

ГОИ
Vavilov State Optical Institute
 СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

MECHANISMS OF CHANGES IN THE POLARIZATION AND STRENGTH PROPERTIES OF PVA-BASED THIN-FILM MATERIALS DURING NANOSTRUCTURING

МЕХАНИЗМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПВС ПРИ ИХ СТРУКТУРИРОВАНИИ

N.V. Kamanina^{1,2,3,*},

with the collaboration: L.O.Fedorova (Graduate student)^{2,3}, S.V.Likhomanova^{1,3}, P.V.Kuzhakov^{1,3}

Наталия Владимировна Каманина^{1,2,3}

nvkamanina@mail.ru

¹ АО НПО «ГОИ им. С.И. Вавилова», Кадетская линия В.О., д.5, корп.2, 199053, Санкт-Петербург, Россия,
(д. физ.-мат. наук, начальник отдела «Фотофизика...»)

² Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет («ЛЭТИ»), Санкт-Петербург,
Россия (профессор)

³ Институт ядерной физики, отдел перспективных разработок (Гатчина-Санкт-Петербург)

**This research has been supported by the Russian Science Foundation,
grant number 24-23-00021**

Пreamble 1

Современные технологии и наука входят в канву VI технологического уклада, в ядро которого включены наноэлектроника, аддитивные технологии, наноматериалы и наноструктурированные покрытия, информационные технологии, нанофотоника и прочие сопутствующие направления.

Многолетняя отечественная и зарубежная практика показывает, что более 80% инновационных разработок в ведущих областях промышленности и секторах экономики базируется на внедрении новых материалов и технологий их производства.

Учитывая постоянно растущий уровень требований к разрабатываемым новым типам техники, и проводимую модернизацию существующих образцов техники, **задача разработки новых видов материалов и композитов на их основе стоит особенно остро**.

В 1980-е годы СССР занимал третье место в мире по производству и потреблению композиционных материалов. Сейчас российский и белорусский рынок композитов (СОЮЗНОЕ ГОСУДАРСТВО) суммарно составляют **около 1% мирового**.

В 1990-е композитное производство в России практически исчезло. Ситуация стала меняться лишь в последнее десятилетие: модернизируются заводы советской эпохи, растет спрос, но есть области, где зависимость от импорта критическая.

Работа команды «Фотофизика...» как раз и занимается разработкой отечественных КОМПОЗИТОВ на основе полимеров и жидких кристаллов. Работа проводится:

1). По гранту РНФ №24-23-00021 «Структурированные оксидом графена тонкопленочные поляризаторы видимого диапазона спектра, 2024-2025. Вы эту работу знаете. Докладывала в отчете на НТС в 2024 г. Буду стараться продлить работу на 2026-2027 гг. Сейчас продолжаем работу, меняя сенсибилизаторы ПВС.

2). Работа с московской организацией по ЖК-тематике. Сделан модуль управления ЖК-ячейкой с использованием поляризатора и анализатора на основе ПВС с разными наночастицами.!

Пreamble 2

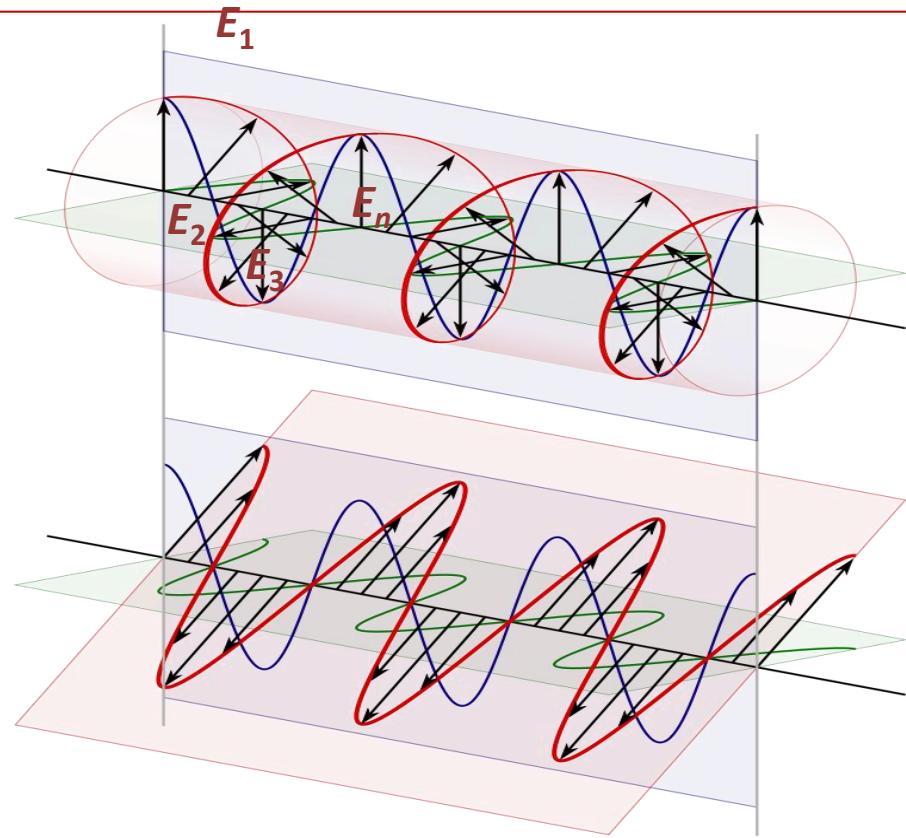
31 декабря 2020 г. была утверждена программа фундаментальных и поисковых исследований в РФ (Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 31 декабря 2020 г. № 3684-р, Москва), в которой выделены направления:

- ✓ 1.3.2.5. Физика нано- и гетероструктур, мезоскопика.
- ✓ 1.3.2.6. Физика поверхности, границ раздела и других протяженных дефектов.
- ✓ **1.3.5.6. Новые оптические материалы, оптические элементы фотоники,**
интегральная оптика, голограмма, нанофотоника, метаматериалы и
метаповерхности.
- ✓ 1.3.5.7. Развитие методов фотоники для применения в технике и медицине.
- ✓ 1.3.5.4. Развитие методов спектроскопии, люминесценции и прецизионных
оптических измерений.
- ✓ 1.3.5.5. Физика лазеров и лазерных материалов; нелинейные оптические явления.
- ✓ Таким образом, поисковые исследования в канве указанных направлений
актуальны и перспективны.

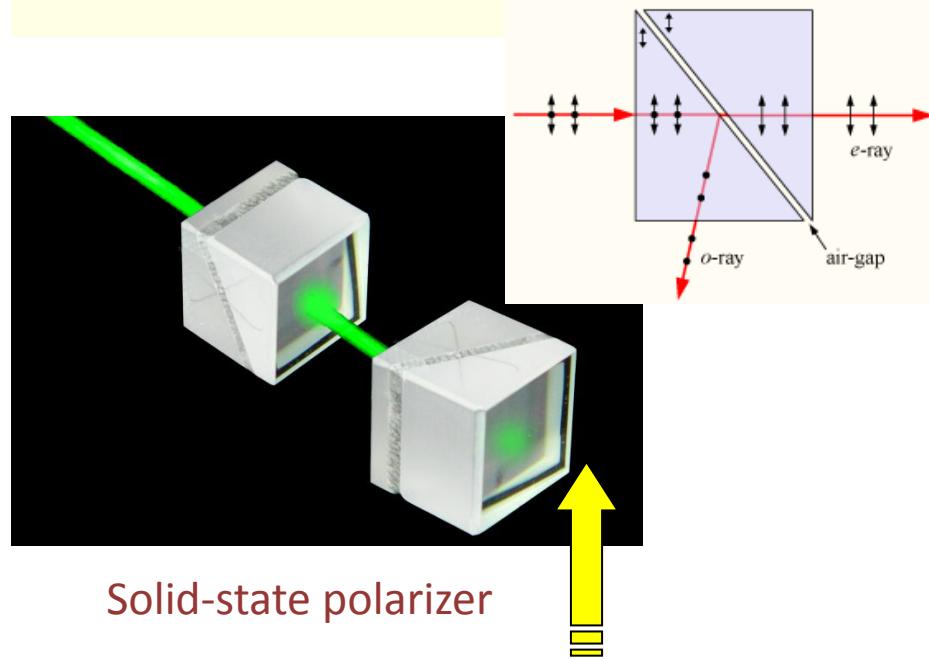
Тема данного доклада: «МЕХАНИЗМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПВС ПРИ ИХ СТРУКТУРИРОВАНИИ» – напрямую соответствует направлению 1.3.5.6.

**! Практически, каждый слайд будет сопровождаться фотографией молодого
сотрудника, аспиранта или студента ☺**

Итак, поляризаторы. Well. It is well known that the light beam can be described by the change of vectors E . The electromagnetic wave, we take into account now the electric component of light, can be decomposed into two polarized components, for example, vertically and horizontally polarized.

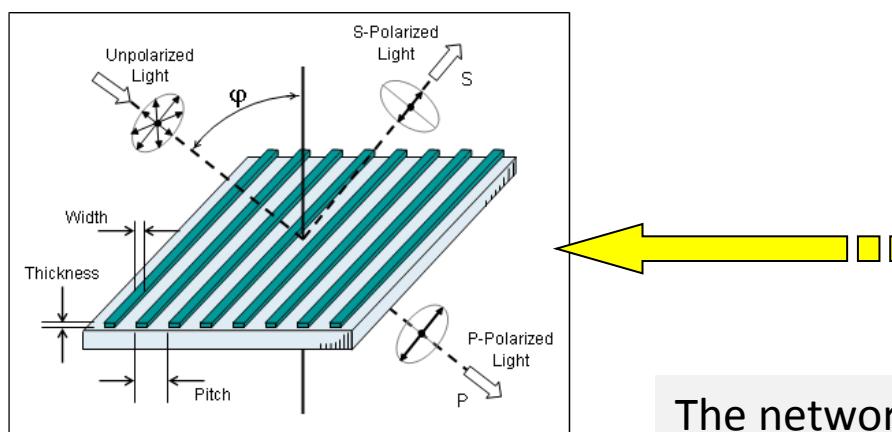
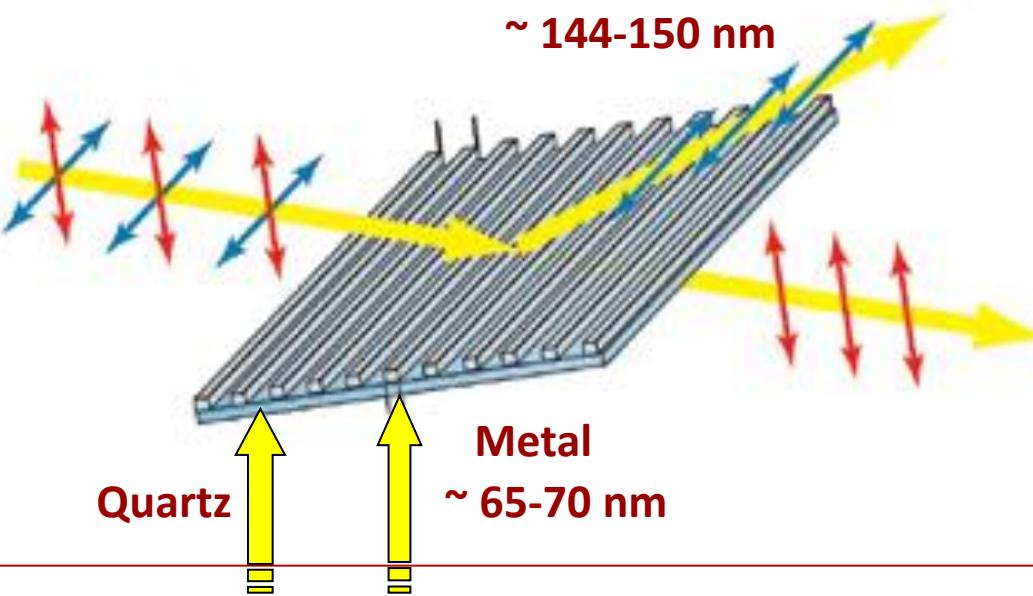


In practice, using different optoelectronic set-up, in order to obtain the parallel and orthogonal light components, both the solid-state (with the dimension of $10 \times 10 \times 10 \text{ mm}^3$ or more) or thin-film ($\sim 60\text{-}80$ microns) polarizers can be used.



