

VIII УКРАЇНЬСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ З ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ УНКФН-8

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ



Національна академія наук України
Міністерство освіти та науки України
Наукова рада з проблеми «Фізика напівпровідників
і діелектриків» при Відділенні фізики і астрономії
Національної академії наук України
Українське фізичне товариство
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
Ужгородський національний університет
Інститут електронної фізики НАН України

*Конференція присвячена 100-річчю
Національної академії наук України*

**VIII УКРАЇНСЬКА НАУКОВА
КОНФЕРЕНЦІЯ З ФІЗИКИ
НАПІВПРОВІДНИКІВ
УНКФН-8**

**VIII UKRAINIAN SCIENTIFIC
CONFERENCE ON PHYSICS
OF SEMICONDUCTORS
(USCPS-8)**

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
ABSTRACTS**

Ужгород, Україна
2 - 4 жовтня 2018

Uzhhorod, Ukraine
October 2-4, 2018

УДК 537.311.322(063)

ББК 22.379я431

П 26

8-ма Українська наукова конференція з фізики напівпровідників. Матеріали конференції. – Ужгород: Видавець ТОВ "Рік-У", 2018. – 554 с.

Дана збірка містить тези доповідей 8-ї Української наукової конференції з фізики напівпровідників (УНКФН-8) за участі зарубіжних науковців. Матеріали відображають зміст доповідей конференції, у яких викладені нові результати, стан і перспективи досліджень в області фізики напівпровідників за основними напрямками: нові фізичні явища в об'ємі та на поверхні напівпровідників, фізичні явища у низькорозмірних структурах, фізика напівпровідникових приладів, проблемні питання мікро- та наноелектроніки, сучасні фізико-технічні аспекти напівпровідникової сенсорики та оптоелектроніки, надвисокочастотна та терагерцова електроніка, матеріалознавство, технології та діагностика напівпровідникових матеріалів.

У збірці надруковані тези пленарних, запрошених, усних та стендових секційних доповідей. Більша частина відповідних повних доповідей за рекомендацією програмного комітету і редакційної колегії конференції буде опублікована в тематичних випусках наукових журналів: "Український фізичний журнал", "Журнал фізичних досліджень", "Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics", "Функціональні матеріали", "Технология и конструирование в электронной аппаратуре", "Фотоелектроніка", "Сенсорна електроніка і мікросистемні технології".

Видання тез доповідей здійснено з авторських оригіналів, підготовлених до друку Програмним комітетом і редакційною колегією конференції.

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України (протокол № 8 від 5 вересня 2018 р.).

ББК 22.379я431

УДК 537.311.322(063)

Редакційна колегія:

Головний редактор О.Є. Беляєв

Члени редколегії:

В.О. Кочелап

В.Г. Литовченко

О.В. Стронський

С.М. Левицький

В.І. Смоланка

В.М. Міца

ISBN 978-617-7692-02-6

© Видавництво ТОВ "Рік-У"
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
Ужгородський національний університет, 2018

Laser assisted reversible structural modification of chalcogenide nanolayers

R. Holomb^{1,4}, O. Kondrat¹, V. Mitsa¹, D. Olashyn¹, N. Tsud², M. Vondráček³,
K. Veltruská², V. Matolín², M. Veres⁴, L. Himics⁴, I. Rigo⁴, A. Czitrovsky⁴, K.C. Prince⁵

¹ *Uzhhorod National University, Pidhirna Str., 46, 88000 Uzhhorod, Ukraine*

E-mail: holomb@gmail.com

² *Charles University, Department of Surface and Plasma Science, 18000 Prague 8, Czech Republic*

³ *Institute of Physics, Academy of Science of the Czech Republic, Na Slovance 2, CZ-182 21 Prague 8, Czech Republic*

⁴ *Wigner Research Centre for Physics, Hungarian Academy of Sciences, 1121 Budapest, Hungary*

⁵ *Sincrotrone Trieste S.C.p.A., 34149 Basovizza, Trieste, Italy*

Non-crystalline chalcogenides revealed their remarkable structural, electronic, optical properties and large functionality, and has attracted significant attention, representing an important scientific and technological challenge. In addition to their intrinsic infrared properties, they offer wide possibilities in domains such as information technologies (optical data storage, ultrafast optical transmission and information processing), photolithography, renewable energy technologies, medicine, thermal imaging, sensing and biosensing *etc.* thanks to the advantageous combination of infrared properties, optical activity, structural photosensitivity and high third-order optical non-linearity. The local structural changes and possibility of selective modifications of the material properties can lead to great advances in modern photonics, nanophotonics and nanofabrication technology. During the last few years vast effort was focused on investigation of ultrathin chalcogenide films and surface nanolayers in the context of surface states, surface morphology, atomic structure, photo-transformations, induced mass transport, temporal degradation *etc.*

