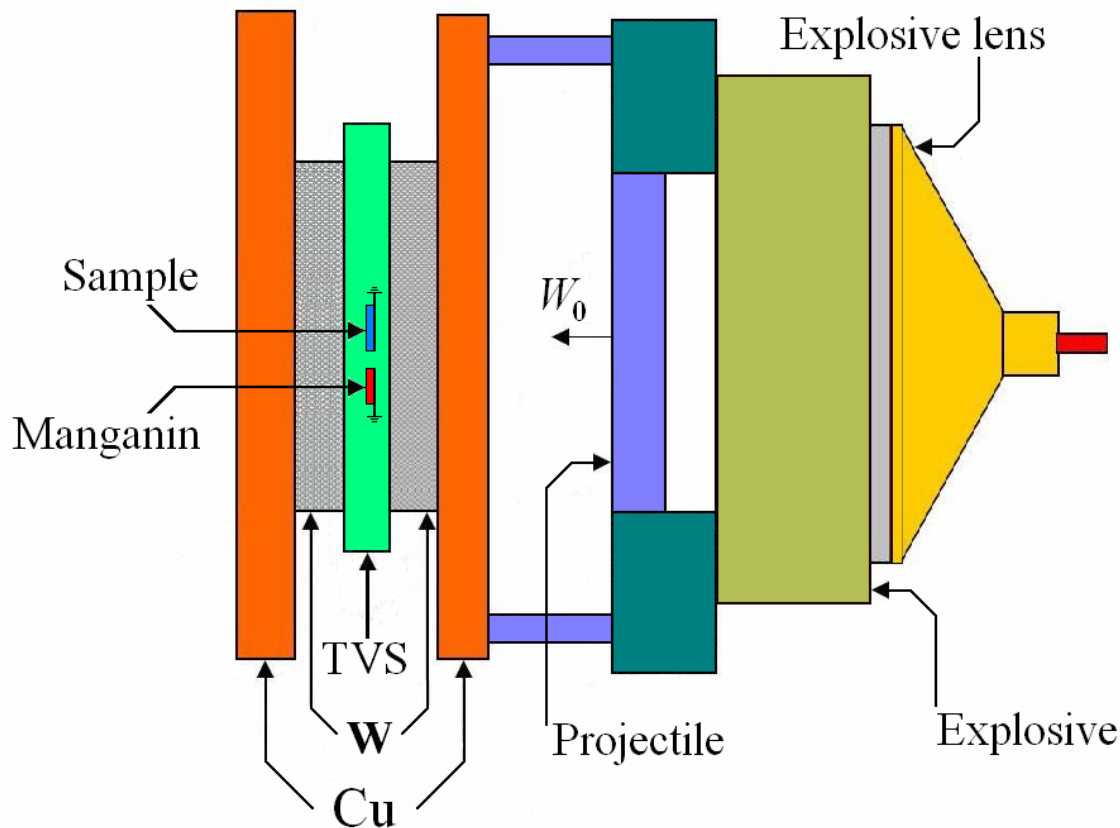
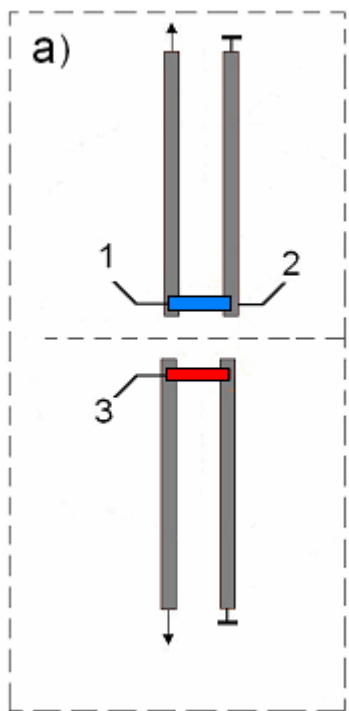
В работе использовался титан марки ВТ1-0 (0.01 мас.%Al, 0.004С, 0.003N, 0.143O, 0.0008H, 0.12Fe, 0.002Si). Из прутков диаметром 6 мм, полученных по комбинированной технологии, включающей поперечно-винтовую прокатку в сочетании с традиционными способами механико-термической обработки и обеспечивающей изготовление образцов со средним размером зерен ~250 нм.

Средний размер зерна исходных образцов составлял 200 и 4000 нм.



Образцы предоставлены *Лабораторией физико-химической инженерии композиционных материалов ИПХФ РАН*

