

## Исследование механических свойств GaAs нанопроводов методами атомно-силовой микроскопии

П. А. Алексеев<sup>1, 2</sup>, М. Lepsa<sup>3</sup>, А. Н. Титков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

эл. почта: *прохер@gmail.com*

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Institute of Bio- and Nanosystems, Forschungszentrum Jülich 52428 Jülich, Germany

Полупроводниковые нанопровода являются перспективным материалом для создания полупроводниковых приборных структур с улучшенными характеристиками, таких как приборы опто- и наноэлектроники[1], газовые и био- сенсоры[2]. Помимо определения электрофизических свойств нанопроводов, существует проблема определения механических параметров данных объектов. Известно несколько подходов по определению механических свойств нанопроводов: возбуждение колебаний нанопроводов на резонансной частоте[3], переменным электрическим полем и квазистатическое сгибание нанопроводов методами атомно-силовой микроскопии[4].

В данной работе исследовались механические свойства GaAs нанопроводов методами атомно-силовой микроскопии. Использовался атомно-силовой микроскоп Ntegra Aura производства компании NT-MDT (г.Зеленоград) и кремниевые зонды NSG 11 (NT-MDT). Нанопровода были выращены на (111) GaAs подложке VLS методом в MBE системе. В качестве катализатора использовались капли Ga. Исследовались наклонные нанопровода выращенные под углом 19° к подложке. Зонд атомно-силового микроскопа приводился в контакт с незакрепленным концом нанопровода и измерялись нагрузочно-разгрузочные кривые. Факт того что балка зонда располагалась параллельно исследуемому нанопроводу, приводил к отсутствию эффекта пуга и гистерезиса на нагрузочно-разгрузочных кривых. Это позволило более точно определить жёсткость исследуемого нанопровода.

Жёсткость нанопровода определялась по формуле:

$k_{NW} = k_{cant} / (s_{sub} / s_{NW} - 1)$ . где  $k_{cant}$  - жёсткость зонда,  $s_{sub}$  - наклон нагрузочно-разгрузочной кривой записанной на подложке,  $s_{NW}$  - наклон нагрузочно-разгрузочной кривой записанной на нанопровode. Используя найденное значение жёсткости нанопровода, вычислялся модуль Юнга по формуле:

$$E = k_{NW} \frac{64L^3}{3\pi d^4}, \quad \text{где } L \text{ длина нанопровода, } d \text{ диаметр нанопровода.}$$

Был определён модуль Юнга для GaAs нанопроводов различных диаметров и различного типа легирования. Для нанопроводов диаметром 130 нм и 160 нм полученный модуль Юнга составил  $(4,52 \pm 1,82) \cdot 10^{10}$  Па и  $(12,8 \pm 2,18) \cdot 10^{10}$  Па соответственно. Эти значения являются сопоставимыми с модулем Юнга объёмного GaAs величина которого составляет  $8,59 \cdot 10^{10}$  Па. Также был определен предел прочности для нанопровода диаметром 150 нм и он составил  $1,82 \cdot 10^{10}$  Па.

Работа поддержана грантом Президента РФ «Ведущие научные школы» НШ-3306.2010.2.

### **Литература**

1. Y.Li et al, Nanoletters 6, 1468 (2006).
2. C.M.Lieber et al, Nature Biotechnology 23, 1294 (2005).
3. C.Y. Nam et al, Nanoletters 6, 153 (2006).
4. S. Barth et al, Nanotechnology 20, 115705.