

ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЕРЕКРИСТАЛІЗОВАНИХ ШАРІВ CdSb, СФОРМОВАНИХ ПІД ДІЄЮ ІМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Методом імпульсного лазерного випромінювання виготовлені тонкі епітаксійні шари CdSb і виміряні їх електрофізичні властивості. Встановлено, що в перекристалізованому матеріалі відбувається утворення і загартування теплових дефектів акцепторного типу.

Thin epitaxial CdSb layers were prepared by pulse laser radiation and their electrophysical properties were measured. It was established that acceptor-type thermal defects are formed and quenched in recrystallized material.

Вступ

У працях [1; 2] показано, що під дією імпульсного лазерного випромінювання можливо отримати епітаксійні шари CdSb, в яких зберігається стехіометричний склад і перекристалізація відбувається без утворення метастабільної фази. У [3] наведені дані, які вказують на те, що при відповідних режимах опромінення можна досягнути інверсії типу провідності приповерхневого шару CdSb з утворенням фоточутливих електронно-діркових переходів. Механізм цього ефекту поки що залишається не вивченим. Крім того, залишаються невивченими такі питання, як вплив на електричні й оптичні властивості дефектів, що утворюються в умовах великих швидкостей нагрівання й охолодження в зоні дії імпульсного лазерного випромінювання.

У даній роботі наведено результати експериментальних досліджень електричних властивостей тонких перекристалізованих шарів CdSb *p*- і *n*-типу провідності, які утворюються під дією лазерного випромінювання.

Результати і їх обговорення

Для досліджень застосовувалися бездомішкові й леговані телуrom кристали CdSb, які вирощені методом Чохральського. Опромінювання зразків здійснювалося неодимовим лазером, який працював у режимі вільної генерації. Тривалість імпульсу складала 6 мс, максимальна площа опроміненої поверхні кристалів 1 см². Товщина приповерхневого шару напівпровідника, який утворюється при кристалізації з розплаву, в залежності від енергетичних режимів опромінення

змінювалася в широких межах (від кількох мікрометрів до 1 мм). Для вимірювань використовувалися зразки, не порушена опроміненням частина яких усувалася шляхом травлення. Електричні характеристики тонких перекристалізованих шарів визначались за методикою, описаною в [4].

Результати вимірювання питомої електропровідності σ_{33} , коефіцієнта Холла R_{312} і холлівської рухливості μ_{312} наведені в таблицях 1, 2, а також на рис. 1-5. З наведених даних випливає, що при опроміненні зразків *p*-типу, виготовлених з CdSb стехіометричного складу, концентрація носіїв заряду *i*, відповідно, провідність у перекристалізованому шарі зростає, а характер температурної залежності холлівської рухливості практично залишається без змін і в широкому інтервалі температур слідує закону $T^{-3/2}$ (рис. 1-3).

Збільшення концентрації дірок у перекристалізованому шарі може бути зумовлено фактором високої швидкості локального розігрівання й охолодження матеріалу в області дії на зразок лазерного випромінювання.

Таблиця 1. Електричні властивості *p*-CdSb до і після опромінення

<i>T</i> , К	Тип провідності	Питома електропровідність, Ом ⁻¹ см ⁻¹	Концентрація носіїв струму, см ⁻³	Рухливість, см ² /(В·с)
до опромінення				
300	<i>p</i>	0,34	1,7·10 ¹⁶	151
77	<i>p</i>	0,41	1,2·10 ¹⁵	2579
після опромінення				
300	<i>p</i>	0,5	9·10 ¹⁶	81,45
77	<i>p</i>	0,9	2,7·10 ¹⁵	2697

Таблиця 2. Електричні властивості CdSb, легованого телуrom, до і після опромінення

T, K	Тип провідності	Питома електропровідність, Ом ⁻¹ см ⁻¹	Концентрація носіїв струму, см ⁻³	Рухливість, см ² /(В·с)
до опромінення				
300	p	1,74	3,8·10 ¹⁶	339
77	p	1,23·10 ⁻⁴	3,7·10 ¹¹	2460
після опромінення				
300	p	31,5	2,0·10 ¹⁸	104
77	p	25,0	1,2·10 ¹⁸	159

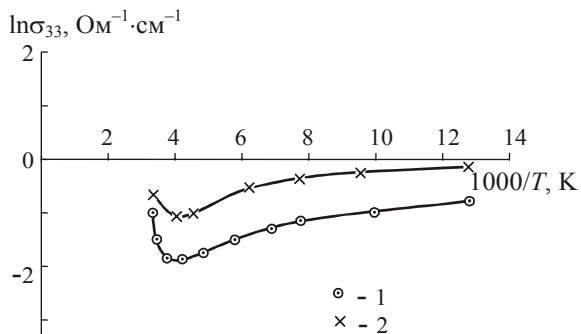


Рис. 1. Залежність питомої електропровідності CdSb від температури до (1) і після (2) дії лазерного випромінювання

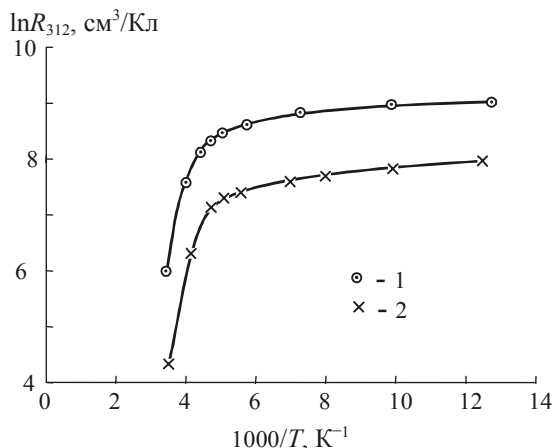


Рис. 2. Залежність коефіцієнта Холла від температури до (1) і після (2) дії лазерного випромінювання

У цих умовах найбільш імовірним є утворення й загартування термічних точкових дефектів акцепторного типу.