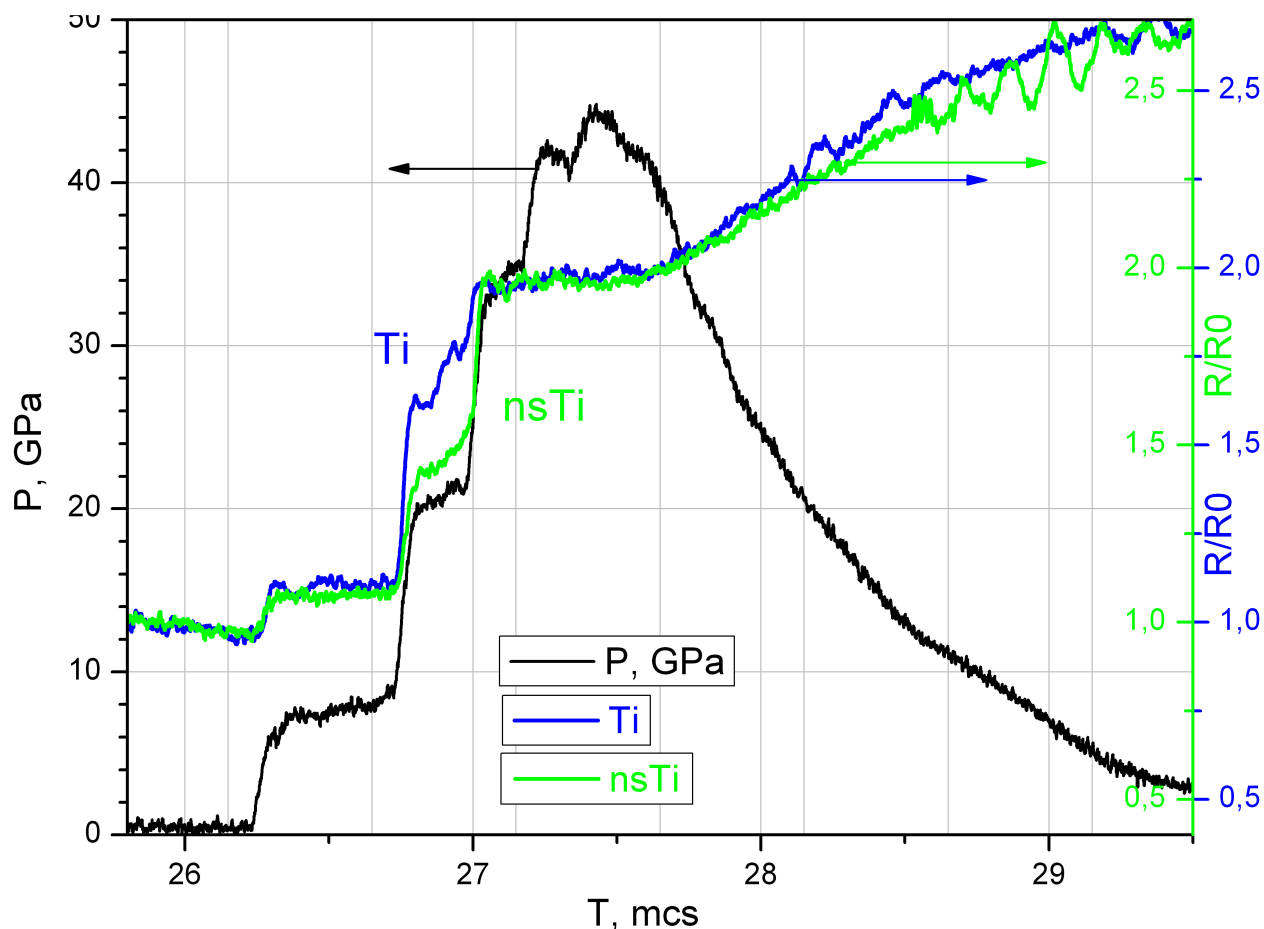
Постановка эксперимента по измерению электропроводности образцов наноструктурированного титана



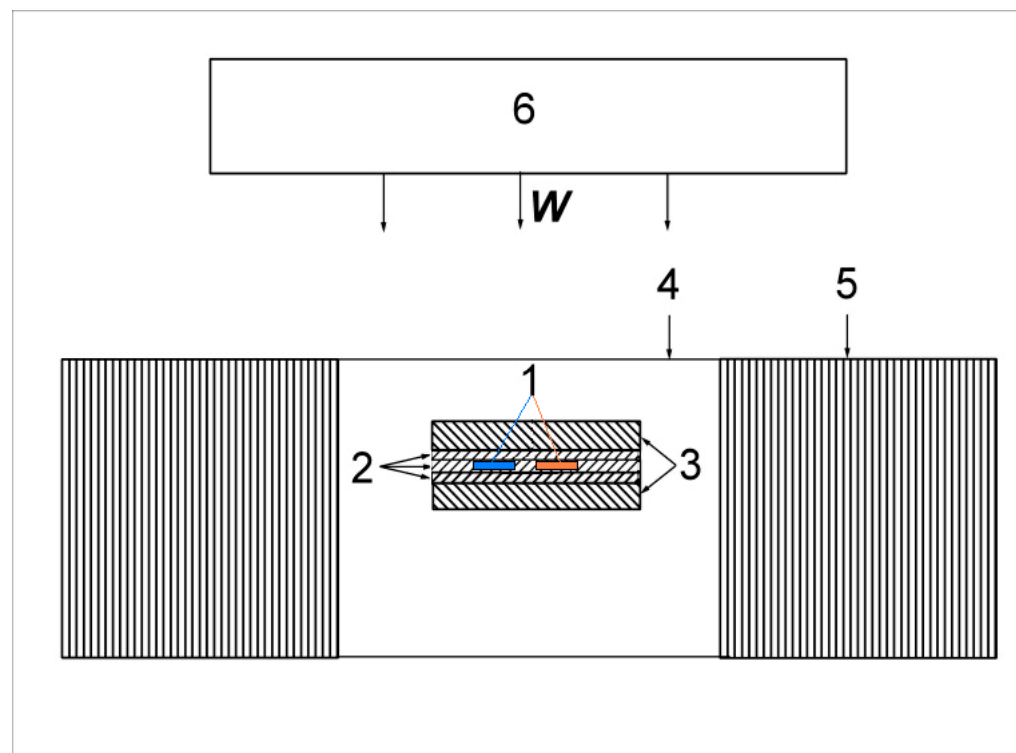
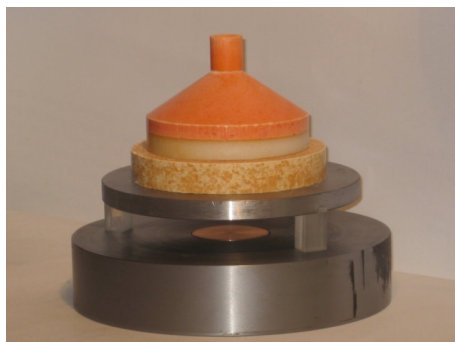
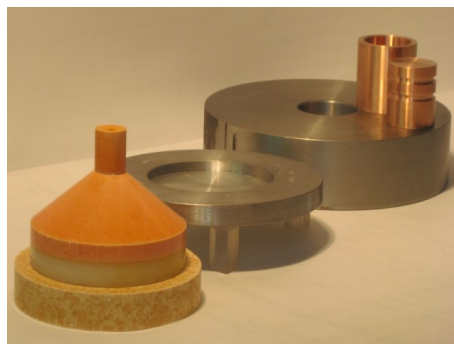
1 – титановый образец, 2 – медный токовод, 3 – манганиновый датчик.

