

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 ψ и Δ 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 ψ and Δ 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.

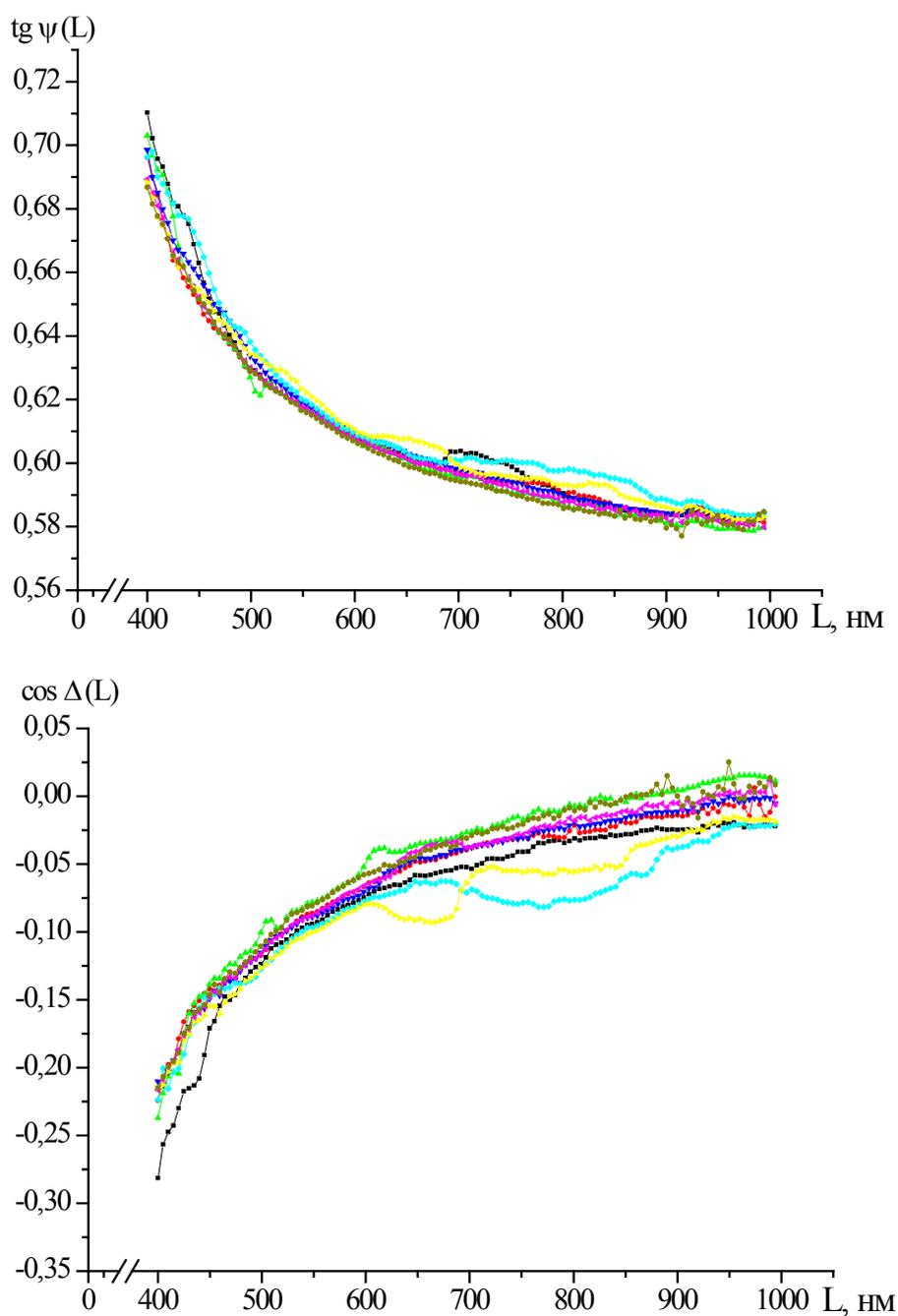


Рис. 1. Зависимости эллипсометрических углов ψ and Δ слоев различной толщины ацетона, нанесенного на кремний.

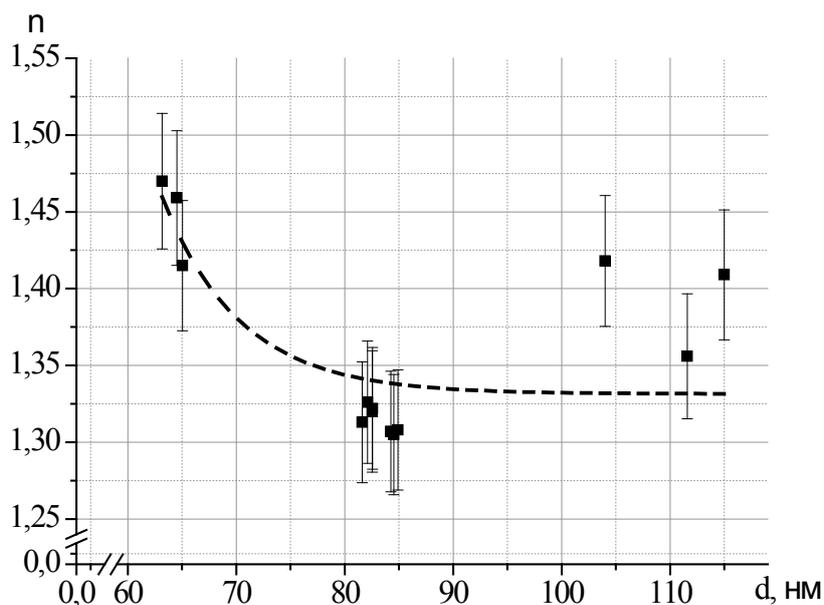


Рис. 2. Зависимость показателя преломления от толщины слоя ацетона на кремнии. Погрешность измерений составляет 3%.

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.