To develop the solid-state polarizers researchers use the transparent double refracting crystals, such as: hexagonal Icelandic spar CaCO_3 , which has a wide area of transparency and large birefringence. Moreover, the crystalline quartz SiO_2 and magnesium fluoride MgF_2 can be applied.

Other solid-state polarizers can be presented as the composite structure, including the inorganic and organic materials



It should be noticed once again that the operation of polarization elements are based on the transverse orientation of fields in the electro-magnetic waves.

Polarization devices transmit one component of the natural light, which is parallel to the polarizer axis, and retard the other (orthogonal) component.

The approach shown in Figure 1 is based on the following fact. The polarizer consists of the metal stripes deposited onto a quartz (*upper figure*) or polymer (*lower figure*) base. The metal layer reflects the incident light, while the quartz or the polymer film transmits or absorbs the light.

The network of the metal lines with the period of $\sim 118 \text{ nm}$ or 148 nm .

Figure 1. Wire grid polarizers are an array of thin parallel metal lines fabricated on a transparent substrate such as a polymer film.

Cost and spectral range of operation

Polarizers Price

Spectral range is indicated as well in these Linear Polarizers

DPM-050-VIS1 \$195

DPM-050-UV1 \$231

DPM-100-UV1 \$354

VL-100-UV-S \$495

DPM-200-VIS1 \$490

DP-200-UV1 \$520

DP-100-UV1 \$308

DP-100-VIS1 \$230

DP-200-NIR1 \$760

DP-200-NIR2-1 \$760

DP-200-NIR2-2 \$760

CPM-050-IR λ \$550

DP-200-NIR2-3 \$760

VL-200-NIR-R \$470

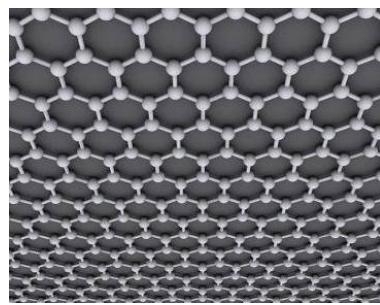
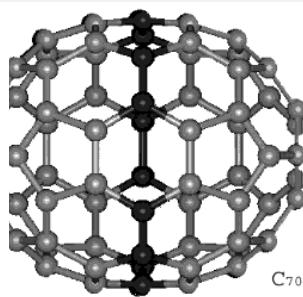
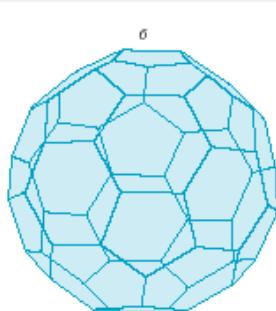
BB-100-IR3 \$550

DPM-200-NIR2-2 \$748

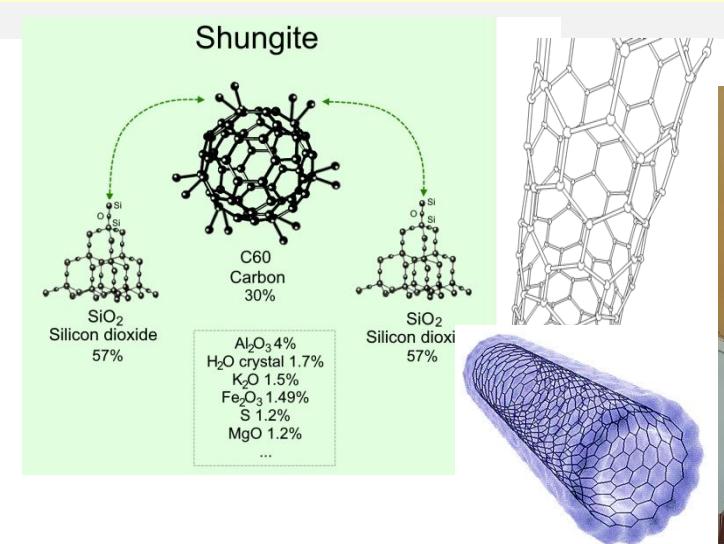


The sample of the polarizer produced by Meadowlark Optics

Наш подход: использовать наночастицы для изменения спектральных и прочностных свойств поляризаторов света. We have used different carbon-based nanoparticles and fibers (and other nanotubes) to improve the properties of the thin-film organic polarizers. Some of them are shown here:



MoS₂ and WS₂



- Fullerenes C₆₀ and C₇₀, carbon nanotubes and nanofibers, shungites, graphene oxides, WS₂ and MoS₂ nanotubes, etc. nano-objects we have used to dope the PVA matrix. **Basically the content of the dopant is close to 0.1 wt.%.**
- The branched surface of the nanoparticles, their satisfactory refractive properties and the large Young's modulus make it possible to find acceptable solutions for obtaining a high polarization ability of such polarizers.

The polarization ability (degree of the polarization) of the organic polarizers is high and reaches up to 100% in the visible range of the spectrum. The calculation of the degree of the polarization was made

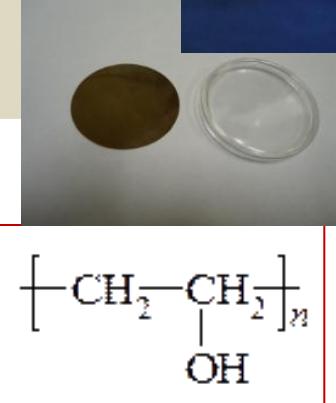
according the equation: $P = \frac{I_{\text{par}} - I_{\text{orth}}}{I_{\text{par}} + I_{\text{orth}}}$,

where I_{par} – is the transmission of the parallel component of the light beam; I_{orth} - is the transmission of the orthogonal component of the light beam.

Используется ПВС – как матрица для тонкопленочного поляризатора. Thin-film polarizers from organics: poly(vinyl alcohol) (PVA) structure

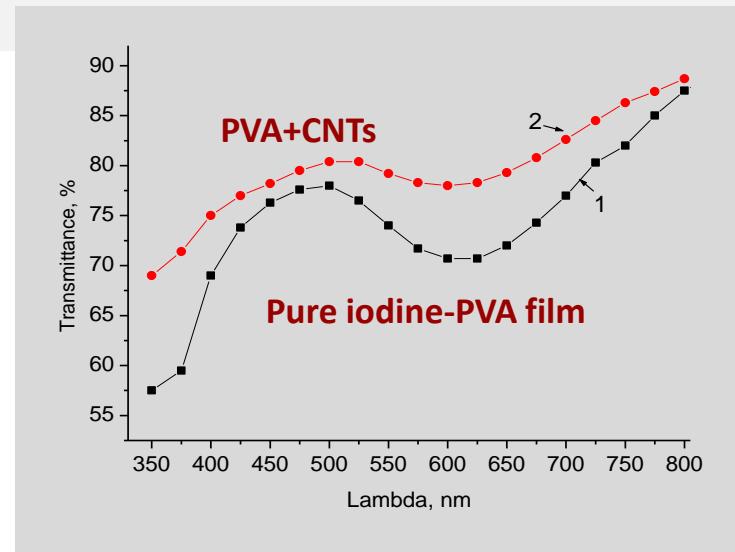
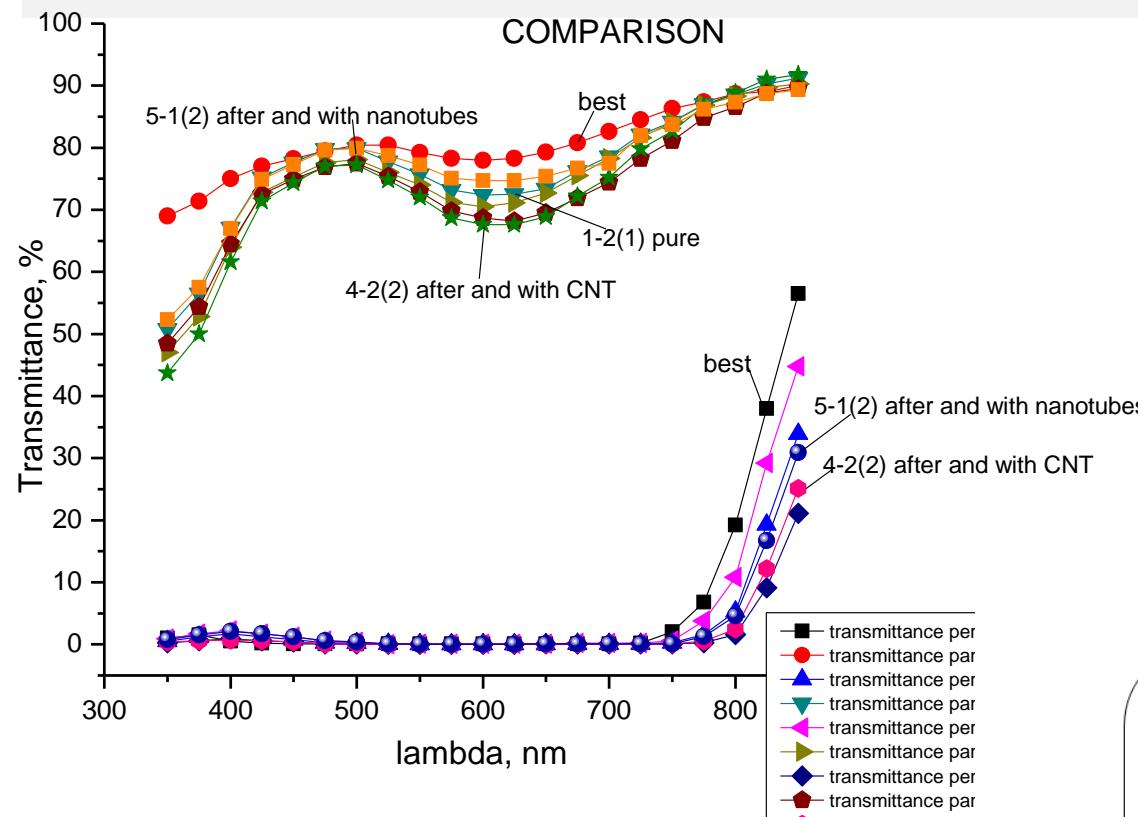
In the world, so many companies develop the polymers materials that can be applied to polarization optics and spectroscopy. The well-known companies are: Dhaze (Daz, France); Polygal (Polygal, Israel); Macrolon (Makrolon, Germany); Lexan (Lexan, USA); Calibre (Kalibri, USA); Iupilon (Pilon, Japan), etc. Also Dutch company DSM Engineering Plastics, Mitsubishi Chemical Corporation (MCC), the Taiwanese company Tai Young Nylon Co., Ltd. produce the polymer structure to provide high-quality materials used as the matrix for thin-film polarizers. Однако проблема в молекулярном весе!

