

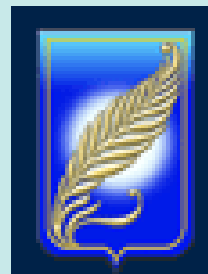
Radiation resistance of scintillators based on diamond micropowders

Yu.D. Onufriyev¹, A.Yu. Boyarintsev¹, O.G. Lysenko²,
N.M. Kazuchits³, V.N. Kazuchits³, T.A. Nepokupnaya¹, M.S. Rusetsky³

¹ Institute for Scintillation Materials of National Academy of Sciences of Ukraine

² V. Bakul Institute for Superhard Materials of National Academy of Sciences of Ukraine

³ Белорусский государственный университет



Мотивация

В алмазах можно создать огромное количество центров излучательной рекомбинации [1, 2], активируемых оптическим, рентгеновским излучениями или быстрыми частицами, т.е. алмаз – это сцинтилляционный материал.

Некоторые азот-вакансионные центры излучательной рекомбинации в алмазах

415.2 nm (N3)

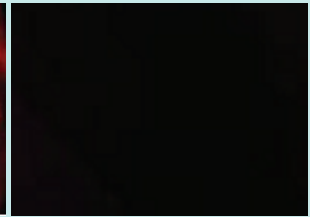
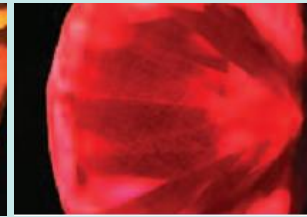
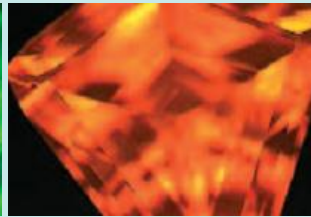
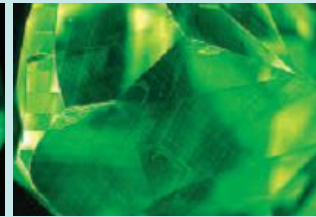
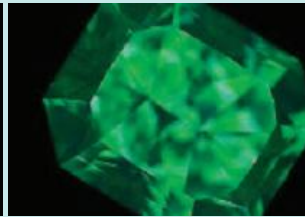
496.2 nm (H4)

503.2 nm (H3)

575 nm (NV⁰)

637 nm (NV⁻)

741 nm (GR1)



Возбуждение 220 нм

Однако, алмаз уступает по ряду характеристик сцинтилляторам из пластмассы и неорганических кристаллов – поэтому сцинтилляторы из алмазов практически не делают.

В тоже время, у алмаза самые прочные связи между атомами в решетке, которые обеспечивают высокую радиационную стойкости алмазных детекторов, устроенных по аналогии с ионизационной камерой.

Какая стойкость к облучению у алмазного люминофора?

Цель работы – оценить влияние облучения электронами с энергией 8,3 МэВ на характеристики сцинтилляторов на основе синтетических алмазных микропорошков

[1] A.M. Zaitsev, Optical Properties of Diamonds: A Data Handbook, 2001.– 502 p.

[2] B. Dischler, Handbook of Spectral Lines in Diamond, 2012.– 467 p.

Образцы – синтетические алмазные порошки

(Институт сверхтвёрдых материалов им. В.Н. Бакуля)

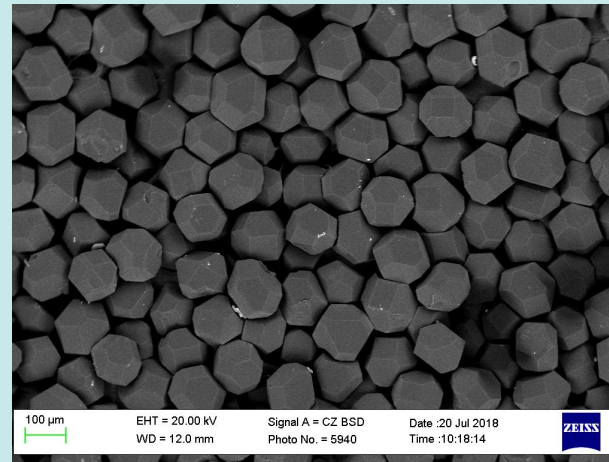
#	Type	Size, mkm	Annealing	Separation	Decay time, ns	Notes
1	AC20	125/100	-	-	21	кристаллы и сrostки кристаллов с развитой поверхностью, агрегаты
2	AC20	125/100	+	-	21	
3	AC80	160/125	-	-	17	кристаллы и сrostки кристаллов
4	AC80	160/125	+	-	18	
5	AC80	125/100	+	++	-	
6	AC100	125/100	-	-	-	отдельные кристаллы
7	AC100	125/100	+	++	22	
8	AC160	200/250	-	-	-	

