

УДК 532.62 : 547.27

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ОТ ТОЛЩИНЫ НАНОРАЗМЕРНОЙ ПЛЕНКИ АЦЕТОНА

Н.Ю. Сдобняков, Н.В. Новожилов, А.С. Антонов, Е.А. Воронова, О.В. Михайлова  
Тверской государственный университет, 170002, Тверь, Садовый пер., 35  
*nsdobnyakov@mail.ru*

**Аннотация:** В данной работе с использованием фотометрического спектроэллипсометра «Эльф» на основе анализа спектра эллипсометрических углов  $\psi$  и  $\Delta$  было проведено исследование зависимости показателя преломления наноразмерной пленки ацетона, нанесенной на подложку из кремния, от ее толщины.

**Ключевые слова:** фотометрический спектроэллипсометр, наноразмерные пленки ацетона, показатель преломления, размерная зависимость.

В настоящее время эллипсометрия переживает период бурного развития. В первую очередь это связано с потребностями современной индустрии, в частности - нанотехнологии. Неоспоримые достоинства делают эллипсометрию надежным и удобным средством определения толщин слоев в слоистых наноструктурах, концентрации наночастиц в нанокompозитах, оптических свойств материалов, используемых как в микро- и наноэлектронике, так и других областях нанотехнологии. Одним из важных преимуществ данного метода является скорость измерения. Метод оптической эллипсометрии обладает высокой чувствительностью к весьма слабым эффектам, имеющим место на границе раздела сред.

Эллипсометрия позволяет исследовать не только твердые, но и жидкие среды [1-5]. Помимо толщин и оптических характеристик тонких жидких пленок при помощи эллипсометрии могут быть изучены процессы, протекающие в жидких средах, например перенос носителей заряда на границе двух жидких сред [2], или разделение фаз жидких смесей в зависимости от температуры [3]. Заметим также, что в настоящее время уже существуют технологии по использованию пленочных структур ацетона в качестве стабилизатора для наночастиц золота [6], а также для приготовления углеродных нанотрубок [7]. Таким образом, исследования свойств наноразмерных пленочных структур ацетона, в том числе их оптических свойств, представляют как фундаментальный, так и технологический интерес.

В данной работе с использованием фотометрического спектроэллипсометра «Эльф» на основе анализа спектра эллипсометрических углов  $\psi$  and  $\Delta$  было проведено исследование зависимости показателя преломления наноразмерной пленки ацетона, нанесенной на подложку из кремния, от толщины.

На рис. 1 видно, что при уменьшении толщины слоя ацетона абсолютное значение  $tg\psi(L)$  уменьшается, в то время как абсолютное значение  $\cos\Delta(L)$  увеличивается. Кривые имеют, в основном, монотонный характер по всей длине, без резких скачков и пиков. На графике хорошо заметно, что при уменьшении толщины слоя, кривые четко разделяются, не пересекаясь между собой.

