

**Влияние примеси Ni на создание квадратичной  
нелинейности методом температурного полинга в  
высокоочи́стом теллури́тном стекле  $0.78\text{TeO}_2 - 0.22\text{WO}_3$**

А.В. Гладышев (1), Ю.П. Яценко (1), В.В. Гребенев (2), Г.Е. Снопатин (3),  
В.Г. Плотниченко (1), Е.М. Дианов (1), М.Ф. Чурбанов (3),  
К. Корбари (4), П.Г. Казанский (4).

*(1) Научный центр волоконной оптики РАН, г. Москва*

*(2) Институт кристаллографии РАН, г. Москва*

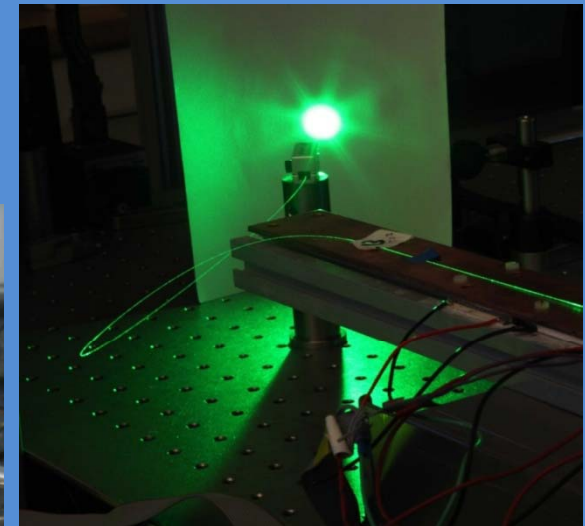
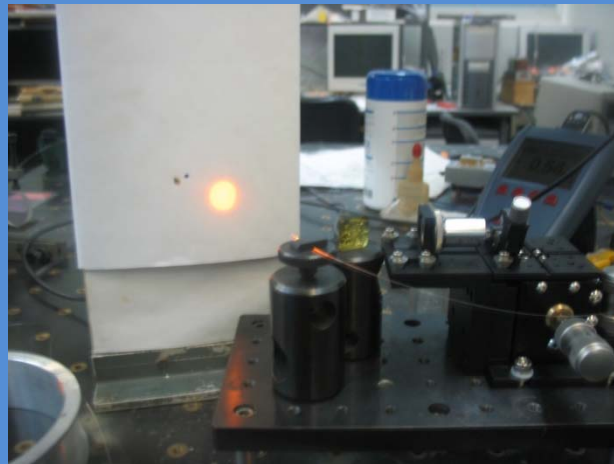
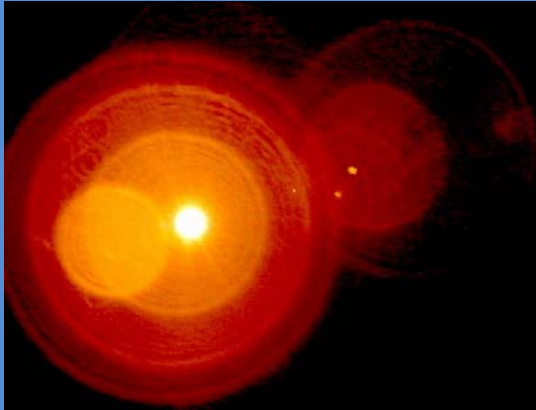
*(3) Институт химии высокочистых веществ РАН, г. Н. Новгород*

