

ОСОБЕННОСТИ ОТРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ СЛОЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Н.В.Новиков*, Н.Г. Чеченин, А.А. Широкова

ИИЯФ МГУ, Москва, Россия

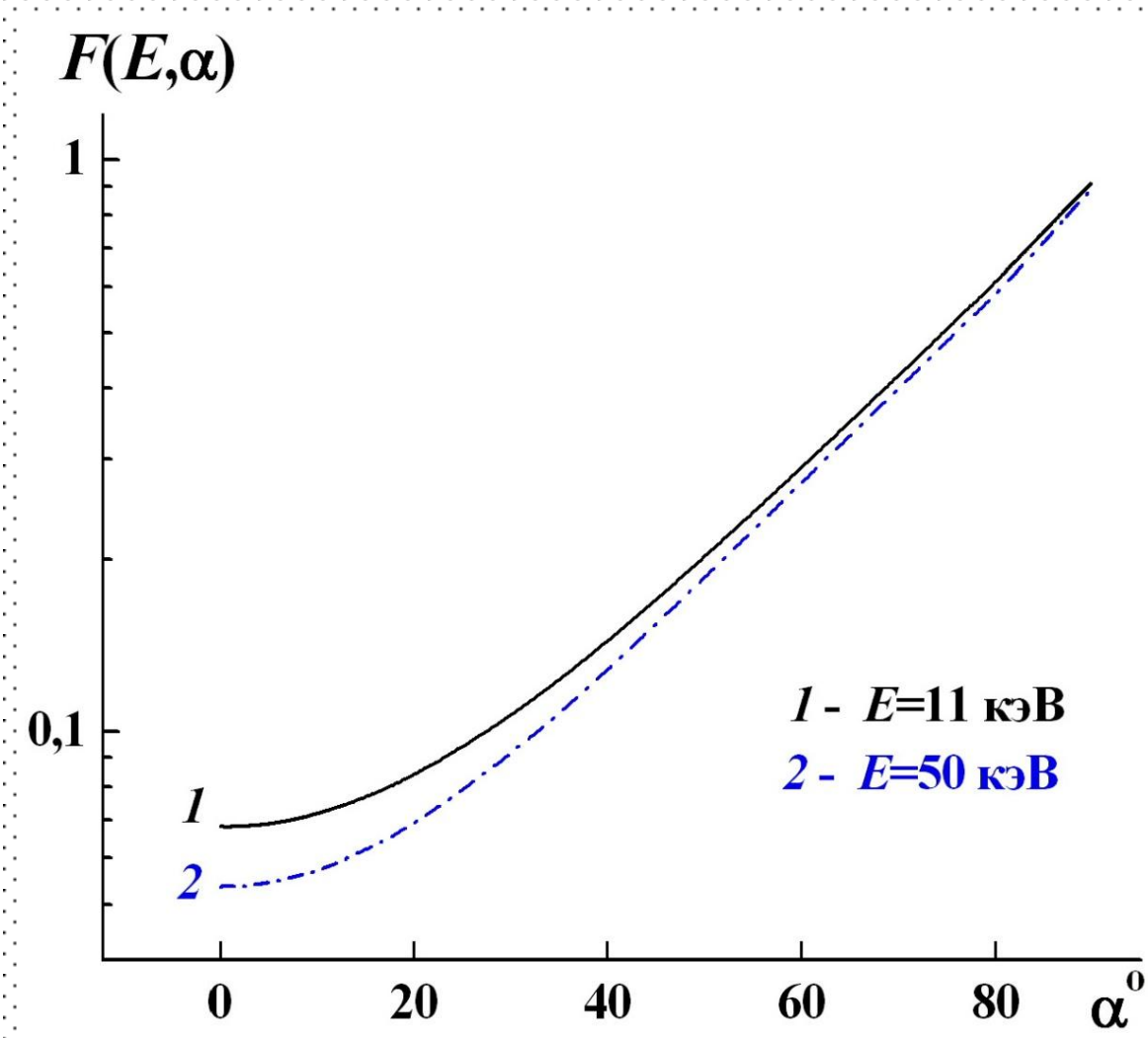
*e-mail: nvnovikov65@mail.ru

УГЛЕРОДНАЯ НАНОТРУБКА (УНТ)

УНТ — это аллотропная модификация углерода, в виде полой многослойной цилиндрической структуры диаметром от десятых до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров. Композиционные материалы с УНТ и полимерной матрицей обладают уникальными механическими (прочность, ползучесть, ударная вязкость и др.), электрофизическими (электропроводность, диэлектрическая проницаемость, радиационная стойкость) и тепловыми свойствами [1].