Спонтанный синтез:

T = 1300 - 1900°C,
P = 5-6 ГПа, t = 1-5 мин
металлы-растворители
углерода - Fe, Co, Ni

Дополнительная обработка:

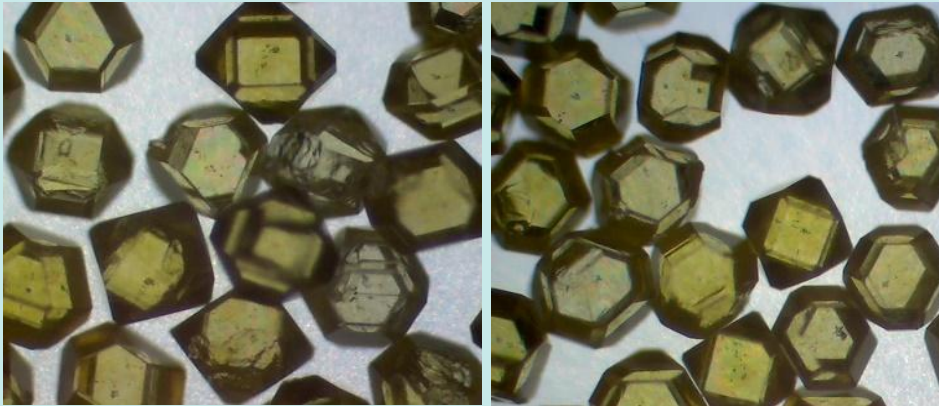
+ - отжиг T=1100 °C, Ar, 20 мин
++ - магнитная сепарация



Образцы – синтетические алмазные порошки

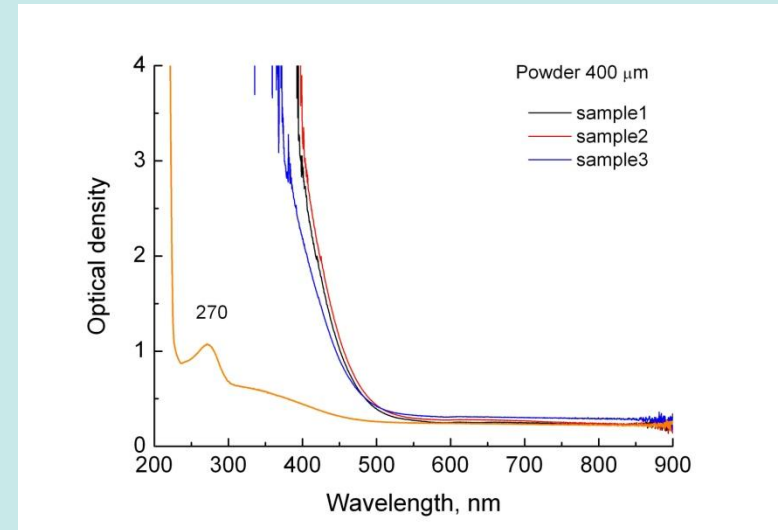
(Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля)

Алмазные порошки 125/100-АС100



до и после магнитной сепарации

Желтый цвет - отдельные атомы азота в узлах кристаллической решетки (С-дефекты),
концентрация азота около 100 ppm, никеля - около 10 ppm

