

Всероссийская
конференция по
волоконной оптике,
Пермь, 12-14 октября, 2011



ОТЖИГ ПОГЛОЩЕНИЯ, ИНДУЦИРОВАННОГО УФ-ИЗЛУЧЕНИЕМ В ГЕРМАНОСИЛИКАТНЫХ СВЕТОВОДАХ, НАСЫЩЕННЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫМ ВОДОРОДОМ

Васильев С.А., Медведков О.И., Гнусин П.И., Дианов Е.М.

План доклада

1. Введение
2. Образцы и экспериментальные методики
3. Наведение и отжиг поглощения
4. Отжигом фотоиндуцированного показателя преломления для ВБР и ДПВР
5. Выводы

Введение



1. Типы водородной обработки:
 - Низкотемпературная водородная обработка (H_2 -loading)
 - Высокотемпературная водородная обработка (OH-flooding)
 - Предоблучение (Hypersensitization)
2. При УФ-облучении стекла с водородом образуются водородосодержащие группы: SiOH, GeOH, H_2O , SiH, GeH
3. Наведение и отжиг поглощения водородосодержащих групп
 - Фурье-спектроскопия (2000 – 4000 cm^{-1})
 - Dalle C., et al, J. Non-Cryst. Solids, 260, 83-98 (1999)
 - Lancry M., et al, J. Non-Cryst. Solids, 351, 3773, (2005)
 - Оптическая спектроскопия (1.3 – 1.5 μm)
 - Grubsky V., et al, OFC/IOOC'99, ThD2, p.53 (1999)
 - Araujo F.M. et al, Appl. Phys. Lett., 72, 3109 (1998)
4. Конкретные механизмы фотоиндуцированного взаимодействия молекулярного водорода с сеткой стекла и связь с фотоиндуцированным ПП в настоящее время прояснены не в полной мере. Наблюдается корреляция ПП с концентрацией OH-групп.
5. Усложняющие анализ факторы:
 - $\Delta n(H_2)$
 - Диффузионные процессы
 - Наложение полос (в спектрах и при отжиге)
 - Термоиндуцированные явления (химические решетки и т.д.)