№ п/п	Марка материала	Firms, which develop the matrix materials	Firms, which can sell the matrix materials
1.	PVA, type "Meviol" 56-98	Kuraray Specialties Europe	"Europe-Chim-1" can be presented in Russia as "ЕвроХим-1", Moscow, Trofimova str., 2a
2.	PVA, type "Meviol" 28-99	Kuraray Specialties Europe	
3.	PVA type №182480-500MG with the molecular weight of 100 000 a.u.	Alfa Aesar and Aldrich Co.	Alfa Aesar and Aldrich Co.

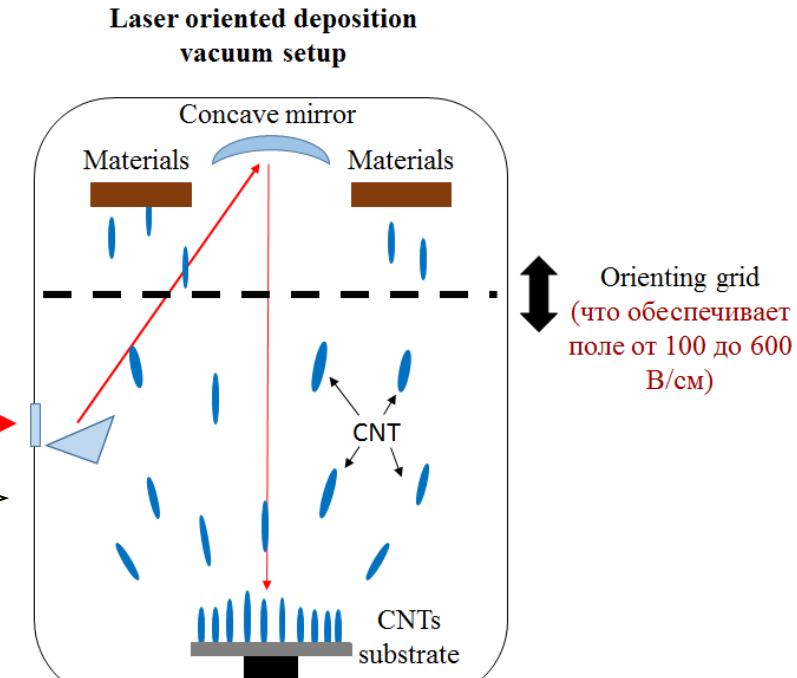
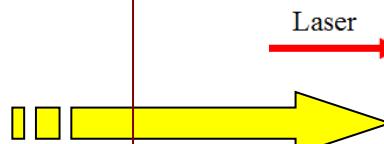


Russian PVA type #40/2 has the molecular weight of 300 000 a.u. Thus, it is more perspective to develop the thin-film polarizers. In this case method of operation is based on the creation of polymer-dispersed compositions, e.g., iodinated poly(vinyl alcohol) - (PVA) - films, which transmit the parallel component of the incident light and absorb the orthogonal component. Мы до сих пор используем отечественные (СССР) разработки.

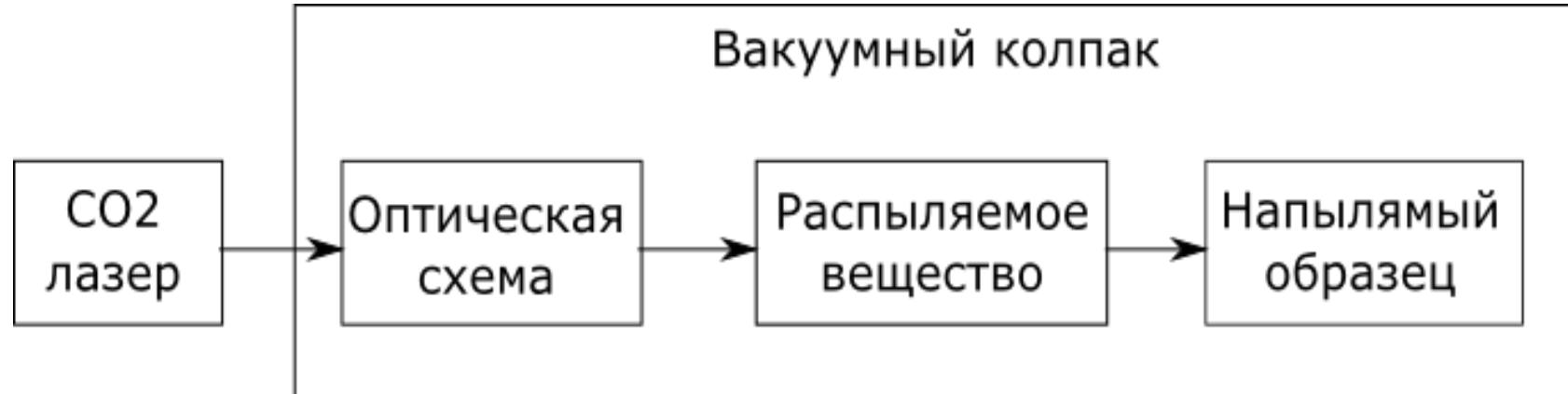
2 подхода. We have used 2 approaches. First one: Modification of the PVA-based thin-film polarizers via surface structuring. Increase of the transmittance for the parallel light component is obtain!



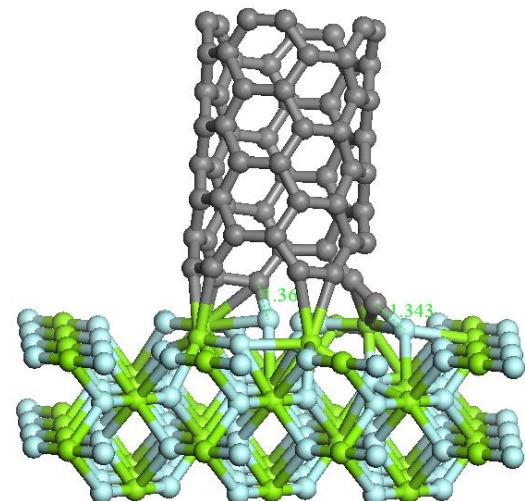
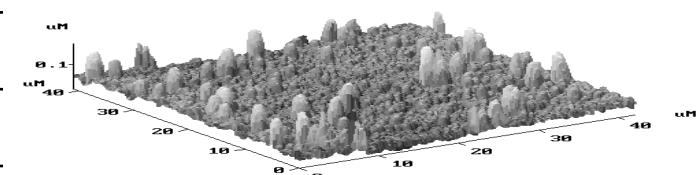
LOD technique to deposit the CNTs at the materials surface – **лазерное ориентированное осаждение наночастиц на поверхность любых материалов.**



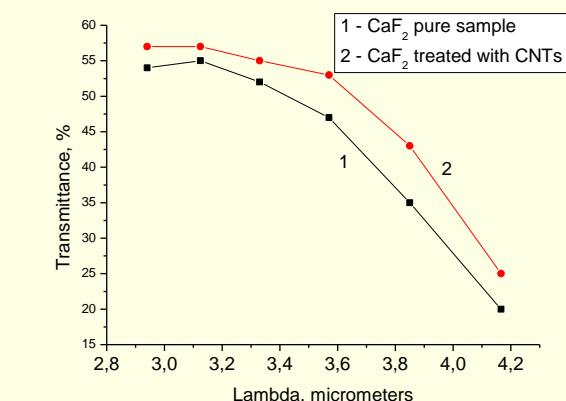
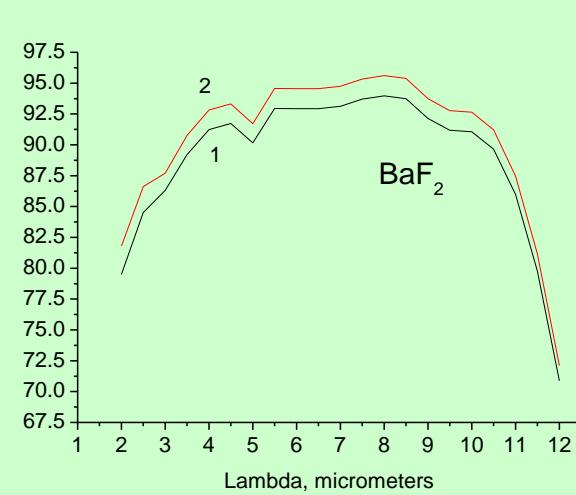
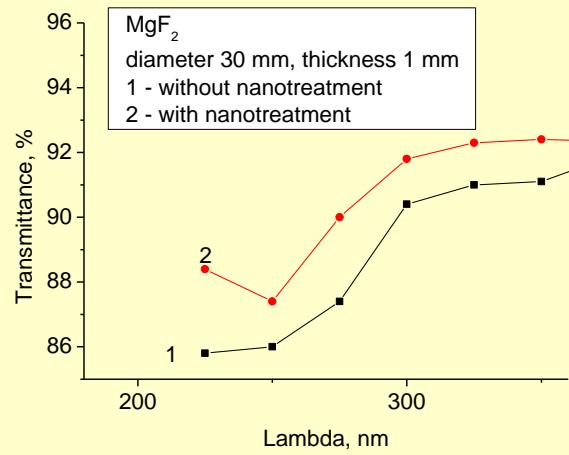
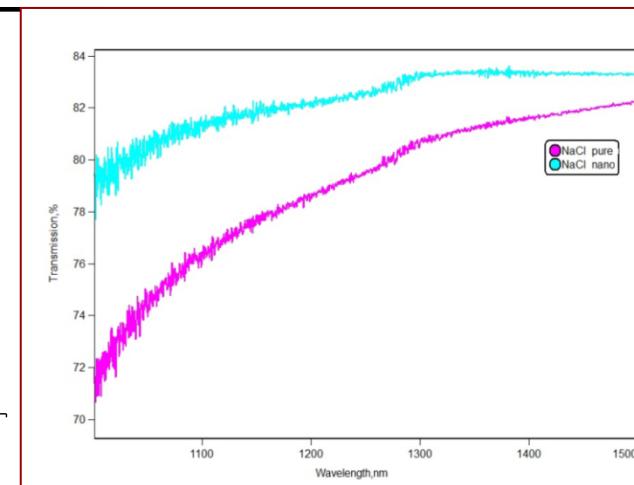
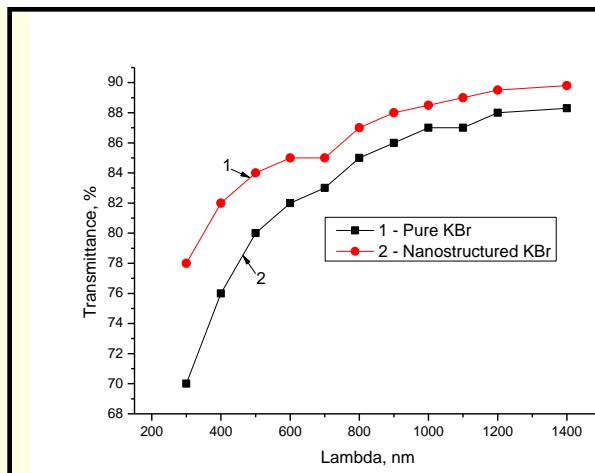
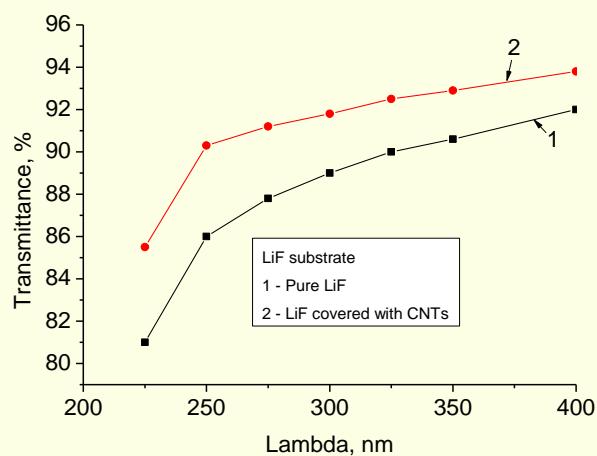
Блок-схема установки для нанесения покрытий из УНТ