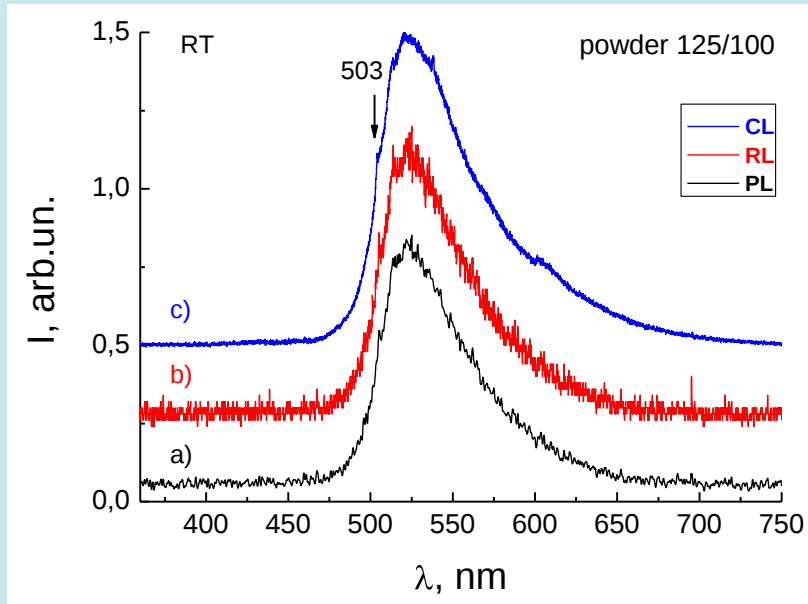


Методы исследования

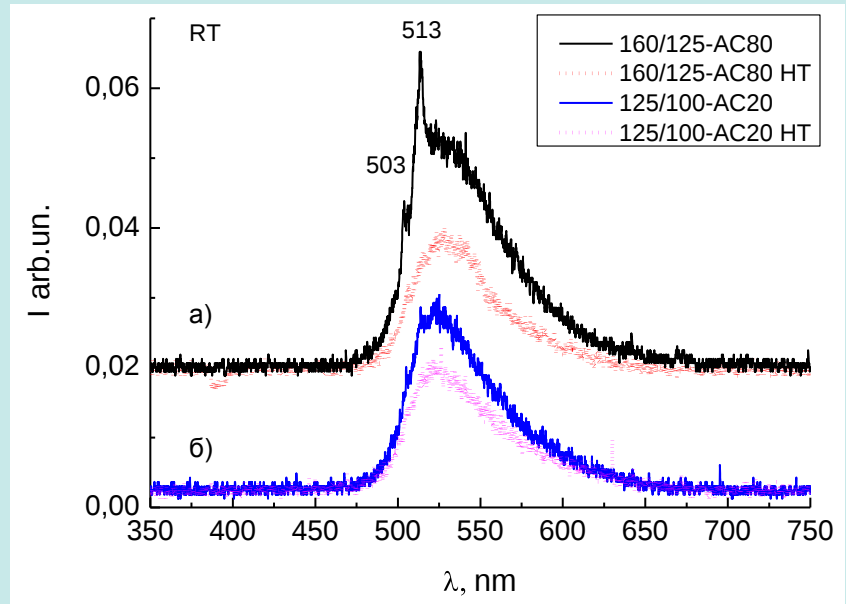
- **рентгенолюминесценция**: возбуждение – ^{137}Cs (γ -квантов и β -частицы), спектрометр SPECORD 40, регистрация – ФЭУ 9214В, осциллограф Rigol DS6064, 600 МГц;
- **катодолуминесценция**: возбуждение – электроны $E=10$ кэВ, ток пучка $I=0.3$ мкА, решеточный монохроматор МДР-23, разрешение 0.2 нм, ФЭУ-100;
- «свечение» образцов оценивалось с использованием измерительного комплекса **«Canberra»**: возбуждение от источника β -частиц ^{90}Sr - ^{90}Y , регистрация – ФЭУ R1307 Hamamatsu

