

В. Й. Сугаков, А. А. Чернюк

Институт ядерных исследований НАН Украины, Київ

РОЗПОДІЛ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОМІШОК ТА ЇХНІХ КОМПЛЕКСІВ ІЗ ВАКАНСІЯМИ ЗА МЕЖАМИ ПРОБІГУ ІОНІВ ПРИ ІМПЛАНТАЦІЇ

Розраховано просторовий розподіл впроваджених атомів і точкових дефектів, створених опроміненням, за межами пробігу іона в кристалі з домішками. Враховано дифузний рух дефектів і домішок, захоплення їх стоками, процеси рекомбінації дефектів, утворення і розпаду комплексів. Розглянуто кристал у діапазоні температури, при якій домішки нерухомі, а комплекси домішок із вакансіями можуть переміщуватись у кристалі. Така ситуація реалізується в кремнії з домішкою кисню. Показано, що поза межами пробігу відбувається просторовий перерозподіл концентрацій вільних домішок і домішок, зв'язаних із вакансіями: певна область за кінцем пробігу іонів стає збіднілою на комплекси і збагаченою вільними домішками. Область зростає зі зменшенням густини дислокацій або зі зниженням температури і може досягати розміру кількох десятків мікрметрів.

Ключові слова: іонне опромінення, дефекти, домішки, далекодія.

В. И. Сугаков, А. А. Чернюк

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕСЕЙ И ИХ КОМПЛЕКСОВ С ВАКАНСИЯМИ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ПРОБЕГА ИОНОВ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ

Рассчитано пространственное распределение внедренных атомов и точечных дефектов, созданных облучением, за пределами пробега иона в кристалле с примесями. Учтено диффузное движение дефектов и примесей, захвата их стоками, процессы рекомбинации дефектов, образования и распада комплексов. Рассмотрен кристалл в диапазоне температуры, для которой примеси неподвижны, а комплексы примесей с вакансиями могут перемещаться в кристалле. Такая ситуация реализуется в кремнии с примесью кислорода. Показано, что за пределами пробега происходит пространственное перераспределение концентраций свободных примесей и примесей, связанных с вакансиями: определенная область за концом пробега ионов становится обедненной на комплексы и обогащенной свободными примесями. Размер области возрастает с уменьшением плотности дислокаций или с понижением температуры и может достигать размера нескольких десятков микрометров.

Ключевые слова: ионное облучение, дефекты, примеси, дальноедействие.

V. I. Sugakov, A. A. Chernyuk

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

DISTRIBUTION OF CONCENTRATION OF IMPURITIES AND "IMPURITY-VACANCY" COMPLEXES BEYOND THE RANGE OF IONS DURING IMPLANTATION

Spatial distribution of implanted atoms and point defects created by irradiation is calculated beyond the range of ions in the crystal with impurities. Diffuse movement of defects and impurities, their capture by their effluents, the processes of recombination defects, formation and decay of complexes are taken into account. The crystal is considered at the temperature when impurities are still and impurity complexes with vacancies can move in the crystal. This situation is realized in silicon mixed with the oxygen. It is shown that the spatial redistribution of the concentrations of free impurities and impurities connected with vacancies is taking place beyond the range of ions: certain region at the end of ion range becomes impoverished in complexes and enriched in free impurities. This region increases with lowering the dislocations density or with decreasing temperature and can reach the size of several tens of micrometers.

Keywords: ion irradiation, defects, impurities, long-range.