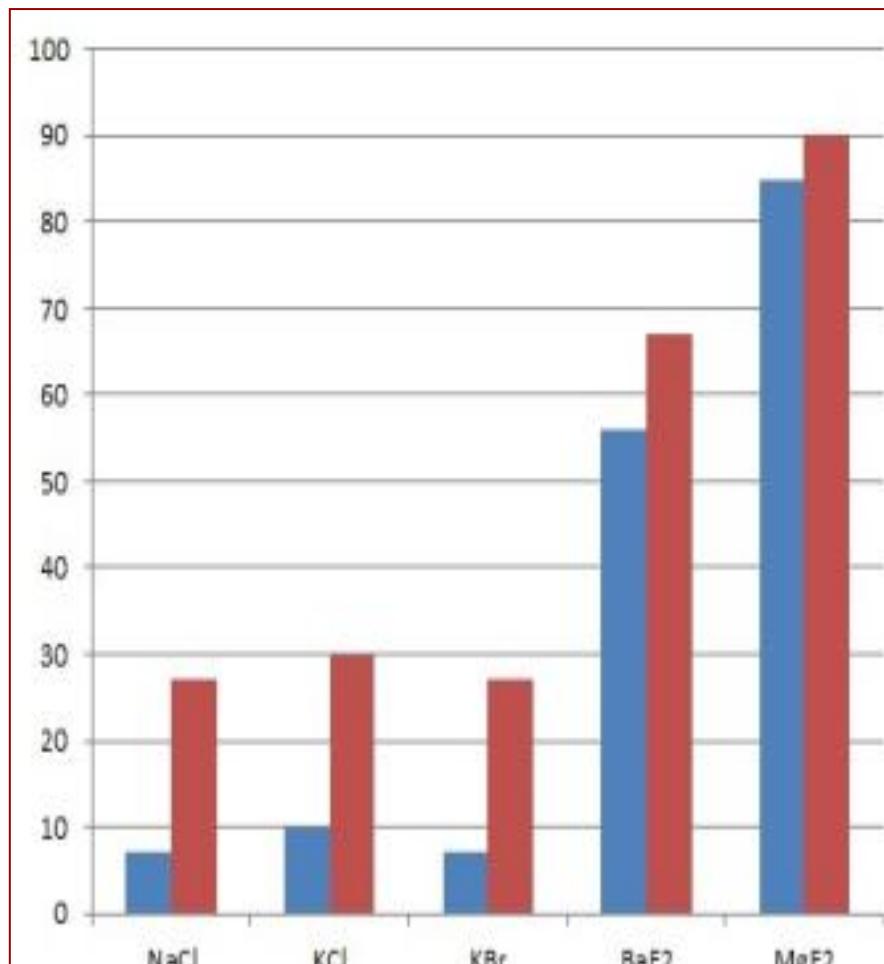
CO ₂ , λ	10.6 мкм
Мощность, Р	30 Вт
Температура подложки, t ₁	80 °C
Напряженность эл. поля, Е	100-600 В/м
Толщина подложки, d	0.1-5 мм
Температура мишени, t ₂ , откуда выбиваются УНТ	1500-2000°C
Диаметр нанотрубок, Ø	0.4-0.7 нм



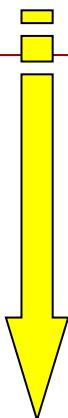
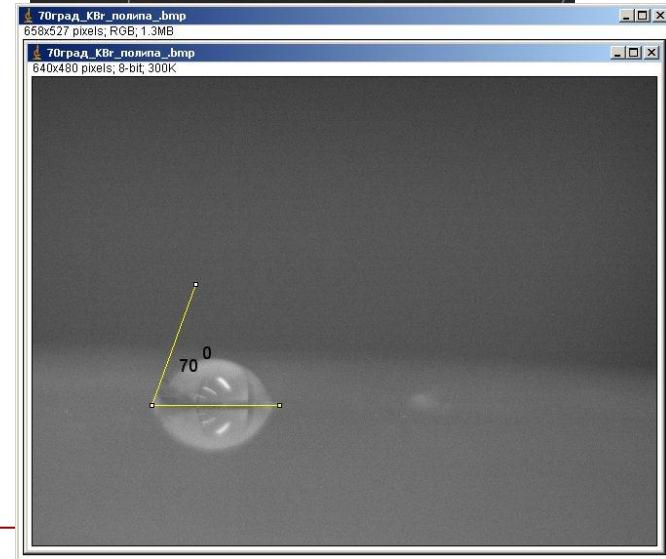
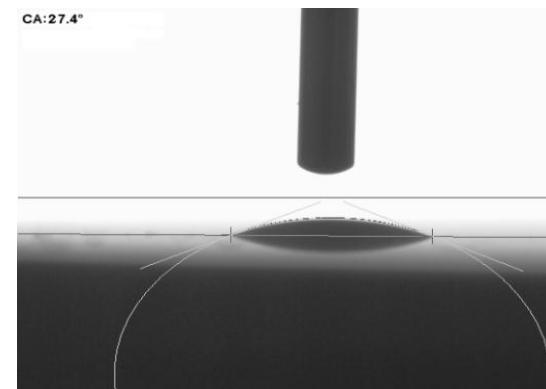
Это позволяет нам существенно изменять спектральные параметры новых композитов (материал+УНТ на поверхности).



Ряд просмотренных нами структурированных материалов (поверхность) показали улучшенные параметры по смачиванию поверхности, особенно для KBr



- Wetting angle of pure material surface
- Wetting angle of material surface with CNTs



Ряд просмотренных нами структурированных материалов (поверхность) показали улучшенные параметры по микротвердости

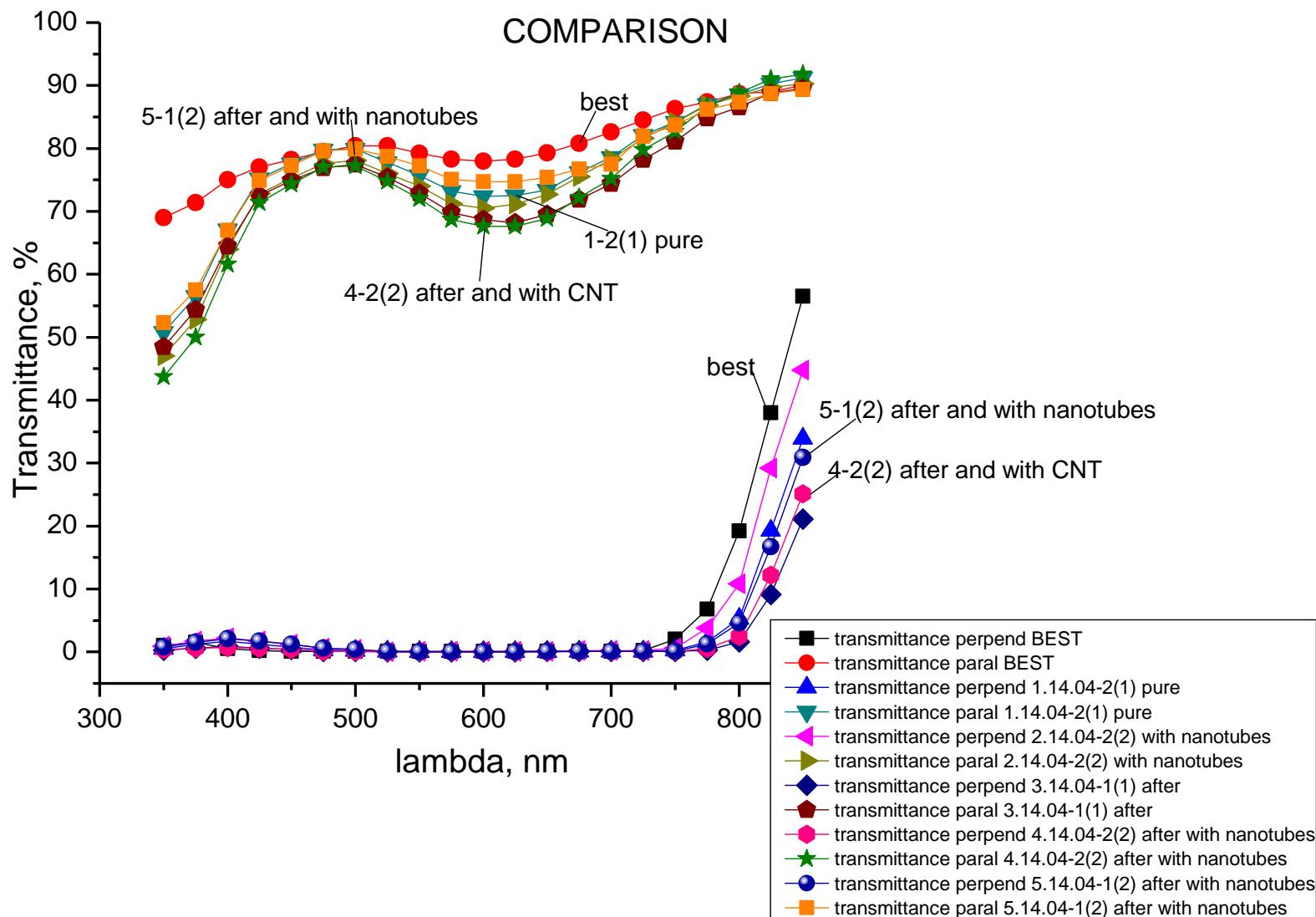
№	Materials	Indenter, g	Increase of the micro hardness, %	
1	NaCl	2	6-8	
2	KCl	10	4-6	
3	LiF	10	3-5	
4	KBr	10	6-10	
5	MgF ₂	40	6	
6	BaF ₂	2	12-15	
7	CaF ₂	40	9-10	



Микротвёрдость измерялась, к примеру, на паспортизованном приборе ПМТ-ЗМ разработки ОАО «ЛОМО», Санкт-Петербург. Используется как призма Виккерса, так и наконечник Кнупа. Увеличение микроскопа микротвёрдомера составляет: 130, 500, 800 \times ; пределы координатного перемещения предметного столика микротвёрдомера находились в двух взаимно перпендикулярных направлениях от 0 до 10 мм, диапазон нагрузки, H (кгс) составляет от 0.0196 до 4.9. *Величина микротвёрдости определяется делением нормальной нагрузки, приложенной к алмазному наконечнику, на условную площадь боковой поверхности получаемого отпечатка.*

Вернемся к тонким органическим пленкам на основе ПВС.

