

**WŁAŚNOŚCI SCYNTYLACYJNE  
KRYSTAŁU BGO**  
z Laboratorium Wzrostu Kryształów IF PSz

**Winicjusz Drozdowski**

**Zakład Optoelektroniki  
Instytut Fizyki  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
Toruń**

*SEM #12 (2005/2006)  
6 marca 2006 r.*

# Plan referatu

- wstęp
- BGO jako scyntylator
- hodowla w PSz
- wyniki
  - wydajność scyntylacji (LY)
  - profile czasowe scyntylacji (STP)
  - termoluminescencja (TL)
- podsumowanie

# BGO jako scyntylator

- wzór chemiczny  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$
- pierwsze doniesienia – lata siedemdziesiąte XX w. [Weber *et al.*, Nestor *et al.*]
- jon  $\text{Bi}^{3+}$  jako centrum luminescencji
- wysoki przekrój czynny na absorpcję kwantów gamma
- gęstość:  $7.13 \text{ g/cm}^3$
- efektywna liczba atomowa: 75
- temperatura topnienia:  $1050 \text{ }^\circ\text{C}$
- materiał niehigroskopijny

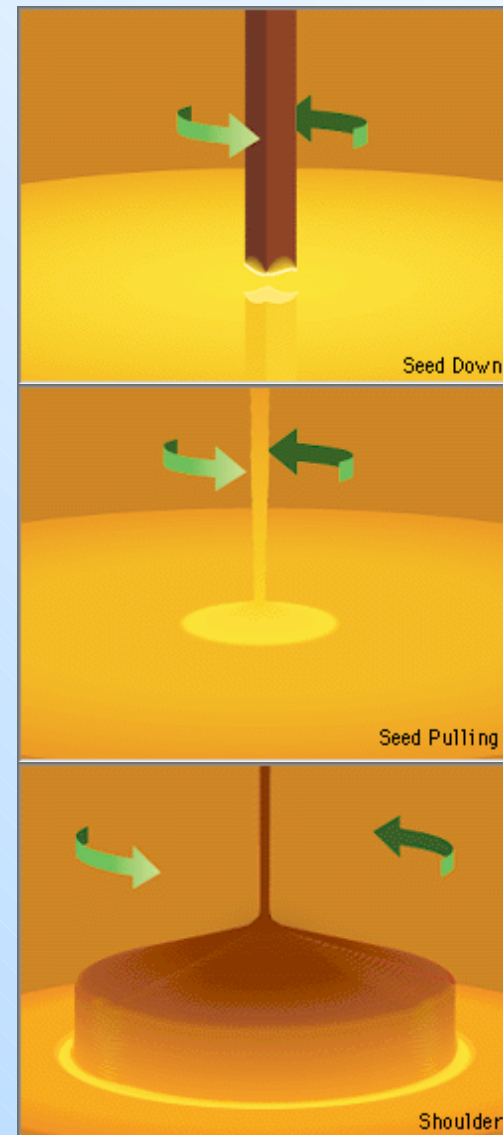
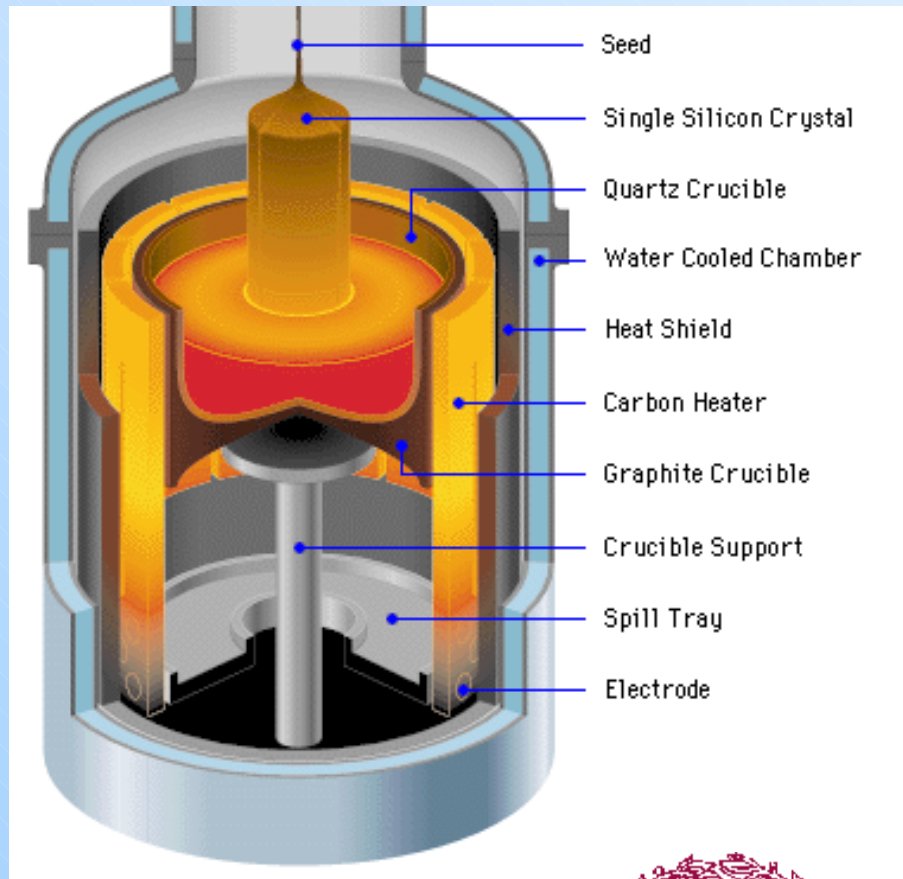
# BGO jako scyntylator

