

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВЛЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МАЛОПЛОТНОГО ЗАРЯДА ТРОТИЛА

Н.П. Сатонкина^{1,2}

А.П. Ершов¹

А.О. Кашкаров¹

И.А. Рубцов¹

А.А. Кузьминых²

С.С. Пудова²

М.С. Терехова²

**¹Институт гидродинамики
им. М.А. Лаврентьева СО РАН**

**²Новосибирский
государственный
университет**

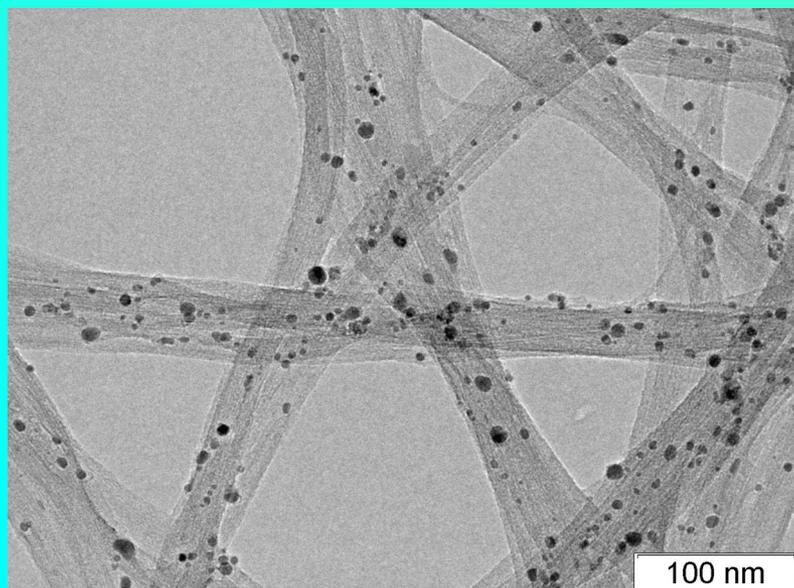
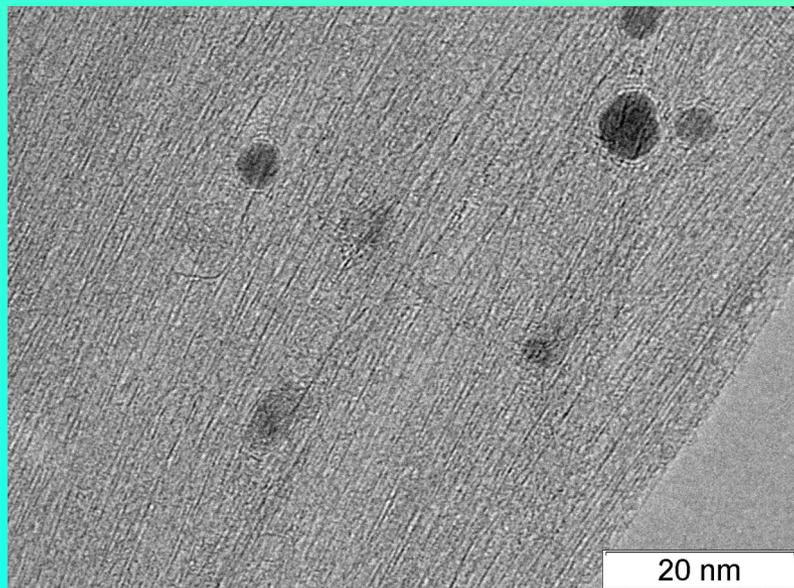


МОТИВАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

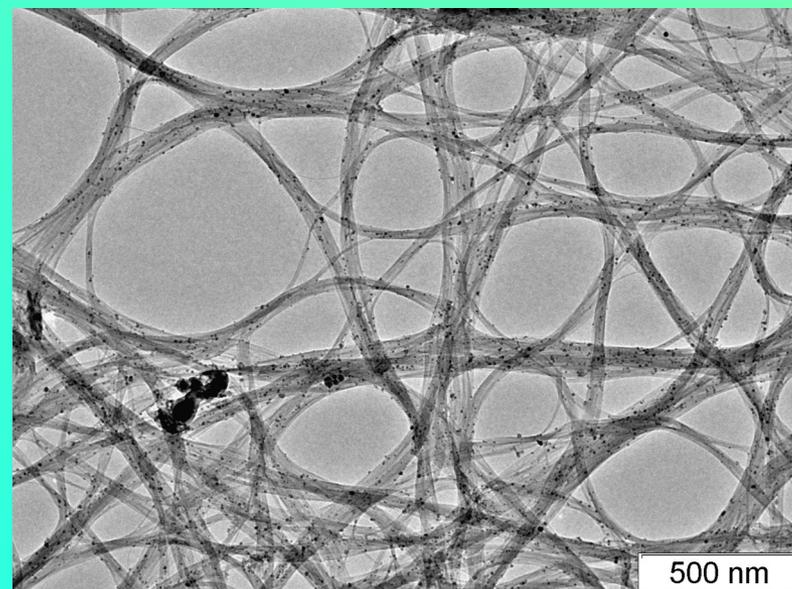
Как известно, чувствительность заряда ВВ сильно зависит от его структуры. Так, для тротила литого и прессованного наблюдается увеличение УВЧ последнего при близкой плотности зарядов; критический диаметр для прессованного заряда тротила составляет 2 – 5 мм, для литого на порядок больше — 13 – 27 мм.

Еще одной мерой чувствительности для конденсированных ВВ служит скорость детонации при диаметре заряда меньше предельного и больше критического: наблюдается зависимость скорости детонации от диаметра, имеющая вид $\frac{D}{D_{max}} = 1 - \frac{A}{r - r_c}$, где D и D_{max} скорость детонации заряда диаметром r и больше предельного, соответственно, A и r_c эмпирические константы.

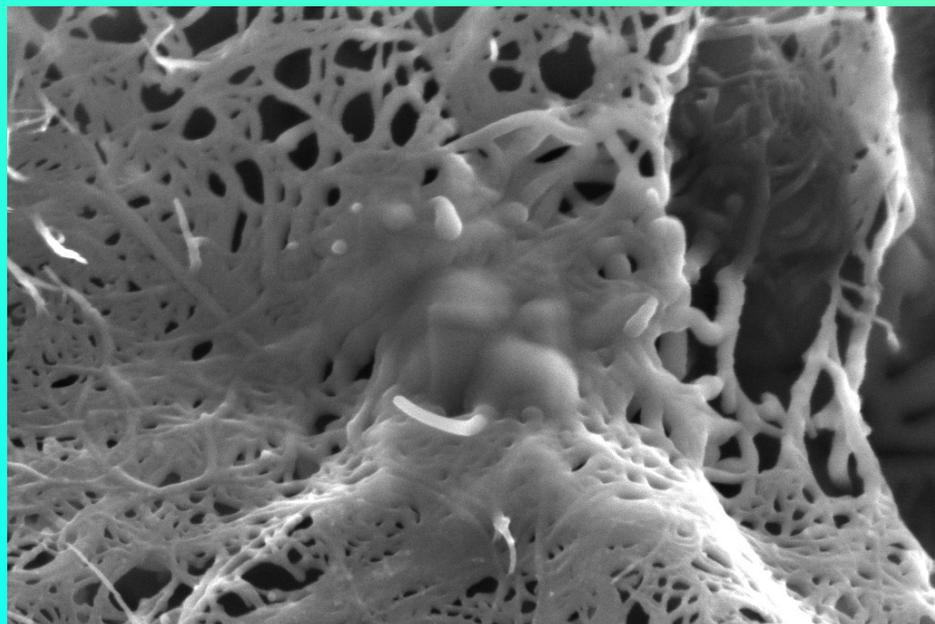
ОДНОСТЕННЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ (ОУНТ)