Метод LOD также позволил варьировать спектральные и механические параметры нашей базовой матрицы!



Механические параметры, тестируемые по микротвердости, показали хорошие результаты: **увеличение микротвердости составило ~2,5 раз.**



Прибор ПМТ-ЗМ, разработка ОАО «ЛОМО»,
Санкт-Петербург.

Материал	Микротвердость, Па×10 ⁹	Увеличе- ние микро- тврдости, раз
Чистая пленка ПВС	0.1694	2.587
Структурирован- ная (поверхность) пленка ПВС	0.4383	

Вполне ожидаемый результат с учетом высокого модуля Юнга у углеродных нанотрубок.

С данными по спектрам было сложнее, поскольку, с учетом эффекта «просветления оптики», ожидали большее увеличение пропускания параллельной световой компоненты за счет уменьшение потерь на отражение от структурированной поверхности!

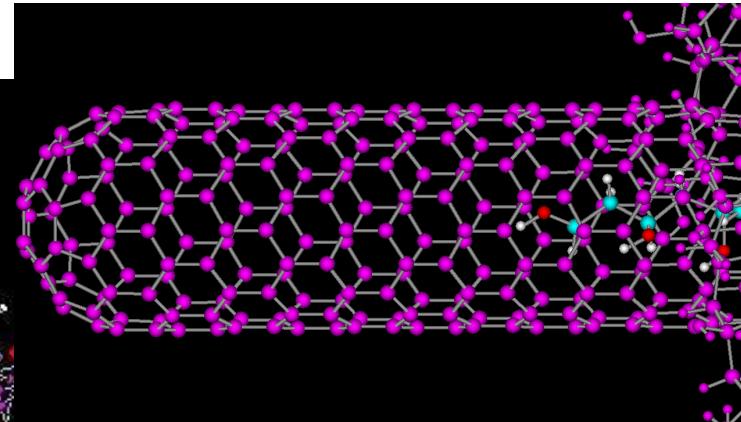
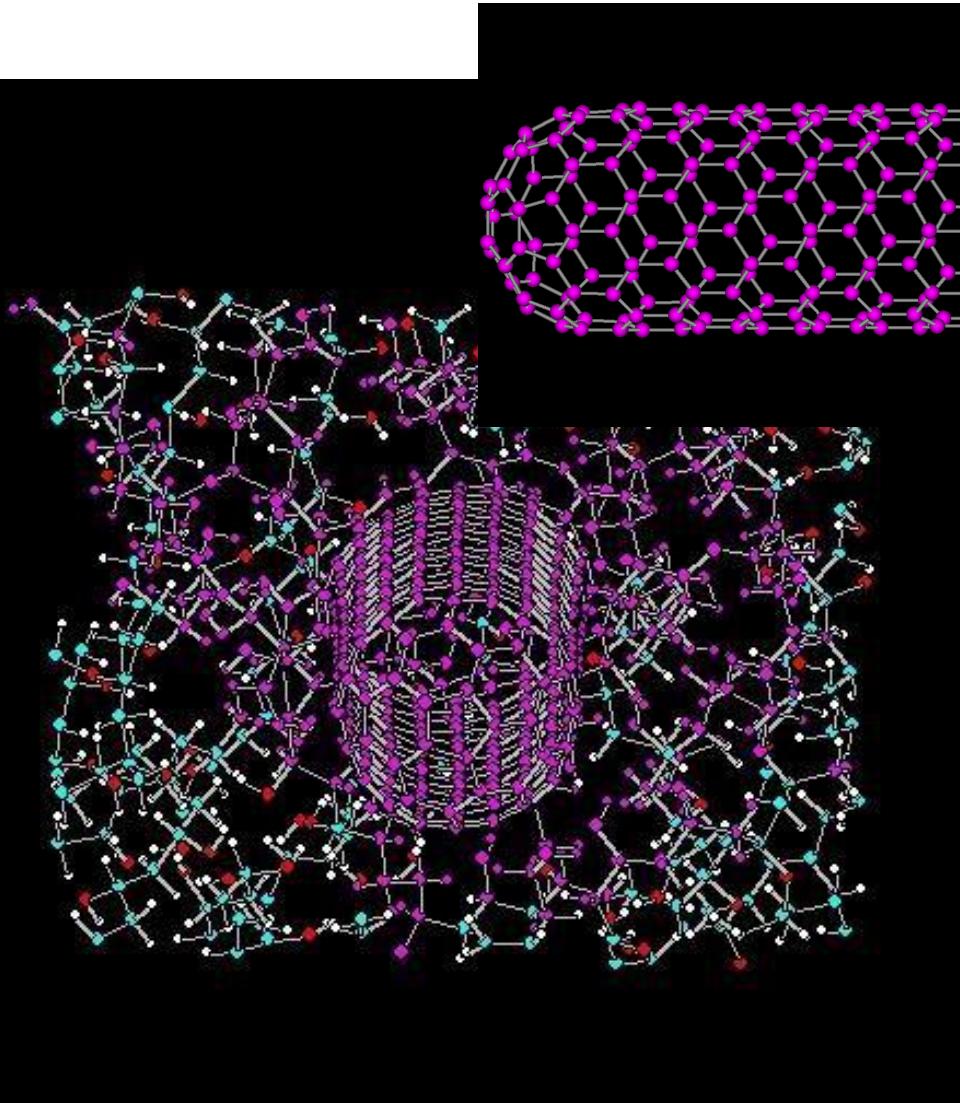
По классике: Как можно уменьшить потери на отражение для материала? Traditionally, for example, it can be easily shown for the glass substrate. Really, using the classical method in order to reduce the losses at the reflection process and thus to improve the light transmission (aperture ratio) of the optical materials, the surface of the glass can be subjected to special treatment, which is known as the “enlightenment of optics” – просветление оптики On the surface of the matrix materials (glass), the thin film coating should be applied, the refractive index of which should be less than the refractive index of glass, namely:

$$n_{\text{film}} = \sqrt{n_{\text{glass}}}$$

То есть, с учетом того, что показатель преломления у ПВС примерно 1.5, а у углеродных нанотрубок ~ 1,1, то ожидалось (с теоретической точки зрения) лучшие спектральные параметры, чем были получены. Хотя, и полученные данные впечатляли!

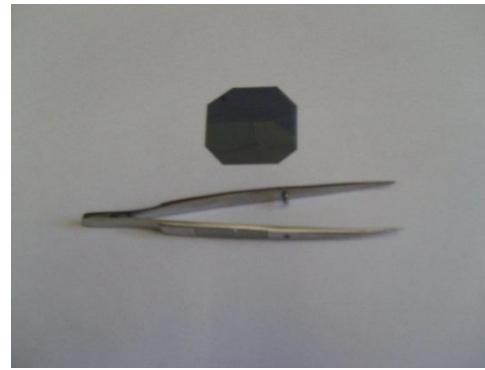
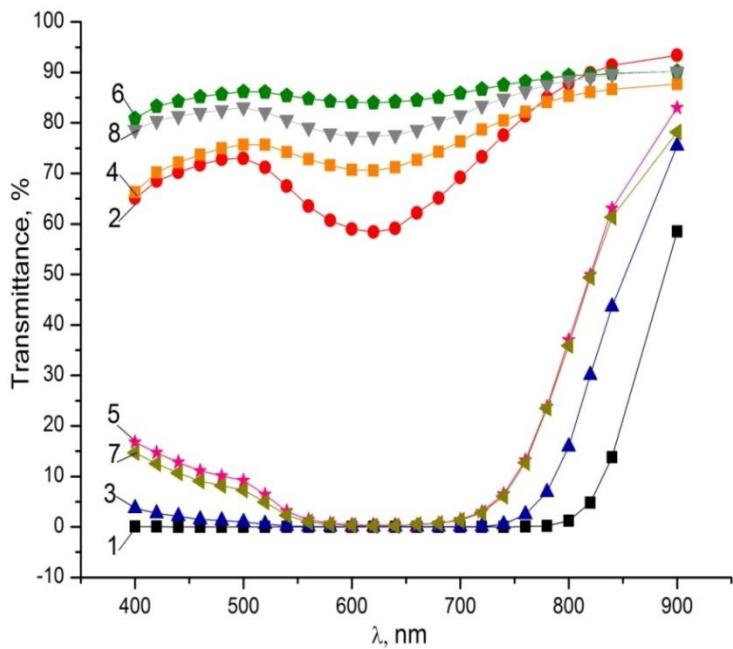


Лучше всего понять рассогласование в спектральных и рефрактивных параметрах помогло квантово-химическое моделирование. При квантово-химическом моделировании процесса внедрения УНТ в ПВС применялись программы GULP и TBDFT. **Результат: часть ПВС – ламелей попадает внутрь углеродных нанотрубок.**



The simulation used fragments of SWNT diameter $\sim 1\text{ nm}$ and the length 4-5 nm and PVA film thickness of $\sim 4\text{ nm}$, area of $\sim 6 \times 6\text{ nm}^2$. Nanotubes have been introduced to a depth of $\sim 2\text{ nm}$.

2-й подход. Second approach: **MODIFICATION** of the PVA-based thin-film polarizers via PVA body structuring: increase of the transmittance for the parallel light component.