Экспериментальные результаты

по измерению электропроводности ударносжатого
 нано- и крупно-кристаллического титана в области от
 давлений $\alpha \leftrightarrow \omega$ перехода до 40 ГПа

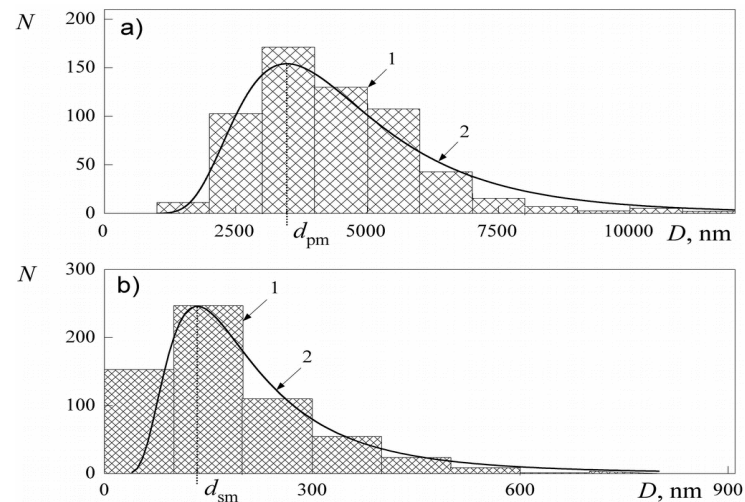
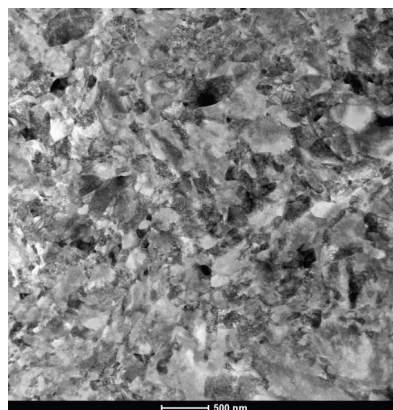
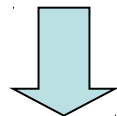
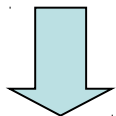
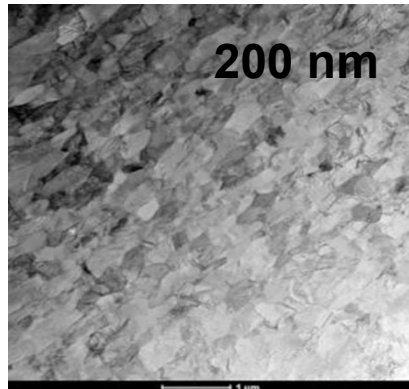
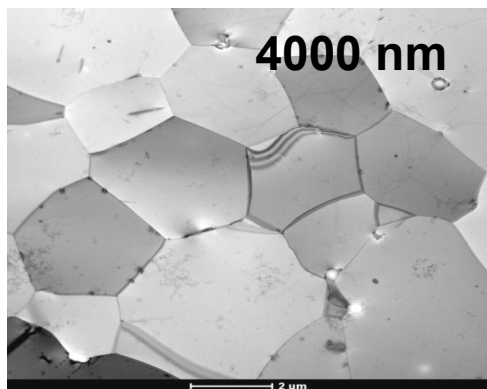


Эксперименты по сохранению ударно-сжатого титана до 40 ГПа



Постановка эксперимента по сохранению образцов при ступенчатом ударном сжатии. 1 – образец, 2 – титановая обойма, 3 – титановые диски, 4 – вольфрамовые диски, 5 – ампула сохранения, 6 – стальное охранное кольцо, 7 – ударник.

Структурно-морфологические превращения зёрен поликристаллического титана



Письма в ЖТФ, 2016, том 42, вып. 18

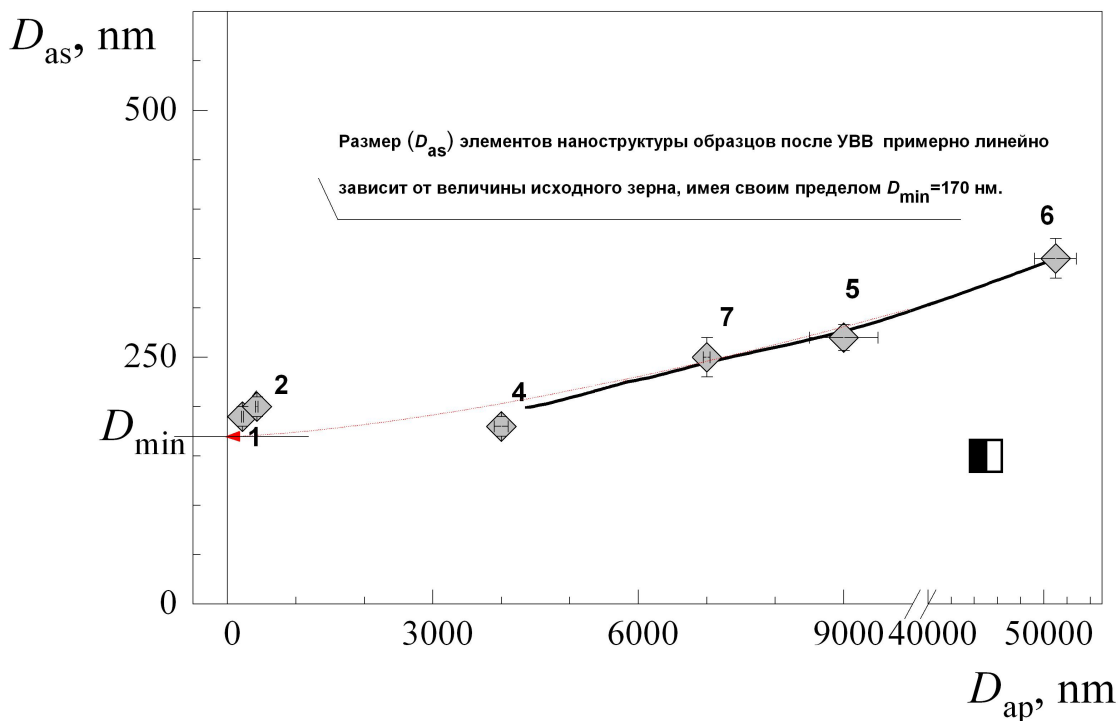
26 сентября

05

Фрагментация зерен и изменения фазового состава крупно- и нанокристаллического титана в результате ступенчатого ударно-волнового воздействия

© Ю.Р. Колобов^{1,2}, С.С. Манохин^{1,2}, А.Ю. Колобова^{1,3},
 Ю.Е. Кудымова^{1,2}, В.И. Бетехтин⁴, А.А. Голышев¹,
 А.М. Молодец¹, Р.А. Андриевский¹

Зависимость среднего размера элементов наноструктуры образцов после УВВ (D_{as}) от среднего размера зёрен исходных образцов (D_{ap}).