Властивості епітаксійних шарів, одержаних із застосуванням лазерної техніки для здійснення процесів перекристалізації CdSb, легованого Те, наведені в таблиці 2 і на рис. 4,5. Дослідження показали, що перекристалізовані шари, на відміну від непроміненого матеріалу матриці, характеризуються дірковим типом провідності. Крім того, концентрація дірок в області виснаження домішок у результаті дії лазерного випромінювання збільшується на 2-3 порядки.

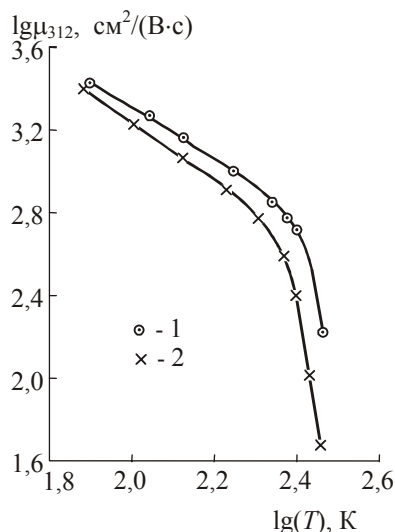


Рис. 3. Залежність холлівської рухливості CdSb від температури до (1) і після (2) дії лазерного випромінювання

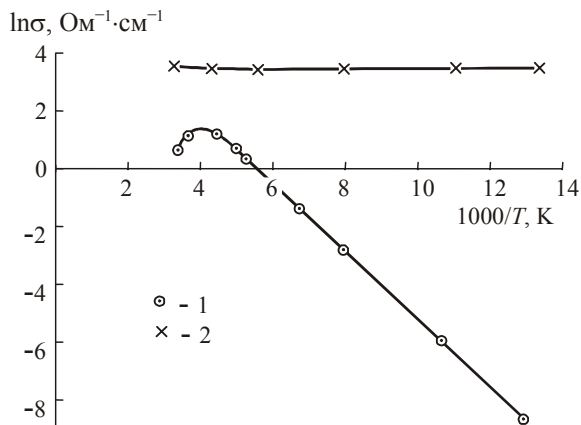


Рис. 4. Залежність питомої електропровідності легованого телуrom CdSb від температури до (1) і після (2) дії лазерного випромінювання

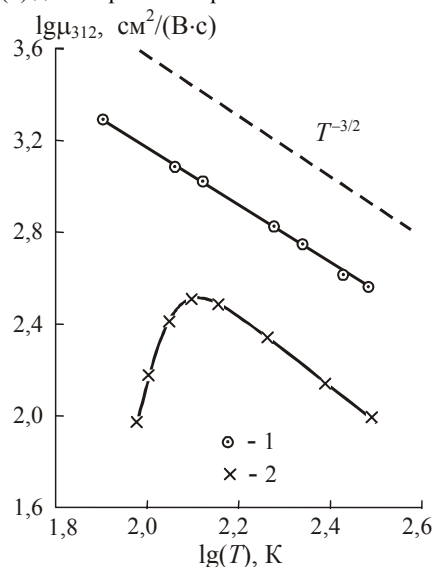


Рис. 5. Температурна залежність холлівської рухливості легованого телуrom CdSb від температури до (1) і після (2) дії лазерного випромінювання

Спостережувані зміни знака носіїв заряду й величини концентрації дірок можуть бути результатом дії кількох факторів. Дослідження з метою визначення характеру розподілу домішок у перекристалізованому шарі за методом радіоактивних ізотопів показали, що важливу роль у процесі витіснення атомів Те у бік зовнішньої поверхні утвореного шару відіграють сегрегаційні процеси, які схожі на процеси зонного очищення.

Ще одним фактором, який приводить до зростання концентрації дірок у перекристалізованому шарі, як у випадку базисного матеріалу *p*-типу, є висока швидкість локального розігрівання й охолодження перекристалізованого матеріалу в області дії лазерного випромінювання, коли стає можливим утворення й гартування теплових дефектів, які виконують роль акцепторів.

Висновки

За допомогою методу радіоактивних ізотопів встановлено, що у випадку CdSb, легованого телуром, у процесі перекристалізації матеріалу під дією лазерного випромінювання атоми Те витісняються в область поверхні епітаксійних шарів.

Дослідження електричних властивостей епітаксійних шарів, сформованих лазерним випромінюванням на основі CdSb, показали, що у випадку бездомішкового базового матеріалу і у випадку легованого матеріалу у тонких перекристалізованих шарах відбувається збільшення й загартування дефектів акцепторного типу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Пляцко Г.В., Кияк С.Г., Семизоров О.Ф., Жаровецький В.М.* Об эффективности формирования *p-n*-переходов в антимониде кадмия // – УФЖ. – 1980. – **25**, №4. – С. 552-556.
2. *Кияк С.Г.* Гетеропереход на основе антимонида кадмия // УФЖ. – 1980. – **25**, №4. – С. 552-556.
3. *Пляцко Г.В., Кияк С.Г., Семизоров О.Ф., Мойса М.М.* Формирование *p-n*-переходов в антимониде кадмия под действием лазерного излучения // ФТП. – 1980. – **25**, №4. – С. 552-556.
4. *Petritz R.* Theory of an experiment for measuring the mobility and density of the carriers in the space-charge region of a semiconductor surface // Phys. Rev. – 1958. – **110**, No.6. – P. 1254-1262.