Условия обработки

Световод

GeO_2 – 14 мол.%

$\lambda_c \sim 1.0$ мкм

Водородная обработка

$P \sim 75$ атм

$T \sim 100$ °C

$t \sim 12$ ч

$C_{\text{H}_2} \sim 0.5$ мол.%

Облучение

$\lambda_{\text{UV}} = 244$ нм

$P \sim 50$ мВт

Вывод молекулярного водорода

$T \sim 75$ °C

$t \sim 36$ ч

УФ-облучение

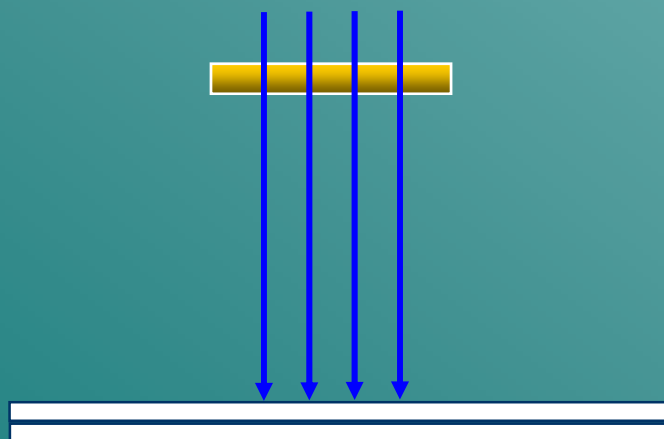
Ar⁺ лазер, вторая гармоника

$\lambda_{UV} = 244 \text{ нм}$

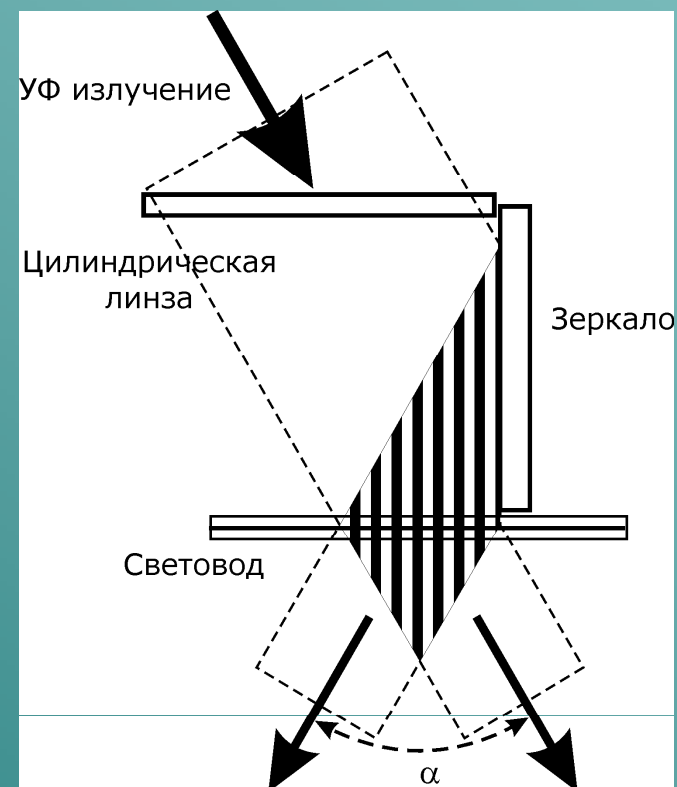
$P \sim 50 \text{ мВт}$

$I \sim 30 \text{ Вт/см}^2$

Гомогенное облучение



Запись ВБР



