

ВІДДІЛ АНІЗОТРОПНИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ (№ 25)

Відділ «Анізотропних напівпровідників» був заснований у 1981 році у зв'язку із виявленням ряду важливих особливостей протікання нерівноважних процесів у напівпровідниках із анізотропною провідністю. Початок новому напрямку було покладено статтею Е.І. Рашби, у якій були розглянуті особливості біполярної дифузії та дрейфу носіїв заряду у напівпровідниках із анізотропною провідністю.

Засновниками відділу були відомі вчені та видатні особистості: д-р фіз.-мат. наук, професор В.О. Романов, який очолював відділ до 2006 року та д-р фіз.-мат. наук І.П. Жадько.

Основним науковим напрямком відділу «Анізотропних напівпровідників» є вивчення нерівноважних процесів у напівпровідниках з анізотропною провідністю, яка обумовлена різного роду направленими діями на кристал, низькою симетрією, неоднорідністю легування, наявністю суперграток або квантового просторового обмеження руху носіїв заряду. Ці дослідження традиційно проводяться у тісному співробітництві з теоретиками Інституту.

Вперше досліджений ефект електричного пінча у біполярному германію, анізотропна провідність якого була створена одноосною деформацією та деформацією вигину. Було показано, що внаслідок проходження струму через пластину напівпровідника з анізотропною провідністю просторовий розподіл носіїв заряду суттєво відрізняється від рівноважного. У достатньо сильних електричних полях у пластині виникають значні області



Д-р фіз.-мат. наук,
професор
В.О.Романов (1931-2006),
зав. відділу «Анізотропних
напівпровідників»



Д-р фіз.-мат. наук
І.П. Жадько (1937-
1995), заст. зав. відділу
«Анізотропних
напівпровідників»

збіднення носіями заряду та вузькі області збагачення. Відповідно перерозподіляється і електричний струм. Тензочутливість пластин германію у режимі електричного пінча у десятки разів перевищувала тензочутливість відомих на той час напівпровідникових тензорезисторів. Механізм формування електричного пінча у достатньо сильних електричних полях виявився визначальним для таких явищ, як фотопровідність, рекомбінаційне випромінювання у деформованих кристалах біполярного германію та поперечний ефект Пельтьє у кристалах CdSb, тензодіодному, магнітодіодному та тензотріодному ефектах при інжекції носіїв заряду через р-п-перехід, а також у парному магніто-концентраційному ефекті у багатодолинних напівпровідниках.

Вивчення поглинання ІЧ-випромінювання у кристалах із шаруватим розподілом домішок при інжекції носіїв через контакт дозволило запропонувати новий високочутливий метод вимірювання одномірного розподілу концентрації некомпенсованих домішок.

Значна частина досліджень, що були виконані у відділі, була пов'язана із вивченням нових фотовольтаїчних ефектів, які виникають при освітленні напівпровідників з анізотропною провідністю. Першим з них був поперечний ефект Дембера (ПЕД) у пружно вигнутих кристалах германію та у ряді природно-анізотропних кристалів (In₂Se, CdSb, Te), які формально аналогічні фотомагнітному ефекту (ФМЕ) у ізотропних напівпровідниках. Детально були проаналізовані можливості його прикладного використання, зокрема, для визначення рекомбінаційних та кінетичних параметрів напівпровідника, контролю внутрішніх механічних напружень, для розробки приймачів випромінювання. На основі уявлень про ПЕД було запропоновано новий механізм виникнення аномально високої фото-електрорушійної сили (ЕРС). Теоретичні дослідження фотовольтаїчних явищ у неоднорідних напівпровідниках із анізотропною провідністю та структурах з асиметричними р-п-переходами показали можливість виникнення фото-ЕРС до кількох десятків вольт на сантиметр структури, що може бути використано для створення високовольтних фотоперетворювачів.

Поряд з дослідженням фотовольтаїчних ефектів в умовах стаціонарного освітлення був досліджений ряд поперечних фотовольтаїчних ефектів (ПФЕ) у кубічних напівпровідниках, які виникають при збудженні кристалів германію та кремнію потужним лазерним випромінюванням, а саме: міждолинно-дифузійний, пружно-дифузійний, фото-термопружно-дифузійний, фото-термопружно-дрейфовий у кристалах германію та міждолинно-дифузійний

у кристалах кремнію. На основі досліджень ПФЕ, у комбінації з ФМЕ, були розроблені фотовольтаїчні методи визначення рекомбінаційних та кінетичних параметрів нерівноважних носіїв заряду у приповерхневих шарах напівпровідникових кристалів в умовах імпульсного лазерного збудження. Зокрема, були визначені час міждолинної релаксації електронів у кристалах германію і кремнію та швидкість цього процесу на поверхні.

Прикладна діяльність відділу пов'язана з розробкою на основі виконаних наукових досліджень нових типів напівпровідникових перетворювачів тиску на основі кремнію, спочатку у модульному, а згодом у інтегральному виконаннях. Так, зокрема, модульний манометр типу ПДМ-2 та манометр-термометр ПДТМ-1 були включені до Державного реєстру СРСР. Дослідні зразки цих приладів успішно використовувались при дослідженнях свердловин на бітумних родовищах Татарії.

Базовим ефектом, який лежить в основі роботи приладів, розроблених у відділі, є ефект п'єзоопору. Детальні теоретичні дослідження цього ефекту на основі квантового кінетичного рівняння та модельної функції розподілу носіїв заряду виявили нові механізми п'єзоопору, які пов'язані з інтеграційною зміною інтегралу зітнень і залежністю від деформації характерної довжини екранування носіями заряду іонізованих домішок. У кристалах кремнію з дірковою провідністю визначено вплив спін-орбітально-відщепленої зани на форму ізоенергетичних поверхонь зон легких і важких дірок та ефект п'єзоопору. Отримані аналітичні залежності коефіцієнтів п'єзоопору від концентрації іонізованих домішок і температури дають можливість у кожному окремому випадку обчислити та оптимізувати чутливість напівпровідникового приладу на основі п'єзорезистивного ефекту та її залежність від температури. Ці залежності є важливими для практичного застосування приладу, оскільки вони визначають його чутливість та додаткову похибку, яка обумовлена зміною температури.

До найбільш важливих прикладних розробок належить ряд оригінальних конструкцій інтегральних кремнієвих перетворювачів електромеханічних параметрів (тиску, сили, прискорення, витрат) із аналоговим та частотним вихідними сигналами. До приладів з аналоговим сигналом можна віднести перетворювачі на основі диференційного ефекту поперечної ЕРС, багатоколекторні біполярні та багатостокові МДН-тензотранзистори, тензотеристори, перетворювачі на основі одноперехідних тензотранзисторів та тензотранзисторів з керуючим р-п-переходом. Перетворювачі із аналоговим виходом характеризуються високою чутливістю, лінійністю, малою температурною похибкою, а прилади з частотним вихідним сигна-

лом відзначаються підвищеною завадостійкістю до електромагнітних перешкод та простим сполученням із мікропроцесором.

У 2008 році відділ №25 «Анізотропних напівпровідників» був трансформований у лабораторію з однойменною назвою.