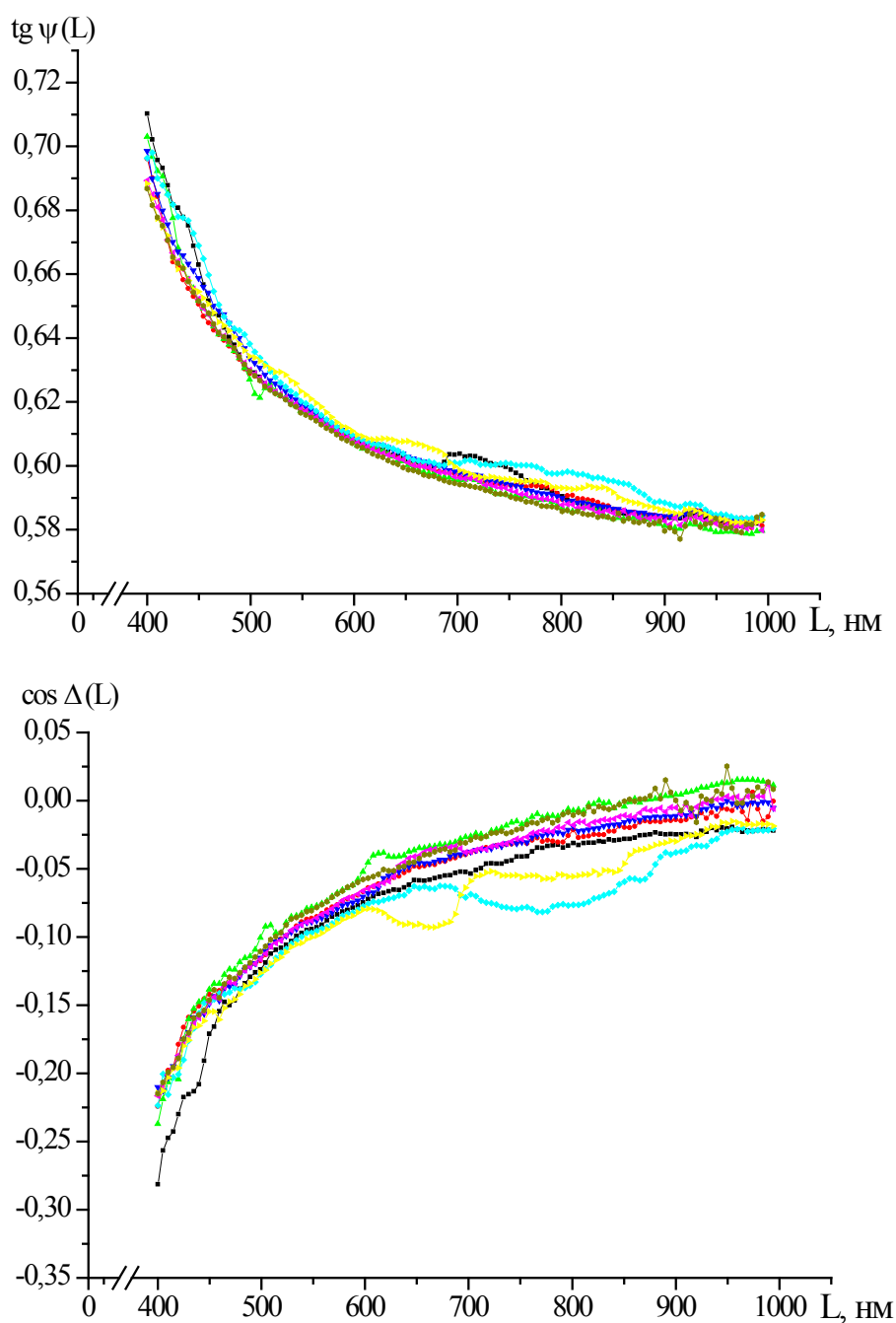


Рис. 1. Зависимости эллипсометрических углов  $\psi$  and  $\Delta$  слоев различной толщины ацетона, нанесенного на кремний.

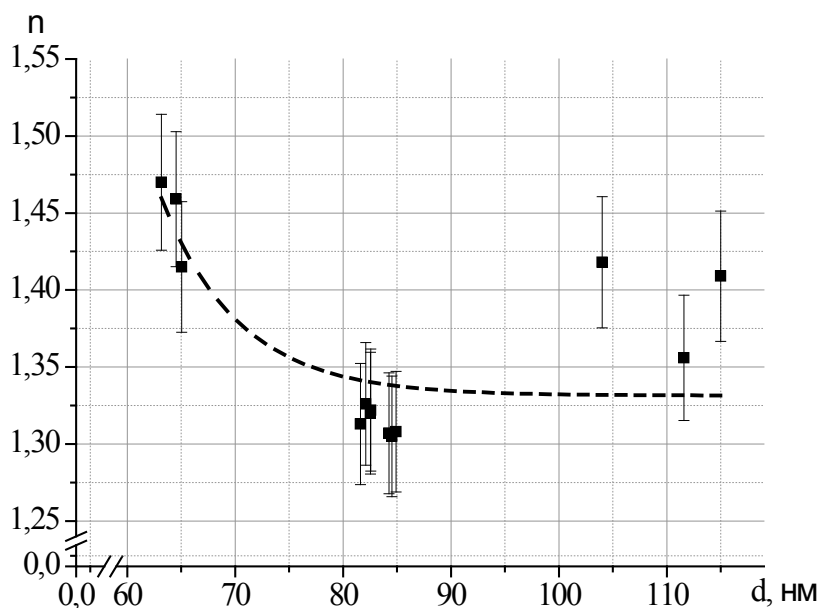


Рис. 2. Зависимость показателя преломления от толщины слоя ацетона на кремнии. Погрешность измерений составляет 3%.