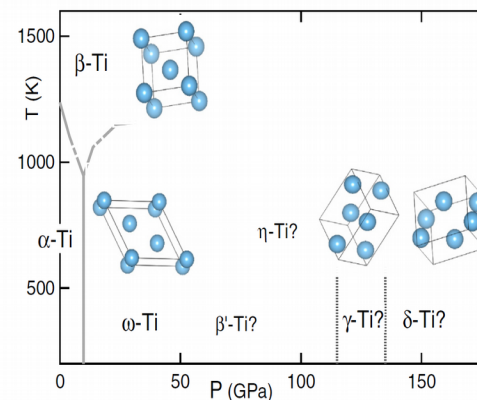
Письма в ЖТФ, 2016, том 42, вып. 18

26 сентября

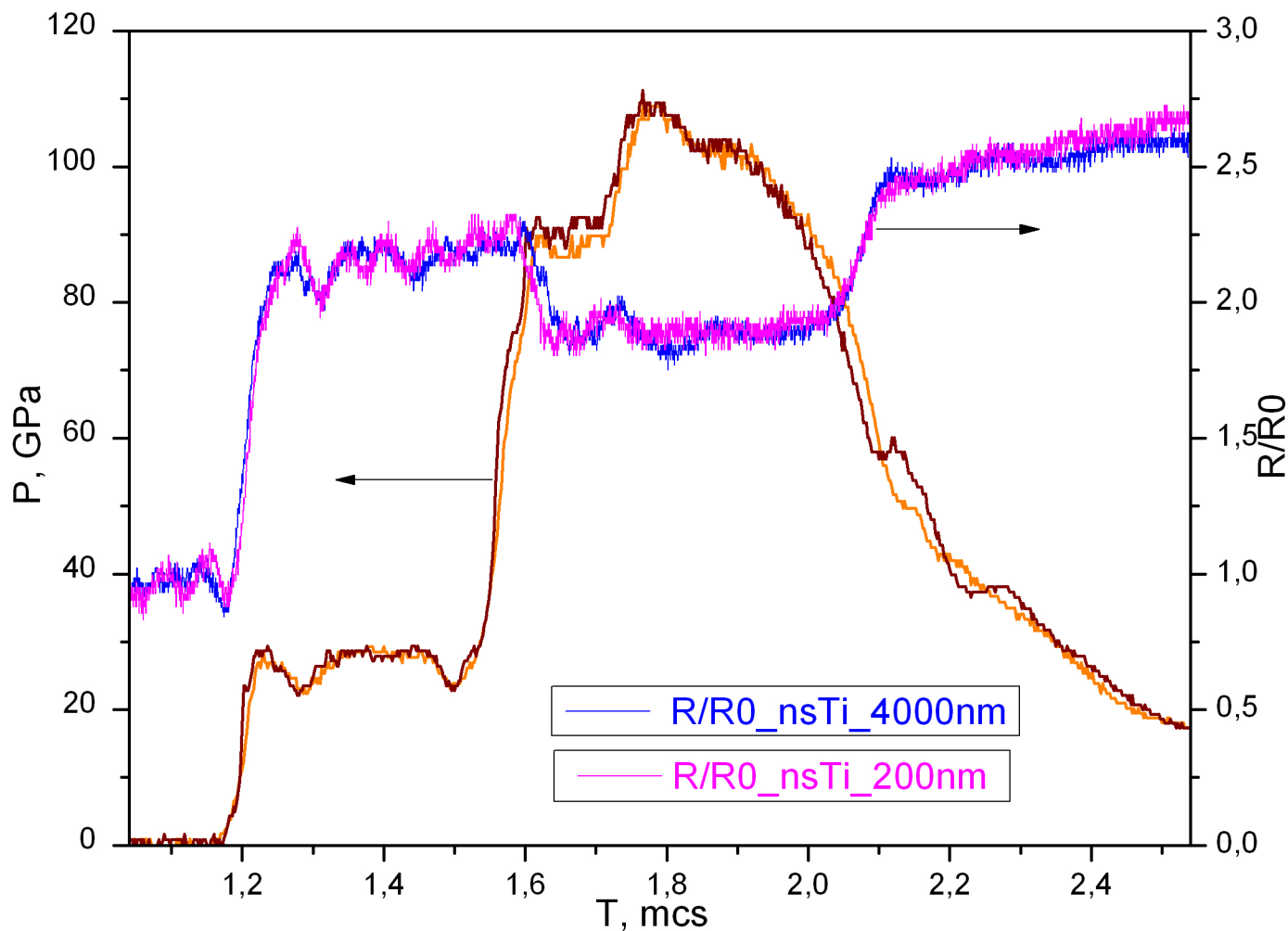
05 Фрагментация зерен и изменения фазового состава крупно- и нанокристаллического титана в результате ступенчатого ударно-волнового воздействия

© Ю.Р. Колобов^{1,2}, С.С. Манохин^{1,2}, А.Ю. Колобова^{1,3},
 Ю.Е. Кудымова^{1,2}, В.И. Бетехтин⁴, А.А. Голышев¹,
 А.М. Молодец¹, Р.А. Андриевский¹

AGNÈS DEWAELE *et al.* PHYSICAL REVIEW B **91**, 134108 (2015)



Экспериментальные результаты по измерению электропроводности



Заключение

1. Сравнение полученных результатов для различно структурированных образцов свидетельствует о практически одинаковом поведении ударносжатого титана независимо от его структурного состояния, что представляется неожиданным с позиций результатов статического сжатия
2. Структурно-морфологические исследования испытавших ударное сжатие образцов титана позволили заключить, что такое поведение титана обусловлено дроблением элементов структуры крупнокристаллического титана до нанометровых (200 нм) размеров.
3. Результаты измерения электропроводности ударносжатого титана (до 40 ГПа) оправдывают предположение о том, что дробление структуры происходит в области альфа-омега перехода титана.