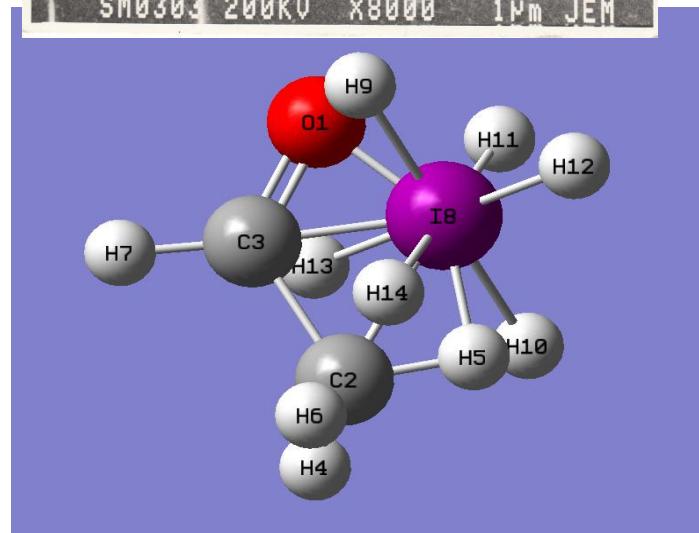
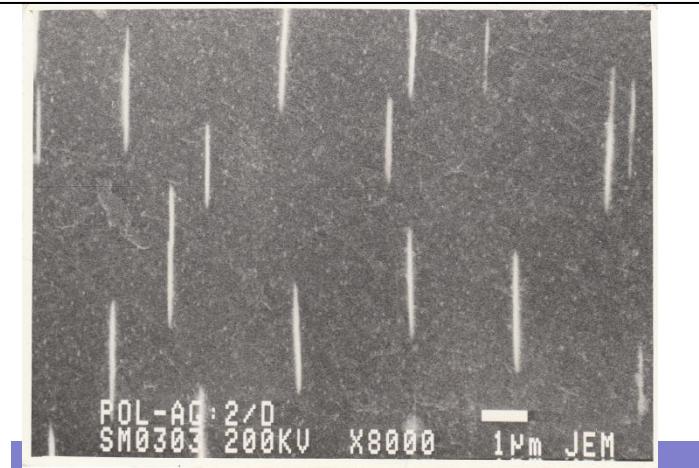
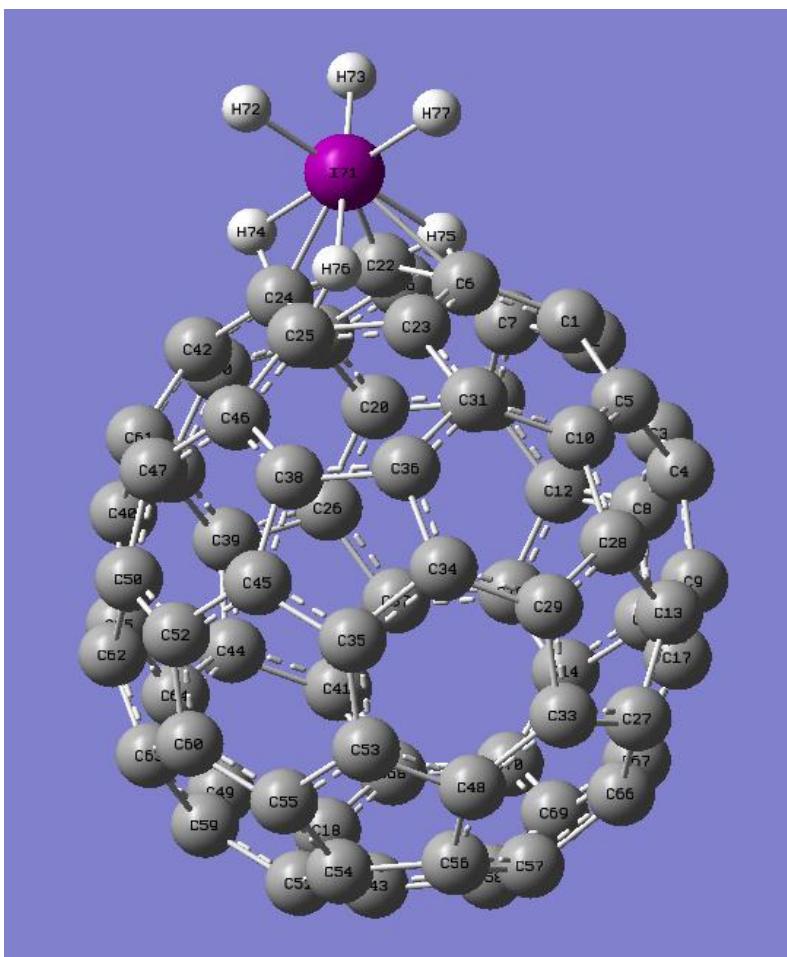
The transmittance of the parallel ($T_{\text{par.}}$) and orthogonal ($T_{\text{orth.}}$) light components for the thin-film polarizers with the stretching of 3.5 times (long).

Curves are the followings: 1 - $T_{\text{orth.}}$ pure PVA, 2 - $T_{\text{par.}}$ pure PVA, 3 - $T_{\text{orth.}}$ PVA+0.1 wt.% GrO, 4 - $T_{\text{par.}}$ PVA+0.1 wt.% GrO, 5 - $T_{\text{orth.}}$ PVA+0.1 wt.% C₇₀, 6 - $T_{\text{par.}}$ PVA+0.1 wt.% C₇₀, 7 - $T_{\text{orth.}}$ PVA+0.1 wt.% Shungite; 8 - $T_{\text{par.}}$ PVA+0.1 wt.% Shungite.

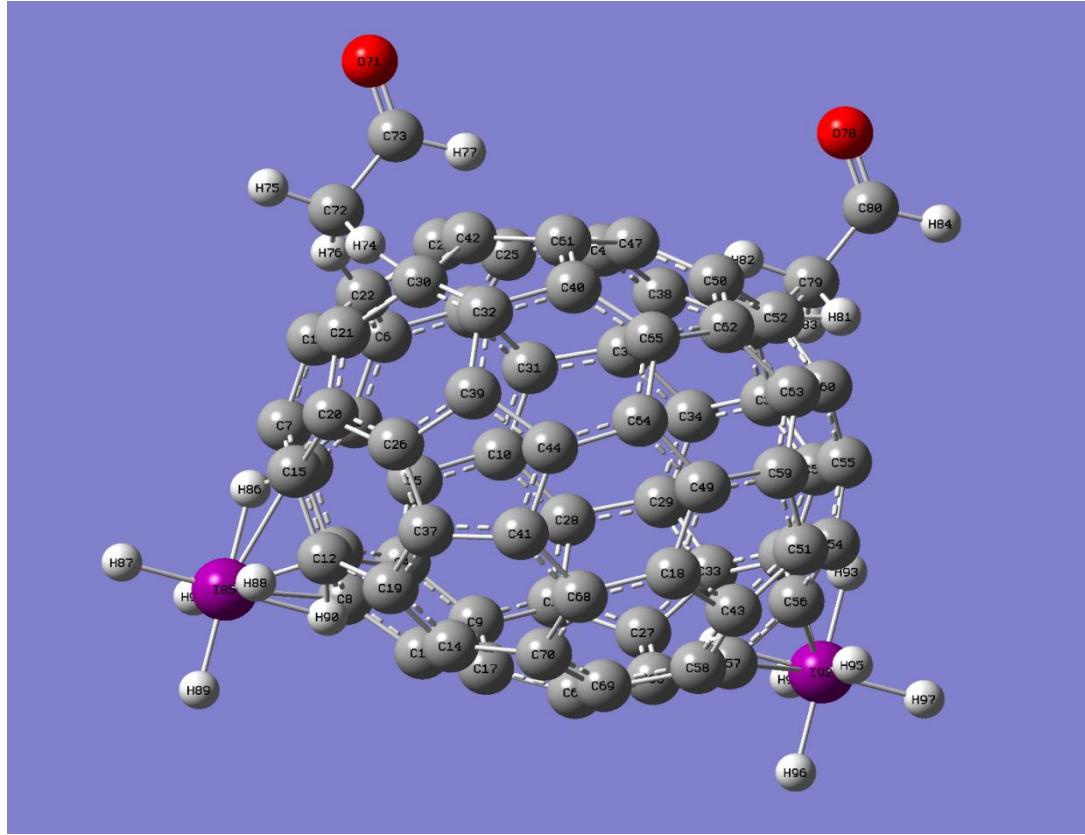
For all polarizers doped with the carbon-based NPs we have obtain the increased microhardness (in 2.5 times larger)! При углеродной сенсибилизации увеличение микротвердости ~2,5 раза!

Возможное объяснение спектральных особенностей: Самое высокое значение пропускания для параллельной световой компоненты было установлено для системы: ПВС+ 0.1 вес.% C₇₀

Фуллерен C₇₀ (как более активный компонент, в сравнении, скажем, с инертным графеном или оксидом графена), по-видимому, **снижает концентрацию ионов йода I₅⁻**, на которых происходит поглощение во всем спектральном диапазоне, **что объясняет рост пропускания параллельной световой компоненты.**



Квантово-химическая модель системы: ПВС + фуллерен C₇₀ + йод



В структуре C₇₀ + PVA + I = 74 атомов углерода, 2 атома кислорода, 20 атомов водорода, 2 атома йода.

В структуре C₇₀ - 70 атома углерода,

В структуре PVA - 4 атома водорода, 1 атом кислорода 2 атома углерода.

В структуре I – 1 атом йода и 6 атомов водорода.

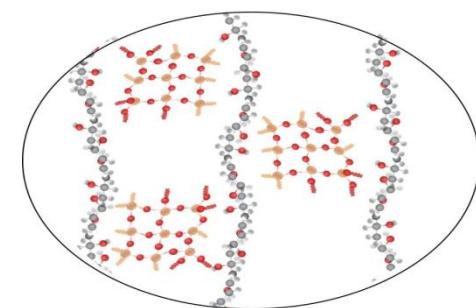
Странности по микротвердости. Moreover, **in order to** save the polarization ability, but dramatically **increase the microhardness**, we have use the quartz NPs.

The problem in this approach is established. We have obtained the smaller microhardness for these types of the polarizers!



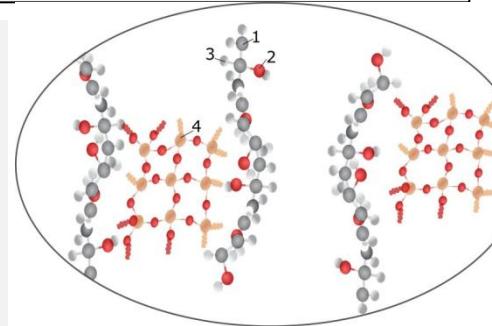
Samples and microhardness value, MPa	Indentor, g						
	0,5	1	1,5	2	3	3,5	5
PVA + 0,1 wt. % quartz NPs, MPa	63,724 ±2,713	22,081 ±0,351	16,032 ±0,962	19,873 ±0,158	18,578 ±0,910	18,054 ±0,425	17,888 ±0,485
Pure PVA, MPa	84,624 ±2,002	53,321 ±1,244	42,178 ±1,684	41,205 ±0,680	39,956 ±1,544	36,683 ±0,737	36,428 ±1,113

One of the explanations was due to the fact that, perhaps, we do not get the indenter on the hardened region of the composite, but push through a thin deformed region of pure material near the quartz nanoparticle



The probability of the *uniform* (*left*) and *non-uniform* (*right*) free volume fillings in PVA matrix (between long PVA lamellas) when quartz nanoparticles SiO_2 as nano-objects are introduced to the sample.

Atoms markings: 1 – C; 2 – O; 3 – H; 4 – Si



Other explanations has been made using quantum-chemical simulations.