*(4) Optoelectronics Research Centre, Southampton, UK*

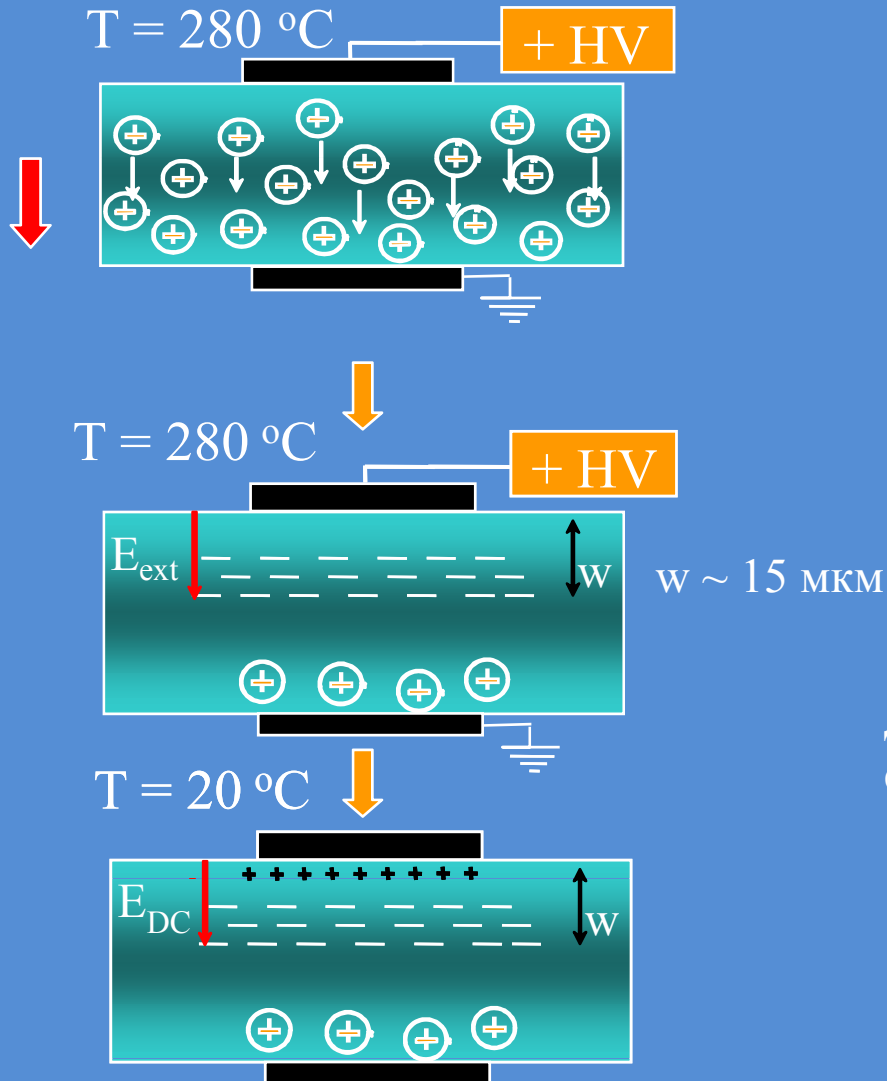
# Квадратичная нелинейность

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \cdot \left( \chi^{(1)} \cdot \vec{E} + \chi^{(2)} \cdot \vec{E}\vec{E} + \chi^{(3)} \cdot \vec{E}\vec{E}\vec{E} + \dots \right)$$

- в изотропных средах:  $\chi^{(2)} = 0$
- создание  $\chi^{(2)}$  возможно путем температурного полинга



# Температурный полинг



$$\chi^{(2)} = 3\chi^{(3)} E_{\text{DC}}$$

$$\chi^{(3)} = 2 \times 10^{-22} \text{ (м/В)}^2$$

$$E_{\text{DC}} \sim 10^9 \text{ В/м}$$

$$\chi^{(2)} \sim 0.6 \text{ пм/В}$$

Для теллуридных и халькогенидных стекол:

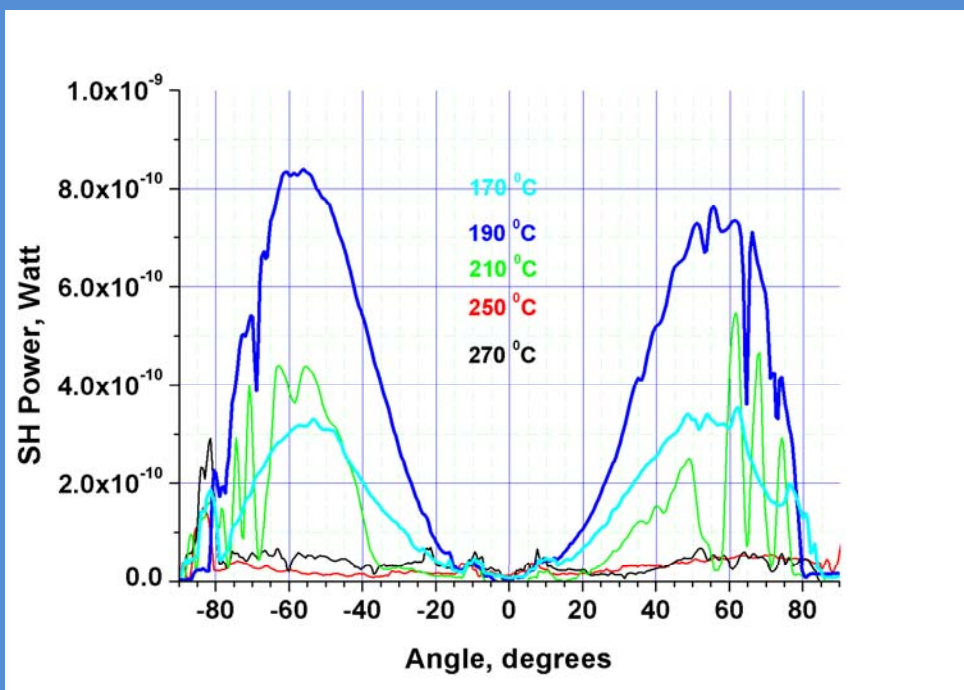
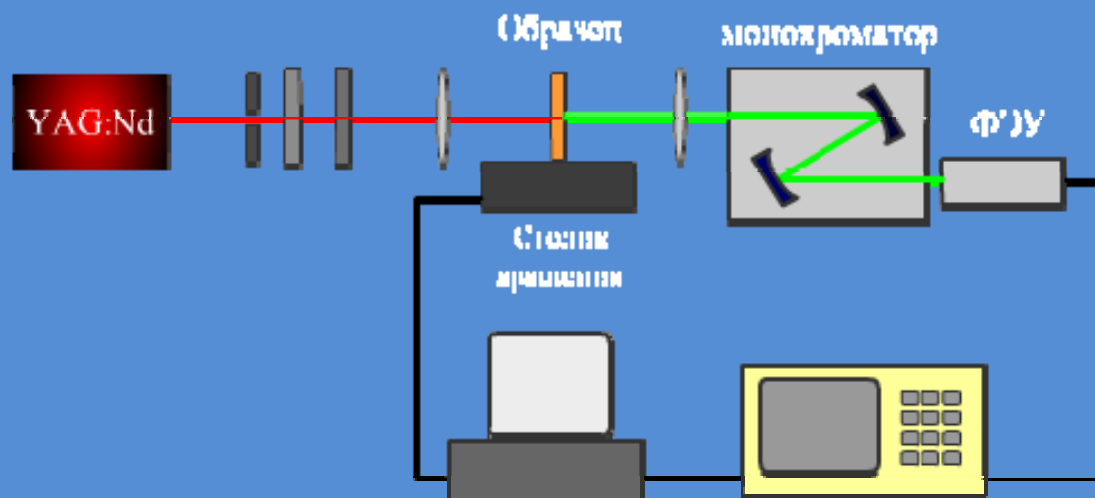
$$\chi^{(3)} = (10 \div 1000) \times \chi^{(3)}_{\text{SiO}_2}$$

Но есть проблемы с вмораживанием  $E_{\text{DC}}$   
(электронная проводимость?)

