

ВІСНИК

АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНСЬКОЇ РСР



КВІТЕНЬ 1984

4

Нелінійні властивості об'ємних напівпровідників з надгратами в міліметровому і субміліметровому діапазонах

Засідання Наукової ради з проблеми «Фізика і техніка
міліметрових і субміліметрових електромагнітних хвиль» у Харкові

10 червня 1983 року в Інституті радіофізики і електроніки відбулося тематичне засідання Наукової ради АН УРСР з проблеми «Фізика і техніка міліметрових і субміліметрових електромагнітних хвиль», присвячене нелінійним властивостям об'ємних напівпровідників, у якому взяли участь 12 дослідних організацій країни.

Засідання відкрив голова Наукової ради академік АН УРСР В. П. Шестопалов, який проаналізував стан даної проблеми, підкреслив актуальність тематики і значний внесок учених у її розв'язання.

Дослідження, про які доповідалося на засіданні, виконувалися на високому науковому рівні. Основні роботи по вивченню високочастотних властивостей об'ємних напівпровідників із надгратами (НГ) проводяться в Горьковському дослідному фізико-технічному інституті та Інституті прикладної фізики АН СРСР, Інституті радіофізики і електроніки АН УРСР й Саратовському державному університеті.

У доповіді кандидата фізико-математичних наук О. А. Ігнатова і В. І. Шашкіна (Горький) йшлося про дослідження флуктуаційних і високочастотних характеристик квазидвовимірних надграт на основі розмірно квантових шарів CaAlAs із змішуваним складом вздовж поверхні шару. Одержано вираз для корелятора флуктуацій швидкості (струму) носіїв у сильному постійному полі, що адекватно описує дані чисельного експерименту. При зіставленні аналітичних результатів з чисельними даними визначено граничні частоти ефекту негативної диференціальної провідності (НДП) у подібних структурах. Крім того,

вивчено спектр хвиль просторового заряду в одновимірних НГ у присутності сильного електричного поля, одержано вираз для коефіцієнта дифузії розігрітих носіїв і оцінено характерні частоти нестійкості в подібних структурах.

З великим інтересом присутні заслухали доповідь кандидата фізико-математичних наук О. М. Філатова, зроблену від групи авторів за результатами спільних робіт ГДФТІ й Інституту радіофізики і електроніки АН УРСР. У доповіді було наведено підсумки експериментального дослідження нелінійних явищ у надпровідникових надгратах у восьми міліметровому діапазоні хвиль, які виникають при змішуванні й детектуванні НВЧ коливань. Виявилося, що зразки напівпровідників з надгратами являють собою гетероепітаксціальні структури, вирощені на підкладках Ge гібридним методом, які складаються з шарів, що чергуються, чистого Ge і його твердого розчину з $\text{Si}(\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x, x \sim 0,05)$. При експериментальному вивченні таких напівпровідників із надгратами (ННГ) зареєстровано генерацію комбінаційних гармонік при змішуванні двох НВЧ сигналів, а також створено високочастотну енергію у постійний струм.

Ці явища підтверджують нелінійні високочастотні властивості, причому досліджені характеристики мають якісно новий характер і принципово відрізняються від аналогічних залежностей для традиційних напівпровідникових приладів з нелінійністю вентильного типу.

Одержані результати дуже важливі для високочастотної діагностики нелінійних

властивостей ННГ, а також можуть використовуватися при створенні нових напівпровідникових НВЧ приладів.

У доповіді кандидата фізико-математичних наук В. А. Іванченка, професора Б. М. Климова, В. М. Гусятникова (Саратов) розглядалась теоретично досліджена взаємодія НВЧ випромінювання з напівпровідниками в умовах розігріву носіїв заряду, змішування коливань НВЧ, а також модуляція діелектричної проникності, що являє інтерес для створення параметричних перетворювачів частоти. У рамках локально-польової моделі проведено розрахунок високочастотних характеристик $n^+ - n - n^+$ GaAs структури, що використовується в діодах Ганна, і експериментально доведено можливість створення параметричних пристроїв на структурах з НДП у міліметровому діапазоні. Крім того, розвинуто експериментальний метод вивчення параметрів періодичних структур з допомогою вимірювання спектральних залежностей краю власного поглинання і фотопровідності.

В останні роки у зв'язку з появою потужних джерел електромагнітного випромінювання інтенсивно досліджуються нелінійні явища в плазмі напівпровідників з метою створення на їх основі твердотільних приладів міліметрового і субміліметрового діапазону хвиль. У доповіді доктора фізико-математичних наук В. М. Яковенка та кандидата фізико-математичних наук С. І. Ханкіної йшлося про особливості поширення плазмових хвиль у напівпровідниковій пластині з врахуванням непараболічності закону дисперсії носіїв заряду, одержано нелінійні рівняння, які

описують еволюцію електромагнітних коливань, обґрунтовувалось виникнення солітонів у системі. Знайдено порогові значення електричних полів для їх утворення. Досягнуті результати виявляють інтерес для аналізу нелінійних явищ у структурах типу НГ і тонких плівок.

Викладені в доповіді підсумки досліджень дають підстави говорити про перспективи одержання ефективної генерації у короткохвильовій частині міліметрового і субміліметрового діапазонів хвиль.

Засідання Наукової ради прийняло рішення, де відзначено успіхи наукових установ у новому напрямі фізики твердого тіла. Водночас вказано на недостатні темпи розвитку експериментальних робіт з даної проблеми і на необхідність їх розширення як для удосконалення технології виготовлення ННГ, так і дослідження їх властивостей в діапазоні міліметрових хвиль. Звернуто увагу на потребу розв'язання відповідних електродинамічних задач, що дасть можливість обґрунтувати конструкції НВЧ приладів, які працюють на основі використання нелінійних ефектів у об'ємних напівпровідниках із надгратами. Відмічено актуальність спільних експериментальних робіт, виконаних у ГДФТІ та Інституті радіофізики і електроніки АН УРСР, і рекомендовано активізувати дослідження по здійсненню генерації НВЧ коливань в об'ємних напівпровідниках з надгратами.

В. П. ШЕСТОПАЛОВ,
академік АН УРСР,

В. М. ЯКОВЕНКО,
доктор фізико-математичних наук