- luminescencja: 480-500 nm
- wydajność scyntylacji: 20% NaI(Tl)
- czas zaniku scyntylacji: 300 ns
- duża odporność radiacyjna
- brak „afterglow”
- silna zależność wydajności i czasu zaniku scyntylacji od temperatury
- zastosowania: fizyka wysokich energii, astrofizyka, medycyna (PET)

# Badane materiały

- laboratorium: LWK IF PSz, Szczecin
- metoda Czochralskiego
- 2 próbki w postaci pikseli  $2 \times 2 \times 10 \text{ mm}^3$  (małe kamery PET) i 2 kostki  $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$ :
  - K05001 i K05002 (pixele)
  - K05011 i K05012 (kostki)
- dla porównania dwa pixele  $2 \times 2 \times 10 \text{ mm}^3$  z Photonic Materials Ltd.:
  - N13363-8
  - N13363-7

# Metoda Czochralskiego



# Politechnika Szczecińska



**Laboratorium Wzrostu Kryształów**  
Instytut Fizyki Politechniki Szczecińskiej  
*prof. Sławomir Kaczmarek*  
*prof. Marek Berkowski*  
kryształy: LBO, BGO, LGT



# Politechnika Szczecińska

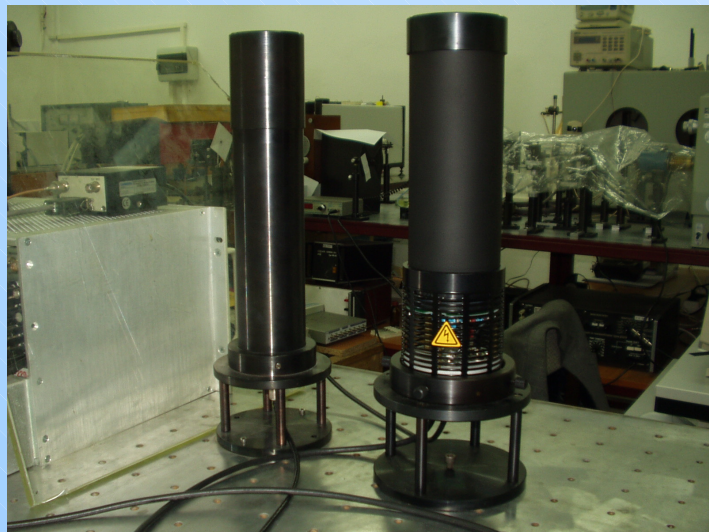
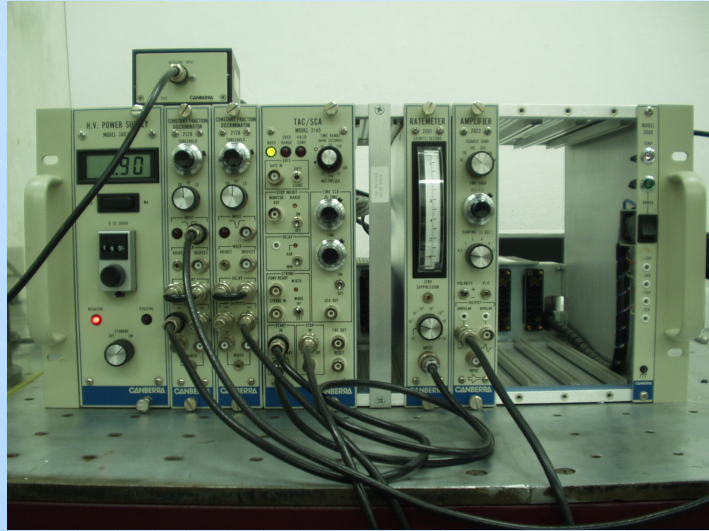