# Квадратичная нелинейность в стекле $0.78\text{TeO}_2 - 0.22\text{WO}_3$

Образцы стекла:

состав  $0.78\text{TeO}_2 - 0.22\text{WO}_3$   
добавка Ni от 0 до 0.79 мас.%



Условия полинга:

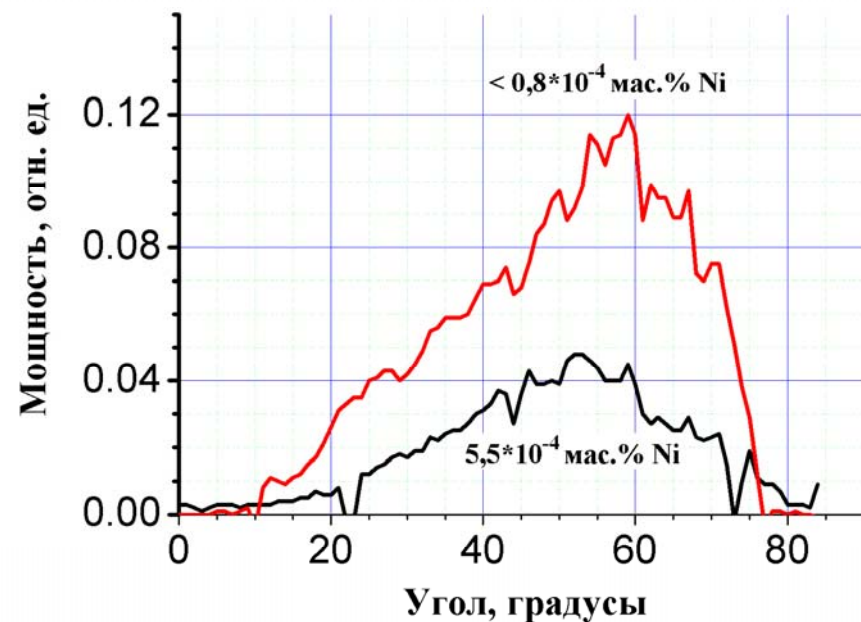
$T = 190^\circ \text{C}$

$U = 3,0 \text{ кВ}$

$t = 20 \text{ мин}$

Без инъекции заряда извне  
(содержание Na  $\approx 3 \cdot 10^{-3}$  мас.%)

