

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0216U008128

Державний реєстраційний номер: 0116U006421

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-10-2016

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Дослідження впливу стехіометрії матеріалів Ge-Al₂O₃ на утворення напівпровідникових нанокластерів та впливу цього процесу на структурні, оптичні та електричні властивостей шарів

Початок етапу: 06.2016

Закінчення етапу: 09.2016

Вид звітнього документа: Проміжний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики напівпровідників імені В.Є.Лашкарьова НАН України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління: Президія Національної академії наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: (044)525-40-20, (044)525-83-42

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи: Міністерство освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 38621185

Місцезнаходження: просп. Перемоги, 10, м. Київ, Київська обл., 01135, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444813221, 380444814763

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрямок фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201380

| |
|---|
| Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 35.8 |
|---|

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

"Оксидні матеріали з високою діелектричною сталою, що містять нанокластери кремнію або германію, для застосування в мікроелектроніці та фотоніці"

Назва роботи англійською:

"High-k oxides doped with Si or Ge nanoclusters for microelectronic and photonic applications".

Реферат українською:

Об'єкт дослідження - шари оксиду алюмінію, легованого германієм. Мета роботи - встановлення природи фізичних процесів, які відбуваються при утворенні та термоактивованому розпаді твердих розчинів Ge-Al₂O₃, з'ясування механізмів формування напівпровідникових нанокластерів та нанокристалів, а також визначення методів контролю структурних, оптичних та електричних властивостей матеріалів для застосування в приладах мікро- і фотоелектроніки. Методи дослідження - оптичні, люмінесцентні, електричні, рентгенівська дифракція, комбінаційне розсіювання світла. З'ясовано вплив вмісту надлишкового германію та режимів термічних обробок на процеси розпаду в шарах оксиду алюмінію, легованого германієм. Встановлено, що невідпалені шари є аморфними та містять фазу аморфного германію. При цьому положення відповідного максимуму в спектрі комбінаційного розсіювання світла спостерігається при ~268 см⁻¹ для [Ge]<30 ат%, тоді як для плівок з високим вмістом германію ~274 см⁻¹, що свідчить про напруженість шарів. Утворення аморфних германієвих кластерів починається при T_A=550 С, а їх помітна кристалізація при температурі T_A=600 С, яка перевищує температуру кристалізації шарів чистого германію. Встановлено, що відпал зразків призводить також до появи фотолюмінесценції в області 550-800 нм для зразків з [Ge]<70 ат.%. Спектр люмінесценції містить дві компоненти з максимумами при 580-620 та 700-730 нм. Показано, що перша з них обумовлена дефектами оксиду алюмінію, тоді як друга спричиняється рекомбінацією носіїв в германієвих кристалітах. Проведено порівняльний аналіз характеристик шарів Ge-Al₂O₃ та Si-Al₂O₃. Прогнозні припущення про розвиток об'єкту дослідження - вдосконалення технології одержання шарів оксидів з високою діелектричною сталою, легованих германієм, які використовуються для виготовлення різних приладів мікроелектроніки і фотоніки.

Реферат англійською:

Object of research - the layers of alumina, doped with germanium (Ge-Al₂O₃). Purpose - to establish the nature of the physical processes that occur during the formation Ge-Al₂O₃ solid solutions and their thermostimulated decomposition, to elucidate the mechanisms of formation of semiconducting nanoclusters and nanocrystals, and to determine methods of monitoring of the structural, optical and electrical properties of materials for their micro- and photoelectronic applications. Research methods - optical, photoluminescent, electrical, X-ray diffraction, Raman scattering. The influence of excess germanium content and modes of thermal treatments on the processes of decay in layers of aluminum oxide doped with germanium. Found that unannealed layers are amorphous and amorphous phase containing germanium. The position of the corresponding peak in the spectrum of Raman scattering is observed at ~268 cm⁻¹ [Ge]<30 at%, whereas films with a high content of germanium 274 cm⁻¹, indicating the intensity of layers. The formation of amorphous germanium cluster begins at T_A=550C, and they marked the crystallization temperature T_A=600C, which is higher than the temperature of crystallization layers of pure germanium. Established that annealing the samples also leads to the appearance of photoluminescence in the 550-800 nm for samples of [Ge]<70 at.%. The range includes two components luminescence with maxima at 580-620 and 700-730 nm. It is shown that the first one is due to defective aluminum oxide, while the second is caused by recombination of carriers in germanium crystallites. A comparative analysis of the characteristics of the layers of Ge-Al₂O₃ and Si-Al₂O₃. Future development of the research object - improving the technology of the fabrication of high-k oxide layers, doped with germanium, for the production of