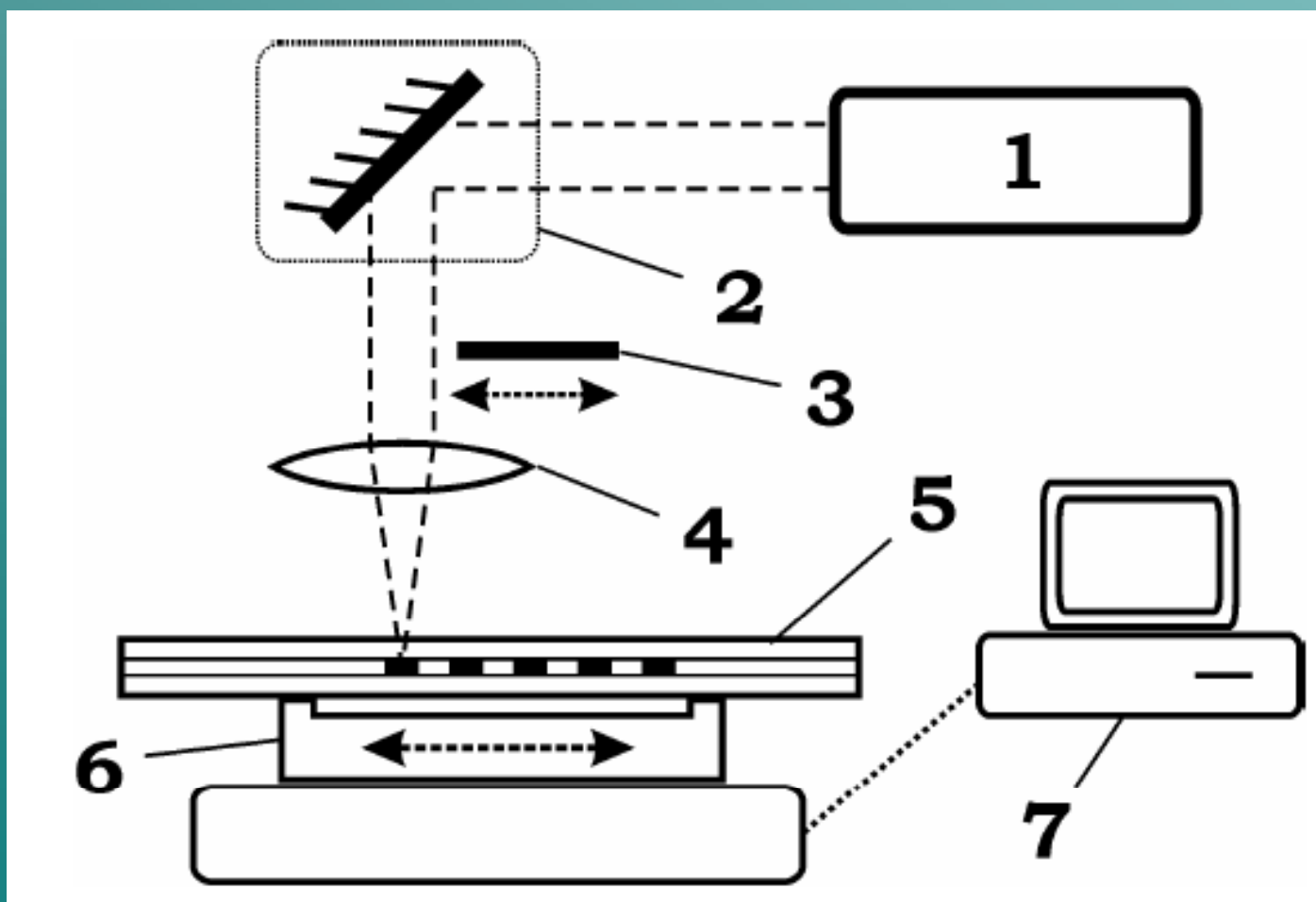
Запись ДПВР

Ar⁺ лазер, вторая гармоника

$\lambda_{UV} = 244 \text{ нм}$

$P \sim 50 \text{ мВт}$

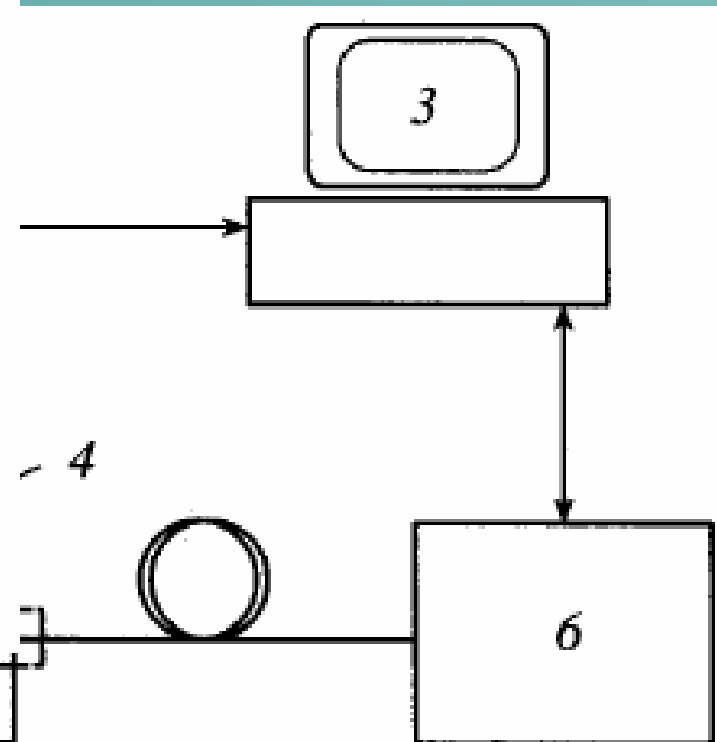
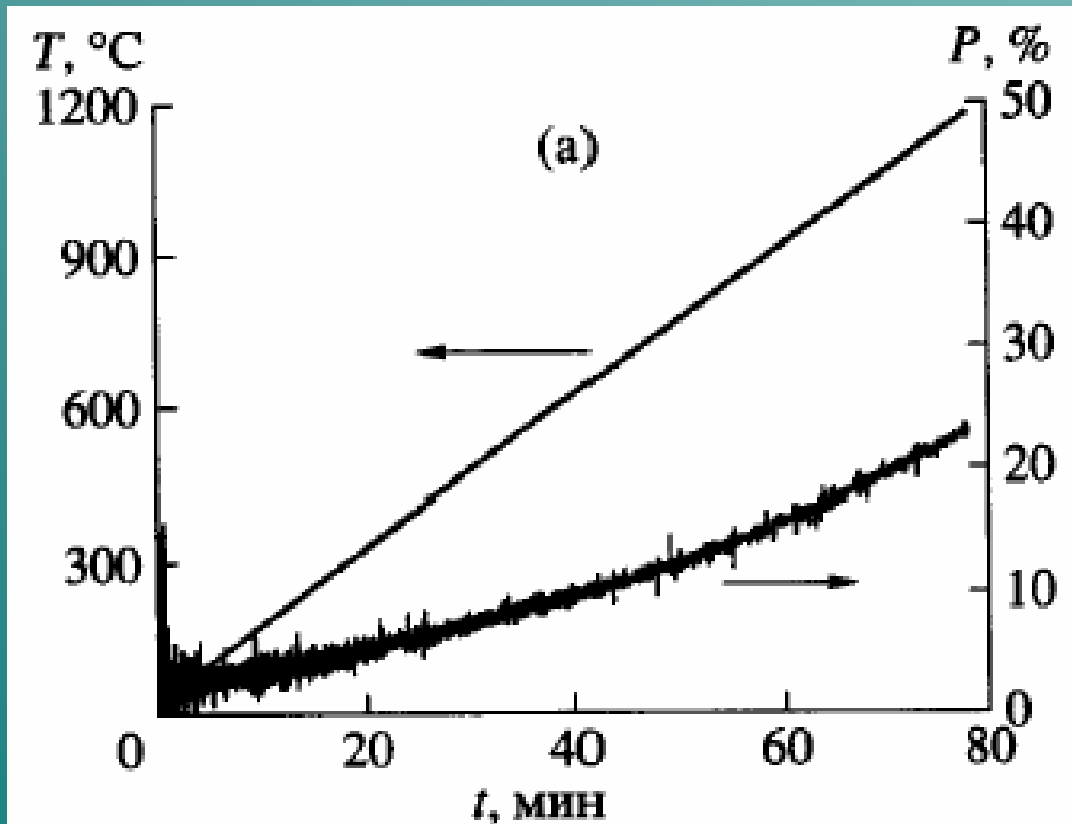
$I \sim 5 \text{ кВт/см}^2$



Методика линейного отжига

$$dT/dt = 0.25 \text{ К/сек}$$

$$dE_d/dt \approx 6.2 \times 10^{-3} \text{ эВ/сек } (\nu = 10^{10} \text{ Гц})$$

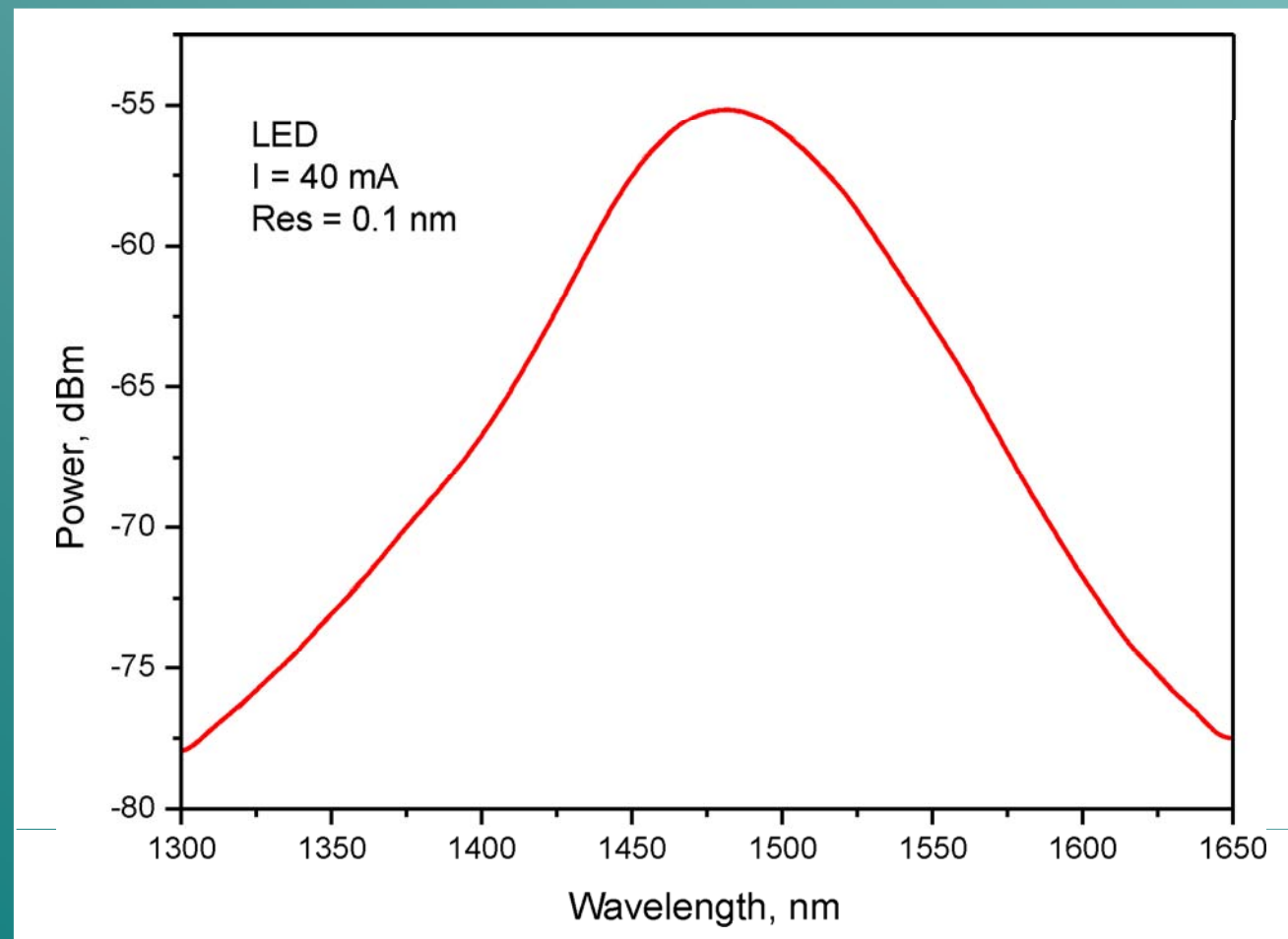


Регистрация спектров

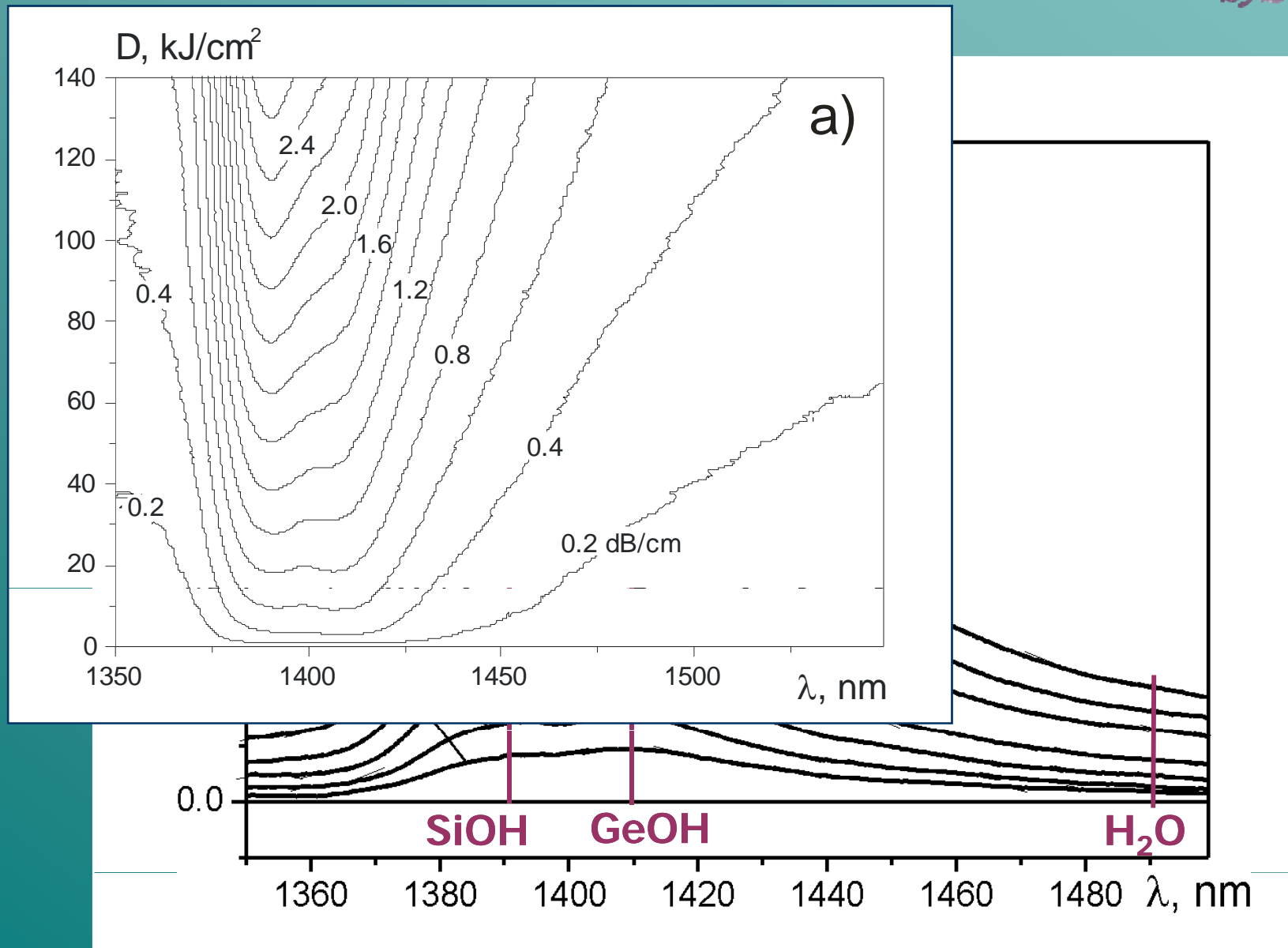
Источник: Широкополосный люминесцентный диод