REFERENCES

1. Pavlov P.V., Pashkin V.I., Genkin V.M. et al. // FTT. - 1973. - Vol. 15, Iss. 9. - P. 2857 - 2859. (Rus)
2. Skupov V.D., Tetel'baum D.I., Shungurov G.V. // Pis'ma v ZhTF. - 1989. - Vol. 15, Iss. 22. - P. 44 - 47. (Rus)
3. Bykov V.N., Malynkin V.G., Khmelevskaya V.S. // Voprosy atomnoj nauki i tekhniki. Ser.: Fizika radiatsionnykh povrezhdenij i radiatsionnoe materialovedenie. - 1989. - Iss. 3 (50). - P.45 - 52. (Rus)
4. Pivovarov A.L. // Metallofizika i novejschie technologii. - 1994. - Vol. 16, No. 12. - P. 3 - 17. (Rus)

5. *Khmelevskaya V.S., Malynkin V.G., Solov'ev S.P. et al.* // Pis'ma v ZhTF. - 1996. - Vol. 22, Iss. 5. - P. 9 - 13. (Rus)
6. *Alalykin A.S., Krylov P.N., Shinkevich M.V.* // Vestnik Udmurtskogo universiteta. - 2005. - Iss. 1. - P. 141 - 152. (Rus)
7. *Groza A.A., Lytovchenko P.G., Starchyk M.I.* Effects of radiation in the infrared absorption and silicon structure. - Kyiv: Naukova dumka, 2006. - 124 p. (Ukr)
8. *Ovchinnikov V.V.* // UFN. - 2008. - Vol. 178, Iss. 9. - P. 993 - 1001. (Rus)
9. *Li Zhang, Guangze Tang, Xinxin Ma.* Long range effect of ion irradiation on diffusion // Physics Letters A. - 2010. - Vol. 374(21). - P. 2137 - 2139.
10. *Groza A.A., Venger E.F., Varnina V.I. et al.* Influence of neutron irradiation on electrooptical and structural properties of silicon // Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics. - 2001. - Vol. 4, No. 3. - P. 152 - 155.
11. *Sugakov V.I.* // Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy). - 2009. - Vol. 10, No. 4. - P. 395 - 402. (Rus)
12. *Sugakov V.I.* // FTT. - 2011. - Vol. 53, No. 10. - P. 2023 - 2031. (Rus)
13. *Newman R.C.* Oxygen diffusion and precipitation in Czochralski silicon // J. Phys.: Condens. Matter. - 2000. - Vol. 12. - P. 335 - 365.
14. *Marqués L.A., Pelaz L., Castrillo P. et al.* Molecular dynamics study of the configurational and energetic properties of the silicon self-interstitial // Phys. Rev. B. - 2005. - Vol. 71. - P. 085204.
15. *Pellegrino P., Leveque P., Lavita J. et al.* Annealing kinetics of vacancy-related defects in low-dose MeV self-ion-implanted n-type silicon // Phys. Rev. B. - 2001. - Vol. 64. - P. 195211.
16. *Kaplan D.R., Weigel C., Corbett J.W.* Calculations on the properties of helium in silicon // Physica status solidi (b). - 1979. - Vol. 94. - P. 359.
17. *Shimiso Y., Uematsu M., Itoh K.M.* Experimental evidence of the vacancy-mediated silicon self-diffusion in single-crystalline silicon // Phys. Rev. Lett. - 2007. - Vol. 98. - P. 095901.
18. *Casali R.A., Rucker H., Methfessel M.* Interaction of vacancies with interstitial oxygen in silicon // Appl. Phys. Lett. - 2001. - Vol. 78. - P. 913 - 915.
19. *Ranki V., Saarinen K.* Formation of thermal vacancies in highly As and P doped Si // Phys. Rev. Lett. - 2004. - Vol. 93. - P. 255502.
20. *Lerner L., Stolwijk N.A.* Vacancy concentrations in silicon determined by the indiffusion of iridium // Appl. Phys. Lett. - 2005. - Vol. 86. - P. 011901.
21. *Bracht H., Pedersen J.F., Zangenberg N. et al.* Radiation enhanced silicon self-diffusion and the silicon vacancy at high temperatures // Phys. Rev. Lett. - 2003. - Vol. 91. - P. 245502.

Надійшла 27.03.2017
Received 27.03.2017