microelectronics and photonic devices.

Індекс УДК: 537.226;537.311.32;538.956, 538.9

Коди тематичних рубрик: 29.19.33

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Хоменкова Лариса Юріївна

Науковий ступінь:

Наукове звання:

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

IX. Бібліографічний опис

1. Alivisatos A.P. Semiconductor Clusters, Nanocrystals, and Quantum dots // *Science*. - 1996. - v.271. - p.933-937.
2. Maeda. Y. Visible photoluminescence of Ge microcrystals embedded in SiO₂ glassy matrices / Y. Maeda, N. Tsukamoto, Y. Yazawa, Y. Kanemitsu, Y. Masumoto // *Appl. Phys. Lett.* - 1991. - v.59. - p. 3168-3170.
3. Canham L.T. Silicon quantum wire array fabrication by electrochemical and chemical dissolution of wafers // *Appl. Phys. Lett.* - 1990. -V.57. - P.1046-1048.
4. Si and Ge nanocrystals for future memory devices / Bonafos C., Carrada M., G. Benassayag, [et al.] // *Materials Science in Semiconductor Processing* - 2012. - V.15. - P.615-626.
5. Fujii M., Hayashi Sh., Yamamoto K. Growth of Ge microcrystals in SiO₂ thin film matrices: A Raman and electron microscopic study // *Jap. J. Appl.Phys.* - 1991. - V.30. - P. 687-694.
6. Integrations and challenges of novel high-k gate stacks in advanced CMOS technology / He G., Zhu L.Q., Sun Z.Q., [et al.] // *Progress in Materials Science* - 2011. - V.56. - P.475-572.
7. Ciurea M. L., Lepadatu A.M., Tuning the properties of Ge and Si nanocrystals based structures by tailoring the preparation conditions // *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. - 2015. - V. 10. - P. 59-87.
8. Ray S.K., Structural and optical properties of germanium nanostructures on Si(100) and embedded in high-k oxide / S.K. Ray, S. Das, R. K. Singha, S. Manna, A. Dhar // *Nanoscale Res. Lett.* - 2011. - V.6. - P.224.
9. Khomenkova L. Ge-Doped Hafnia-Based Dielectrics for Non-Volatile Memory Applications / L. Khomenkova, X. Portier, M. Carrada, C. Bonafos, B. S. Sahu, A. Slaoui, F. Gourbilleau // *ECS Trans.* - 2012. - V. 45. - P. 331-341.
10. Khomenkova L. Hf-based high-k materials for Si nanocrystal floating gate memories / L. Khomenkova, B.S. Sahu, A. Slaoui, F. Gourbilleau // *Nanoscale Res. Lett.* - 2011. - V. 6. - P.172 (6 pages).
11. Smit M. K. Al₂O₃ films for integrated optics / M. K. Smit, G. A. Acket, C. J. van der Laan // *Thin Solid Films*. - 1986. - V.138. - P. 171-181
12. Купчак І.М. Екситонні стани та фотолюмінесценція кремнієвих і германієвих нанокристалів в матриці Al₂O₃ / І.М. Купчак, Ю.В. Крюченко, Д.В. Корбутяк, А.В. Саченко, Э.Б. Каганович, Э.Г. Манойлов, Е.В. Бегун // *ФТП*. - 2008. - Т.42, №10. - С. 1213-1218.
13. Buljan M. Ge quantum dot lattices in Al₂O₃ multilayers / M. Buljan, N. Radic, M. Ivanda, I. Bogdanovic-Radovic, M. Karlusic, J. Grenzer, S. Prucnal, G. Drazic, G. Pletikapic, V. Svetlicic, M. Jercinovic, S. Bernstorff, V. Holy // *J. Nanopart. Res.* - 2013. - V. 15. - P.1485 (13 pages).
14. Defect-related luminescence of Si/SiO₂ layers / Khomenkova L., Korsunskaya N., Torchynska T., [et al.] // *Journal of Physics: Condensed Matter*. - 2003. -V.14. - P.13217-13221.
15. Maeda Y. Visible photoluminescence from nanocrystallite Ge embedded in a glassy SiO₂ matrix: Evidence in support of the quantum-confinement mechanism // *Phys. Rev. B*. - 1995. - V.51, No.3. - p.1658-1670.
16. Size-dependent optical properties of silicon nanocrystals / Soni R.K., Fonseca L.F., Resto O., [et al.] // *J. Lumin.* - 1999. - V.83-84. - P.187-191.
17. Бреслер М.С., Ясиевич И.Н. Физические свойства и фотолюмінесценція пористого кремнія // *ФТП*. - 1993. - Т.27. - С.871-

