

I. В. Мінтянський¹, П. І. Савицький¹, З. Д. Ковалюк^{1,*}, В. Т. Маслюк², І. Г. Мегела²

¹ Чернівецьке відділення Інституту проблем матеріалознавства НАН України, Чернівці, Україна

² Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород, Україна

*Відповідальний автор: chimsp@ukrpost.ua

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОННОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ n-InSe ТА ЇХНЮ АНІЗОТРОПІЮ

У температурному діапазоні 80 ÷ 400 К досліджується зміна електропровідностей уздовж та впоперек шарів і коефіцієнта Холла для монокристалів n-InSe різного опору після їхнього опромінення різними дозами високоенергетичних електронів. Виявлені для високоомних зразків при дозі 30 кГр немонотонні зміни R_H та $\mu_{\perp C}$ з температурою пояснено на основі 2D-3D моделі електронного газу. Установлено, що при вищих дозах значно понижуються рухливість уздовж шарів і вертикальна провідність, а анізотропія провідності та енергетичний бар'єр між шарами істотно зростають. Результати пояснено посиленням ролі 2D електронів після опромінення n-InSe.

Ключові слова: селенід індію, електронне опромінення, 2D-3D модель, коефіцієнт Холла, анізотропія електропровідності.

И. В. Минтянский¹, П. И. Савицкий¹, З. Д. Ковалюк^{1,*}, В. Т. Маслюк², И. Г. Мегела²

¹ Черновицкое отделение Института проблем материаловедения НАН Украины, Черновцы, Украина

² Институт электронной физики НАН Украины, Ужгород, Украина

*Ответственный автор: chimsp@ukrpost.ua

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА n-InSe И ИХ АНИЗОТРОПИЮ

В температурной области 80 ÷ 400 К исследуются изменения электропроводностей вдоль и поперек слоев и коэффициента Холла для монокристаллов n-InSe различного сопротивления после их облучения разными дозами электронов высокой энергии. При дозе облучения 30 кГр для высокоомных образцов обнаружены немонотонные изменения R_H и $\mu_{\perp C}$ с температурой, которые объяснены на основе 2D-3D модели электронного газа. Найдено, что при более высоких дозах подвижность вдоль слоев и вертикальная проводимость значительно уменьшаются, а анизотропия электропроводности и энергетический барьер между слоями существенно возрастают. Результаты объяснены усилением роли 2D электронов после облучения n-InSe.

Ключевые слова: селенид индия, электронное облучение, 2D-3D модель, коэффициент Холла, анизотропия электропроводности.

I. V. Mintyanski¹, P. I. Savitskii¹, Z. D. Kovalyuk^{1,*}, V. T. Maslyuk², I. G. Megela²

¹ Institute for Materials Science Problems, National Academy of Sciences of Ukraine,
Chernivtsi Branch, Chernivtsi, Ukraine

² Institute of Electron Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhgorod, Ukraine

*Corresponding author: chimsp@ukrpost.ua

EFFECT OF THE ELECTRON IRRADIATION ON ELECTRICAL PROPERTIES OF n-InSe AND THEIR ANISOTROPY

Changes of the conductivities along and across the layers as well as of the Hall coefficient are investigated in the temperature range of 80 to 400 K for n-InSe single crystals of different resistivity after their irradiation with different doses of high-energy electrons. For the high-resistive samples irradiated with a dose of 30 kGy non-monotonous variations of R_H and $\mu_{\perp C}$ with temperature are explained within a 2D-3D model of electron gas was found. It is established that at higher doses the mobility along the layers and vertical conductivity essentially decrease whereas the conductivity anisotropy and energy barrier between the layers increase significantly. The obtained results are explained due to the stronger contribution of 2D electrons after irradiation of n-InSe.

Keywords: indium selenide, electron irradiation, 2D-3D model, Hall coefficient, conductivity anisotropy.

REFERENCES

1. G.W. Mudd et al. Tuning the bandgap of exfoliated InSe nanosheets by quantum confinement. *Advanced Materials* 25(40) (2013) 5714.
2. N. Balakrishnan et al. Room temperature electroluminescence from mechanically formed van der Waals III–VI homojunctions and heterojunctions. *Advanced Opt. Materials* 2(11) (2014) 1064.
3. G.W. Mudd et al. High broad-band photoresponsivity of mechanically formed InSe-graphene van der Waals heterostructures. *Advanced Materials* 27(25) (2015) 3760.
4. N. Balakrishnan et al. Engineering p-n junctions and bandgap tuning of InSe monolayers by controlled oxidation. *2D Materials* 4 (2017) 025043.
5. A. Segura et al. Three-dimensional electrons and two-dimensional electric subbands in the transport properties of tin-doped n-type indium selenide: Polar and homopolar phonon scattering. *Phys. Rev. B* 43(6) (1991) 4953.
6. J. Riera, A. Segura, A. Chevy. Transport properties of silicon doped n-indium selenide. *Appl. Phys. A* 54(5) (1992) 428.
7. J. Martinez-Pastor, A. Segura, A. Chevy. High-temperature behaviour of impurities and dimensionality of the charge transport in unintentionally and tin-doped indium selenide. *J. Appl. Phys.* 74(5) (1993) 3231.
8. J. Martinez-Pastor, A. Segura, A. Cantarero. Low temperature mobilities of 2-D electrons in indium selenide: neutral and ionized impurity scattering. *Solid State Commun.* 81(3) (1992) 287.
9. I.V. Mintyanskii, P.I. Savitskii, Z.D. Kovalyuk. Two-band conduction in electron-irradiated n-InSe single crystals. *Phys. Status Solidi B* 252(2) (2015) 346.
10. Z.D. Kovalyuk, I.V. Mintyanskyi, P.I. Savytskyi. Effect of electron irradiation on the anisotropy of the electrical conductivity in n-InSe. *Journal of Nano- and Electronic Physics* 9(6) (2017) 06013. (Ukr)
11. Zh. Burguen, M. Lanno. *Point Defects in Semiconductors. Experimental aspects* (Moskva: Mir, 1985) 304 p. (Rus)
12. J. Martinez-Pastor et al. Shallow-donor impurities in indium selenide investigated by means of far-infrared spectroscopy. *Phys. Rev. B* 46(8) (1992) 4607.
13. Ph. Schmid. Electron-phonon interaction in layered semiconductors. *Nuovo Cim. B* 21(2) (1974) 258.
14. P. Gomes da Costa et al. First-principles study of the electronic structure of γ -InSe and β -InSe. *Phys. Rev. B* 48(19) (1993) 14135.
15. Ph. Houdy et al. Two-dimensional defects in InSe. *J. Appl. Phys.* 61(12) (1987) 5267.
16. E. Kress-Rogers et al. Cyclotron resonance studies on bulk and two-dimensional conduction electrons in InSe. *Solid State Commun.* 44(3) (1982) 379.
17. F. Pomer et al. Electrical conductivity anisotropy. *Phys. Status Solidi B* 145(1) (1988) 261.
18. Z.D. Kovalyuk, I.V. Mintyanskyi. Electrical properties of InSe intercalated by anthracene molecules. *Ukr. J. Phys* 27(4) (1982) 616. (Rus)

Надійшла 29.03.2018
Received 29.03.2018