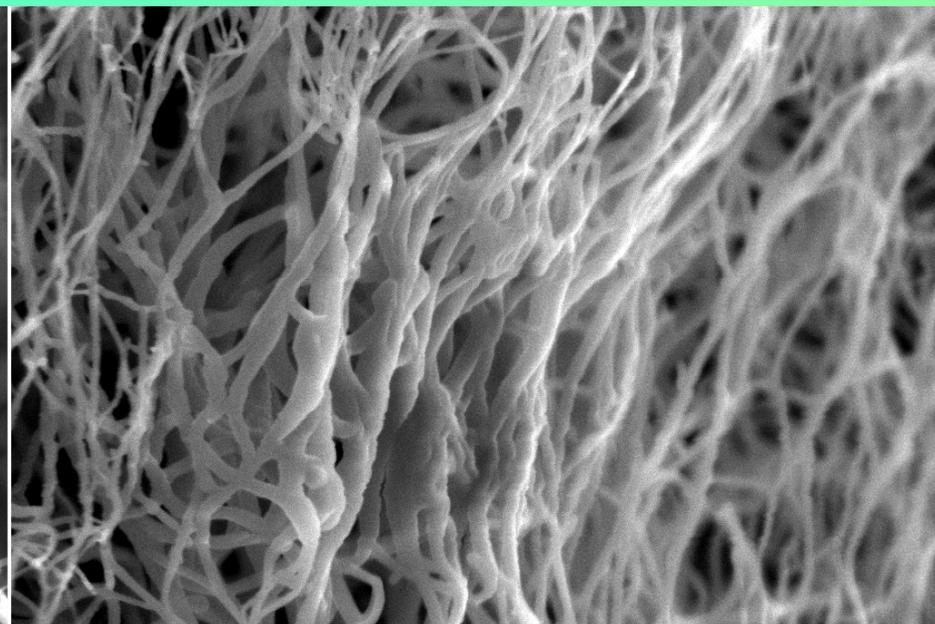
Заявленные
характеристики ОУНТ:
длина несколько микрон,
диаметр порядка 1.5 нм,
производитель
компания OCSiAl,
Новосибирск.



ТРОТИЛ С ДОБАВЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК



100 nm Mag = 100.00 K X Signal A = InlensDuo Date :23 Jun 2017
WD = 2.0 mm EHT = 3.00 kV Photo No. = 3710 Time :16:07:59