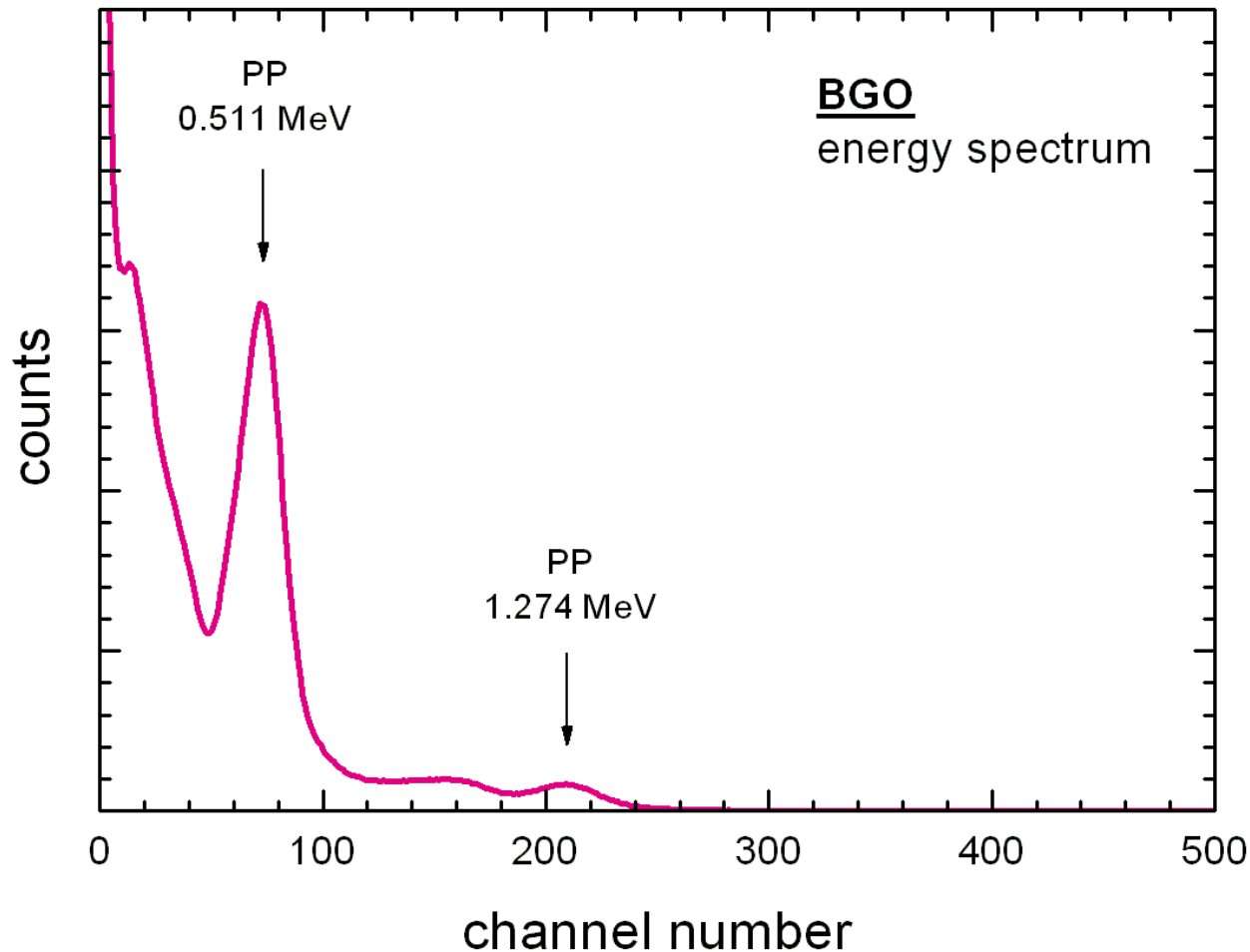
# Pomiar LY

- źródło Na-22 (pastylka, aktywność 1.5  $\mu\text{Ci}$ ); energia 0.511 i 1.274 MeV
- próbka owinięta taśmą teflonową
- elektronika: Canberra
- fotopowielacz: Hamamatsu R2059
- napięcie PMT: 1500 V
- czas rejestracji pojedynczego widma energetycznego: 16 h
- geometria pionowa i pozioma

