

РАСЧЕТ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ GE-SB-TE ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИСПЕРСИОННОЙ МОДЕЛИ ТАУЦА–ЛОРЕНТЦА

Рамиль Миннуллин^{1,2,*}, Дмитрий Королев^{1,3}, Александр Сапегин^{1,2}, Михаил Барабаненков^{1,4}

¹АО «НИИМЭ», ²МФТИ (НИУ), ³ННГУ им. Н.И.Лобачевского, ⁴ИПТМ РАН, **rminnullin@niime.ru*

Одной из важных задач нанофотоники является разработка оптической энергонезависимой памяти^[1] на основе материалов с изменяемой фазой, способных быстро и обратимо менять свои оптические параметры в результате относительно небольших внешних воздействий. Весьма перспективными для этой задачи являются материалы на основе халькогенидного соединения Ge-Sb-Te (GST), обладающие значительным контрастом оптических характеристик в аморфном и кристаллическом состоянии. Для применения этого материала в качестве активного элемента ячейки оптической памяти – дифракционной решетки, помещенной на волновод структуры кремний-на-изоляторе, – необходим учет его дисперсионных свойств в различных фазовых состояниях. В настоящей работе будут рассмотрены спектры отражения для дифракционной решетки из GST в аморфной и кристаллической фазе, рассчитанные с применением дисперсионной модели Тауца–Лорентца.

Модель дисперсии GST^[2]

Осциллятор Тауца–Лорентца:

$$\varepsilon_{TL}''(E) = \frac{(E - E_g^{opt})^2}{E^2} \cdot \frac{ACE_0E}{(E^2 - E_0^2)^2 + C^2E^2}$$

Гауссов осциллятор:

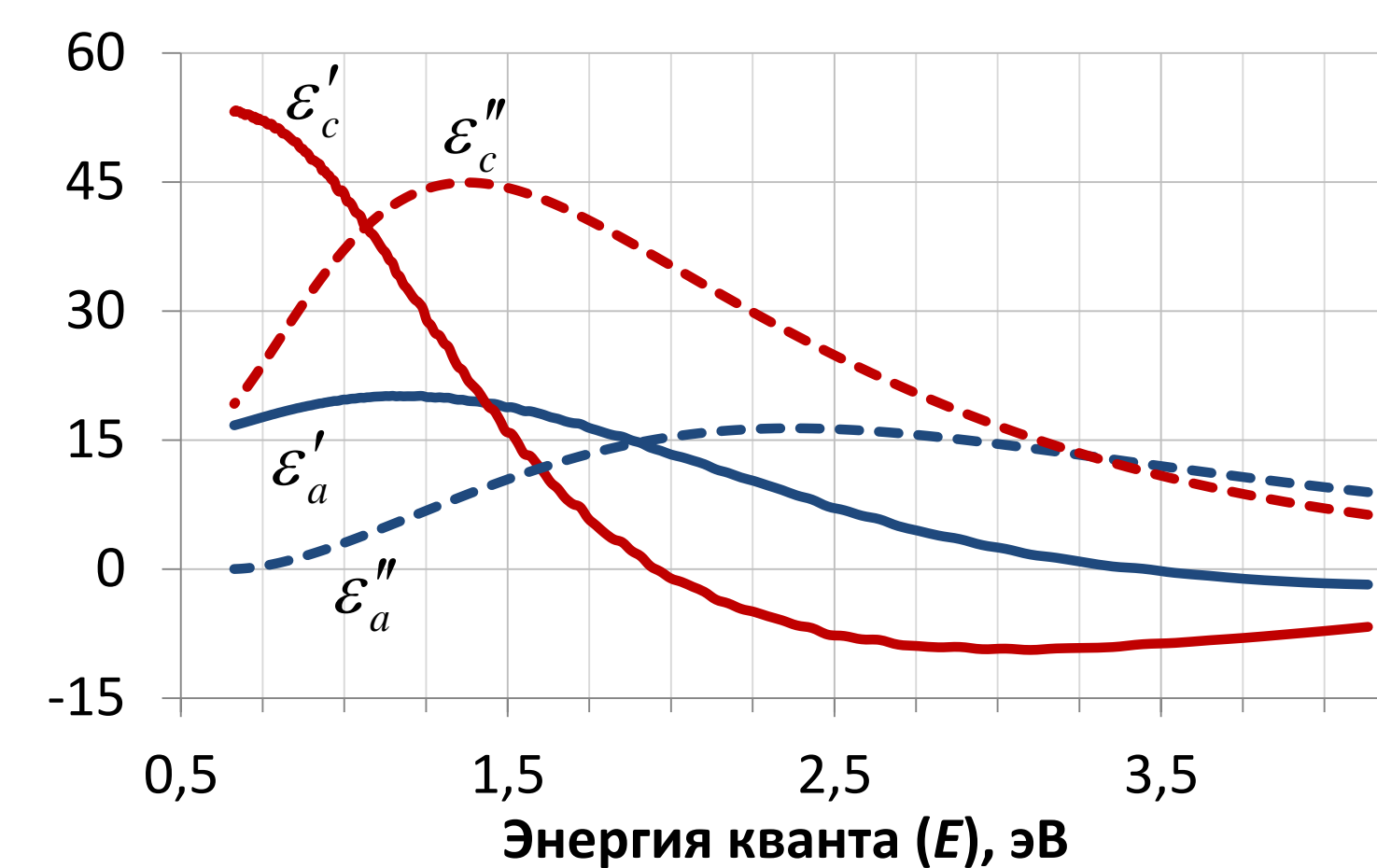
$$\varepsilon_{G_{osc}}''(E) = \frac{A_G}{C_G} e^{-\left(\frac{E-E_G}{C_G}\right)^2} + \frac{A_G}{C_G} e^{-\left(\frac{E+E_G}{C_G}\right)^2}$$