883. 18. Каганович Э.Б., Манойлов Э.Г., Бегун Е.В. Фотолюминесценция германиевых квантовых точек, сформированных импульсным лазерным осаждением // ФТП. - 2007, - Т.41, №2. - С.177-181. 19. Luminescence studies of a Si/SiO₂ superlattice / Averboukh B., Huber R., Cheah K.W., [et al.] // J. Appl. Phys. - 2002. - V.92. - P.3564-3568. 20. Visible luminescence from silicon / Stutzmann M., Weber J., Brandt M.S., [et al.] // Adv. Sol. Stat. Phys. - 1992. - V.32. - P.1-19. 21. Bostedt C. Strong quantum-confinement effects in the conduction band of germanium nanocrystals / C. Bostedt, T. van Buuren, T. M. Willey, N. Franco, L. J. Terminello, C. Heske, T. Moller // Appl. Phys. Lett. - 2004. - V.84, No.20. P. 4056-4058. 22. Bi L. Nanocrystal and interface defects related photoluminescence in silicon-rich Al₂O₃ films / L. Bi, J. Y. Feng // J. Lumin. - 2006. - V.121. - P. 95-101. 23. Yerci S. Formation of Ge nanocrystals in Al₂O₃ matrix / S. Yerci, M. Kulakci, U. Serincan, R. Turan, M. Shandalov, Y. Golan // J. Nanosci. Nanotechnol. - 2008. - V.8. - P.759-763. 24. Nucleation kinetics of Si quantum dots on SiO₂ / Nicotra G., Puglisi R., Lombardo S., [et al.] // J. Appl. Phys. - 2004. - V.95. - P.2049-2055. 25. Korsunskaya N. The influence of annealing on structural and photoluminescence properties of silicon-rich Al₂O₃ films prepared by co-sputtering / N. Korsunskaya, T. Stara, V. Strelchuk, O. Kolomys, V. Klado, A. Kuchuk, L. Khomenkova, J. Jedrzejewski, I. Balberg // Physica E.-2013.-v.51.-P.115-119. 26. Khomenkova L. Structure and light emission of Si-rich Al₂O₃ and Si-rich-SiO₂ nanocomposites / L. Khomenkova, O. Kolomys, M. Baran, A. Kuchuk, V. Strelchuk, Ye. Venger, V. Klado, J. Jedrzejewski, I. Balberg, N. Korsunskaya // Microel. Eng. - 2014. - V.125. - P.62-67. 27. Khomenkova L. Comparative Investigation of Structural and Optical Properties of Si-Rich Oxide Films Fabricated by Magnetron Sputtering / L. Khomenkova, M. Baran, O. Kolomys, V. Strelchuk, A. V. Kuchuk, V.P. Klado, J. Jedrzejewski, I. Balberg, Y. Goldstein, P. Marie, F. Gourbilleau, N. Korsunskaya // Adv. Mater. Res. - 2014. - V.854. - P.117-124. 28. Charvet S. Spectroscopic ellipsometry analyses of sputtered Si/SiO₂ nanostructures / S. Charvet, R. Madelon, F. Gourbilleau, R. Rizk // J. Appl. Phys. - 1999. - V.85. - P. 4032-4039. 