Спектроанализатор: ANDO-6317B

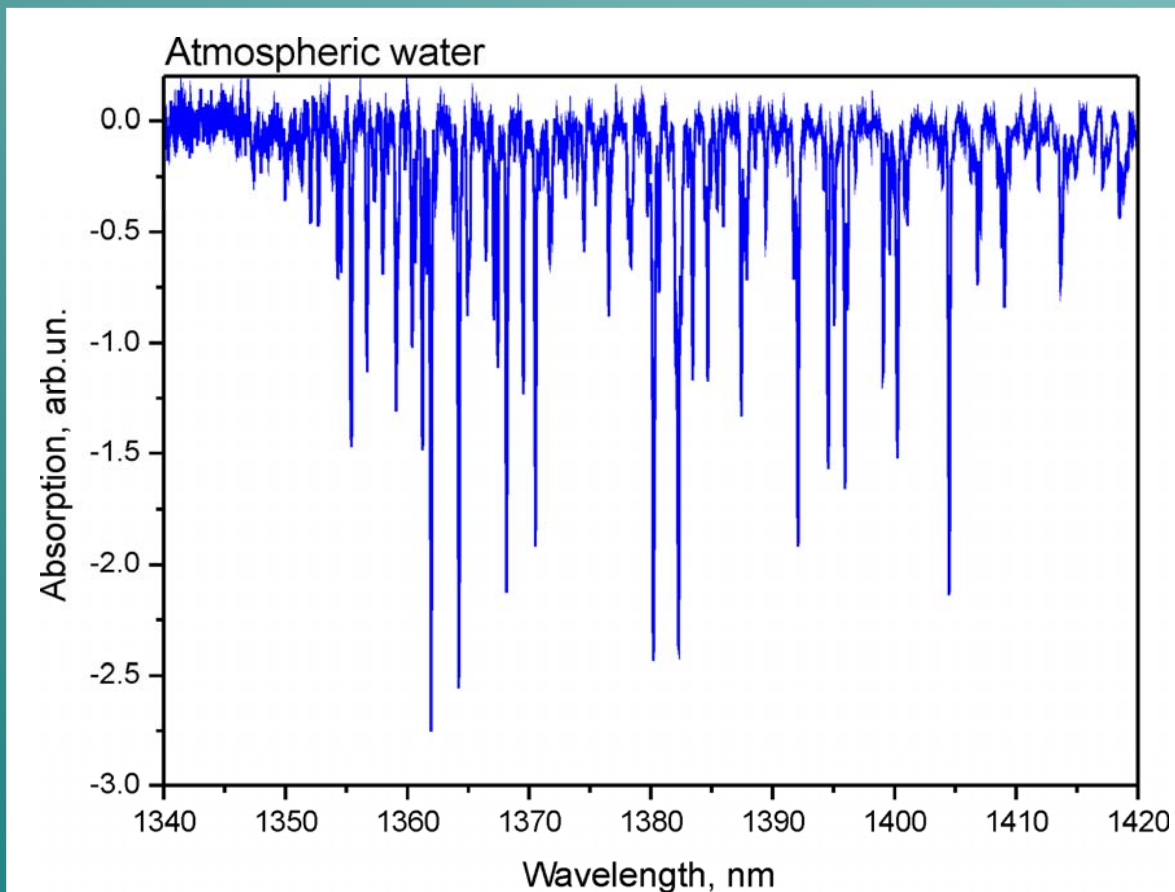
Время измерения: $t_m \sim 15$ сек



Фотоиндуцированное поглощение



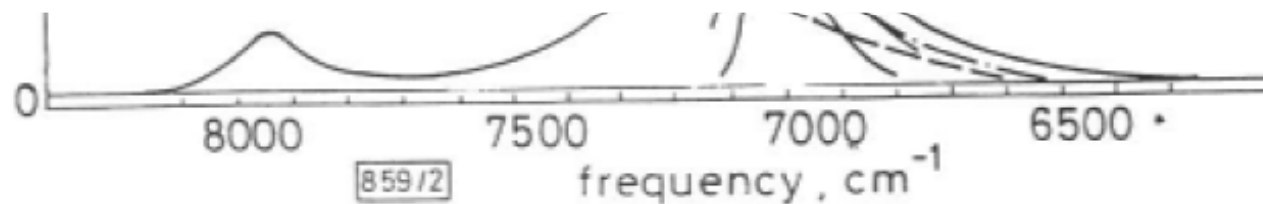
Поглощение SiOH, GeOH, H₂O



50 1.55

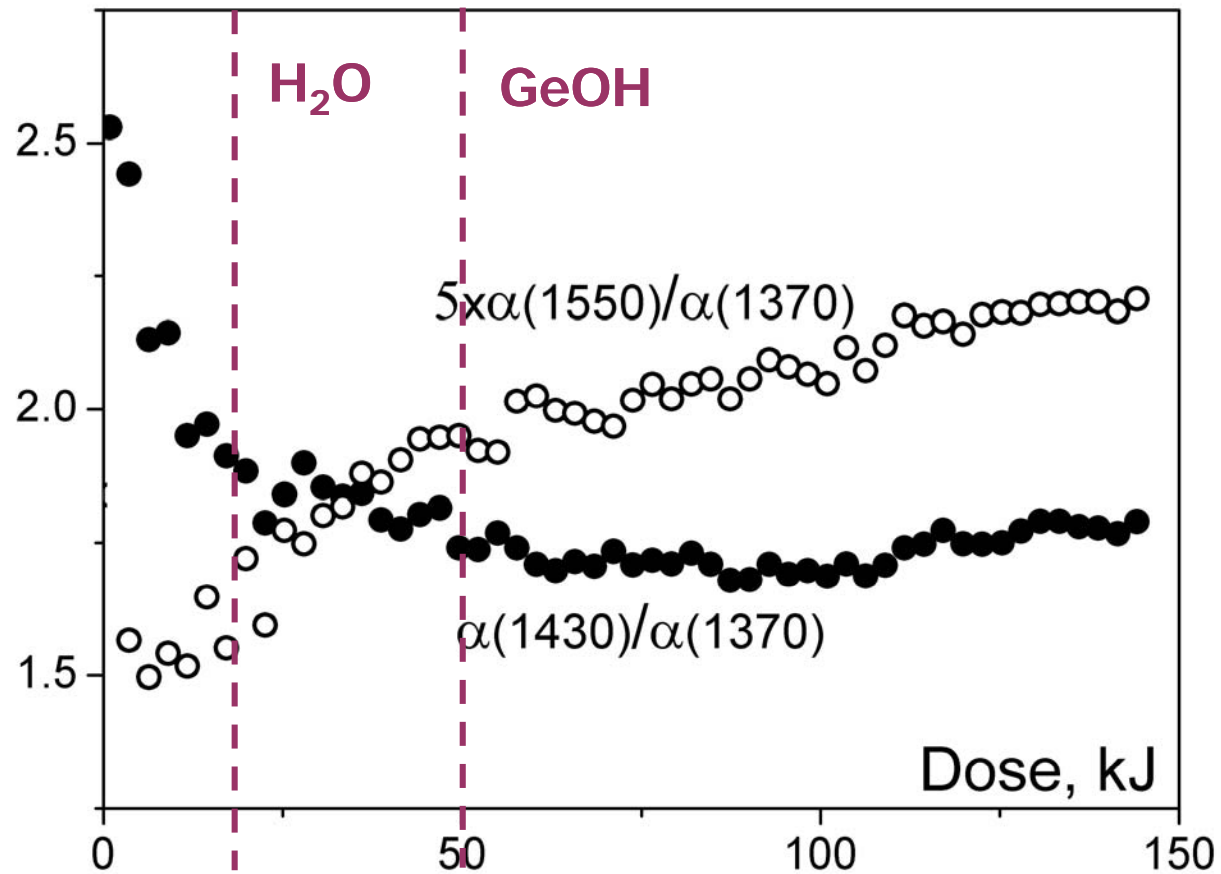
GeO₂ (19 mol% GeO₂)
GeO₂ (7 mol% GeO₂)