Структура спектров люминесценции

Влияние возбуждения



Влияние отжига $T=1100^\circ\text{C}$



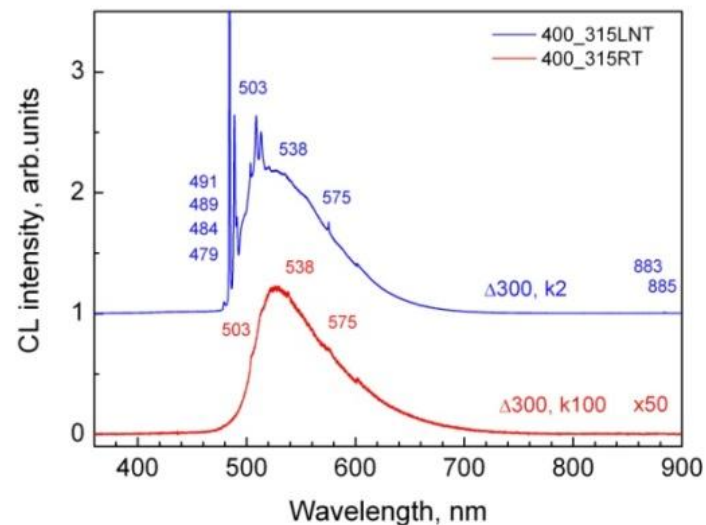
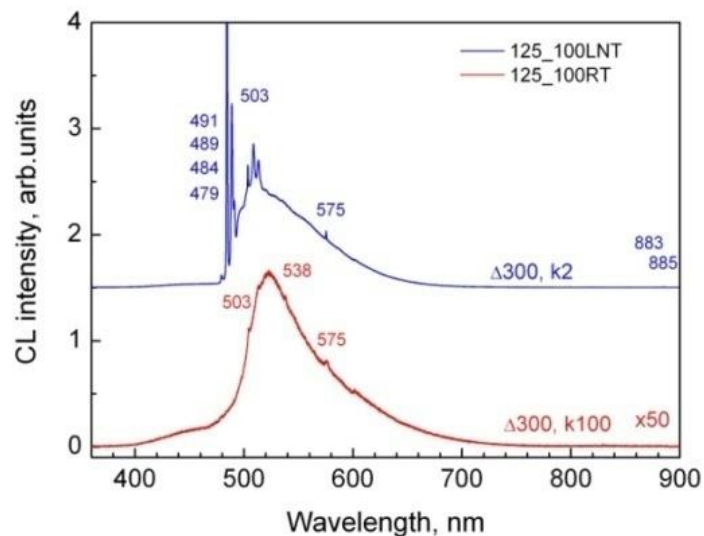
Спектры КЛ микропорошков алмаза при комнатной температуре

503 нм - H3-центр (N-V-N)

Структура спектров люминесценции

Влияние размера кристаллов

484 нм - Ni
884 нм - Ni
503 нм - H3 (N-V-N)
575 нм - NV⁰ (N-V)

