

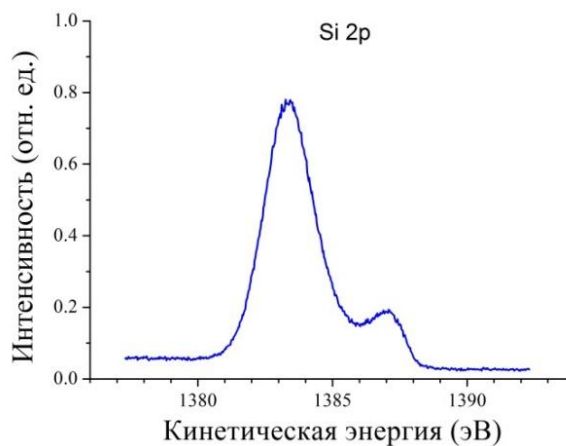
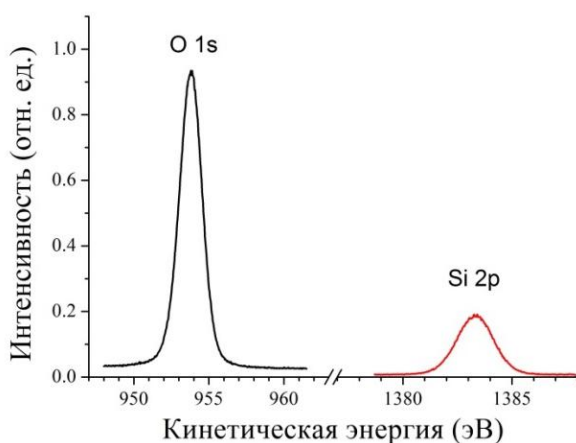


## Физика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 7. Фотоэлектронная спектроскопия наноматериалов

Одним из методов диагностики структуры материалов является рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Этот метод позволяет получать информацию о составе и характере взаимодействия атомов в тонком приповерхностном слое исследуемого образца. Анализируемая глубина составляет обычно не более 5 нм, что позволяет эффективно применять РФЭС для исследования наноструктурированных материалов. Под действием рентгеновского излучения атомы вещества эмитируют фотоэлектроны, распределение которых по их кинетическим энергиям представляет собой фотоэлектронный спектр. Из полученных спектров можно определить энергию связи внутренних (остовных) электронов, зависящую как от заряда ядра атомов (порядкового номера элемента), так и от их степени окисления, что позволяет определять не только элементный состав образца, но и характер химических связей между атомами. Дополнительно для изучения распределения атомов по глубине образца может применяться ионное травление, которое позволяет, в том числе, избавиться от возможных загрязнений исследуемой поверхности или присутствующих на ней чужеродных пленок.

1. В эксперименте методом РФЭС исследовалась тонкая пленка, содержащая распределенные в слое диоксида кремния нанокристаллы кремния, покрытая сверху дополнительным защитным слоем стехиометрического диоксида кремния. Пользуясь полученными при исследовании поверхностного слоя  $\text{SiO}_2$  спектрами РФЭС (см. рис. 1), оценить энергию связи электронов Si 2p-уровней, если известно, что энергия связи электронов O 1s-уровней составляет  $\sim 533$  эВ. **(5 баллов)**
2. После стравливания поверхностного слоя  $\text{SiO}_2$  ионным пучком и измерения спектра РФЭС исследуемой пленки с нанокристаллами кремния в области энергий Si 2p фотоэлектронов было замечено, что в спектре появился дополнительный пик с энергией около 1387 эВ (см. рис. 2). Объяснить наблюдаемое качественное изменение спектра. **(5 баллов)**



Всего – 10 баллов