radicals absorption
to GeO₂

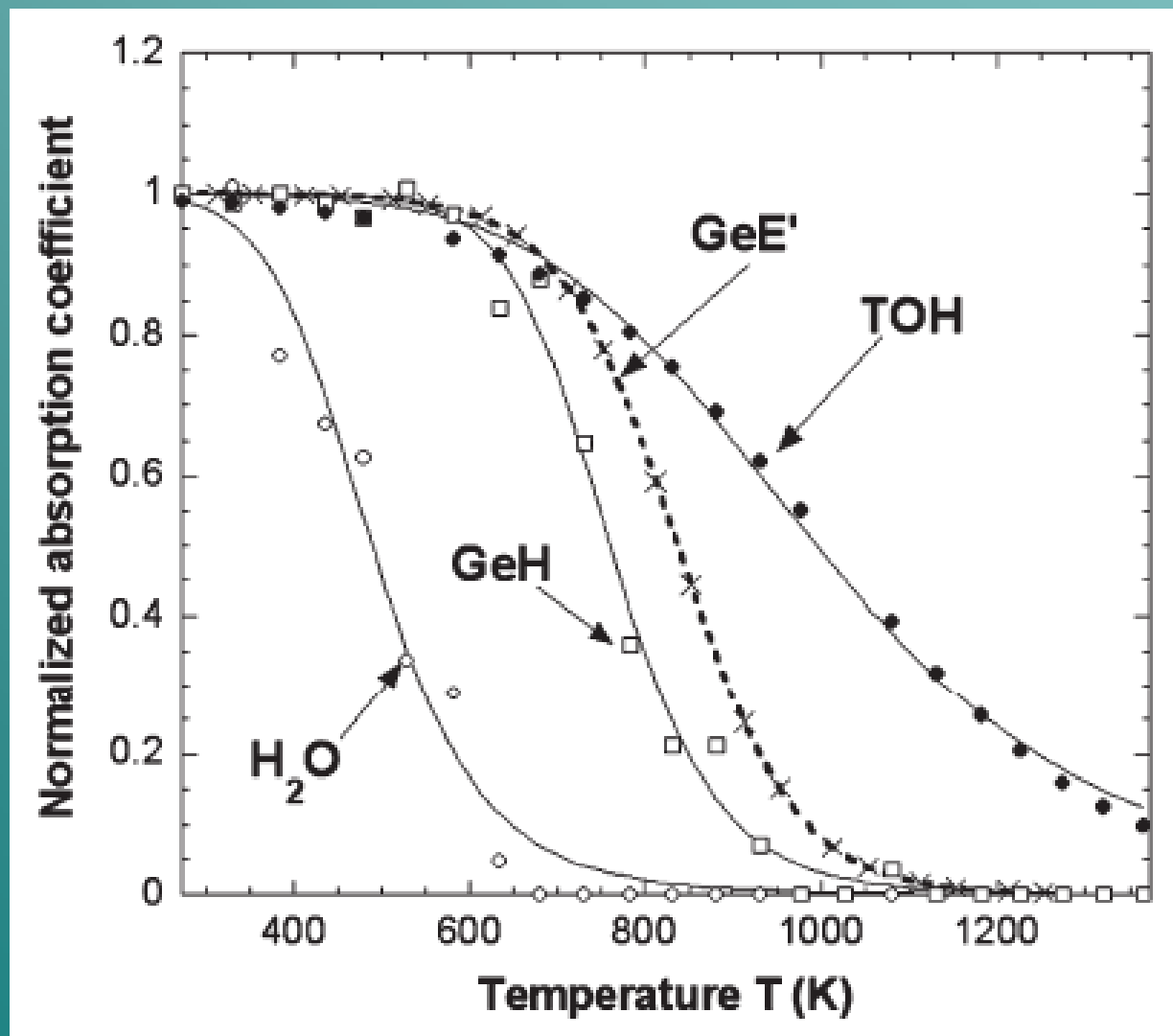


Belov A.V. et al. Electronics Letters, 18, 836, 1982

Фотоиндуцированное поглощение

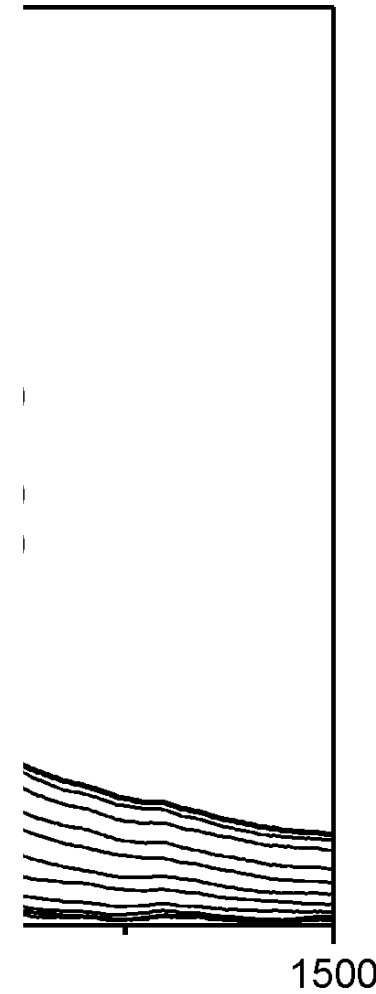
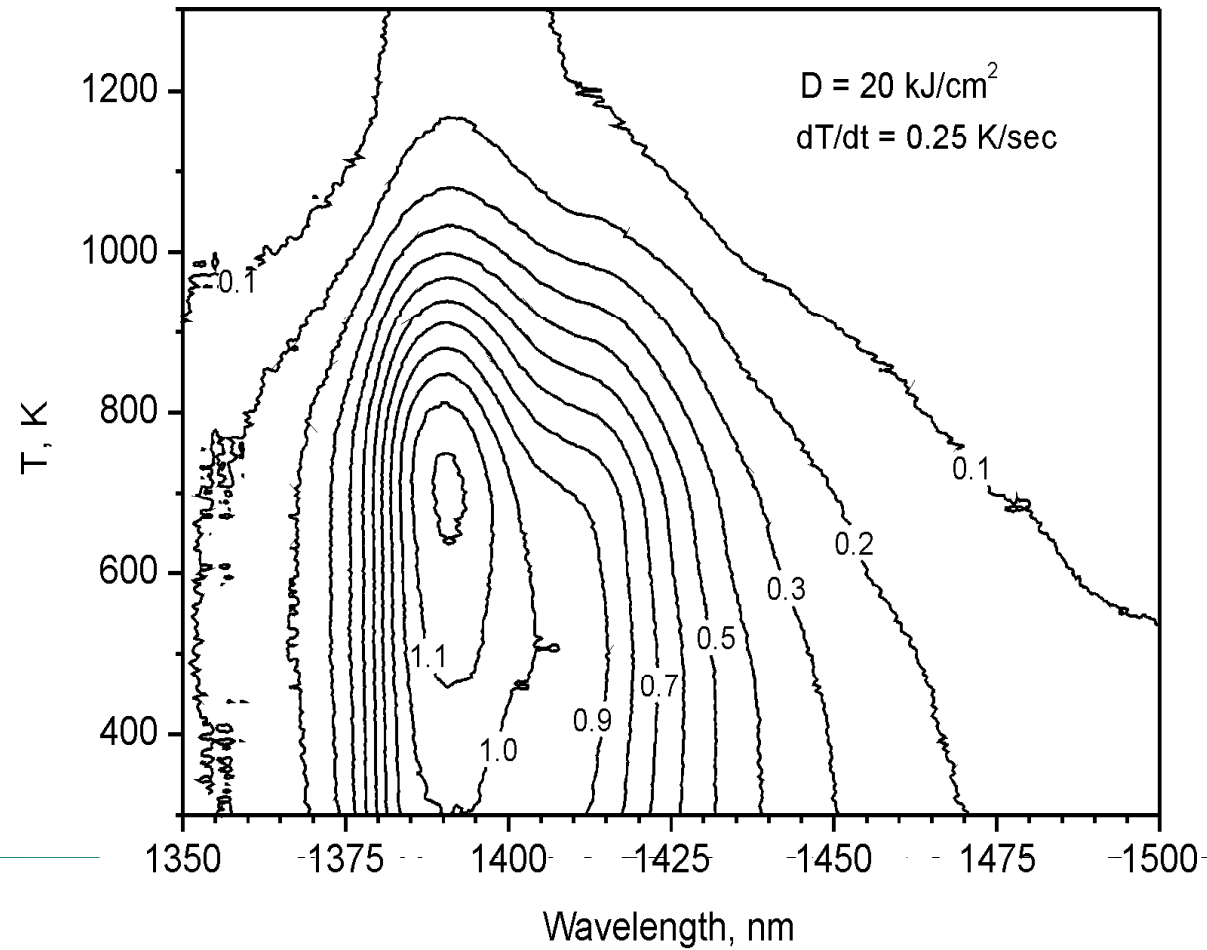


Термостойкость водородных групп



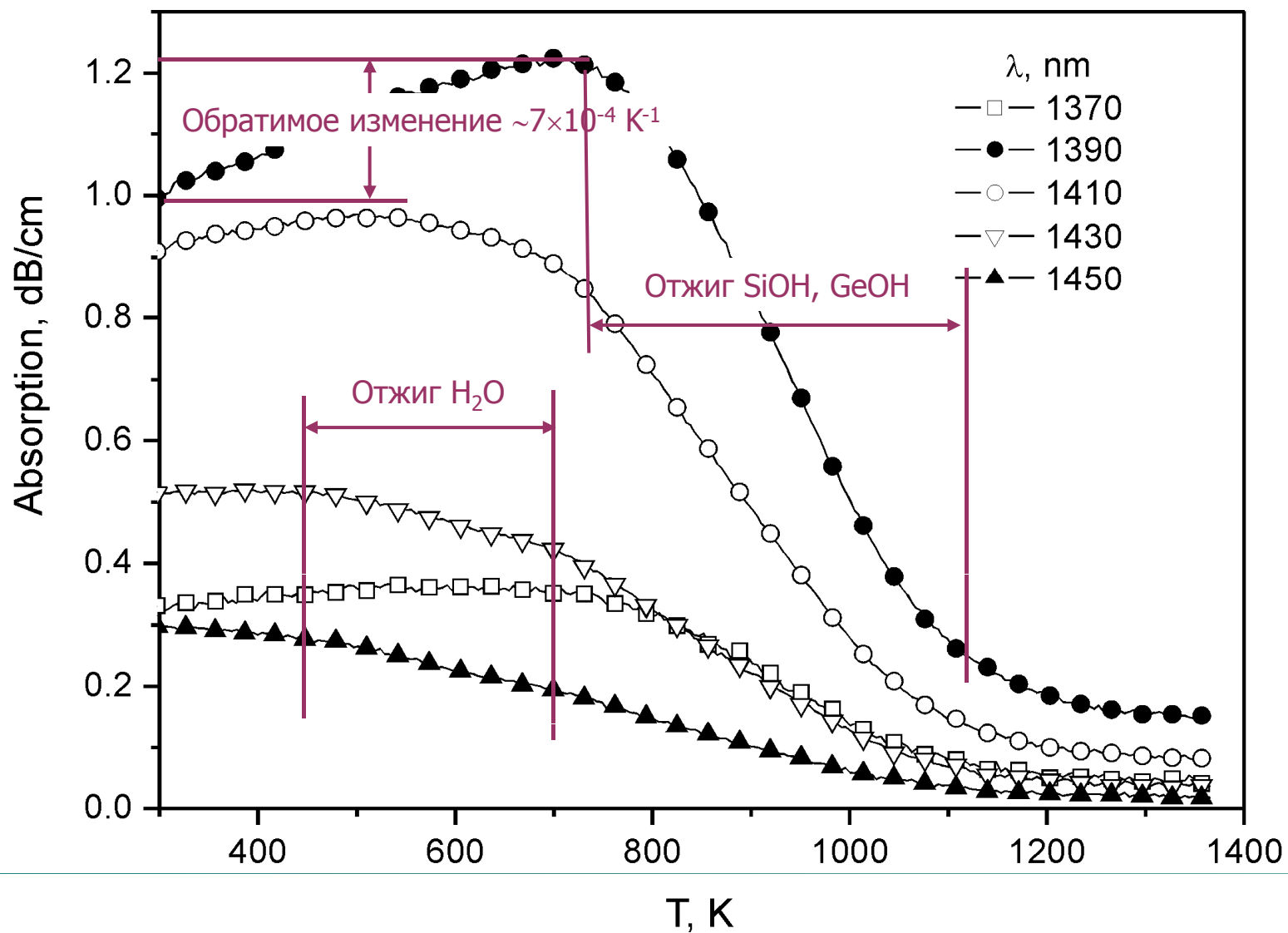
Lancry, et al. J. LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 24, 1376, 2006