В этой работе исследуются анизотропные свойства слоя из УНТ при отражении электронов. Все однослойные трубки считаются одинаковыми и ориентированными в одном направлении. Анализируется зависимость коэффициента отражения электронов от мишени, состоящей из вертикально и горизонтально ориентированных УНТ, в зависимости от угла падения α , угла между плоскостью рассеяния и осью УНТ φ и энергии электронов $E_e > 1$ кэВ. Расчеты проводились методом Монте Карло [2].

ОДНОРОДНАЯ МИШЕНЬ



$F(E, \alpha) \rightarrow 1$ при $\alpha \rightarrow 90^\circ$.

Рис.1 Зависимость коэффициента отражения от угла падения при отражении электронов от однородной мишени из углерода $\rho=2$ г/см³. Энергия электронов: 1 – $E = 11$ кэВ; 2 – $E = 50$ кэВ.

Особенностью отражения бесструктурной мишени является высокое значение коэффициента отражения во всем диапазоне углов падения, когда $F(E, \alpha)$ превышает несколько процентов.

СТРУКТУРНАЯ МИШЕНЬ ИЗ УНТ

Однослойная УНТ длиной $L=1$ мкм задается в виде полого цилиндра с $r=0.35$ нм и $R=0.45$ нм из углерода плотностью $\rho=2.27$ г/см³. Плотная упаковка в кластере из 61 и 91 УНТ обеспечивается при размещении УНТ в узлах решетки в виде правильных шестигранников, когда расстояние между центрами любых двух соседних цилиндров $d=1$ нм.

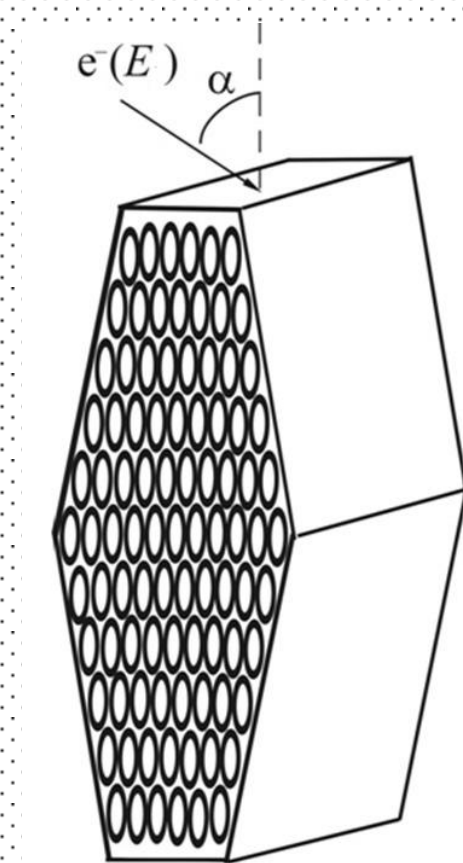
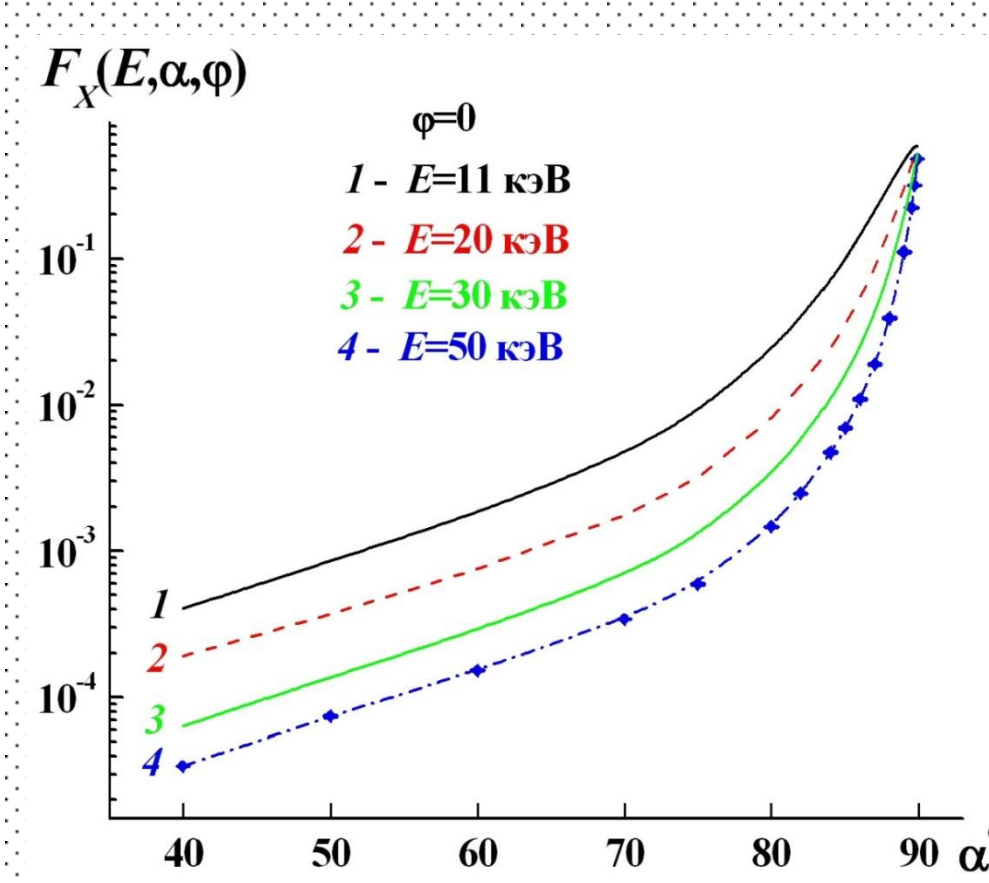