These are models obtained using **the program GaussView 5.0, Gaussian 09W**.

Model PVA + C70:

72 carbon atoms (gray), 1 oxygen (red), 4 hydrogen (white), including 2 carbon atoms, 4 hydrogen atoms, 1 oxygen atom in the PVA structure.

There are 70 carbon atoms in the structure of C70. **The resulting bond length between C73 – C8 atoms = 1.14 Angstroms.** The program highlights the atoms C and C in blue, calculating the distance between them.

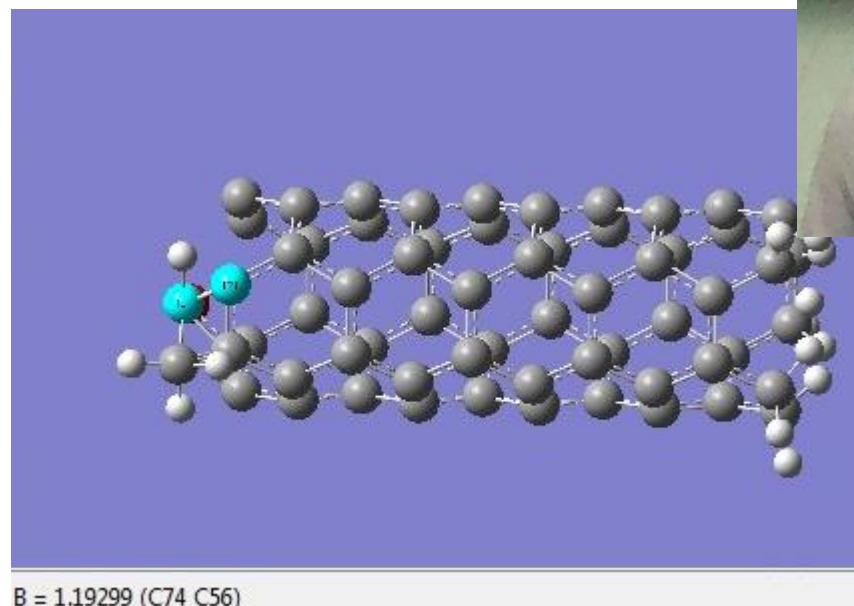


Model PVA + CNT:

62 carbon atoms (gray), 1 oxygen (red), 15 hydrogen (white), including 2 carbon atoms, 4 hydrogen atoms, 1 oxygen atom in the PVA structure.

The structure of CNT contains 60 carbon atoms and 11 hydrogen atoms. **The resulting calculated bond length between atoms C74 –C56 = 1.19 Angstrom.**

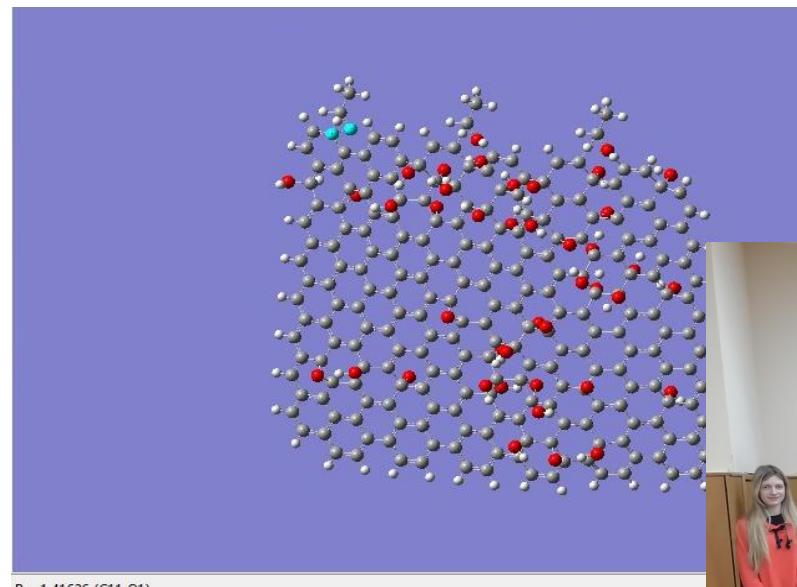
The program highlights the atoms C and C in blue, calculating the distance between them.



Other explanations has been made using quantum-chemical simulations.

Model PVA + GrO:

238 carbon atoms (gray), 43 oxygen atoms (red), 116 hydrogen atoms (white), including 2 carbon atoms, 4 hydrogen atoms, 1 oxygen atom in the PVA structure. (3 structures) i.e. 6 carbon atoms, 12 hydrogen atoms, 3 oxygen atoms. The GrO structure contains 232 carbon atoms, 104 hydrogen atoms, and 40 oxygen atoms. **The resulting bond length between C11 –O1 atoms = 1.41 Angstroms.** The program highlights the C and O atoms in blue, calculating the distance between them.

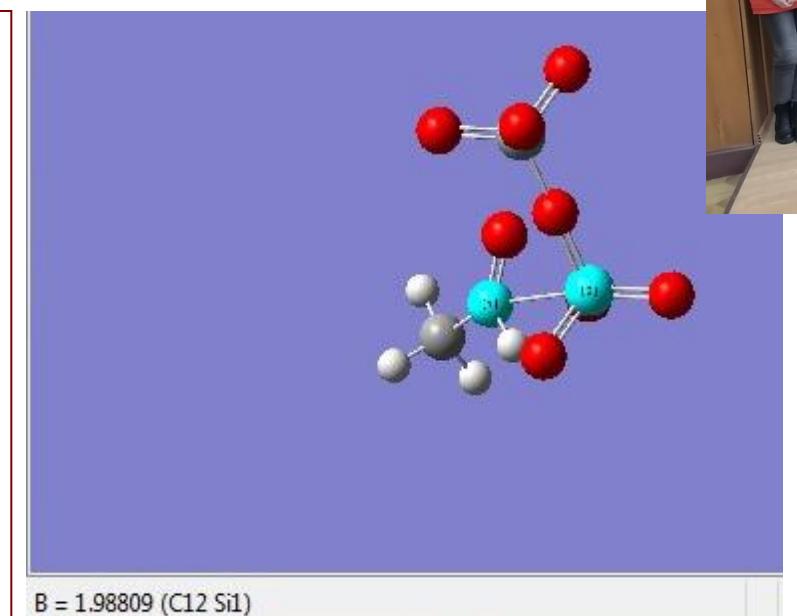


B = 1.41626 (C11 O1)

Model PVA + SiO₂:

2 carbon atoms (gray), 8 oxygen atoms (red), 4 hydrogen atoms (white), 2 silicon atoms (gray), including 2 carbon atoms, 4 hydrogen atoms, 1 oxygen atom in the PVA structure. There are 2 silicon atoms and 7 oxygen atoms in the structure of SiO.

The resulting calculated bond length between C12 – Si1 atoms = 1.98 Angstrom! The program highlights the C and Si atoms in blue, calculating the distance between them.



B = 1.98809 (C12 Si1)

Table of the relationship between the type of doping nanoparticle and the bond length between the PVA fragments and the nanoparticle used.

PVA+NPs	Link length, angstrom
PVA+C70	1,14
PVA+CNTs	1,19
PVA+GrOxides	1,41
PVA+SiO2	1,98



When doped with carbon-containing nanoparticles, the bond length is less than 1.5 angstroms.

However, when doped with the quartz nanoparticles, the bond length is almost close to 2 angstroms.

That is, when pressed with a load on an additional PVA matrix, of course, we have the worst strength when using quartz nanoparticles!

Naturally, it is easier to break the longer bonds between the interacting fragments of the molecular systems!

Вывод: Таким образом более длинные межатомные связи проще разрушить, чем более короткие!

Области применения поляризаторов света на основе ПВС. Polarizers are used in a number of complex optoelectronic circuits, such as: **in the holographic technique** for studying the refractive parameters of materials, **in display technology** and in the process of manifesting the effect of limiting optical radiation, etc.

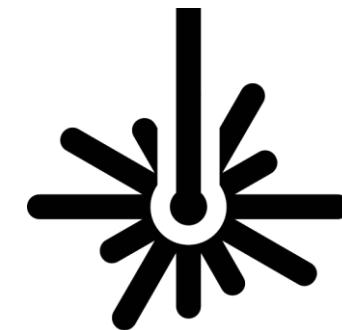
Оптическая микроскопия



Голография



Лазерные технологии



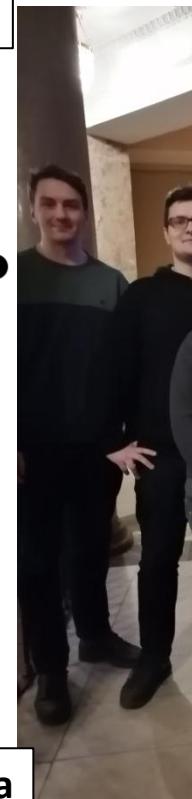
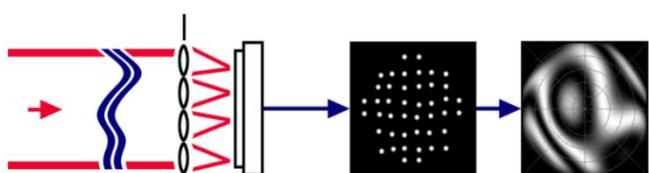
Области применения
поляризаторов лазерного
излучения



Дисплейная техника

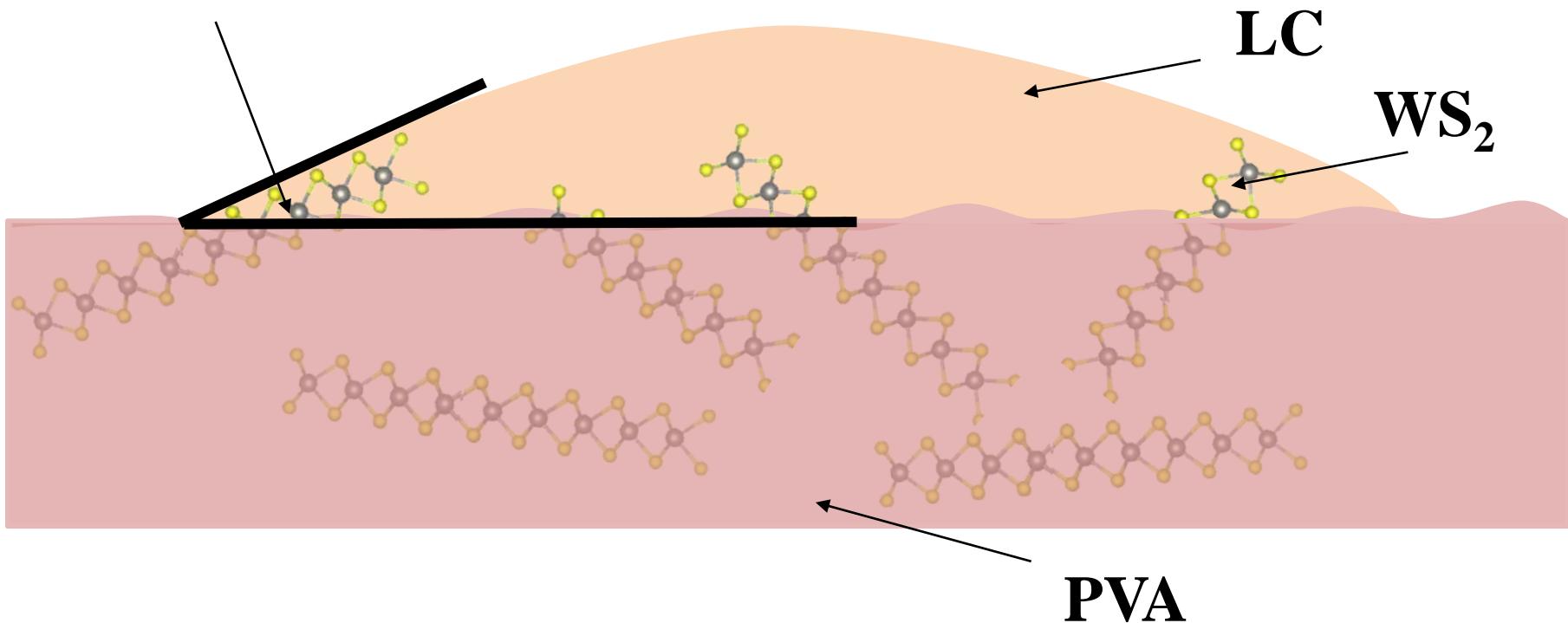
Приборы и схемы
спец.назначения

Адаптивная оптика



Области применения ПВС-матрицы для ориентирования жидких кристаллов (ЖК). В этом случае могут быть использованы (проверено нами): фуллерены, УНТ, CoFe_2O_4 , WS_2 , MoS_2 .

