

Влияние адсорбции аммиака и воды на концентрацию свободных носителей заряда в пористом кремнии.

Леухин Иван Борисович¹

студент

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет,
кафедра общей физики и молекулярной электроники, Москва, Россия*

E-mail: leukhin@vega.phys.msu.ru

Введение

В последние годы интенсивно исследуются физико-химические свойства пористого кремния (ПК), представляющего собой сеть пересекающихся кремниевых нитей нанометрического сечения [1], следствием чего является его развитая удельная поверхность порядка 10^3 м²/г [1]. Эта особенность приводит к высокой адсорбционной активности изучаемого материала, в результате чего внешняя среда активно воздействует на его электронные и оптические свойства. В частности, известно, что адсорбция молекул аммиака (NH₃), обладающих донорными свойствами, может привести к изменению типа проводимости в пористом кремнии с дырочного на электронный [2]. Однако не выяснены механизмы адсорбции молекул NH₃. Решению данной проблемы посвящается наша работа. Отметим, что понимание механизмов адсорбции молекул NH₃ позволяет осуществить управление концентрацией свободных носителей заряда (СНЗ) посредством адсорбции молекул.

Методика измерений

Образцы пористого кремния были приготовлены стандартным методом электрохимического травления пластин кристаллического кремния [1] *p*-типа с исходным уровнем легирования примеси $2 \cdot 10^{19}$ ·см⁻³, ориентацией поверхности (100) и удельным сопротивлением 3-6 мОм·см. Электролит состоял из водного раствора плавиковой кислоты с добавлением спирта в следующих пропорциях: HF(48%):C₂H₅OH=1:1. Плотность тока составляла 50 мА/см², время травления 20 минут. После окончания процесса порообразования, мезопористый кремний отслаивался от подложки путем кратковременного увеличения плотности тока до 500 мА/см². Толщина полученных пленок мезопористого кремния составляла 40 мкм (оценивалась с помощью оптического микроскопа Metam PB-22). Выбор в качестве объекта исследования пленок мезопористого кремния обусловлен наличием в них относительно высокой концентрации носителей заряда и, как следствие этого, возможностью регистрировать влияние адсорбированных молекул на поглощение на свободных носителях заряда в таких образцах.

Измерения проводились на ИК спектрометре с обратным Фурье-преобразованием фирмы PERKIN ELMER RX I (диапазон измерений 6000 - 400 см⁻¹, разрешение 2 см⁻¹). Газообразный аммиак был получен из его 20% водного раствора путем перегонки. Адсорбция молекул NH₃ осуществлялась из вакуума 10⁻⁵ Торр.

Экспериментальные результаты и их обсуждение.

Проведенные эксперименты показали, что адсорбция молекул сухого аммиака ($P_{\text{NH}_3}=40$ мбар) приводит к уменьшению концентрации равновесных СНЗ в образцах мезопористого кремния *p* типа. Это объясняется тем, что аммиак является донором электронов, и концентрация основных носителей заряда (доноров) уменьшается. Дальнейшее увеличение давления паров аммиака, не приводит к каким-либо изменениям концентрации носителей заряда. Были также проведены эксперименты по одновременной адсорбции молекул сухого аммиака и молекул воды. Обнаружено, что при малых давлениях смеси (NH₃ + H₂O) наблюдается падение концентрации СНЗ, сменяющееся ее ростом при

¹Научный руководитель работы – доцент, кандидат физико-математических наук Павликов А.В.

$P_{\text{NH}_3+\text{H}_2\text{O}} > 3$ mbar. Такое немонотонное изменение концентрации СНЗ можно объяснить, предположив инвертирование типа проводимости с дырочного на электронный.

Таким образом, определена важная роль молекул воды в механизме адсорбции аммиака: молекула NH_3 , окруженная молекулами воды, имеет меньшую энергию ионизации, вследствие роста диэлектрической проницаемости ($\epsilon_{\text{H}_2\text{O}}=78$), поэтому, легче отдает электрон в объем нанокристалла.

Литература

1. A.G. Cullis, L.T. Canham, P.D.J. Calcott. J. Appl. Phys., 82, 909 (1997).
2. L. Boarino, C. Baratto, F. Geobaldo, G. Amato, E. Comini, A. M. Rossi, G. Faglia, G. Le'ronde, G. Sberveglieri. Material Sci. and Engin., B69–70, 210 (2000).