

УДК 621.382

Кривоус А.С.¹, Сніжної Г.В.², Слодовник А.І.³

¹ асп. гр. А-105.13 НУ «Запорізька політехніка»

² проф. НУ «Запорізька політехніка»

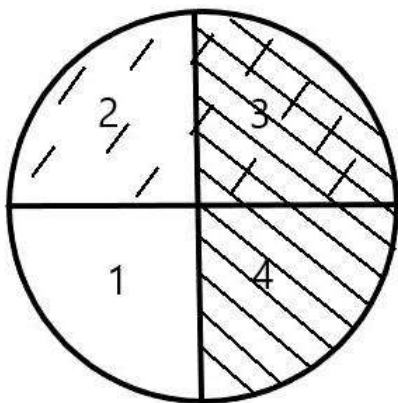
³ директор ТОВ «Елемент-Перетворювач»

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТРАВЛЕННЯ ПЛАСТИН КРЕМНІЯ N-ТИПУ НА ГЛИБИНУ ДИФУЗІЇ АЛЮМІНІЮ ТА БОРУ

Зараз не можливо уявити сучасний світ без напівпровідникових приладів. Напівпровідникова електроніка проникла у всі сфери діяльності людини – від мистецтва й побуту до медицини та космосу. Починаючи з кінця 40х років ХХ ст. й до сьогодні, вона здолала стрімкий, але багатоетапний шлях від дискретного напівпровідникового транзистора до процесорів з 100 мільярдами транзисторів. Сучасні технології виготовлення напівпровідникових процесорів виглядають фантастично, але без дискретних приладів напівпровідникова електроніка не залишилась. Одним з напрямків напівпровідникової електроніки, де збереглись дискретні напівпровідникові прилади, є силова електроніка. Основою енергоефективної економіки є високотехнологічна силова електроніка. Використання якісних та надійних силових напівпровідникових приладів (СНП) та силових напівпровідникових модулів (СНМ) сприяє заощадженню електроенергії в транспорті та промисловості. З метою оптимізації елементної бази для СНП та СНМ, які виробляє ТОВ «ЕЛЕМЕНТ-ПЕРЕТВОРЮВАЧ», на підприємстві конструкторським відділом постійно проводяться НДР з залученням аспірантів та співробітників НУ «Запорізька політехніка».

Робота проводилась в контексті програми розробки та запровадження в виробництво склопассивованих (з захищеною склою меза-фаскою) чипів тиристорів та триаків. В напівпровідниковій структурі р-п перехід, який забезпечує пряму гілку ВАХ наведених чипів, виконаний за планарною технологією з використанням «ділительних кілець» з подальшим захистом виходу р-п переходу на поверхню склою. Технологія створення «ділительних кілець» базується на різниці в швидкості дифузії в шліфовану, травлену та окислену поверхню пластин кремнію. Для визначення глибини дифузії в різні варіанти підготовленої поверхні на наявному на підприємстві обладнанні була виготовлена партія кремнієвих пластин в кількості 8 штук. Вихідний матеріал – кремній n-типу Б-45.

Пластини шліфувались з використанням шліфувального порошку F400 (середній розмір зерна 17 мкм) з товщини 400 мкм до товщини 320 мкм, після чого їх обробили ПАР та ПКР з УЗМ. Подальша підготовка пластин полягала в травленні частини пластин у кислотному розчині типу 1:10 (1 частика HF та 10 - HNO_3) або у кислотному розчині типу 1:4:0,5 (1 частка HF, 10- HNO_3 та 0,5 - $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) з кількома варіантами травлення поверхні кремнієвої пластини на різну контрольовану глибину та з окисненням частини пластини згідно рисунку 1. Окислення проводилось в дифузійній печі протягом двох годин при температурі 1015 °С.



1 – травлена; 2 – травлена та окислена; 3 – шліфована та окислена;
4 – шліфована.

Рисунок 1 – Підготовка пластини.

Технологія формування «кілець» для напівпровідникових структур на шліфованих пластинах кремнію базується на різниці швидкості дифузії композиції домішки алюмінію та бору в поверхні, які підготовлені в різний спосіб. Тонкий шар окислу на шліфованій поверхні платини кремнію являє собою маскуючим покриттям для домішки бору, але прозорий для дифузії алюмінію. В свою чергу травлена поверхня прозора для дифузії бору, але не достатньо активна для дифузії алюмінію. Дифузія легуючої домішки проводилась з алюмоборосилікатного скла (склад композиції для проведення дифузії для очікуваного поверхньового опору R_{sp} (Ом·см) відповідає: 7 г $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; 0,1 г H_3BO_3 на 50 мл $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Дифузанти наносили на поверхню пластини центрифугою ($V_{об}=2500$ об./хв.). Дифузія проводилась протягом 22 годин з поступовим підняттям температури з 800°C до 1250°C. Глибина p-n

переходу x_j визначалась методом сферичного шліфу з діаметром сфери 17,3 мм. Контрастне зафарбовування дифузійних шарів в кремнії проводилось в розчині CuSO_4 . Отримані результати вимірювань для різних комбінацій підготовки поверхні пластин кремнію було оформлено в таблицю 1.

Таблиця 1 – Глибина дифузії композиції легуючої домішки алюмінію та бору в поверхню пластин кремнію, підготовлених в різний спосіб

№ пластини	Кислотний розчин	Глибина травлення,	Поверхня без окислу		Поверхня з окислом	
			шліфована	травлена	шліфована	травлена
			x_j , мкм	x_j , мкм	x_j , мкм	x_j , мкм
1	1:4:0,5	4	78,7	32,8	59,1	Не має
2		8	78,7	26,8	52,5	Не має
3		14	78,7	23,1	42,3	Не має
4		12	78,7	33,2	50,3	Не має
5	1:10	1-2	73,5	54,6	56,8	46,2
6		4	73,5	26,8	56,8	Не має
7		8-9	73,5	17,1	50,3	Не має
8		11-12	78,7	22,4	54,6	Не має

На основі даних таблиці 1 побудували криві залежності глибини дифузії легуючої домішки від глибини травлення для двох типів кислотних розчинів. З отриманих залежностей зробили висновки, що кислотний розчин 1:10 ефективніше затримує легуючу домішку композиції алюмінію та бору, ніж кислотний розчин 1:4:0,5. Проте, під час контролю товщини пластини від краю до центру, з'ясували, що травлення пластин в 1:10 не рівномірне, що ускладнює застосування даного розчину для технології формування «ділительних кілець». З проведеного аналізу підібрали оптимальну глибину (5-10 мкм) травлення поверхні в кислотному розчині 1:4:0,5 перед проведенням дифузії легуючої домішки алюмінію та бору без окислення перед нанесенням алюмоборосилікатного скла. З'ясували глибину р-п переходу x_j для шліфованої поверхні без окислу (76 мкм), з окислом (45-55 мкм) та для поверхні обробленої кислотним розчином (17-27 мкм) для заданого режиму дифузії та композиції легуючої домішки. Також визначили, що якщо поверхня пластин кремнію травлена на глибину більше 5 мкм та окислена, то дифузія в пластину кремнію на заданих в роботі режимах не відбувається.