# Pomiar LY

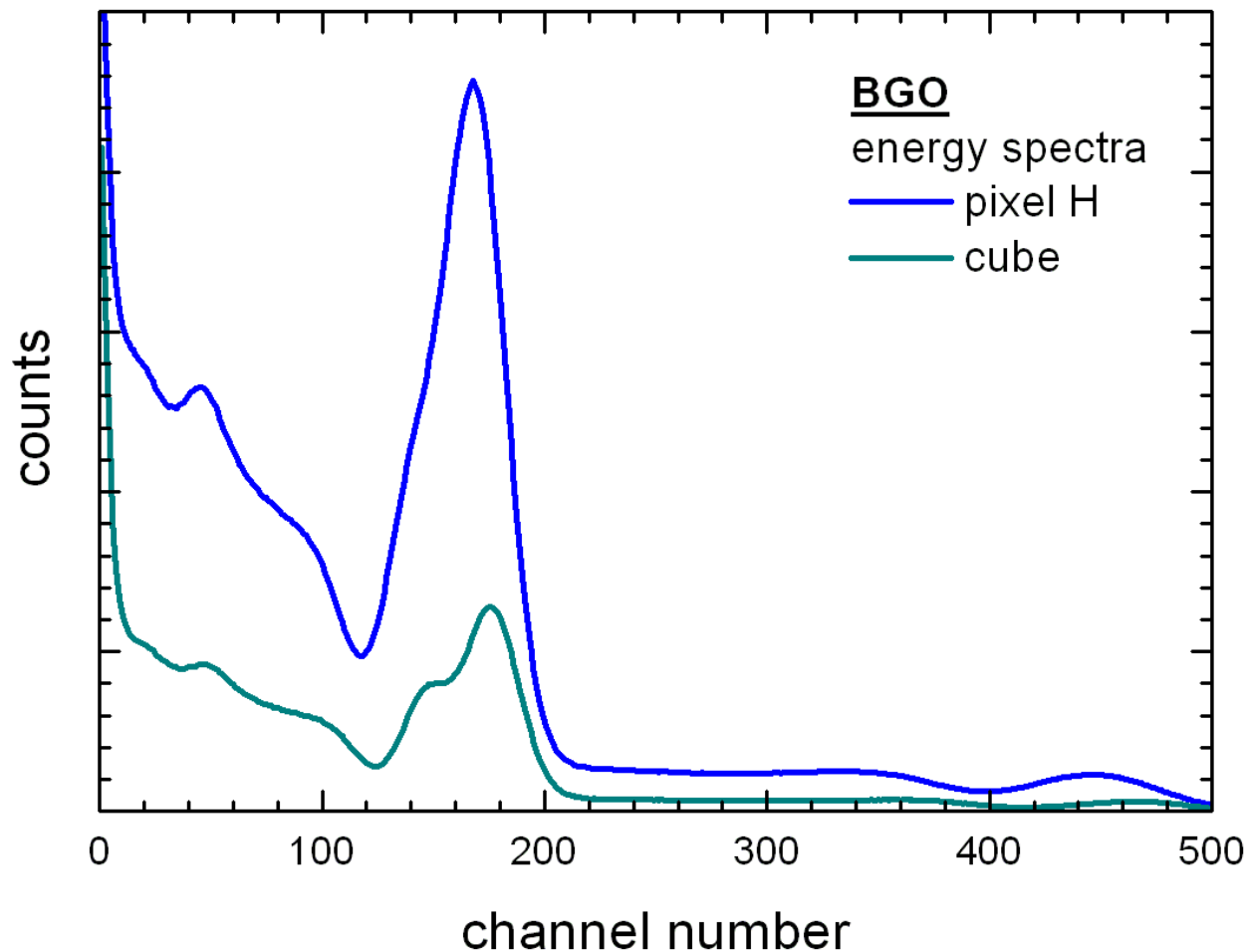


# Wydajność scyntylacji



sample **K05002**, PMT voltage: **1500 V**, amplifier gain: **9**; the pixel was placed vertically on the PMT window; photopeaks at channels 72 and 208, corresponding to the 0.511 and 1.274 MeV gamma photons, respectively, are indicated