Спасибо за внимание

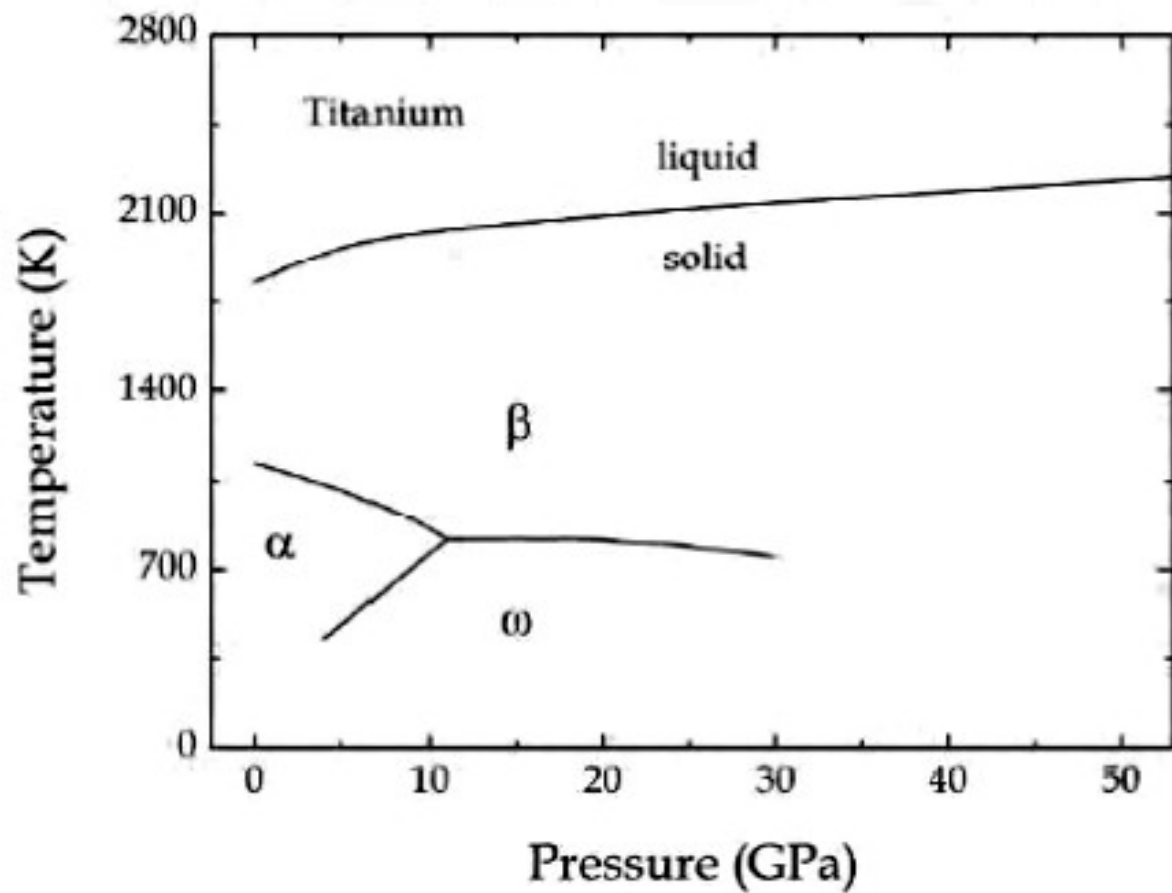
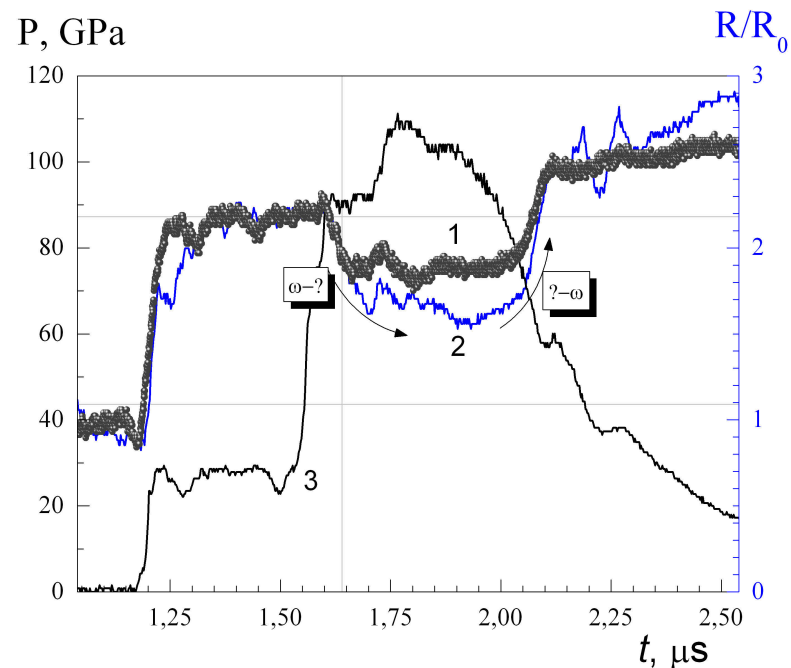
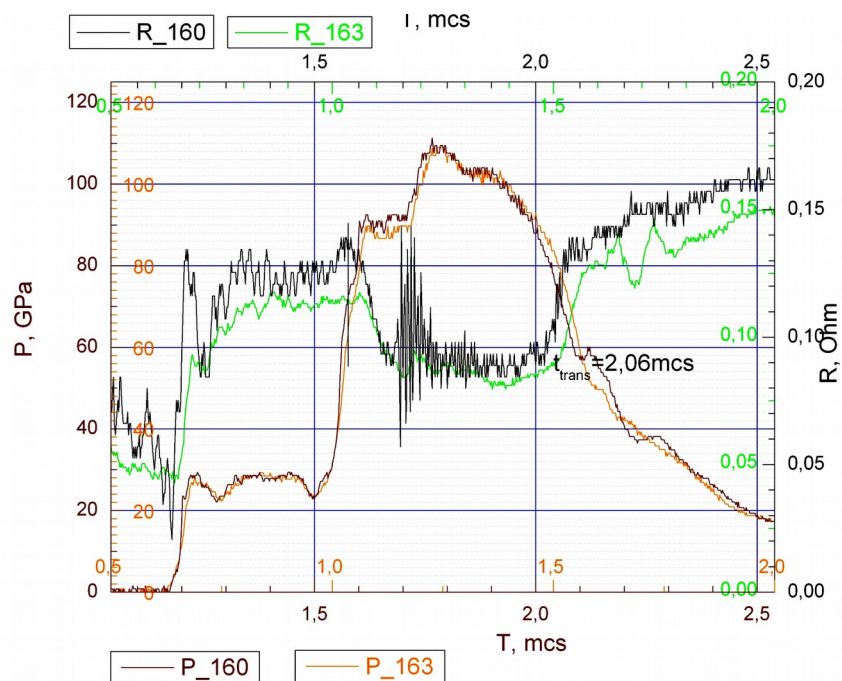


Fig. 2. The P - T phase diagram of Ti (this is a representation based on published work).