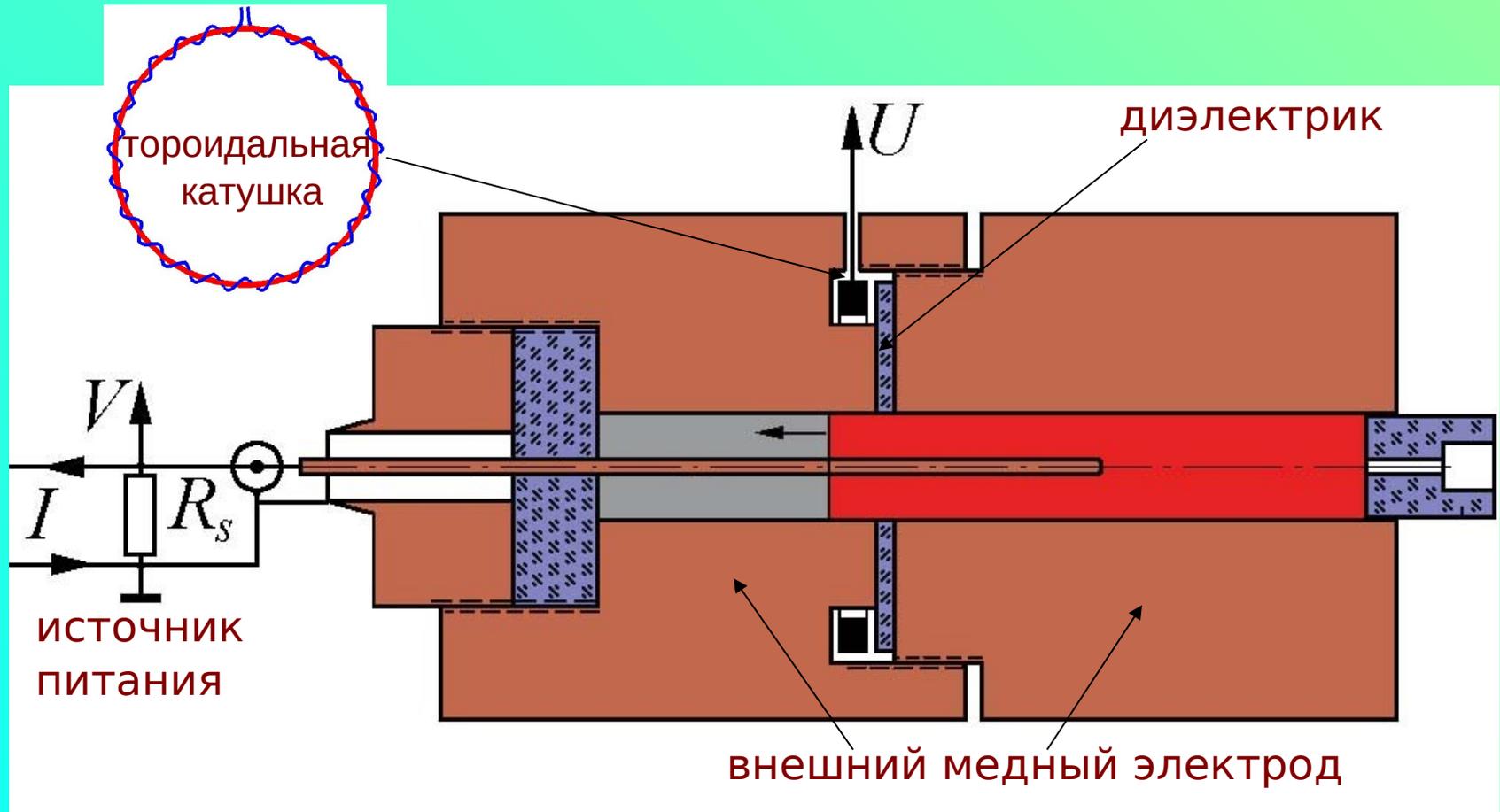


200 nm Mag = 100.00 K X Signal A = InlensDuo Date :23 Jun 2017
WD = 1.9 mm EHT = 3.00 kV Photo No. = 3708 Time :16:05:01



Для изготовления смеси тротила с нанотрубками использована следующая технология: растворенное в ацетоне ВВ смешивалось с водным раствором нанотрубок. При этом происходило осаждение ВВ из раствора на нанотрубках. Доля нанотрубок в смеси с ВВ по массе составляла 0.005.

СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ

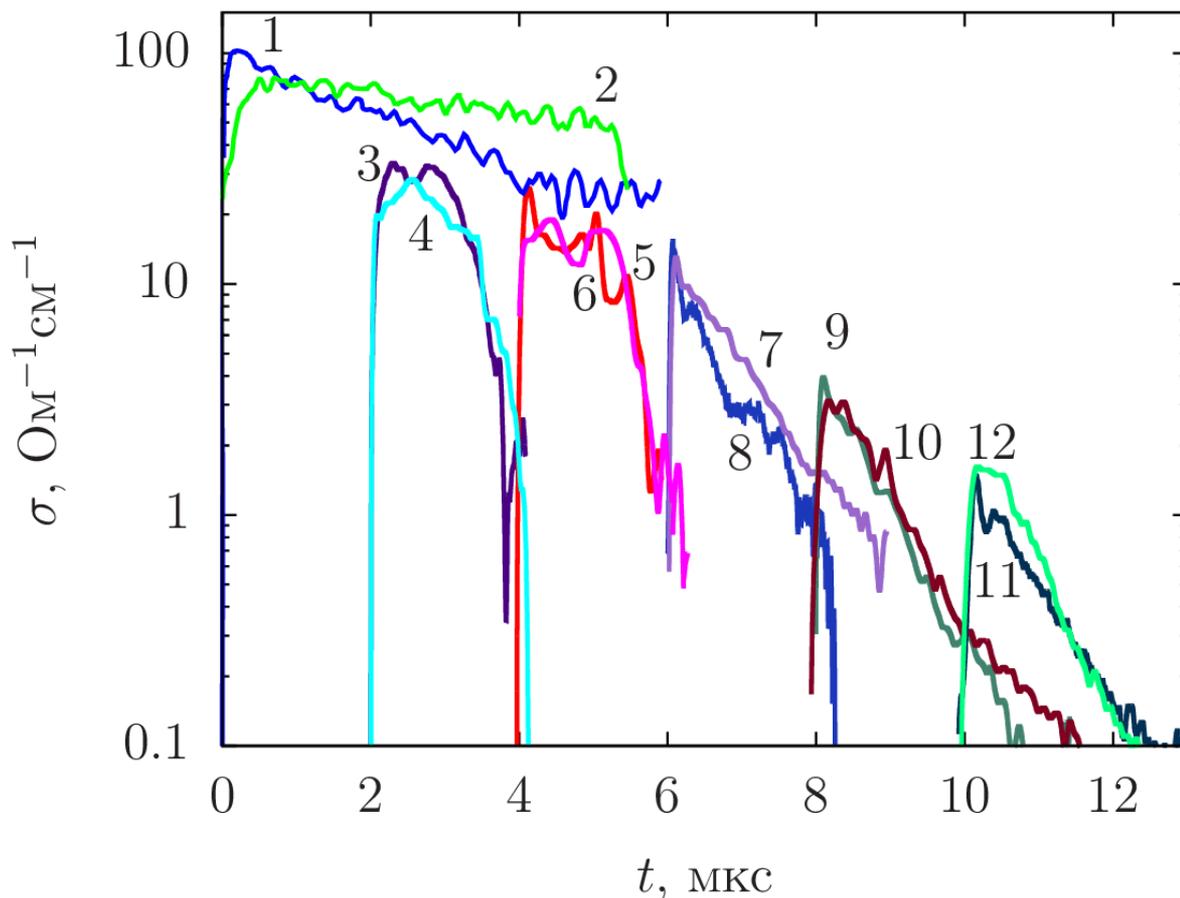


Поправка на индуктивность катушки

$$\sigma(x) = \frac{\ln(b/c)}{2\pi DM} \frac{U(t)}{V}$$

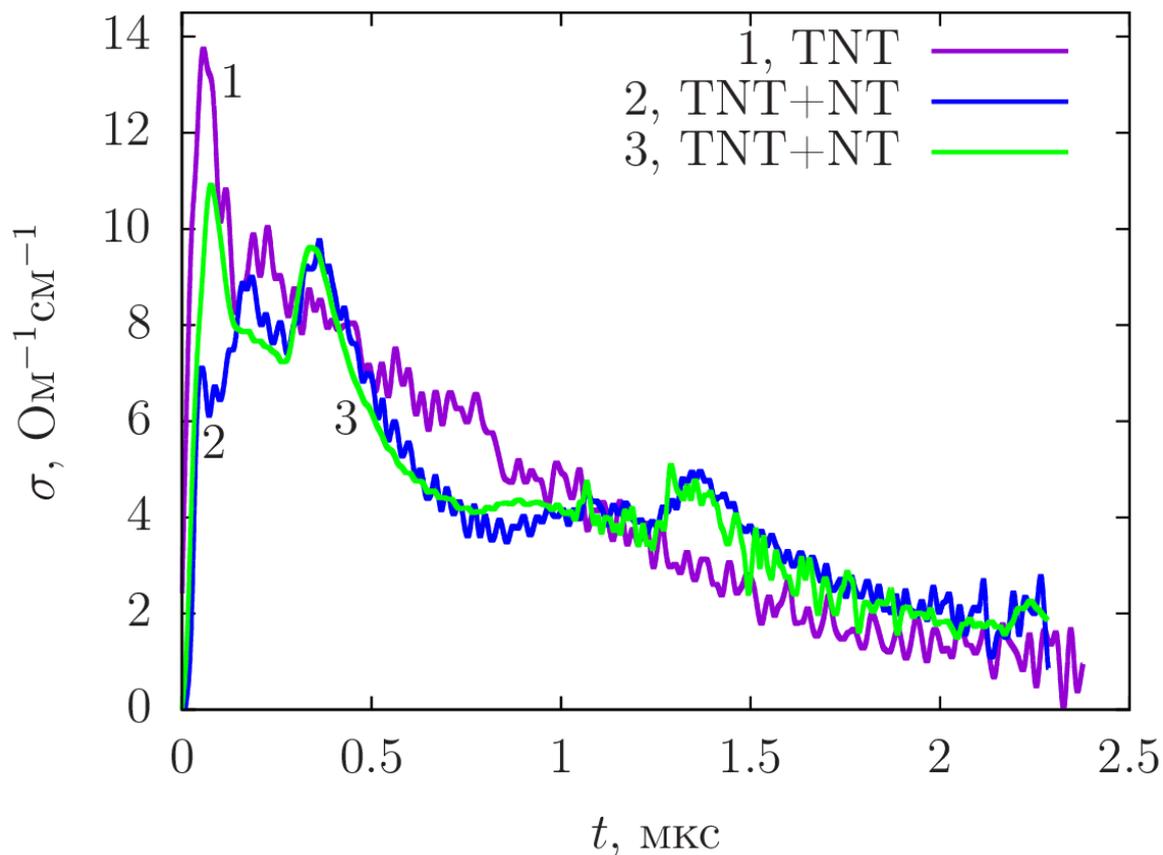
$$U = U_{in} + \frac{L}{R_{in}} \frac{dU_{in}}{dt}$$