29. Khomenkova L. Thermal stability of high-k Si-rich HfO₂ layers grown by RF magnetron sputtering / L. Khomenkova, X. Portier, J. Cardin, F. Gourbilleau // Nanotechnology. - 2010. - V.21. - P. 285707. 30. Forouhi A. R. Optical dispersion relations for amorphous semiconductors and amorphous dielectrics / A. R. Forouhi, I. Bloomer // Phys. Rev. B. - 1986. - V.34. - P. 7018-7026. 31. Jellison G.E., Jr. Parameterization of the optical functions of amorphous materials in the interband region / G. E. Jellison, Jr, F. A. Modine // Appl. Phys. Lett. - 1996. - V.69. - P. 371-373. 32. <http://www.horiba.com/scientific/products/ellipsometers/software/> 33. Bruggeman D. A. G. Berechnung verschiedener physikalischer Konstanten von heterogenen Substanzen. I. Dielektrizitätskonstanten und Leitfähigkeiten der Mischkörper aus isotropen Substanzen / D. A. G. Bruggeman // Annalen der Physik. - 1935. - V.416. - P. 665-679. 34. Serenyi M. Comparative analysis of amorphous silicon and silicon nitride multilayer by spectroscopic ellipsometry and transmission electron microscopy / M. Serenyi, T. Lohner, P. Petrik, C. Frigeri // Thin Solid Films. - 2007. - V.515. - P. 3559-3562. 35. Houska J. Overview of optical properties of Al₂O₃ films prepared by various techniques / J. Houska, J. Blazek, J. Rezek, S. Proksova // Thin Solid Films. - 2012. - V.520. - P. 5405-5408. 36. Campbell I. H. The effects of microcrystal size and shape on the one phonon Raman spectra of crystalline semiconductors / I. H. Campbell, P. M. Fauchet // Sol. St. Commun. - 1986. - V.58. - P. 739-741. 37. Gangwar J. Phase dependent thermal and spectroscopic responses of Al₂O₃ nanostructures with different morphogenesis / J. Gangwar, B. K. Gupta, S. K. Tripathi, A. K. Srivastava // Nanoscale.- 2015. - V.7 - P.13313-13344. 38. Peng Sh. Low-temperature preparation of polycrystalline germanium thin films by Al-induced crystallization / Sh. Peng, D. Hu, D. He // Appl.Surf.Sci. - 2012. - V.258. - P. 6003- 6006. 39. Yin S. Photoluminescence character of Xe ion irradiated sapphire / S. Yin, E. Xie, C. Zhang, Z. Wang, L. Zhou, I. Z. Ma, C. F. Yao, H. Zang, C. B. Liu, Y. B. Sheng, J. Gou // J. Nucl. Instrum. Methods. B. - 2008. - V.12. - P. 2998-3001. 40. Millo O. Direct Evaluation of the Quantum Confinement Effect in Single Isolated Ge Nanocrystals / O. Millo, I. Balberg, D. Azulay, T.K. Purkait, A. K. Swarnakar, E. Rivard, J. G. C. Veinot // J. Phys. Chem. Lett. - 2015. - V.6. - P. 3396-3402.