Электросопротивление ударносжатого титана



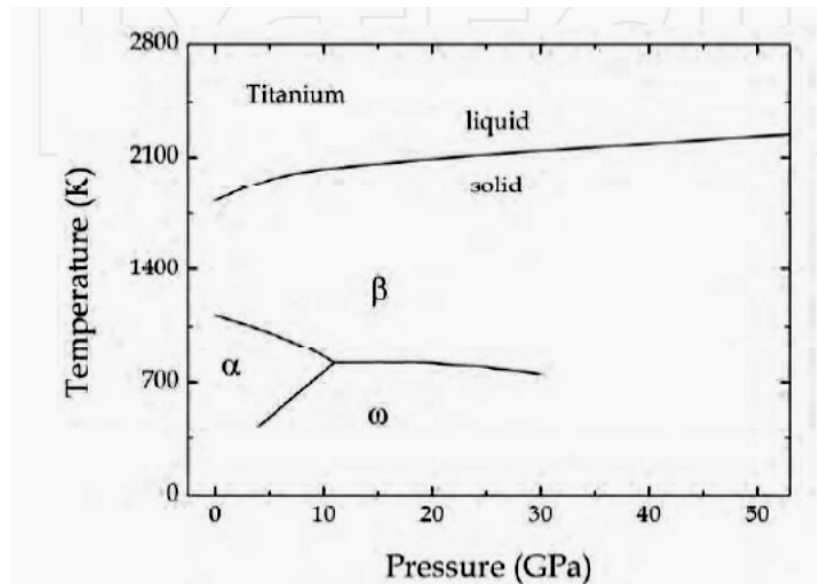
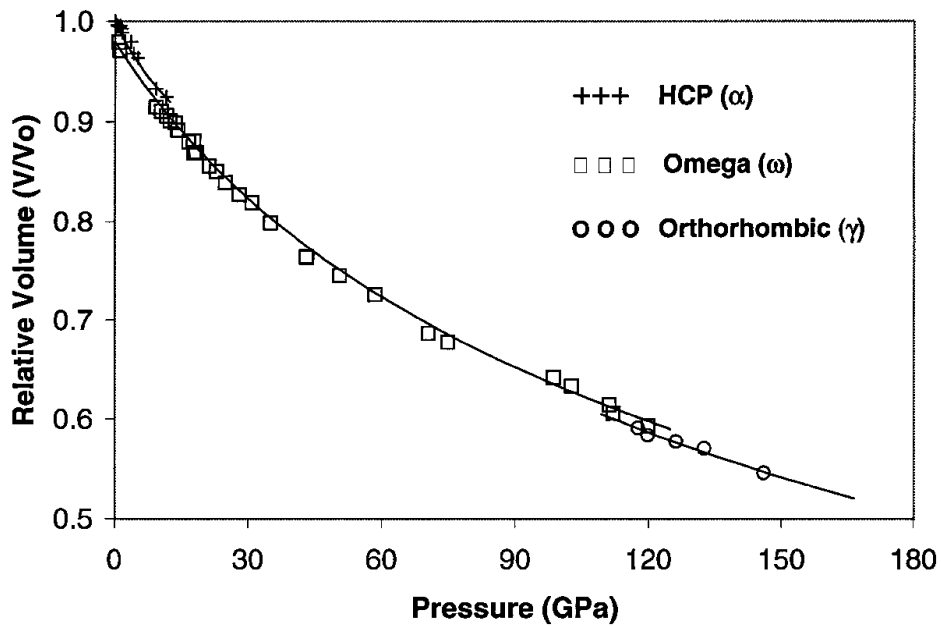
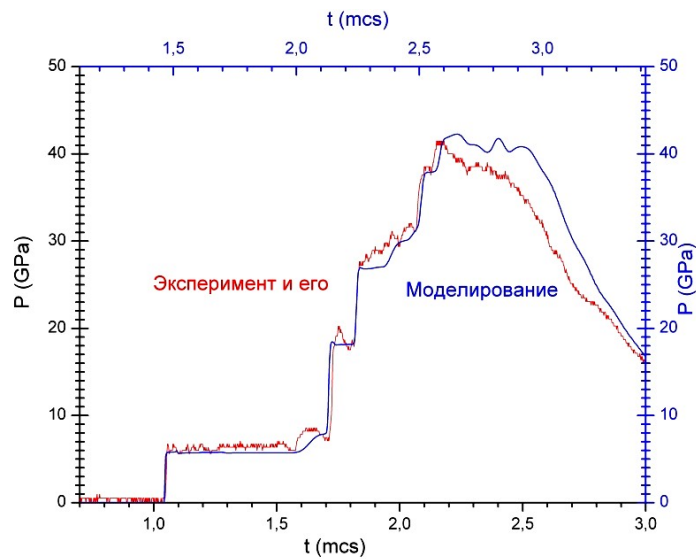
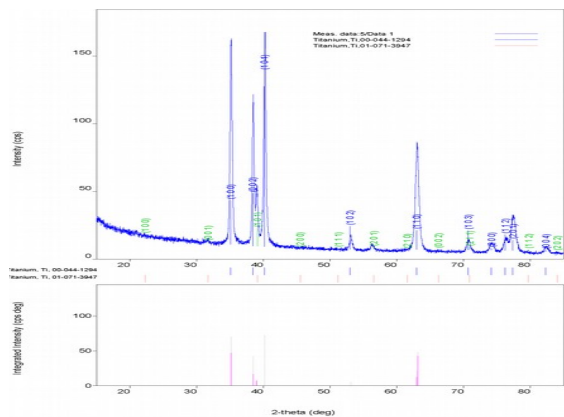
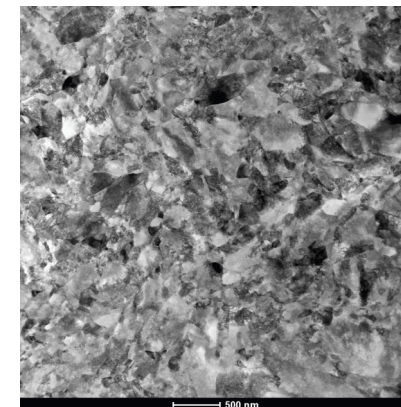
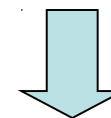
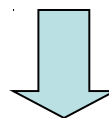
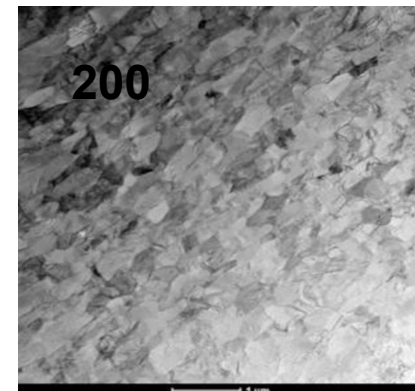
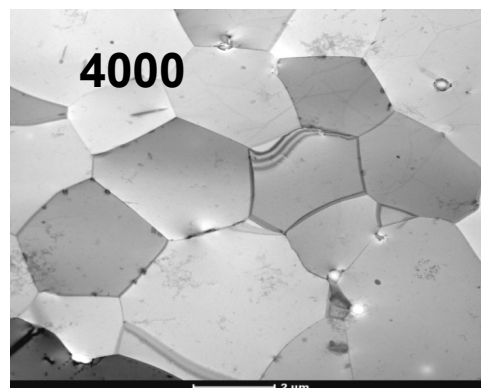
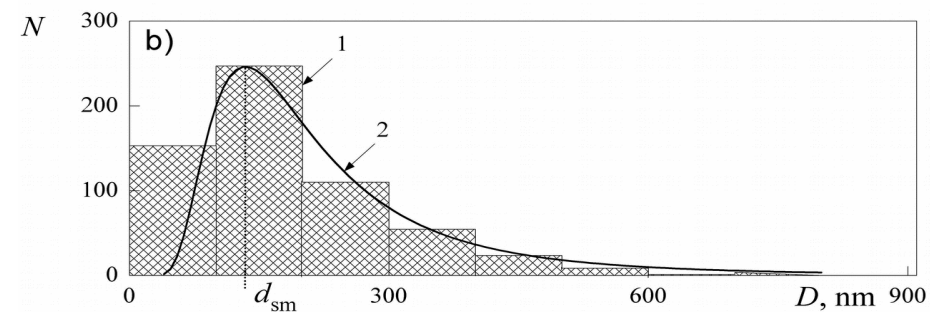
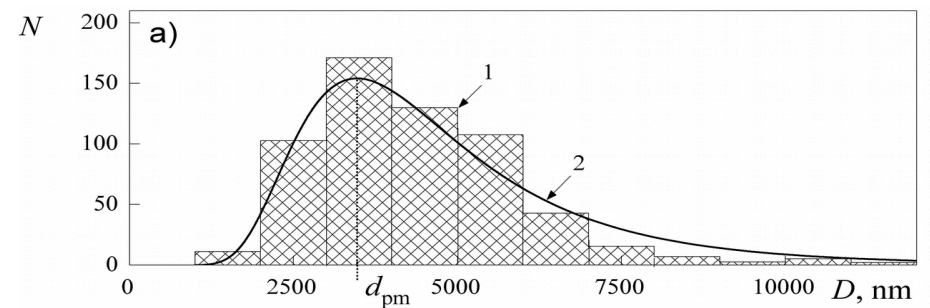