Мнимая и действительная части диэл. проницаемости GST в аморфной (a) и кристаллической (c) фазах:

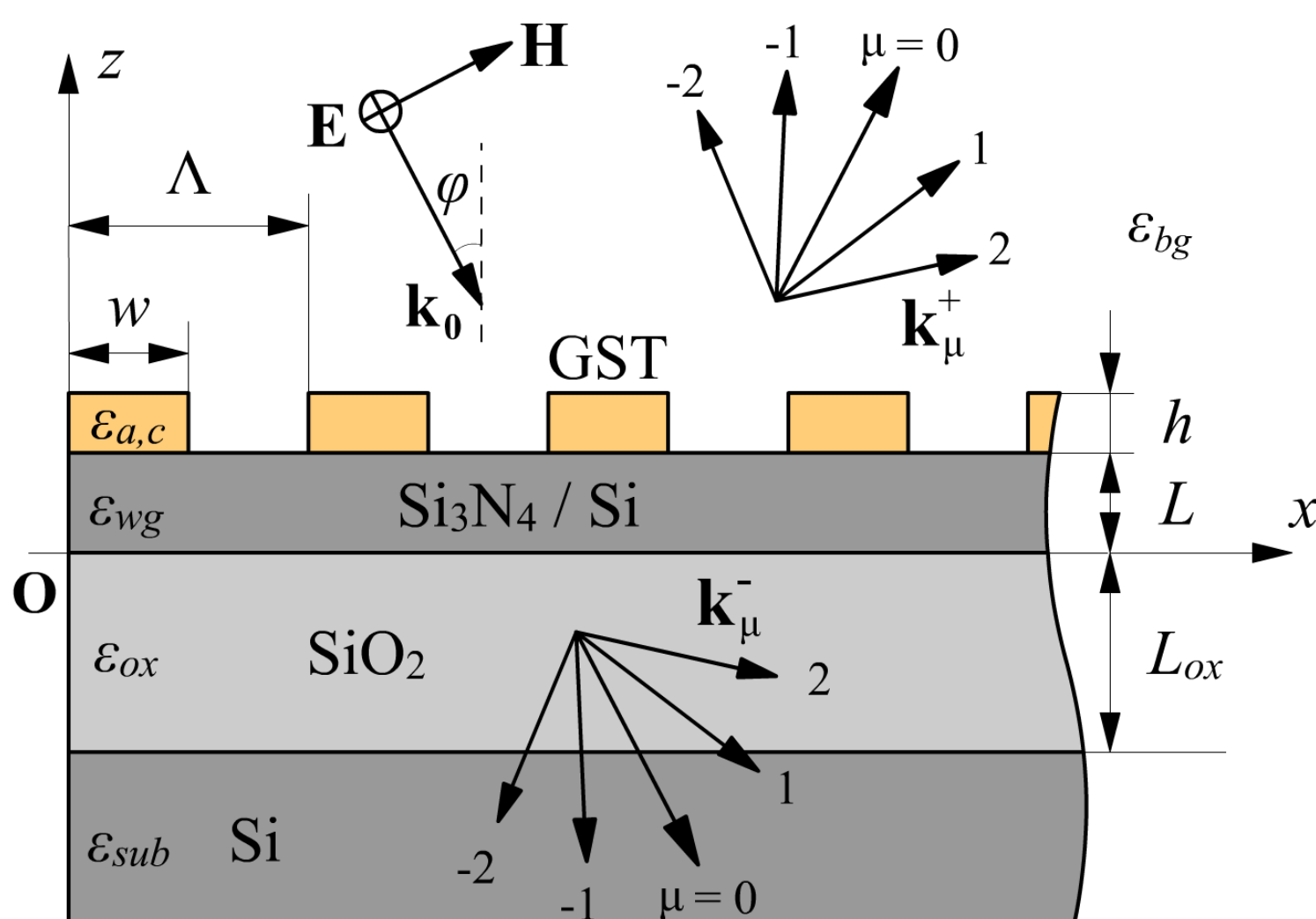
$$\varepsilon_a''(E) = \varepsilon_{TL}''(E; A, C, E_0, E_g^{opt})$$