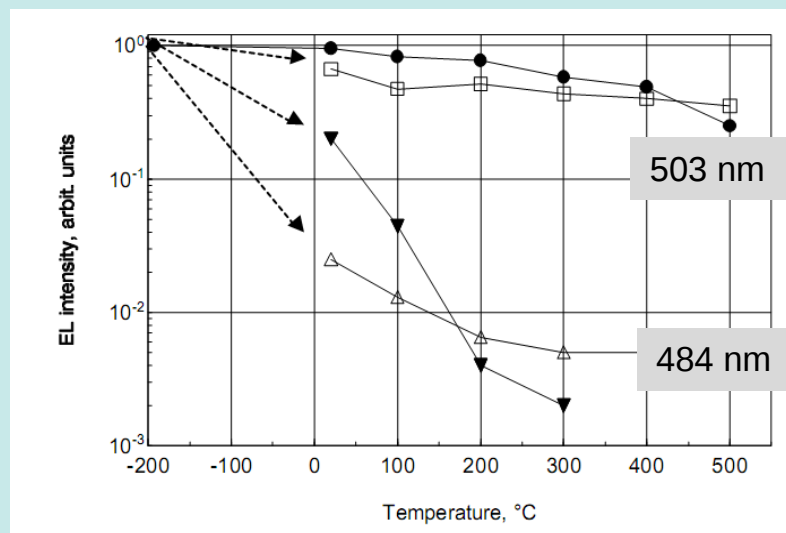
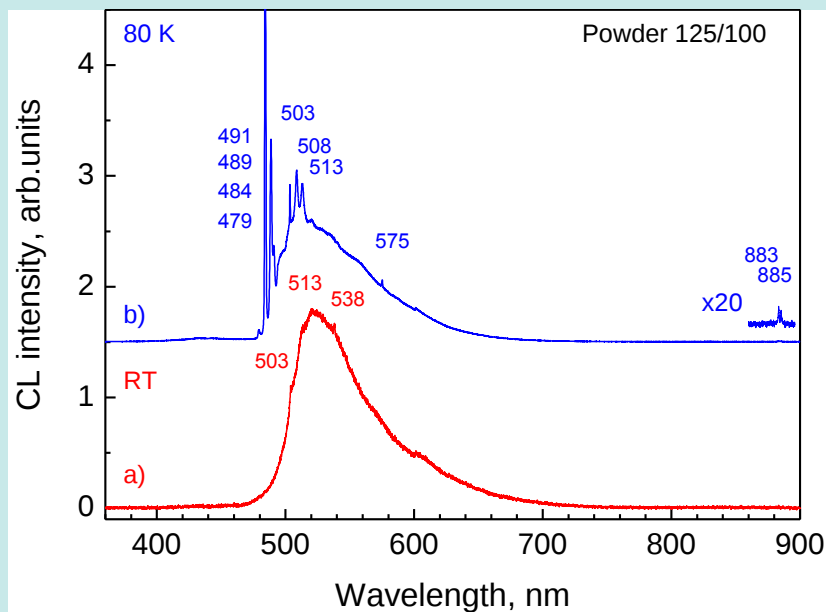


Спектры КЛ микропорошков алмаза при температуре жидкого азота и комнатной температуре

Структура спектров люминесценции

Влияние температуры измерений

484 нм - Ni
884 нм - Ni
503 нм - H3 (N-V-N)
575 нм - NV⁰ (N-V)



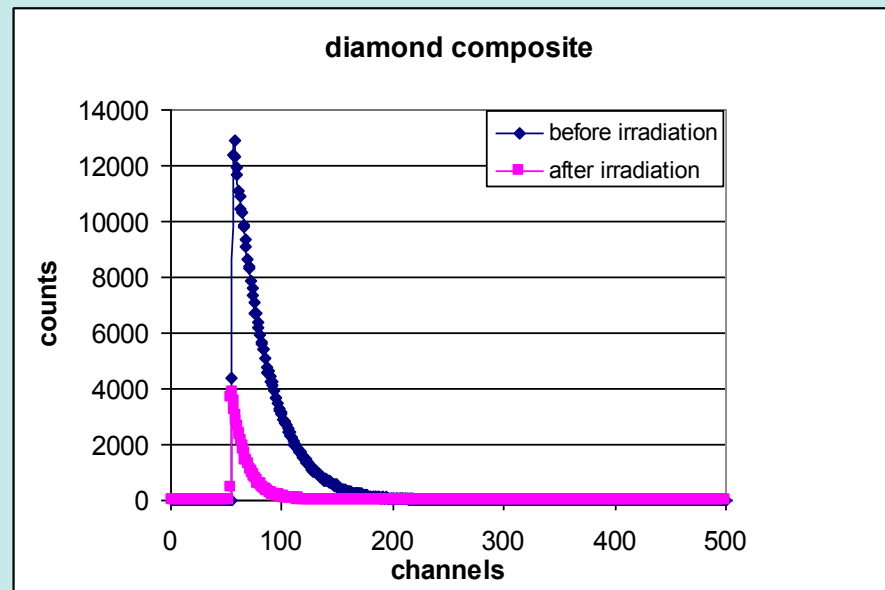
Зависимость интенсивности ФЛ от температуры [1]

Спектры КЛ микропорошков алмаза при температуре жидкого азота и комнатной температуре

Некоторые характеристики композиционных сцинтилляторов на основе алмазных порошков

Экспериментальные образцы сцинтилляторов на основе алмазных порошков были изготовлены по методике [3], связующее вещество - полисилоксановый эластомер Sylgard 184

Облучение электронами с энергией $E = 8,3 \text{ МэВ}$, суммарная накопленная доза: 50 и 100 Мрад.