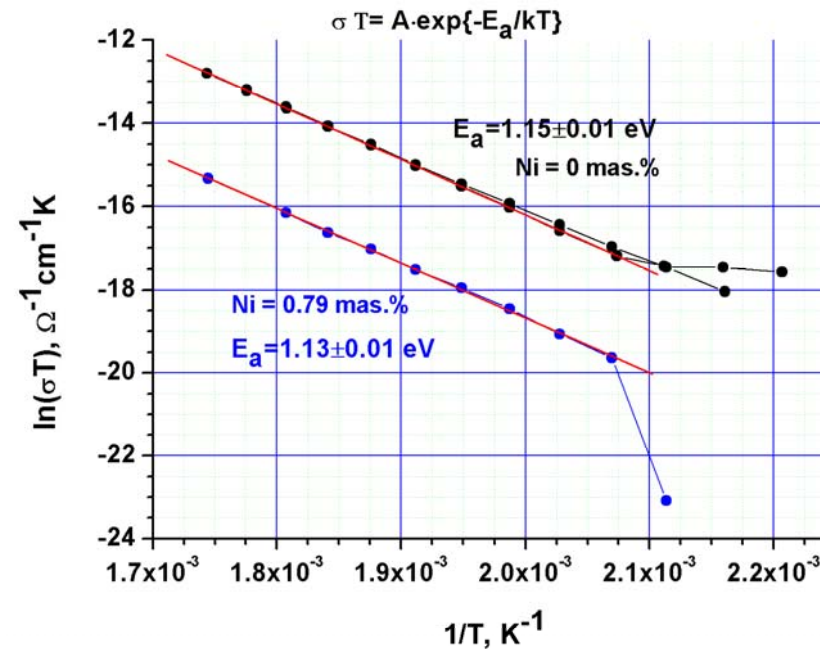
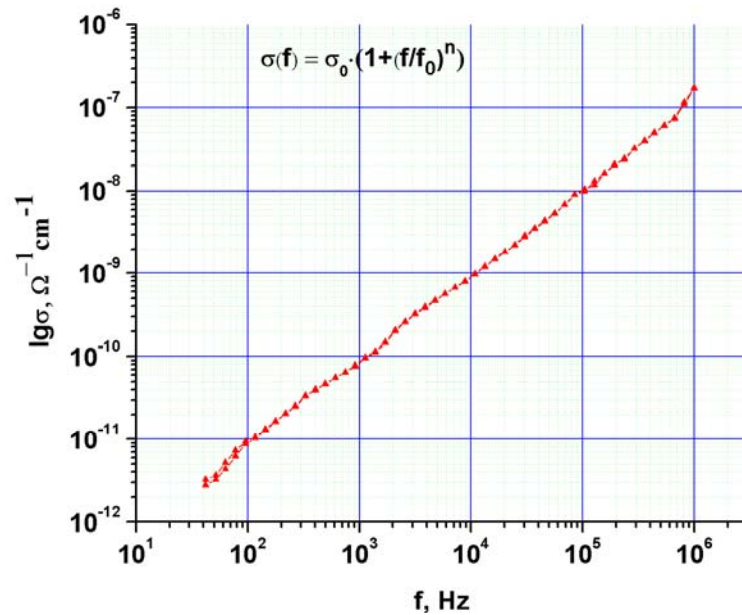
## Влияние Ni на $\chi^{(2)}$ в стекле $0.78\text{TeO}_2 - 0.22\text{WO}_3$



Концентрация Ni, мас.%	Величина $\chi^{(2)}$ пм/В
Без Ni ( $< 0,8 \cdot 10^{-4}$ )	1,0 ÷ 1,2
$5,5 \cdot 10^{-4}$	0,5
$1,8 \cdot 10^{-3}$	0,4
0,13	<0,02
0,79	<0,02

Добавка Ni снижает величину  $\chi^{(2)}$

# Измерения проводимости стекла $0.78\text{TeO}_2 - 0.22\text{WO}_3$



- Зависимость проводимости от частоты соответствует степенному закону, характерному для ионных проводников
- Измерения на постоянном токе при  $T = 300 \text{ K}$  не выявили электронной составляющей проводимости с точностью до  $10^{-11} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$
- Энергия активации  $E_a \approx 1,1 \text{ эВ}$  соответствует литературным данным по диффузии ионов  $\text{Na}$  в теллуридном стекле
- Добавка  $0,79 \text{ мас.}\%$   $\text{Ni}$  снижает проводимость в 12 раз

## Выводы:

- квадратичная нелинейность  $\chi(2) \approx 1,2$  пм/В создана в теллуридном стекле состава  $0.78\text{TeO}_2 - 0.22\text{WO}_3$  методом температурного полинга без инъекции заряда извне.
- Обнаружено, что примесь никеля препятствует температурному полингу стекла состава  $0.78\text{TeO}_2 - 0.22\text{WO}_3$ . Показано, что уже при концентрациях никеля порядка  $5,5 \cdot 10^{-4}$  мас.% квадратичная нелинейность снижается вдвое.
- Вероятным механизмом уменьшения квадратичной нелинейности является снижение ионной проводимости стекла состава  $0.78\text{TeO}_2 - 0.22\text{WO}_3$  при введении примеси никеля.