$$\varepsilon_c''(E) = \varepsilon_{TL}''(E; A, C, E_0, E_g^{opt}) + \varepsilon_{G_{osc}}''(E; A_G, C_G, E_G)$$

$$\varepsilon'_{a,c}(E) = \varepsilon'_{a,c}(\infty) + \frac{2}{\pi} v.p. \int_{E_g^{opt}}^{\infty} \frac{\xi \varepsilon''_{a,c}(\xi)}{\xi^2 - E^2} d\xi$$



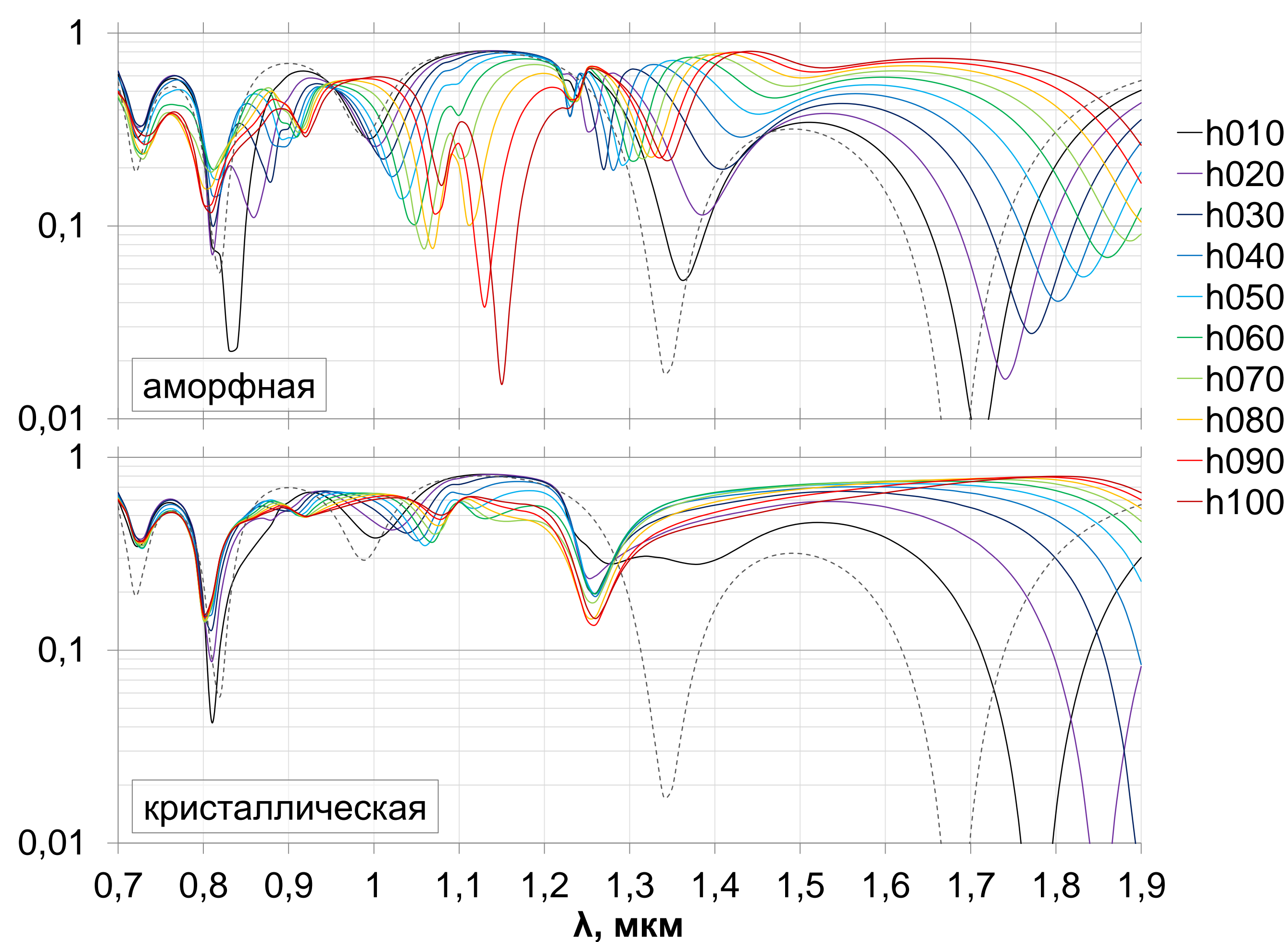
Спектры отражения



Расчет спектров отражения производился с помощью метода матричного уравнения Риккати^[3] для структуры, представляющей собой дифракционную решетку из GST, нанесенную на КНИ волновод (рис. слева).

h	10–100 нм	Λ	0.8 мкм
L	220 нм	w	0.4 мкм
L_{ox}	1 мкм	φ	0 рад

В работе проведен теоретический расчет спектров отражения в ближнем ИК диапазоне для дифракционных решеток из GST на КНИ волноводе с учетом дисперсии материалов. Полученные спектры будут использованы в дальнейшем для определения оптимальных параметров дифракционных решеток (период, высота, фактор заполнения) для обеспечения наибольшей эффективности оптической ячейки памяти, в частности, с точки зрения уменьшения энергетических затрат на переключение.



Расчитанные спектры отражения. Пунктирная линия представляет спектр отражения КНИ волновода в отсутствие дифракционной решетки.

Литература

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-03040.

- Ríos C. et al., Integrated all-photonics non-volatile multi-level memory // Nature Photonics, 2015, 9, 725–732
- Orava J. et al., Optical properties and phase change transition in Ge₂Sb₂Te₅ flash evaporated thin films studied by temperature dependent spectroscopic ellipsometry // Journal of Applied Physics, 2008, 104, 4, 043523
- Barabanenkov Yu.N., Barabanenkov M.Yu., Energy invariants of composition rules for scattering and transfer matrices of propagating and evanescent electromagnetic waves in dielectric structures // PIRS, 2006, 2, 10–12