# Wydajność scyntylacji



samples **K05002** (pixel) and **K05012** (cube), PMT voltage: **1500 V**, amplifier gain: **9**; the pixel was placed horizontally on the PMT window

# Wydajność scyntylacji

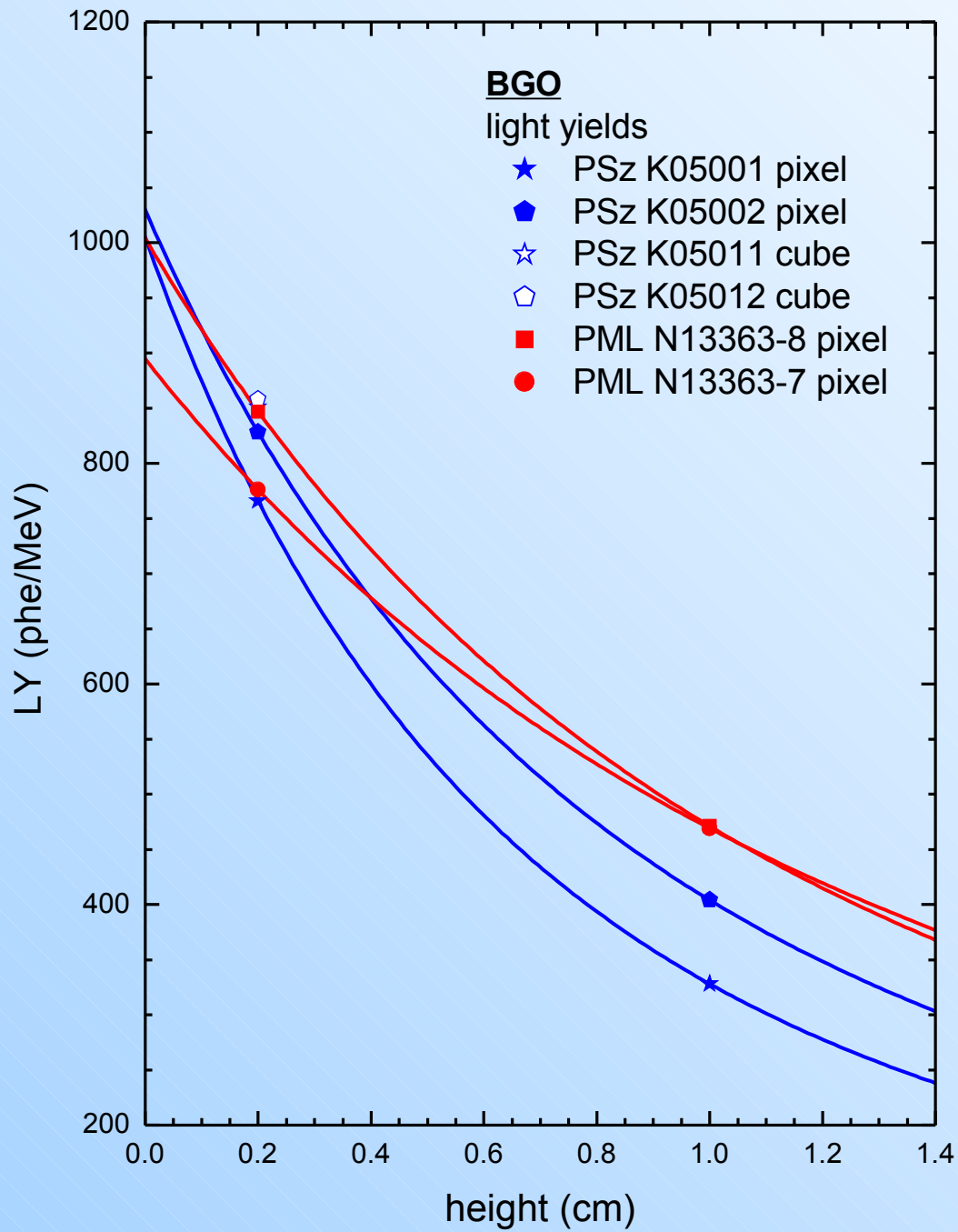
ID	info	LY <sub>ver</sub> (phe/MeV)	LY <sub>hor</sub> (phe/MeV)	ER (%) at 0.511 MeV
K05001	PSz pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	328	766	27.0
K05002	PSz pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	404	828	23.1
K05011	PSz cube 2x2x2 cm <sup>3</sup>		851	20.0
K05012	PSz cube 2x2x2 cm <sup>3</sup>		<b>858</b>	<b>18.9</b>
N13363-8	PML pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	471	847	23.8
N13363-7	PML pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	469	776	30.9