Отжиг фотоиндуцированного поглощения

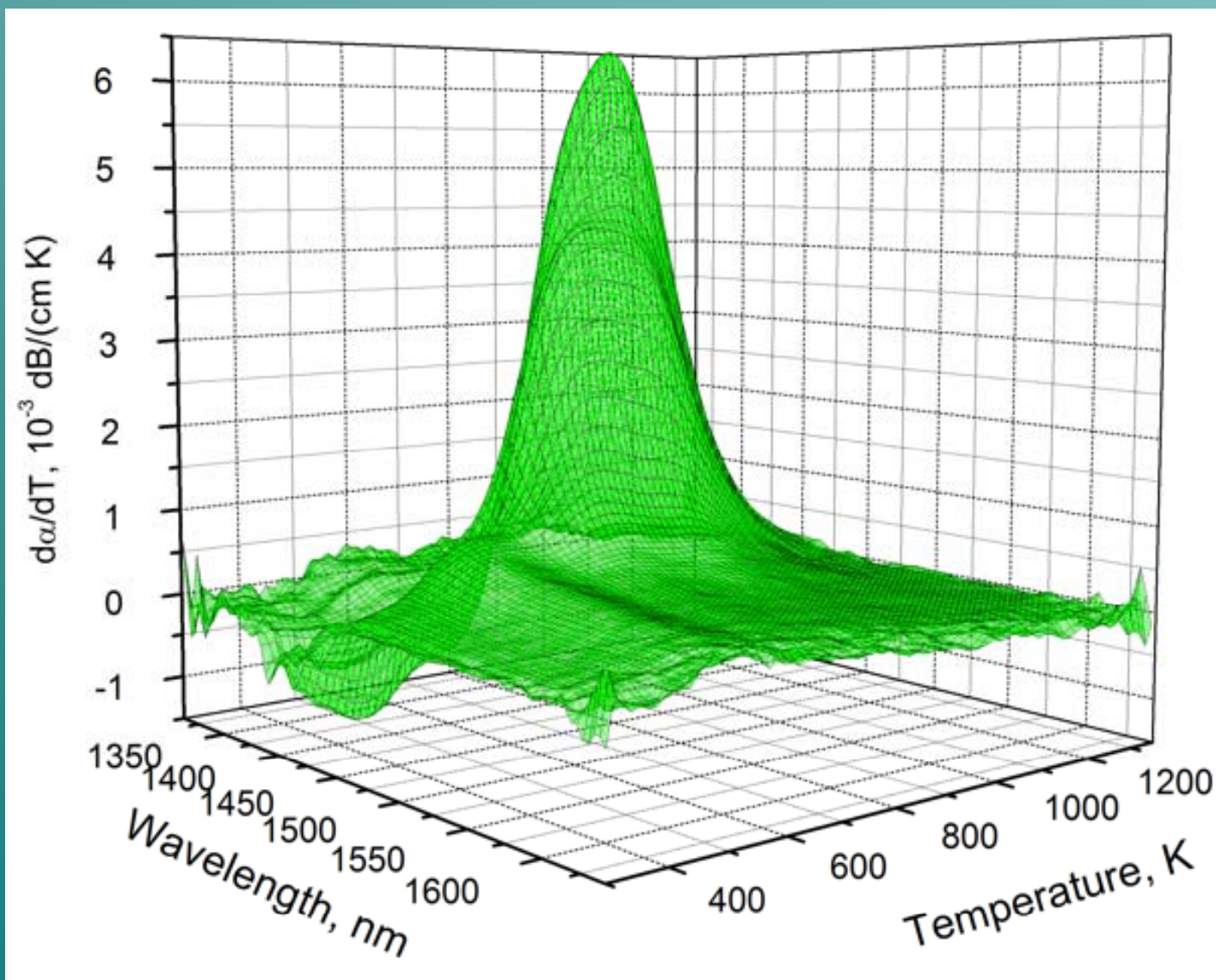


Wavelength, nm

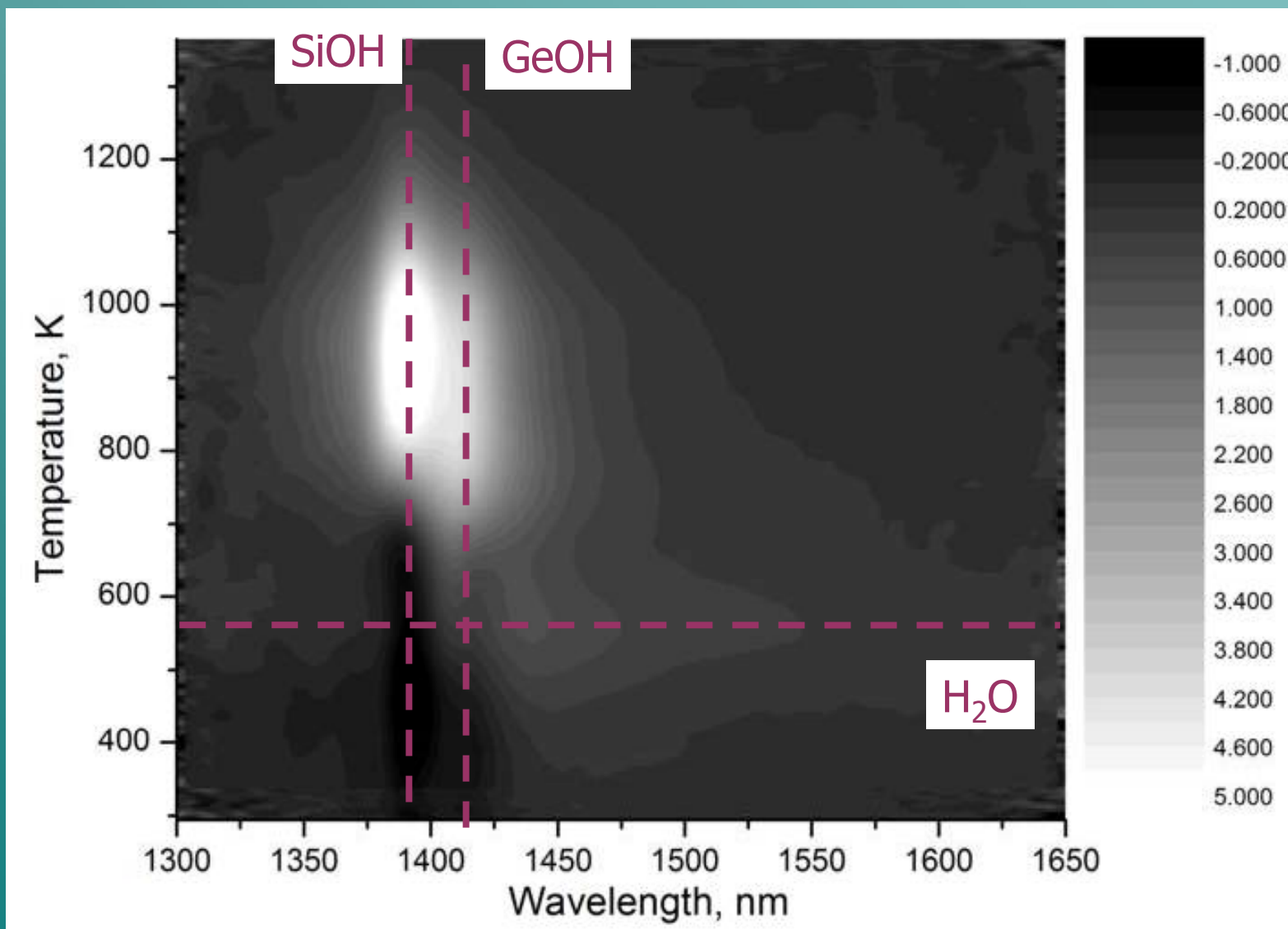
Отжиг фотоиндуцированного поглощения



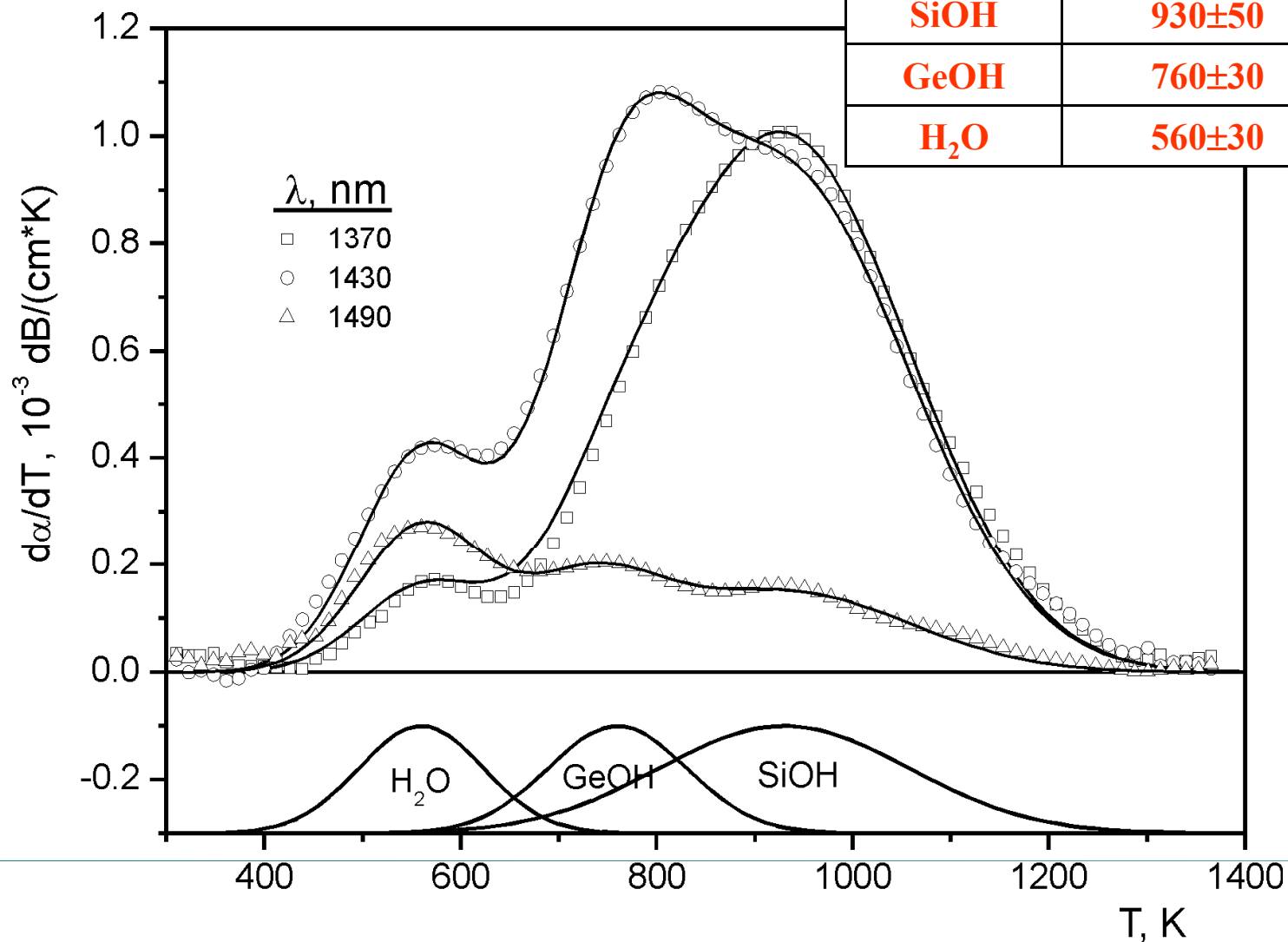
Температурные производные



Температурные производные

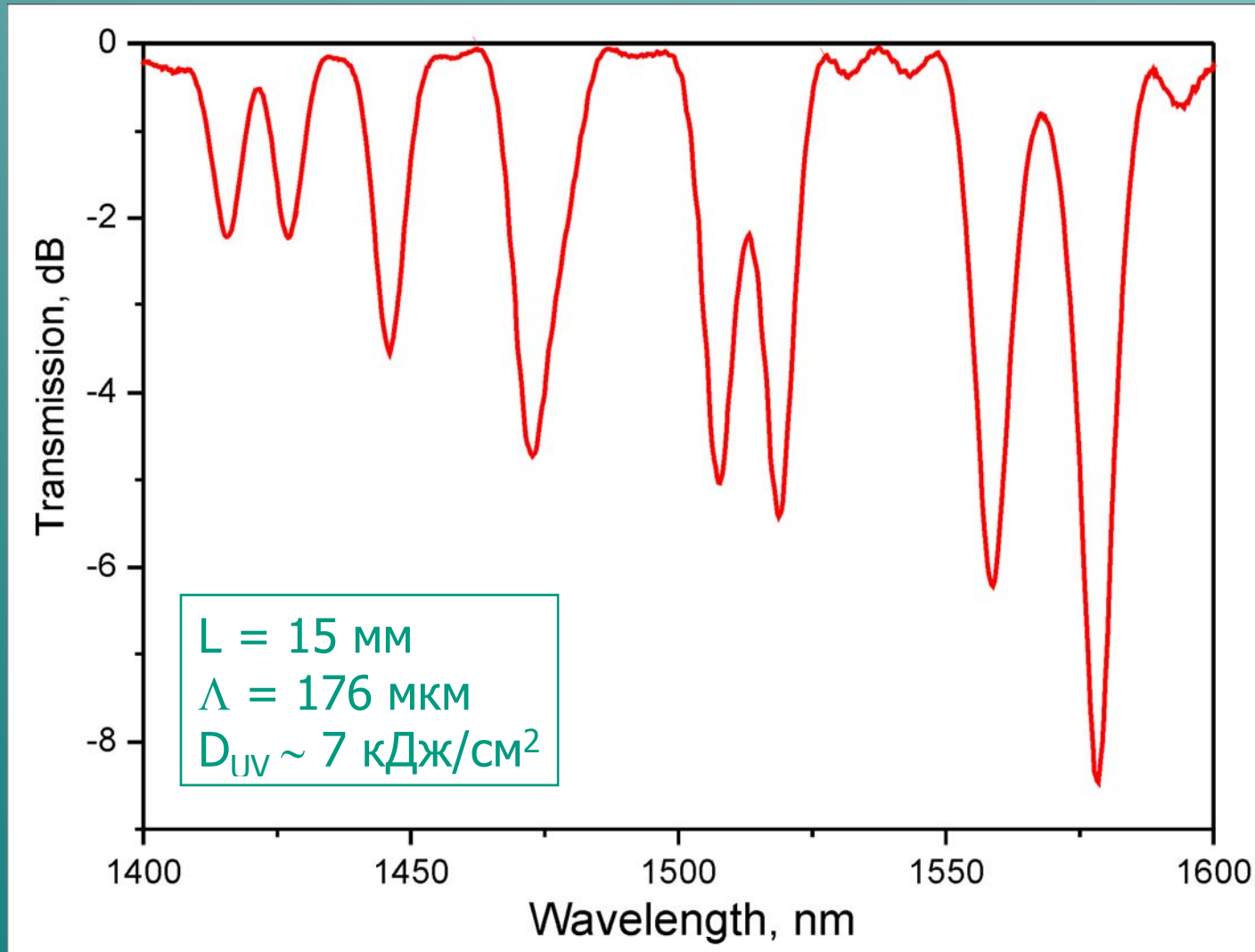


Температурные производные

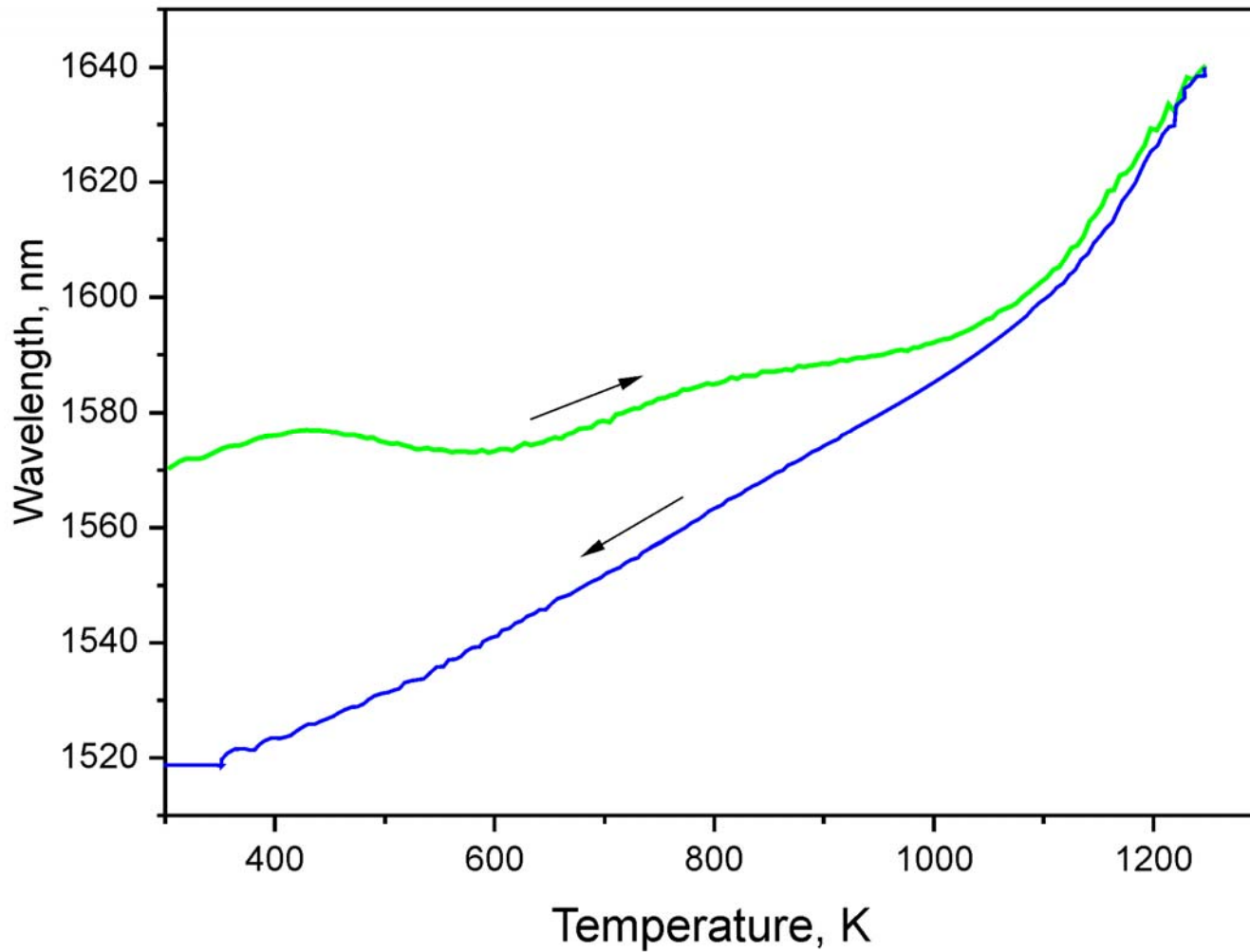


Полоса	T center, K	FWHM, K
SiOH	930±50	300±30
GeOH	760±30	150±30
H₂O	560±30	170±30

