



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

### Решение задачи 7. Фотоэлектронная спектроскопия наноматериалов

1. Принцип, лежащий в основе метода РФЭС, – явление фотоэффекта, т.е. выбивание электронов из поверхностного слоя вещества под действием падающих квантов электромагнитного излучения. Энергию связи эмитированных фотоэлектронов определяют из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = E_{\text{связи}} + E_{\text{кин}}$$

На рис. 1 имеем два пика с энергиями около 954 эВ ( $E_{\text{кин}}^{\text{O}1s}$ ) и 1383.5 эВ ( $E_{\text{кин}}^{\text{Si}2p}$ ). Исходя из того, что оба пика получены в одном эксперименте, т.е. при одной и той же энергии квантов  $h\nu$ , получаем выражение для энергии связи электронов Si 2p-уровней:

$$E_{\text{связи}}^{\text{Si}2p} = E_{\text{связи}}^{\text{O}1s} + E_{\text{кин}}^{\text{O}1s} - E_{\text{кин}}^{\text{Si}2p} \approx 533 + 954 - 1383.5 = 103.5 \text{ эВ}$$

Таким образом, наблюдаемые в РФЭС спектрах на рис. 1 пики соответствуют атомам Si и O, связанным между собой ковалентной полярной связью в диоксиде кремния.

2. Появление дополнительного пика в РФЭС спектре исследуемой пленки с нанокристаллами кремния в области энергий Si 2p-уровней (около 1387 эВ, см. рис. 2) можно объяснить вкладом электронов, вырванных из внутренних оболочек атомов Si, входящих в состав нанокристаллов кремния, т.е. образующих ковалентную неполярную Si-Si связь. Различный характер Si-O и Si-Si связей и обуславливает наблюдаемый относительный сдвиг соответствующих максимумов в фотоэлектронных спектрах. При этом основной пик в спектре на рис. 2 соответствует атомам кремния, входящим в окружающий нанокристаллы слой SiO<sub>2</sub>, что следует из совпадения энергии его максимума с максимумом Si 2p пика РФЭС спектра на рис. 1 (~ 1383.5 эВ).