# Model „2R+”

- próbka przyklejona do okienka PMT, źródło promieniowania gamma nad próbką
- uwzględniona absorpcja promieniowania gamma oraz absorpcja światła scyntytacji
- promienie „w górę” i „w dół” jako jedyne wnoszące wkład do wydajności scyntytacji
- zależność końcowa:

$$LY = LY_0 \frac{\mu_\gamma}{2(e^{\mu_\gamma h} - 1)} \left[ \frac{e^{(\mu_\gamma - \mu)h} - 1}{\mu_\gamma - \mu} + (1 - \beta) \frac{e^{(\mu_\gamma + \mu)h} - 1}{\mu_\gamma + \mu} e^{-2\mu h} \right]$$



points – experimental values; lines – “2R+” model fits with  $\mu_{\gamma} = 0.289 \text{ cm}^{-1}$  and  $\beta = 10\%$

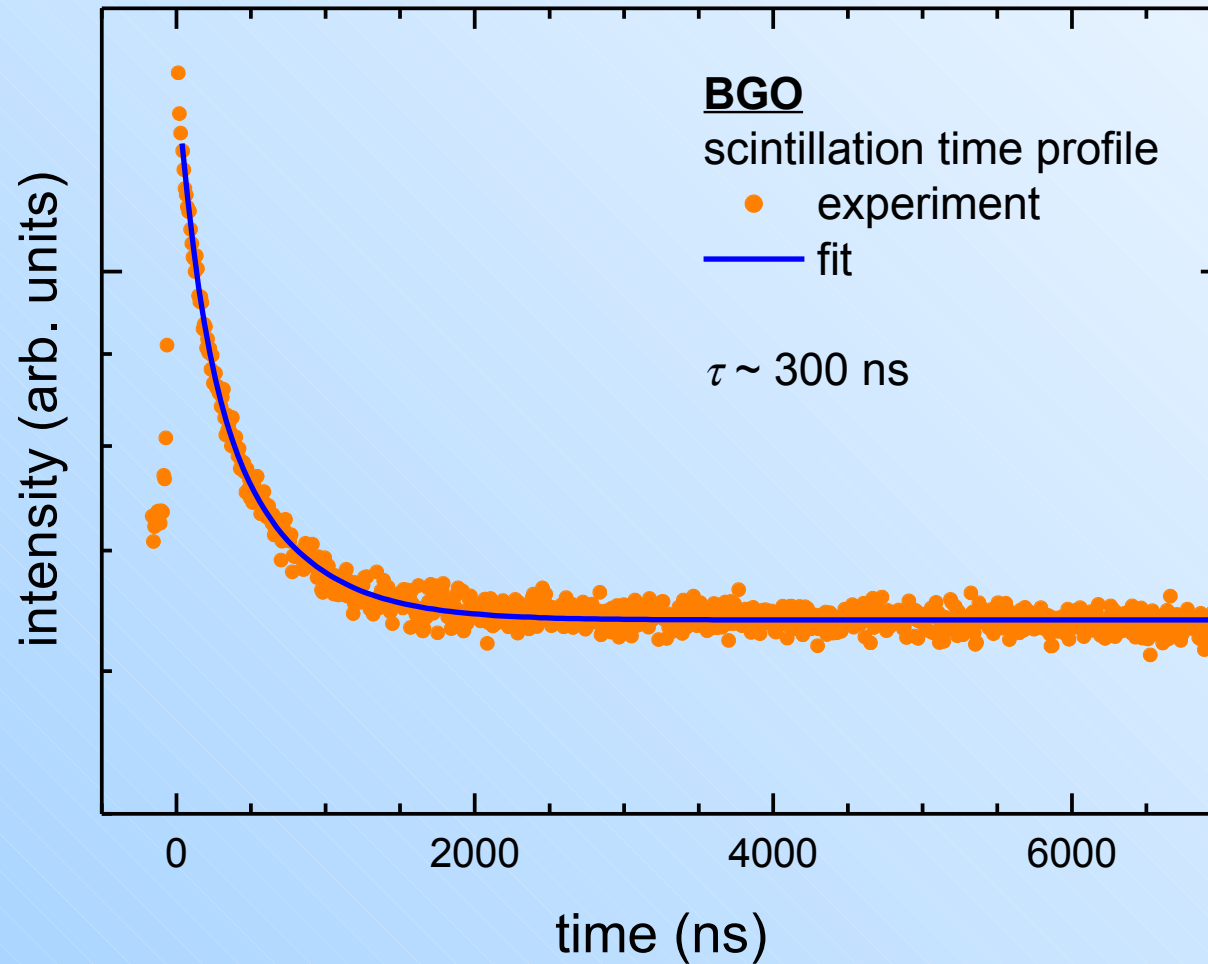
# Model „2R+“

ID	info	V2H	LY <sub>0</sub> (phe/MeV)	$\mu$ (cm <sup>-1</sup> )