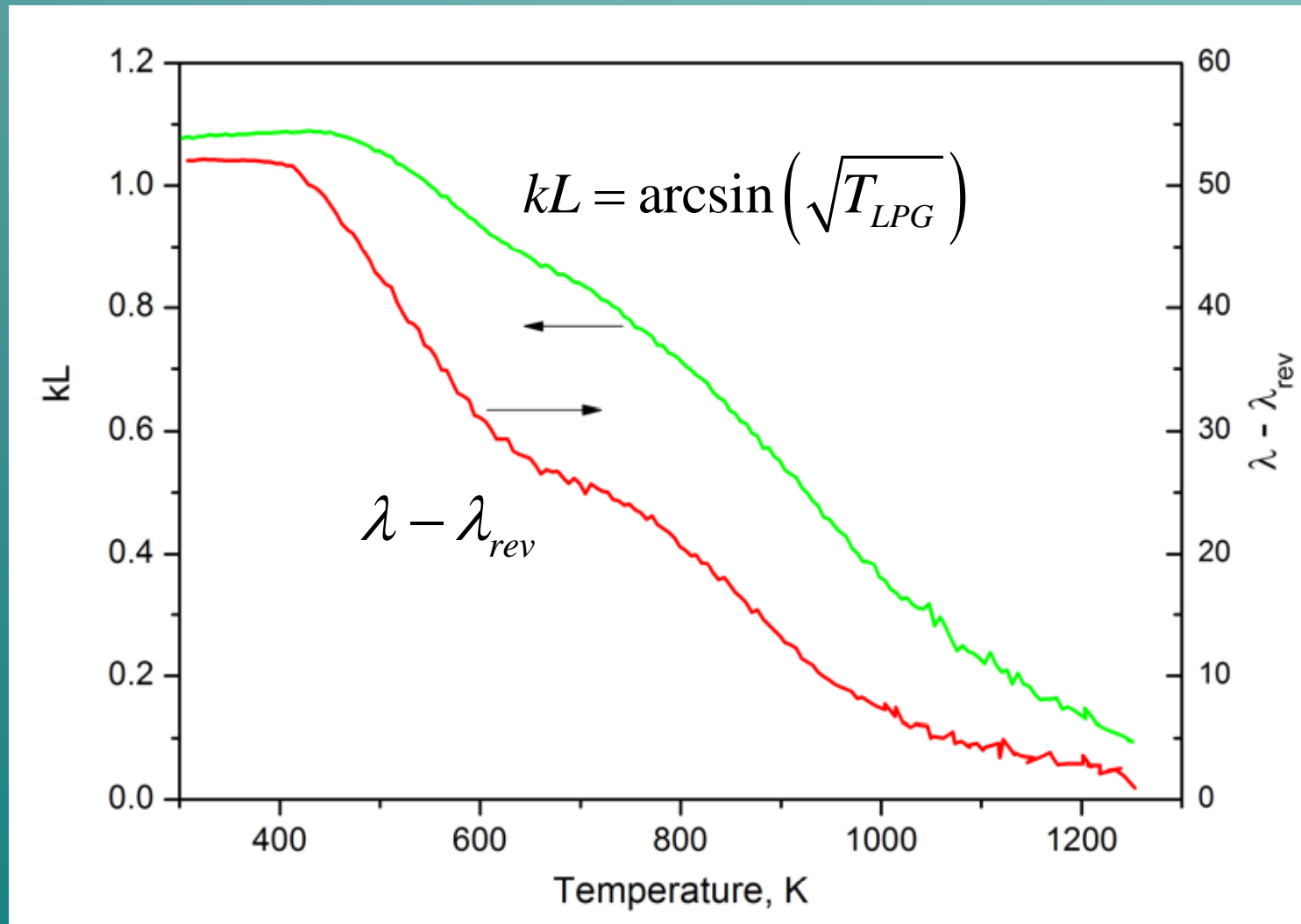
Отжиг ДПВР



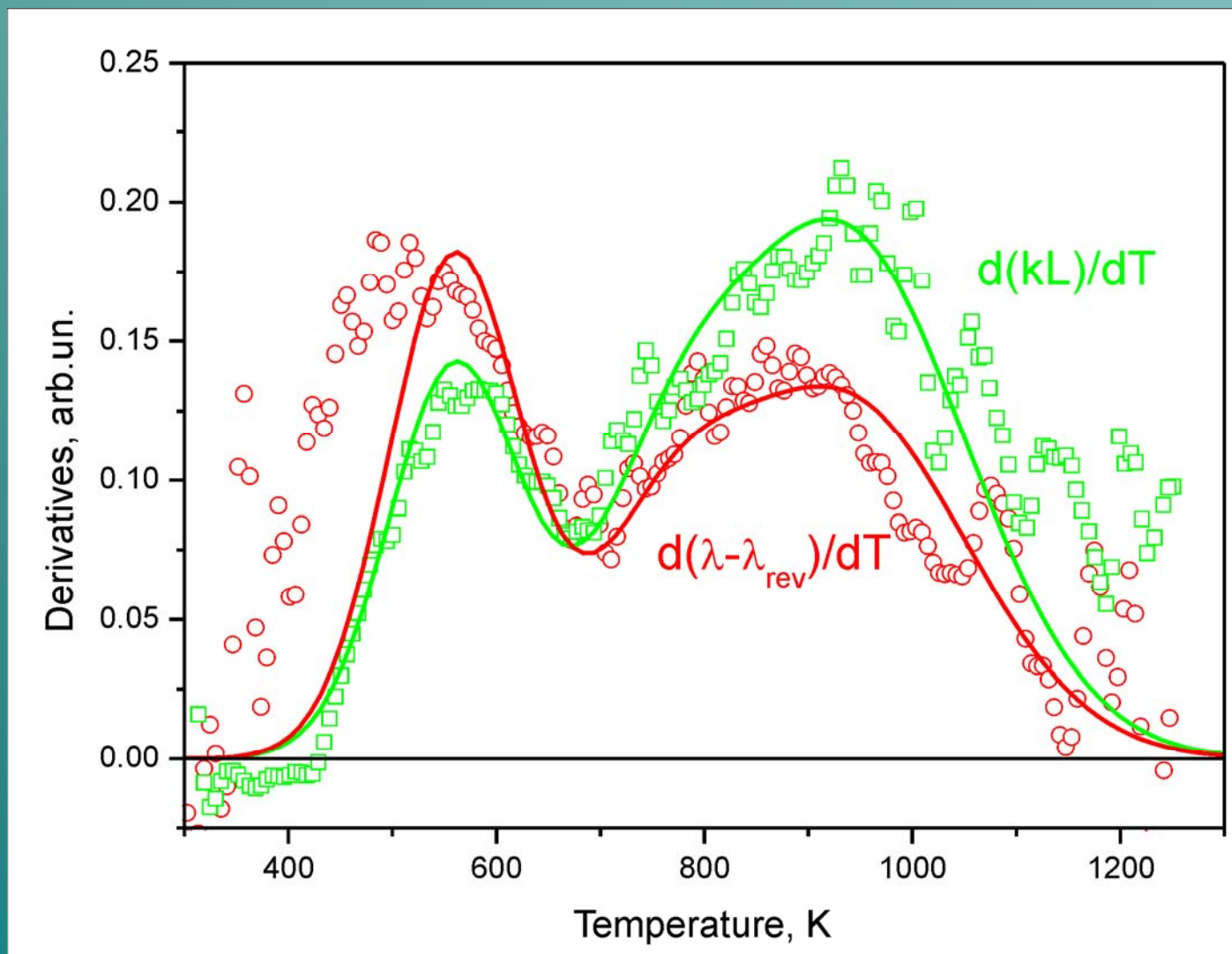
Отжиг ДПВР



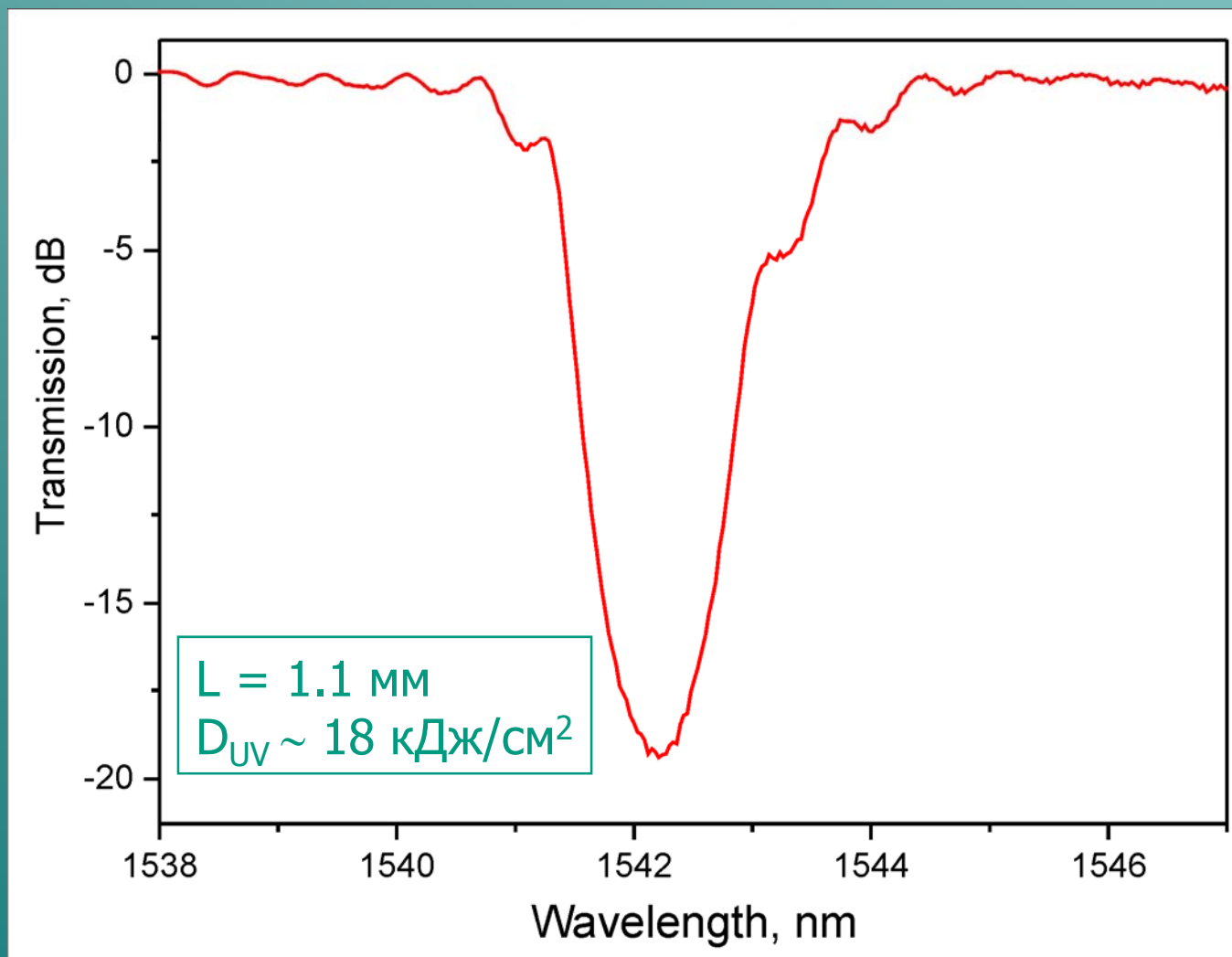
Отжиг ДПВР



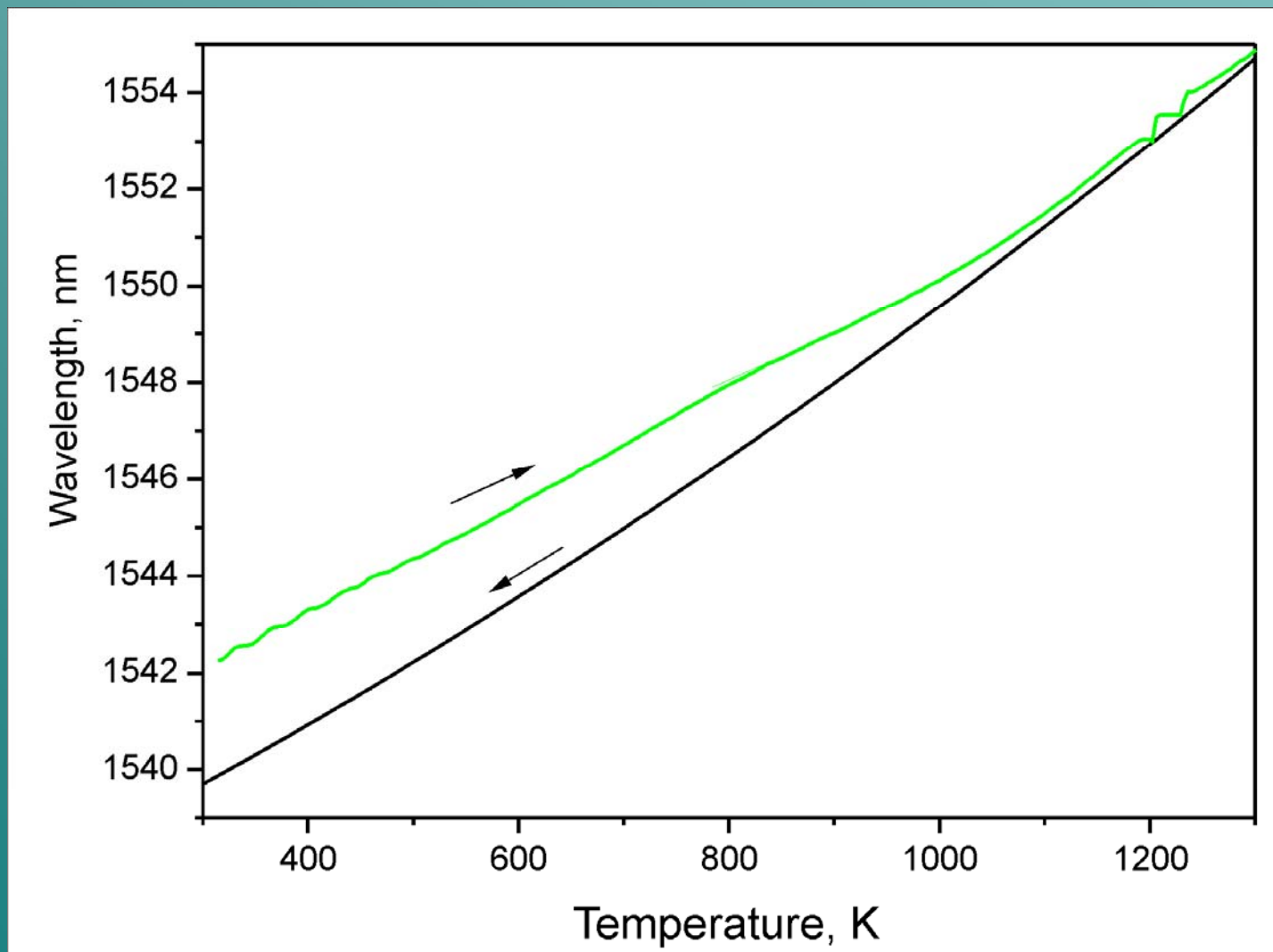
Отжиг ДПВР (производные)



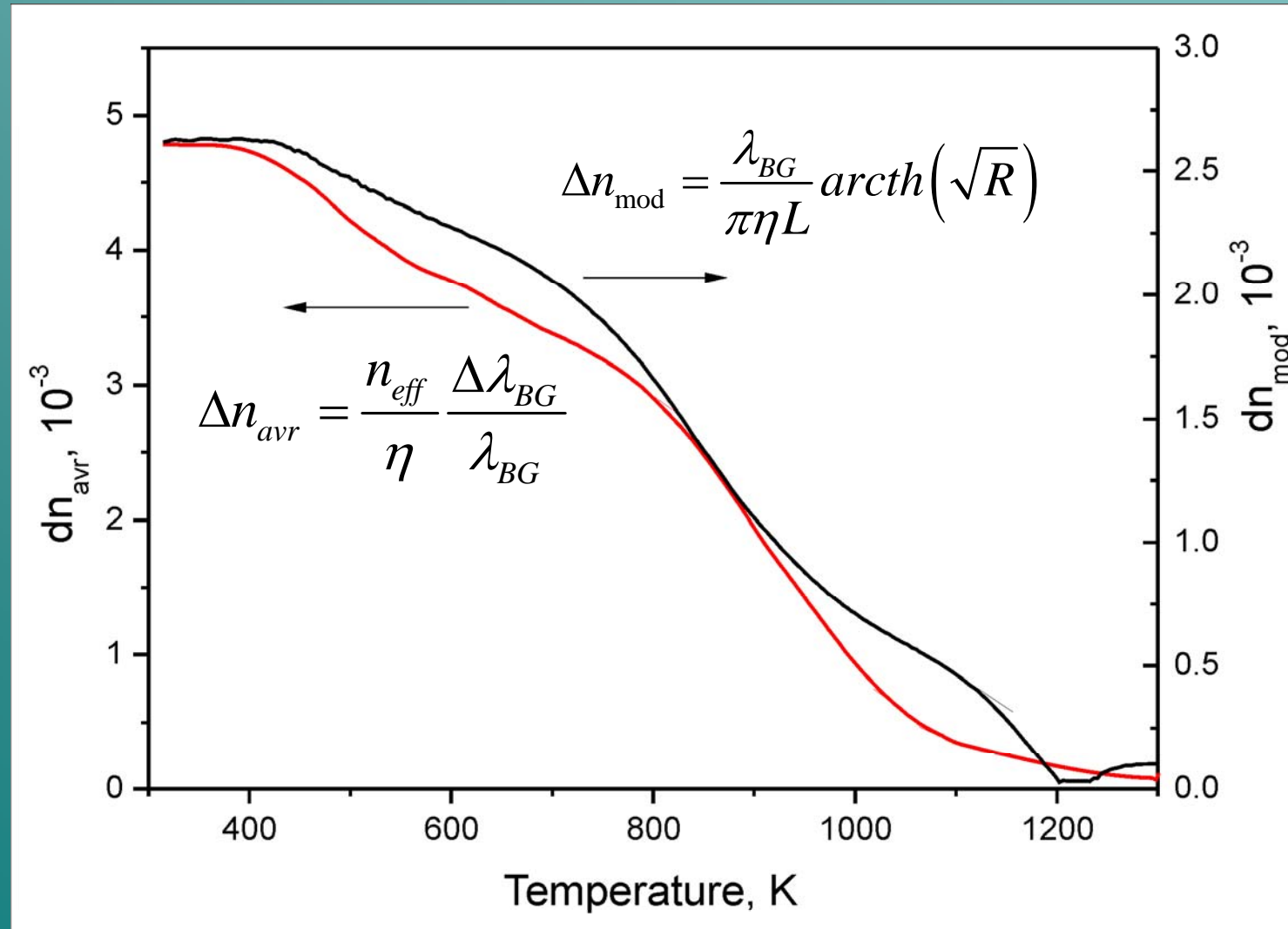
Отжиг ВБР



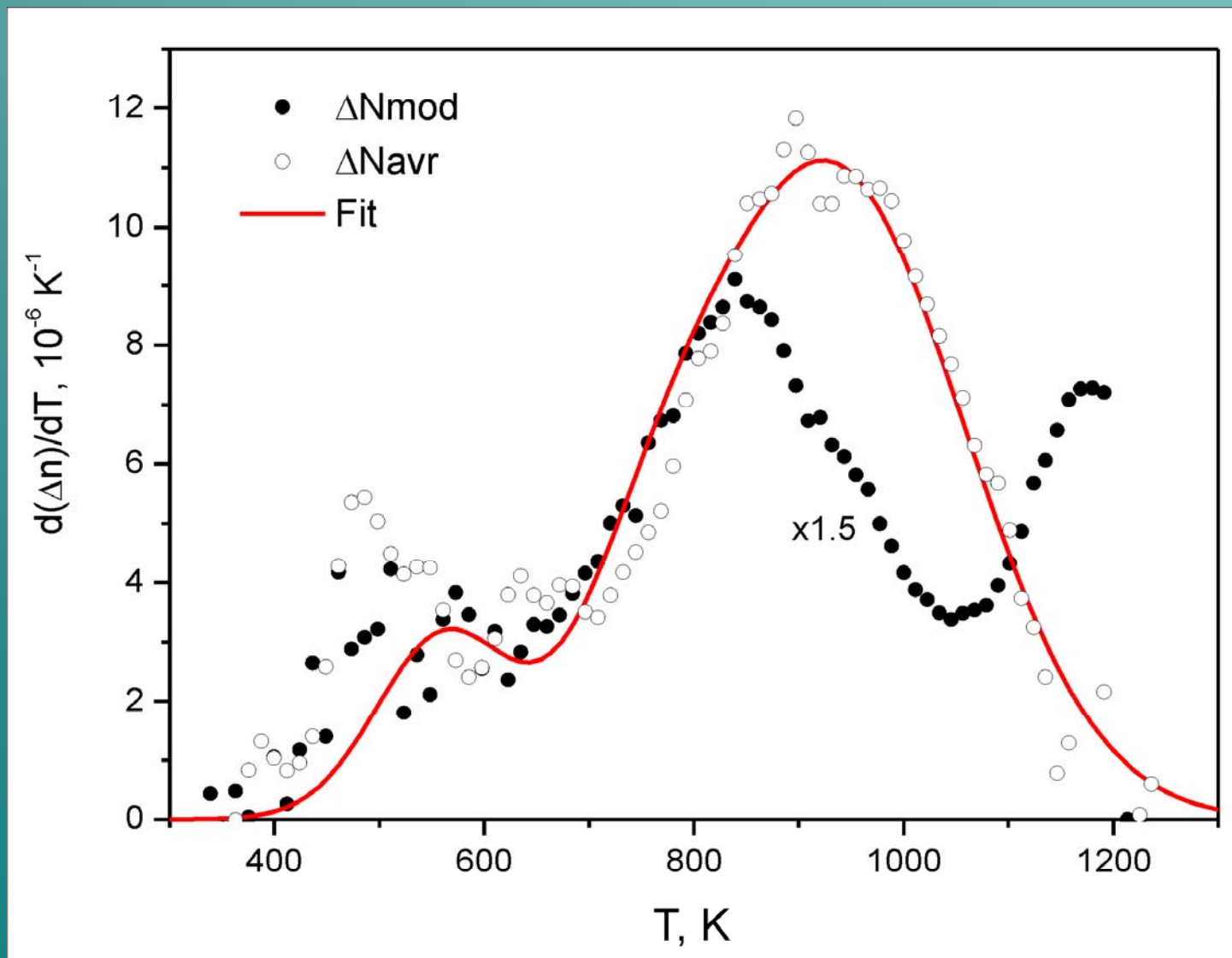
Отжиг ВБР



Отжиг ВБР



Отжиг ВБР (производные)



Выводы

1. При линейном отжиге ($dT/dt=0.25$ К/сек) фотоиндуцированного поглощения в германосиликатном световоде определены параметры полос отжига водородных групп:
H₂O - 560 ± 30 К (170 ± 30 К)
GeOH - 760 ± 30 К (150 ± 30 К)
SiOH - 930 ± 50 К (300 ± 30 К)
2. Показано, что полосы отжига наведенного УФ-излучением ПП (амплитуда модуляции и среднее значение) как в брэгговских, так и в длиннопериодных решетках, хорошо согласуются с указанными полосами (за исключением отжига dn_{mod} ВБР).
3. Полученные результаты свидетельствуют о том, что основной причиной изменения ПП в германосиликатном стекле является образование H₂O, GeOH и SiOH.
4. Эта модель позволяет объяснить широкое разнообразие экспериментальных зависимостей, наблюдающихся при записи и отжиге решеток показателя преломления.