

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,  
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

**ФЕЕ: 2016**

**МАТЕРІАЛИ  
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 18–22 квітня 2016 року)



Суми  
Сумський державний університет  
2016

**Дислокаційна люмінесценція кристалів кремнію**

Сватюк Д.Р., студент

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Немає досконалих та ефективних джерел світла, які сумісні з Si-технологією (Si-світлодіоди, лазери з  $\lambda = 1,1-1,6$  мкм). Існує декілька технологій виготовлення кремнієвих світлодіодів (СД) для оптоелектроніки: СД з дислокаційною люмінесценцією (ДЛ), СД на пористому кремнії, СД на основі полікристалічного кремнію та на основі монокристалічного з різного типу домішками ( $O_2$ , Er, Eu). Перспективним типом Si світло діодів (СД) вважаються СД з дислокаційною люмінесценцією. Ця технологія базується на структурах з лінійними дефектами, в яких спостерігається випромінювання при  $\lambda \sim 1,1-1,6$  мкм. Такий вид випромінювання досі не знайшов практичного застосування, оскільки не вдалося знайти ефективні способи пониження без випромінювальної рекомбінації у СД з ДЛ, та мало місце значне температурне гасіння ДЛ.

Основною проблемою СД з ДЛ є реалізація електролюмінесценції ( $\eta > 0,1\%$ ) при КТ та питання деградації властивостей оптично активних шарів. У СД з ДЛ вже досягнутий  $\eta = 0,1\%$  та швидкодія на рівні 2 мкс і  $\lambda = 1,44$  мкм [1]. Розвиток гетерування центрів безвипромінювальної рекомбінації дозволяють виготовити СД із зовнішньою квантовою ефективністю електролюмінесценції 0,1% при КТ. В спектрі ДЛ Si-структур є 4 основні лінії з максимумами при 0,81, 0,87, 0,93 і 0,99 еВ, відповідно [2].

Метою є дослідження процесів електролюмінесценції кристалів р-Si з різною концентрацією дислокацій і домішок та вивчення можливості виготовлення високоефективних СД на їх основі.

Методика підготовки досліду. включає три експериментальні зразки. Пластини Si вирізались з монокристалічного блоку р-типу марки КДБ10. Розмір кожного з них  $= 3 \times 4 \times 7,5$  мм. Такі розміри кристалів були зумовлені конструкційними особливостями дослідних установок. Після вирізання дослідні зразки шліфувалися абразивними порошками з розмірами зерна 14-5 мкм. По закінченню шліфовки проводилось хімічне полірування зразків у 5% розчина NaOH. Кристал № 1 — вихідний, не піддавався жодній попередній обробці;

кристал № 2 – пластично деформований з підвищеною концентрацією дислокацій до  $5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$ ; кристал №3 – відпалений в атмосфері кисню при  $T = 1000^\circ\text{C}$ . Після хімічних обробок та дослідження дефектного стану поверхні (111) (за допомогою оптичного мікроскопа «Люам-ІЗ» та електронного мікроскопу) на кристали у вигляді сітки (додаток 1) у вакуумному універсальному пості ВУП5М з тиском залишкових газів  $P \sim 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$  напилювали плівки Al, які виступали в ролі омичних електричних контактів. По закінченню експерименту кристал № 2 піддався термічному відпалу у атмосфері  $\text{O}_2$ , а кристал № 3 пластично деформувався. Перед наступними обробками омичні контакти стравлювались у нітратній кислоті.

Спектр дислокаційної люмінесценції вивчали за допомогою модернізованого спектрометра (додаток 2) СФ-20. Зразки розміщувалися у вакуумному ( $P \sim 5 \cdot 10^{-6}$ ) кріостаті при двох температурних режимах: при температурі зрідженого азоту ( $-183^\circ\text{C}$ ) та при кімнатній. Збудження проводилось імпульсним електричним струмом величиною 100 мА та частотою 1 Гц.

Експериментальні результати: отримано спектральні залежності інтенсивності ДЛ від довжини хвилі. З аналізу цих залежностей для кристалу №1 видно, що як і при кімнатній, так і при температурі зрідженого азоту в люмінесценції можна чітко виділити 2 максимуми інтенсивності в околі  $\lambda = 1,14 \text{ мкм}$  і  $\lambda = 1,44 \text{ мкм}$ . Однак при температурі зрідженого азоту інтенсивність люмінесценції є вищою, ніж при кімнатній температурі. Виявлено, що взаємні обробки зразків № 2, 3 пластичною деформацією та відпалом у атмосфері кисню спричинили збільшення інтенсивності люмінесценції ліній D2 та D4 у 1,5-2 рази. Допускаємо, що лінія люмінесценції D4(1,07 eV) зумовлена екситонною рекомбінацією, а лінія D2(0,87 eV) переходами електронів з донорних рівнів, утворених киснем у забороненій зоні, на акцепторні рівні, утворених дислокаціями.

Керівник: Павлик Б.В., *професор ЛНУ ім. І. Франка.*

1. Н.А. Дроздов, А.А. Патрин, В.Д. Ткачев, *Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики* **23**, 651 (1976).
2. Н.Ф. Соболев, *ФТП*, **44** № 1, 3 (2010).