Fig. 2. The P - T phase diagram of Ti (this is a representation based on published work).

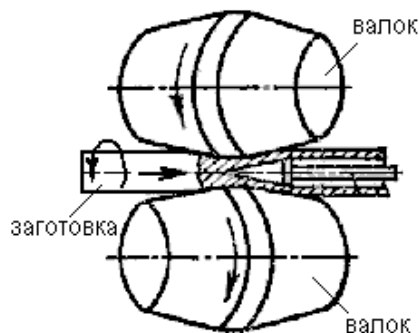


Результаты

Структурные превращения



Образцы для исследований



**Титан марки ВТ1-0 технической чистоты
(0.01 мас.%Al, 0.004С, 0.003N, 0.143O, 0.0008H,
0.12Fe, 0.002Si),
поставщик ОАО «Корпорация ВСМПО АВИСМА»**

В работе использовался титан марки ВТ1-0. Из прутков диаметром 6 мм, полученных по комбинированной технологии, включающей поперечно-винтовую прокатку в сочетании с традиционными способами механико-термической обработки и обеспечивающей изготовление образцов со средним размером зерен ~250 нм.

После термической обработки образцы становились поликристаллами с различной величиной зерна 200 нм и 4000 нм.

Образцы предоставлены Лабораторией физико-химической инженерии композиционных материалов ИПХФ РАН

Колобов Ю.Р. // Технология формирования структуры и свойств титановых сплавов для медицинских имплантатов с биоактивными покрытиями, Российские нанотехнологии. 2009. Т. 4. С.69–81

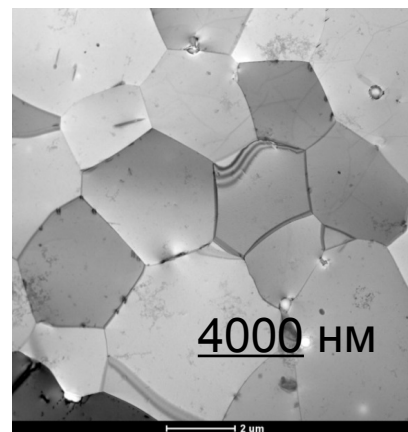
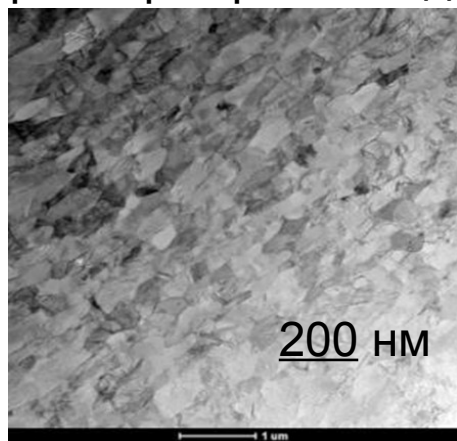
Иванов М.Б., Пенкин А.В., Колобов Ю.Р., Голосов Е.В., Нечаенко Д.А., Божко С.А. Теплая поперечно-винтовая прокатка в валках конической формы как метод интенсивной пластической деформации // Деформация и разрушение материалов. 2010. В. 9. С. 13–18.