Амплитудные спектры сцинтиллятора на основе микропорошков алмаза 125/100-АС80 до и после облучения электронами дозой 50 Мрад

Некоторые характеристики композиционных сцинтилляторов на основе алмазных порошков

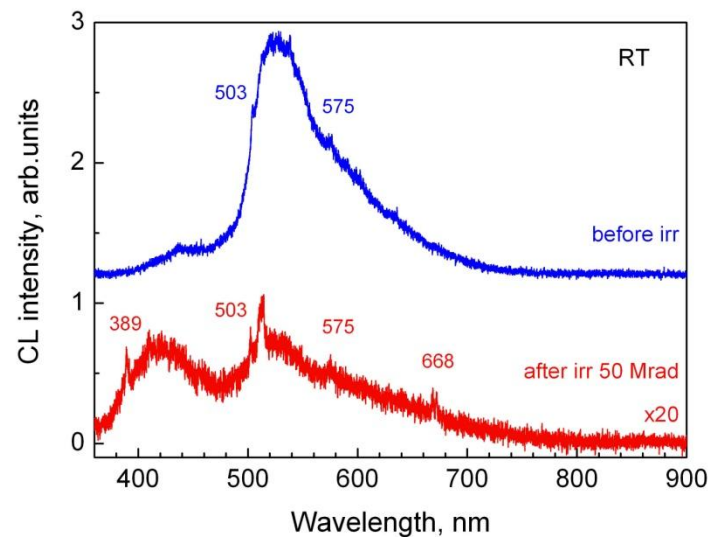
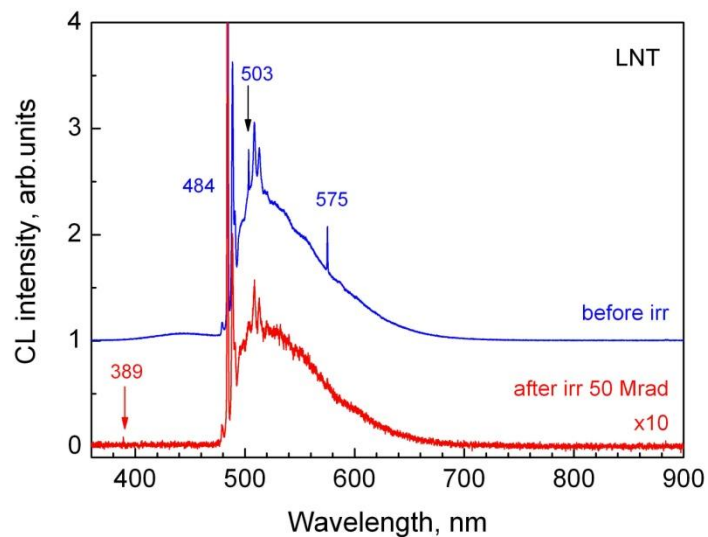
#	Type	Size, mkm	Anne- aling	Sepa- ration	Decay time, ns	Relative light output		
						before irradiation	after 50 Mrad	after 100 Mrad
0	YSO:Ce, single crystal				-	100%	0	0
1	AC20	125/100	-	-	21	23%	destroy	0
2	AC20	125/100	+	-	21	21%	2%	0
3	AC80	160/125	-	-	17	3%	0,2%	0
4	AC80	160/125	+	-	18	3%	0,3%	0
5	AC80	125/100	+	++	-	7%	3%	0
6	AC100	125/100	-	-	-	31%	0	0
7	AC100	125/100	+	++	22	20%	3%	0,7%
8	AC160	200/250	-	-	-	28%	0	0

YSO:Ce - иттрий-алюминиевый перовскит $YAlO_3$, активированный церием

Структура спектров люминесценции

Влияние облучения электронами

389 нм - N+I
484 нм - Ni
503 нм - H3 (N-V-N)
575 нм - NV⁰ (N-V)



Выводы

➤ световой выход сцинтилляторов на основе синтетических алмазных микропорошков относительно активированного церием иттрий-алюминиевого перовскита составил 2-3% после облучения электронами с энергией 8,3 МэВ дозой 50 Мрад



Спасибо за внимание!