K05001	PSz pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	0.43	1058	1.46
K05002	PSz pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	0.49	<b>1084</b>	1.16
N13363-8	PML pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	0.56	1057	0.90
N13363-7	PML pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	<b>0.60</b>	942	<b>0.75</b>

# Pomiar STP

- źródło Ba/Cs-137 (pastylka, aktywność 1.5  $\mu\text{Ci}$ ); energia 0.662 MeV
- metoda Bollingera-Thomasa koincydencyjnego zliczania fotonów
- elektronika: Canberra
- fotopowielacze: Hamamatsu R1104 i R1460
- napięcie PMT: 1190 V
- czas rejestracji pojedynczego profilu czasowego: 16 h

# Profile czasowe



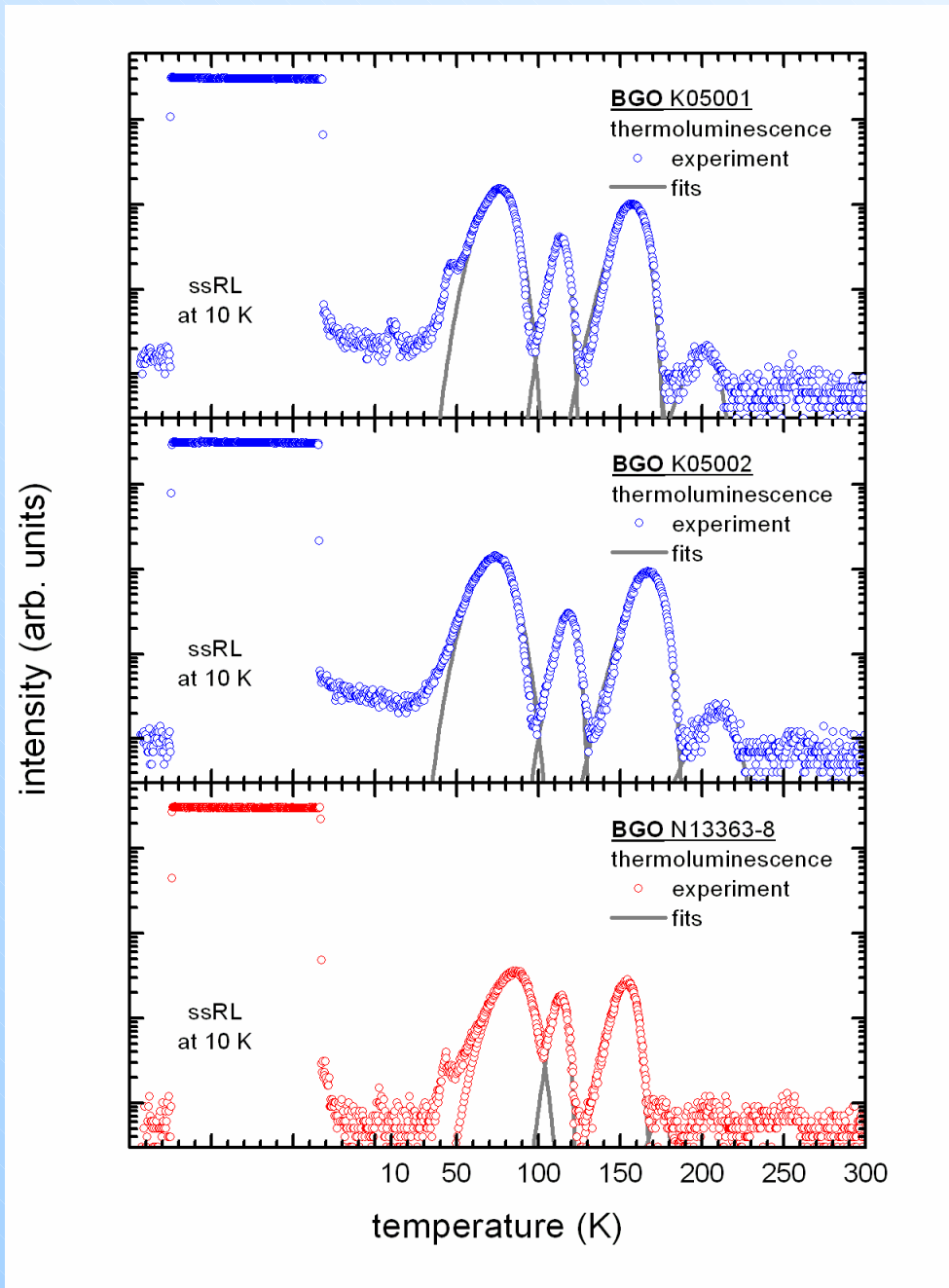
samples **K05012** (cube); the profiles of the other samples from Psz are identical