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ И СТРУКТУРЫ ЗАРЯДА ТРОТИЛА НА ПРОФИЛЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ



1, 2 – прессованный,
3, 4 – литой,
5, 6 – литой с 3%
стеклянных
микросфер,
7, 8 – насыпная
плотность 1.1 г/см^3 ,
9, 10 – заряд насыпной
плотности с 3%
микросфер,
эффективная плотность
ВВ 0.99 г/см^3 ,
11, 12 – заряд насыпной
плотности с 6%
микросфер,
эффективная плотность
ВВ 0.84 г/см^3 .

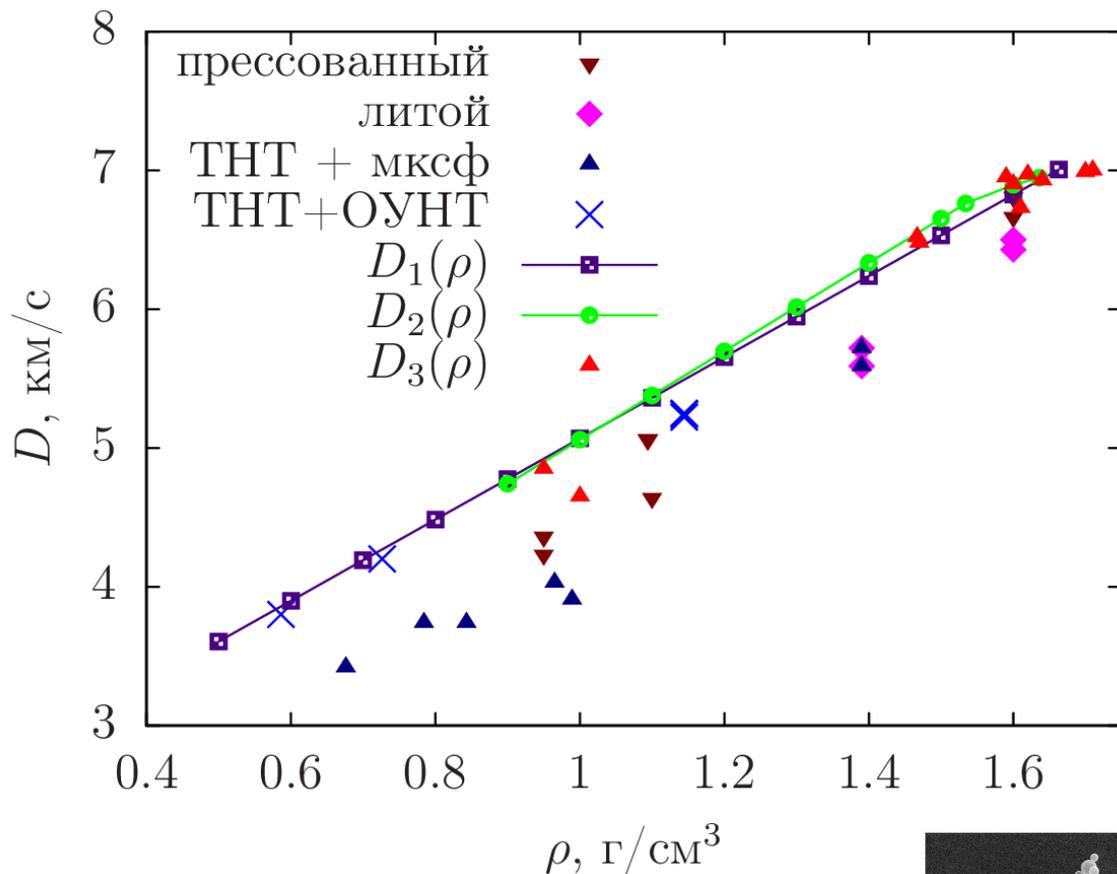
ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ПРОФИЛЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ



№	ρ , г/см ³	D , км/с
1	1.10	5.04
2	1.15	5.25
3	1.15	5.25

При добавлении в тротил проводящего материала – углеродных нанотрубок 0.5% по массе – значительного изменения электропроводности при детонации не произошло. Наблюдается высокая чувствительность электропроводности, что отражается в корреляции всплесков и порций при запрессовке.

СКОРОСТЬ ДЕТОНАЦИИ ЗАРЯДОВ ТРОТИЛА ЧИСТОГО И С ДОБАВКАМИ

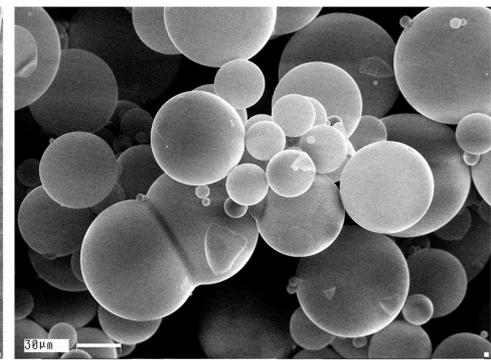
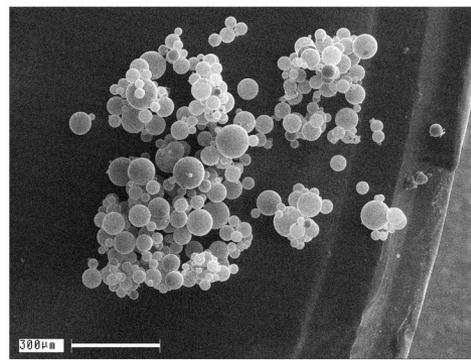


$D_1(\rho)$ данные работы
 К. Tanaka, "Detonation properties of condensed explosives computed using the Kihara–Hikita–Tanaka equation of state," National Chemical Laboratory for Industry, Tsukuba Research Center, Tsukuba, Japan, 1983, 304 p.;

$D_2(\rho)$ данные работы
 М. J. Urizar, E. James, Jr.,
 L. C. Smith, Detonation Velocity of Pressed TNT // Physics of Fluids 4, 1961, 262–274;

$D_3(\rho)$ данные работы
 LLNL Explosives Handbook
 Properties of Chemical Explosives and Explosive Simulants, 1985, 522 p.

мксф – полые стеклянные микросферы
 диаметром 60 мкм и толщиной стенки 1 — 2 мкм.



РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведено экспериментальное исследование низкоплотного заряда тротила с добавлением углеродных одностенных нанотрубок. Распределение электропроводности слабо отличается от полученного для чистого ВВ с близкой плотностью.

Сравнение скорости детонации зарядов чистого тротила и модифицированного нанотрубками показало увеличение скорости для последнего. Этот эффект объясняется ростом концентрации неоднородностей (горячих точек), на которых происходит эффективное развитие реакции, что приводит к увеличению скорости энерговыделения за фронтом. Экспериментальный разброс по скорости для заряда модифицированного тротила значительно уменьшился.

**БЛАГОДАРЮ
ЗА
ВНИМАНИЕ!**