Wetting angle



Conclusion basic: Углеродная сенсибилизация для ПВС предпочтительна!

- The effective organic polymer-based polarizers have been developed and studied.
- The different dopant (such as: fullerenes, CNTs, graphene oxides, shungites, quartz NPs) have been used to increase the transparency of the parallel light component. The correlation between photorefractive features of the PVA and dopants have been taken into account. The large polarizing ability has been obtain.
- Two approaches to modify the basic properties of the PVA polarizers have been applied: structuration of the surface and the body of the PVA film.
- All approaches have permitted to increase the microhardness of the PVA polarizers.
- Interesting results for the PVA doped with the quartz NPs have been found. The microhardness of the PVA-quartz NPs films have been less than the one obtained for the PVA doped with the carbon NPs.
- The quantum-chemical simulation of the materials studied has been applied. The results of this simulation allowed us to resolve some of the observed contradictions in the study of our polarizers



Благодарности: Большое спасибо проф.Чернозатонскому Л.А. (Москва-Троицк-Черноголовка) и его команде: Д.Квашину и П.Сорокину. Коллеги помогали при объяснении результатов по внедрению УНТ внутрь ПВС (первый наш подход с LOD).

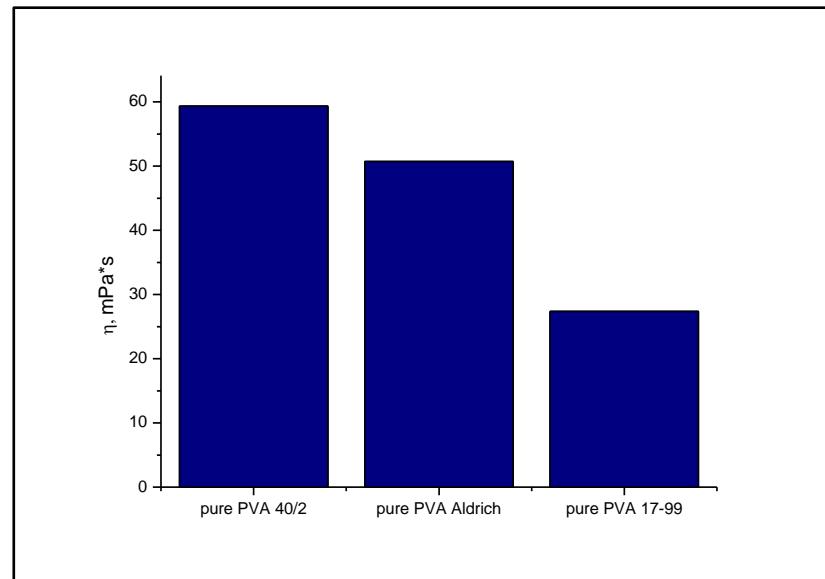
Problems

Поиск отечественных сенсибилизаторов

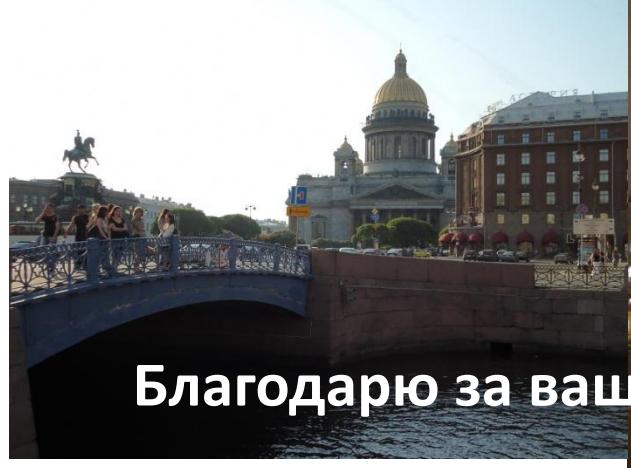
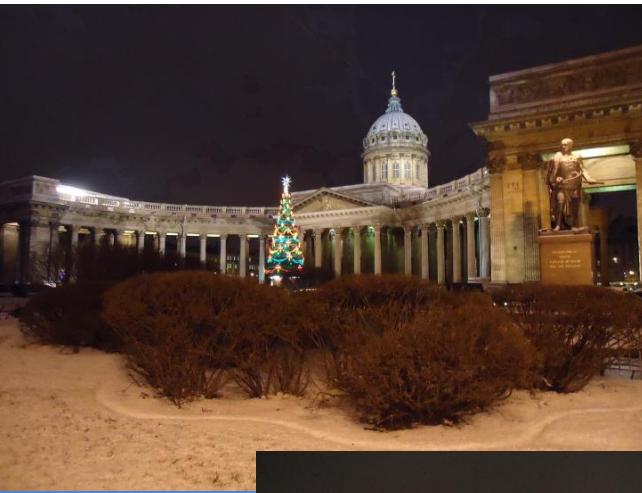
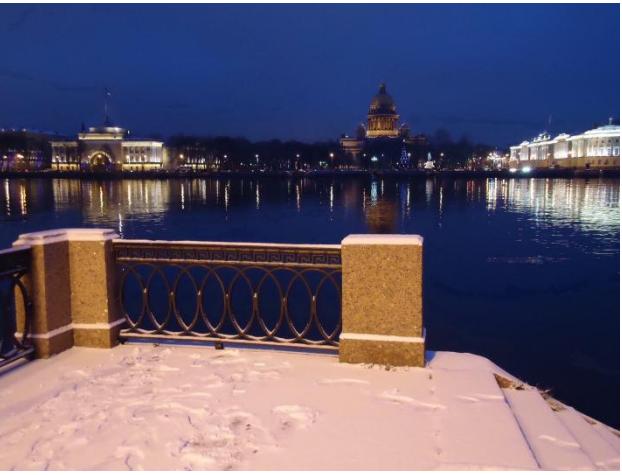
Частично решается за счет сотрудничества с коллегами из:
Тамбова,
Новосибирска,
Петрозаводска,
Москвы,
Сербии и др.

Поиск отечественных матричных компонентов

Не нашли промышленного выпуска ПВС в РФ.
Пришлось искать замену ПВС (СССР) на американский и китайский аналоги



1. При облучении жесткими квантами ($\lambda=126$ нм, Ar) наиболее всего подвержен изменению американский ПВС Aldrich. Угол подвеса капель воды меняется почти в ~7 раз. То есть, практически, гидрофобная поверхность **становится гидрофильтной**.
2. При облучении на $\lambda=173$ нм (Xe), в, общем-то, нет драматического изменения угла наклона капель воды у отечественного (40/2) и китайского (17-99) ПВС, хотя у китайского ПВС изменение рельефа более существенно; однако, сильные изменения вновь для американской композиции Aldrich.



Благодарю за ваше внимание!

ПОКАЗ пленок

АО «НПО ГОИ им. С.И. Вавилова»

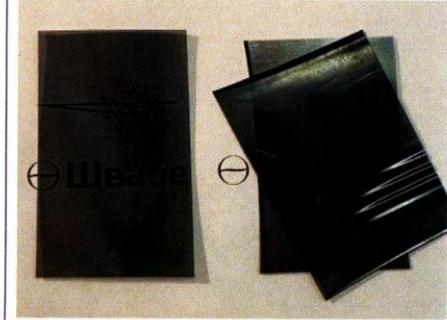
гои
им. С.И. Вавилова

Отдел

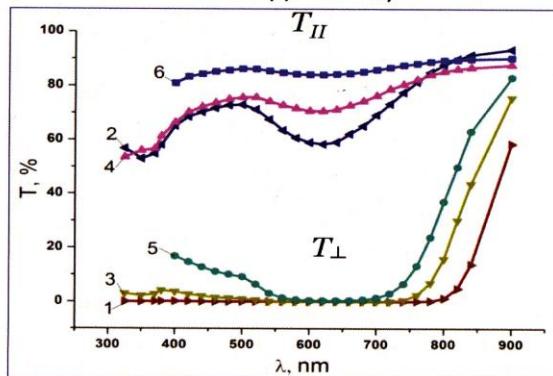
«Фотофизика наноструктурированных материалов и устройств»

Поляризаторы видимого диапазона спектра («Нанополяр НВК»)

- Разработка и создание российских гибких тонкопленочных (толщина 80-100 мкм) поляризаторов в видимой области спектра (450-750 нм) для устройств оптоэлектроники: жидкокристаллические дисплеи, биомедицинские приборы, модуляторы света, противоблковые защитные экраны и очки. Существенное увеличение контраста изображения.



- Создание, в зависимости от используемых наночастиц, поляризаторов с вариативными параметрами:
 - области рабочего спектрального диапазона поляризаторов
 - габаритных размеров (ширина от менее 5 см до 10 см, длина от менее 5 см до 20 см)



$T_{||}$ – пропускание параллельной компоненты светового потока
 T_{\perp} – пропускание ортогональной компоненты светового потока

Кр.1, 2 – несенсибилизованный йодно-поливинилспиртовой поляризатор
Кр.3, 4 – йодно-поливинилспиртовой поляризатор + 0,1 вес.% оксида графена
Кр.5, 6 – йодно-поливинилспиртовой поляризатор + 0,1 вес.% фуллерена C_{70}

АО «НПО ГОИ им. С.И. Вавилова»
ул. Бабушкина, д.36, корп.1
г. Санкт-Петербург, Россия, 192171
тел. (812) 386 -73-16
www.goit.ru
E-mail: info@goit.ru

Начальник отдела: д.физ.-мат.н.,
Каманина Н.В.
e-mail: nvkamanina@mail.ru