Наноструктурированный титан



В работе использовался титан марки ВТ1-0 после поперечно-винтовой прокатки в сочетании с термической обработкой.

Средний размер зерна исходных образцов составлял 200 и 4000 нм.



Колобов Ю.Р. // Технология формирования структуры и свойств титановых сплавов для медицинских имплантатов с биоактивными покрытиями, Российские нанотехнологии. 2009. Т. 4. С.69–81

Иванов М.Б., Пенкин А.В., Колобов Ю.Р., Голосов Е.В., Нечаенко Д.А., Божко С.А. Теплая поперечно-винтовая прокатка в волках конической формы как метод интенсивной пластической деформации // Деформация и разрушение материалов. 2010. В. 9. С. 13–18.

Полиморфизм титана

PHYSICAL REVIEW B **69**, 184102 (2004)

Titanium metal at high pressure: Synchrotron experiments and *ab initio* calculations

Rajeev Ahuja,¹ Leonid Dubrovinsky,² Natalia Dubrovinskaia,² J. M. Osorio Guillen,¹ Maurizio Mattesini,¹ Börje Johansson,¹ and Tristan Le Bihan³

¹*Condensed Matter Theory Group, Department of Physics, Uppsala University, Box 530, SE-751 21 Uppsala, Sweden*

²*Bayerisches Geoinstitut, Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth, Germany*

³*European Synchrotron Radiation Facility, F-38043 Grenoble, France*

(Received 21 November 2003; published 17 May 2004)

The high pressure behavior of titanium metal is investigated experimentally using angle dispersive synchrotron x-ray diffraction as well as theoretically using *ab initio* electronic structure methods. Our calculations predict a direct ω to bcc transformation around 80 GPa without any intermediate crystal phases. The β' (bcc-structure) Ti phase was experimentally observed to coexist with the ω phase at pressures between 40 and 80 GPa on compression at ambient temperature. High-temperature treatment at 80 GPa results in a formation of a new η phase with a monoclinically distorted bcc structure. On decompression the η phase transforms to the pure β' phase.

DOI: 10.1103/PhysRevB.69.184102

PACS number(s): 62.50.+p, 61.66.Bi, 64.30.+t, 64.70.Kb

Полиморфизм титана

PHYSICAL REVIEW B **91**, 134108 (2015)

High pressure-temperature phase diagram and equation of state of titanium

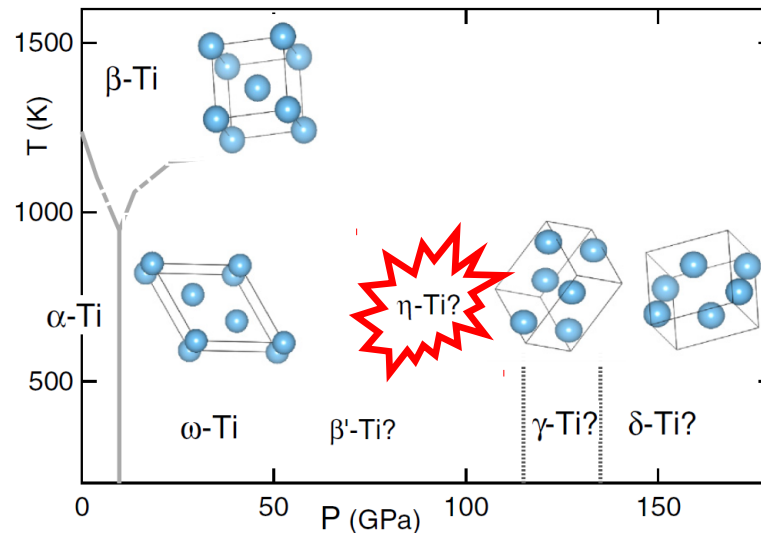
Agnès Dewaele,¹ Vincent Stutzmann,¹ Johann Bouchet,¹ François Bottin,¹ Florent Occelli,¹ and Mohamed Mezouar²

¹Commissariat à l'Énergie Atomique, Direction des Applications Militaires, Ile de France, 91297 Arpajon Cedex, France

²European Synchrotron Radiation Facility, BP 220, F-38043 Grenoble Cedex, France

(Received 13 October 2014; revised manuscript received 3 February 2015; published 21 April 2015)

AGNÈS DEWAELE *et al.* PHYSICAL REVIEW B **91**, 134108 (2015)



11,01

Электропроводность и полиморфный переход титана в мегабарной области давлений ударного сжатия

© А.М. Молодец, А.А. Голышев

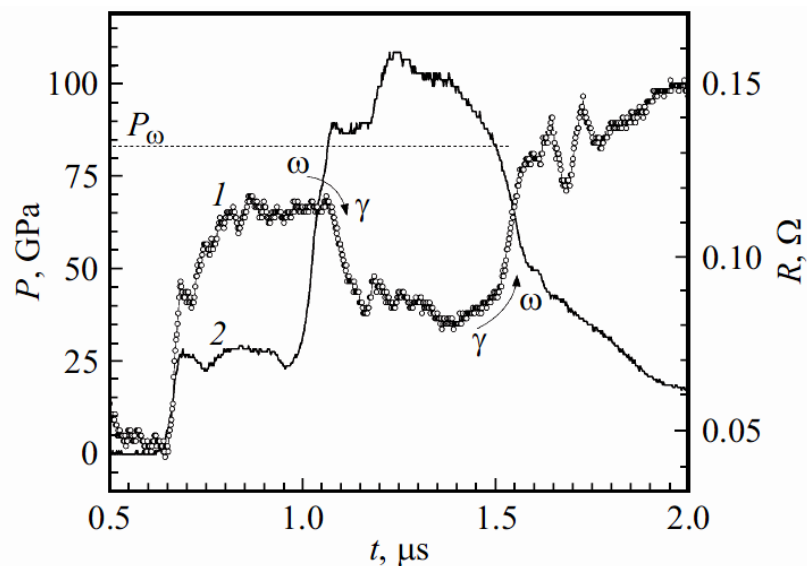


Рис. 2. Профили электросопротивления R и давления P в

- В фазе сжатия при давлении 83(5) ГПа электросопротивление образцов титана скачкообразно уменьшается на 30%.
- В фазе разгрузки в этой же области давлений происходит обратное изменение электросопротивления титана.
- Зарегистрированный эффект истолкован как следствие полиморфного $\omega \leftrightarrow \gamma$ перехода в ударносжатом титане