На рис. 2 показана зависимость показателя преломления от толщины слоя ацетона на кремнии. Заметим, что в данном случае показатель преломления пленки уменьшается с увеличением ее толщины, по-видимому, вплоть до макроскопического значения при том, что согласно работам [4,5] для этилового спирта на кремневой подложке наблюдается аналогичный результат. На наш взгляд такое монотонное поведение эффективного показателя преломления свидетельствует о систематической составляющей, не связанной со случайными ошибками, т.е. определяется оптическими свойствами некоторого переходного слоя на границе раздела пленка-подложка. Средние показатели преломления и поглощения пленки ацетона на подложке кремния составили соответственно  $n = 1,3669$  и  $k = 0,025$ .

Очень часто комплекс данных, получаемых с помощью эллипсометрии, не может быть получен никаким другим методом исследования. Методы электронной и зондовой микроскопии, достоинства которых в исследовании наносистем неоспоримы, дают информацию о локальных участках образца. Таким образом, для случая жидких наноразмерных пленок из веществ, скорость испарения которых высока, время измерения является определяющим фактором при выборе метода исследования.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 13-03-00119-а), а также при финансовой поддержке Минобрнауки в рамках выполнения государственных работ в сфере научной деятельности.*

### Библиографический список:

1. **Weir, K.** Dynamic measurement of thin liquid film parameters using high-speed ellipsometry / K. Weir, P.V.P. Yupapin, R. Chitaree, A.W. Palmer, K.T.V. Grattan // *Sensors and Actuators A: Physical*. – 1998. – V. 65. – № 1. – P. 19-22.
2. **Webster, R.D.** In situ electrochemical-ellipsometry studies of charge-transfer processes at the liquid/liquid interface / R.D. Webster, D. Beaglehole // *Physical Chemistry Chemical Physics*. – 2000. – V. 2. – P. 5660-5666.
3. **Hasunuma, R.** Nonuniformity in Ultrathin  $SiO_2$  on  $Si(111)$  Characterized by Conductive Atomic Force Microscopy / R. Hasunuma, J. Okamoto, N. Tokuda, K. Yamabe // *Japanese Journal of Applied Physics*. – 2004. – V. 43. – P. 7861-7865.
4. **Ким, Д.А.** Исследование эллипсометрическим методом зависимости показателя преломления от толщины наноразмерной пленки этилового спирта / Д.А. Ким, Н.Ю. Сдобняков, Н.В. Новожилов, А.С. Антонов, Д.Н. Соколов, Е.В. Воронова, О.В. Михайлова // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова*. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2012. – Вып. 4. – С. 122-128.
5. **Ким, Д.А.** Измерение показателя преломления наноразмерной пленки этилового спирта / Д.А. Ким, Н.Ю. Сдобняков, Н.В. Новожилов, А.С. Антонов, Д.Н. Соколов, Е.А. Воронова // *Нанотехника*. – 2013. – № 2 (34). – С. 72-74.
6. **Giorgetti, E.** Stable gold nanoparticles obtained in pure acetone by laser ablation with different wavelengths / E. Giorgetti, M. Muniz-Miranda, P. Marsili, D. Scarpellini, F. Giammanco // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2012. – V. 14:648. – I. 1. – P. 1-13.
7. **Melezhik, A.V.** Synthesis of carbon nanotubes from acetone / A.V. Melezhik, M.A. Smykov, E.Yu. Filatova, A.V. Shuklinov, R.A. Stolyarov, I.S. Larionova, A.G. Tkachov // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. – 2013. – V. 47. – I. 4. – P. 435-443.