We report the results of *in-situ* investigation of light induced transformations occurring in As-S chalcogenide nanolayers by means of synchrotron radiation photoelectron spectroscopy. The surface enhanced Raman spectroscopy were also used in order to elucidate the origin of reversible laser assisted structural modification. To facilitate interpretation of the experimental spectra the density functional theory (DFT) molecular orbital (MO) energy and Raman spectra calculations of different As- and S-centered structural units (*s.u.*) and As₄S_x(x=3-5) molecules were performed. The amorphous As_xS_{100-x} (x=40,45,50) nanolayers (thickness ~10 nm) were prepared *in-situ* by thermal evaporation of corresponding glasses onto pre-cleaned crystalline Si (111) substrates. Thermal annealing was performed at temperature of ~382 K. Laser irradiation was carried out using a 405 nm (3.06 eV) diode laser with intensity of ~20 mW/cm². The spherical 20 nm Au nanoparticles were used for enhance of Raman signal. Photoemission As 3d

and S 2p spectra of As-S nanolayers show that both the local structure (short range order) and the atomic composition of the sample are affected by cycled thermal annealing and laser irradiation treatments. In general, the concentration of As is increasing systematically by ~2 % laser irradiation. The annealing lead to establish of equilibrium atomic concentration. This process is reversible in "annealing" and "irradiation" cycles (Fig. 1A, left side).

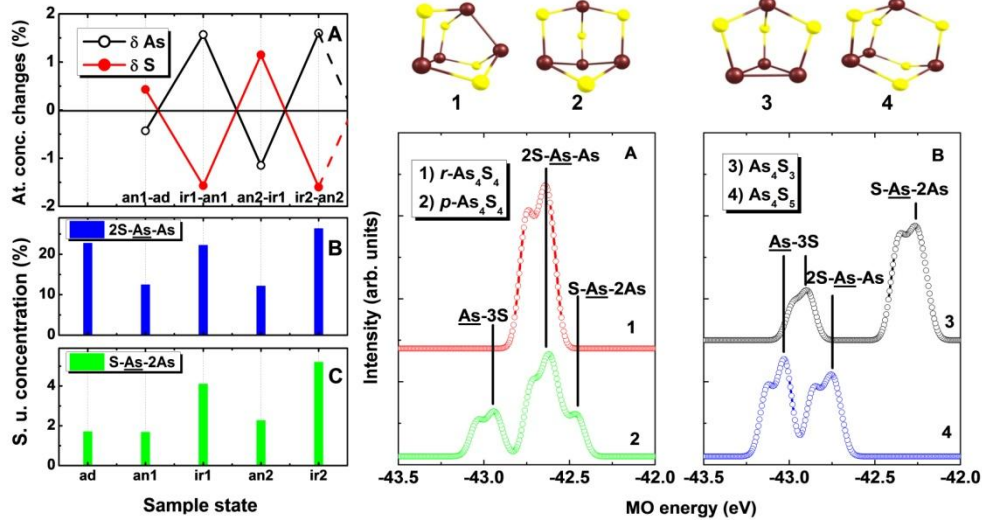


Fig. 1. (Left) Reversible changes in atomic As and S concentrations of $\text{As}_x\text{S}_{100-x}$ nanolayers in annealing-irradiation cycles (A) and corresponding changes in populations of $2\text{S}-\underline{\text{As}}-\text{As}$ (B) and $\text{S}-\underline{\text{As}}-2\text{As}$ s.u. (C). (Right) Simulated density of states in the region of As 3d spectra of As_4S_x molecules (SVWN5/aug-cc-pVTZ): photosensitive $r\text{-As}_4\text{S}_4$ (1) and $p\text{-As}_4\text{S}_4$ (2) isomers (A), As_4S_3 (3) and As_4S_5 (4) cage-like molecules (B).

The detail analysis of the As 3d spectra show that the observed changes are related with the transformation of local structure of As-S nanolayers: the concentration $2\text{S}-\underline{\text{As}}-\text{As}$ s.u. (As connected with two S atoms and one S atom) and $\text{S}-\underline{\text{As}}-2\text{As}$ s.u. (As connected with one S atom and two S atoms) is increasing after laser irradiation (Fig. 1B and C). The first s.u. is a building block of photosensitive realgar (r)- As_4S_4 molecule while the $\text{S}-\underline{\text{As}}-2\text{As}$ s.u. is characteristic s.u. of pararealgar (p)- As_4S_4 . A quantitative analysis of photoelectron spectra of As-S nanolayers used together with the calculated As 3d spectra of As_4S_x molecules (Fig. 1, right side) let us to distinguish between the molecules involved in the laser induced process. The surface enhanced Raman spectra of annealed and laser irradiated As-S nanolayers and the calculated Raman spectra of r - and $p\text{-As}_4\text{S}_4$ support the interpretation of the photoemission spectra. In addition to $p\text{-As}_4\text{S}_4$ molecules the concentration of $r\text{-As}_4\text{S}_4$ molecules after laser irradiation increases too. This finding can be associated with "molecular diffusion" caused by laser assisted bond breaking followed molecular rearrangement and can be the key to understand the mechanism of *so called* optically induced mass transport effect.