# Pomiar TL

- lampa rentgenowska (44 kV / 4 mA)
- monochromator: ARC SpectraPro 500i
- fotopowielacz: Hamamatsu R928
- chłodziarka helowa: APD Cryogenics
- kontroler temperatury: LakeShore
- napromieniowanie (TL, AG): 10 min
- szybkość grzania (TL): 9 K/min

# Termoluminescencja



# Termoluminescencja

ID	peak no.	$T_{max}$ (K)	$n_0$	$E$ (eV)	$\ln s$
K05001	1	76	215900	0.0503	3.554
	2	115	29570	0.253	22.36
	3	158	133000	0.278	16.49
	4	201	2901	0.402	19.07
K05002	1	73	218700	0.0401	2.115
	2	119	26000	0.232	19.12
	3	168	129600	0.291	16.09
	4	210	3818	0.331	13.92
N13363-8	1	85	55460	0.0568	3.528
	2	114	12470	0.277	24.94
	3	155	27980	0.335	21.48
	4	174	732.8	0.459	26.84
	5	206	1722	0.299	1.249

$T_{max}$  - temperature, at which the glow curve peaks,  $E$  - trap depth,  $s$  - frequency factor,  $n_0$  - initial trap concentration;  $n_0$  is in the same units as TL intensity and  $s$  is in  $s^{-1}$

# Termoluminescencja

ID	info	TL / (TL + ssRL)	LY <sub>0,tf</sub> (phe/MeV)
K05001	PSz pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	0.022	1082
K05002	PSz pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	0.022	<b>1108</b>
N13363-8	PML pixel 2x2x10 cm <sup>3</sup>	<b>0.006</b>	1063

# Podsumowanie

- wszystkie kryształy: wolny zanik ( $\sim 300$  ns), niewielki udział pułapek (praktycznie zanedbywalny w kryształach z PML)
- kryształy z PSz - zbliżona do kryształów z PML wydajność scyntylacji w geometrii poziomej, wyższy współczynnik strat ( $1.16$ - $1.46$   $\text{cm}^{-1}$  w porównaniu z  $0.75$ - $0.90$   $\text{cm}^{-1}$ ) powodujący obniżenie wydajności w geometrii pionowej



# Podsumowanie

- potwierdzenie obserwacji Dujardina (wydajność zależy od wysokości próbki, a nie zależy od pozostałych wymiarów geometrycznych)
- plan: wygrzanie próbki K05002 w 800 °C przez 2 h i pomiar wydajności scyntylacji (spodziewany wzrost o ~20%)