Рис.2 Зависимость коэффициента отражения от угла падения при рассеянии электронов от мишени с горизонтально ориентированными УНТ при $\varphi=0$. Энергия электронов: 1 – $E = 11$ кэВ; 2 – $E = 20$ кэВ; 3 – $E = 30$ кэВ, 4 – $E = 50$ кэВ. Погрешности расчетов соответствуют размеру символов на кривой $E=50$ кэВ.

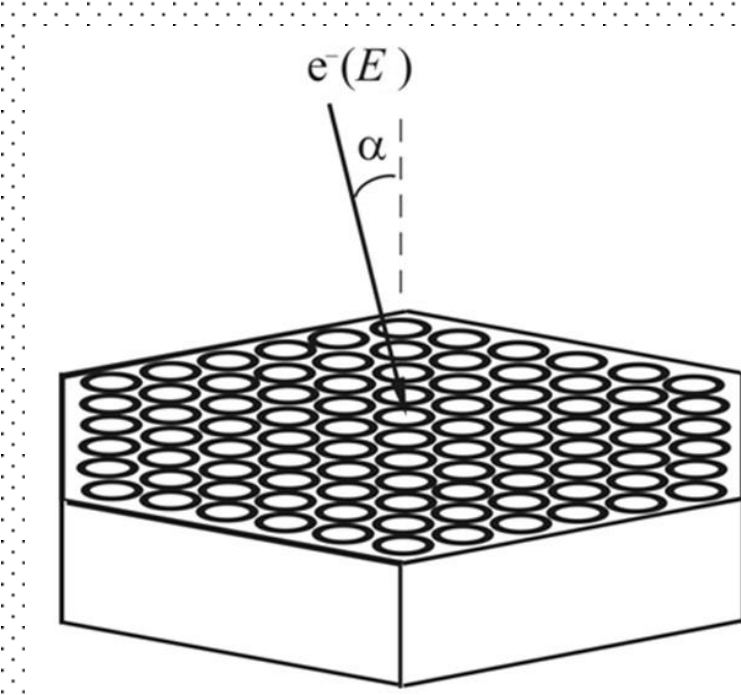
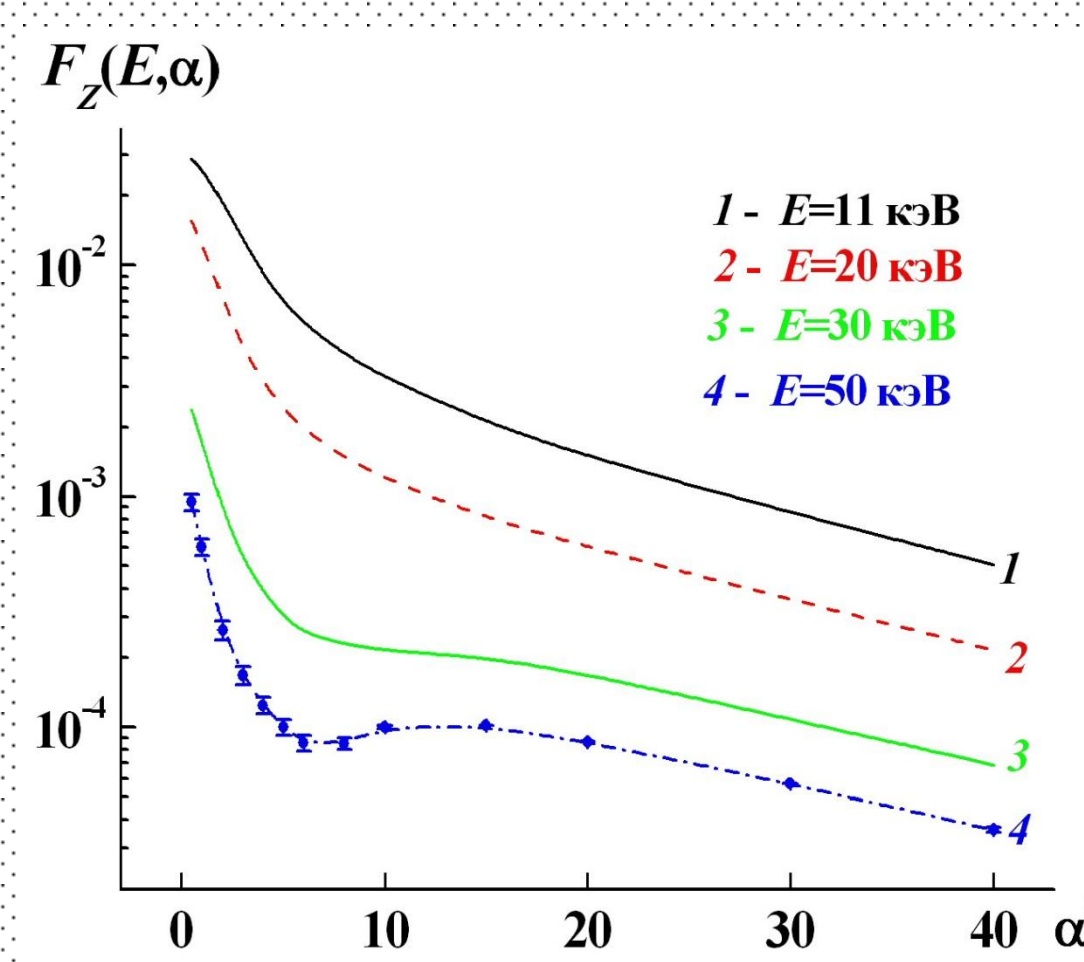


Рис.3 Зависимость коэффициента отражения от угла падения при рассеянии электронов от мишени с вертикально ориентированными УНТ. Обозначения как на рис.2.

ВЫВОДЫ

Мишень с поверхностным слоем из ориентированных УНТ обладает уникальными отражательными свойствами для пучка электронов. Только небольшая часть падающих электронов может отразиться от такой мишени, и только в небольшом интервале углов $\alpha > 80^\circ$, $\varphi < 15^\circ$ для горизонтально ориентированных УНТ и $\alpha < 10^\circ$ для вертикально ориентированных УНТ. Такой эффект объясняется особенностями формирования потоков электронов в поверхностных слоях мишени из ориентированных УНТ. Большая часть электронов с энергией $E > 10$ кэВ легко проходит через стенку одной УНТ и в результате баллистического каналирования попадает в достаточно глубокие слои мишени, вероятность выхода из которых быстро уменьшается при увеличении глубины слоя.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках научной программы Национального центра физики и математики (проект «Ядерная и радиационная физика»).

ЛИТЕРАТУРА

- Макунин А. В., Чеченин Н. Г. Полимер - наноуглеродные композиты для космических технологий. Часть 1. — М.: «Университетская книга», 2011.150с.
- Sempau J., Fernandez-Varea J.M., Acosta E., Salvat F. // NIM B. 2003. V. 207. P.107.