

Раббимов Э.А.

доцент кафедры «Радиоэлектроника»

Джизакский политехнический институт

**ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПАРАМЕТРЫ ПЛЕНКИ CaF_2/Si ,
ИМПЛАНТИРОВАННЫХ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ИОНАМИ
БАРИЯ**

Аннотация: В данной работе исследуются пленки CaF_2 и их потенциал для создания приборов в области твердотельной электроники, включая интегральные схемы (БИС) и ультрабыстрые интегральные схемы (УБИС). Работа представляет некоторые важные характеристики этих пленок. Рост монокристаллических пленок CaF_2 на подложке Si (100) начинается с механизма Странского-Крастанова и затем переходит к механизму Франка-Ван-дер-Мерве. Исследования показывают, что поверхность пленок CaF_2 (100) становится кристаллической (1x1) после высокотемпературного прогрева.

Ключевые слова: Пленки CaF_2 , Твердотельная электроника, ультрабыстрые интегральные схемы, Механизм роста пленок.

Rabbimov E.A.

Associate Professor of the Department of Radioelectronics

Jizzakh Polytechnic Institute

Annotation: This work investigates CaF_2 films and their potential for the development of devices in the field of solid-state electronics, including integrated circuits (ICs) and ultra-fast integrated circuits (UFICs). The study highlights some important characteristics of these films. The growth of monocrystalline CaF_2 films on a Si (100) substrate starts with the Stranski-Krastanov mechanism and then transitions to the Frank-van der Merwe

mechanism. Research shows that the surface of CaF₂ (100) films becomes crystalline (1×1) after high-temperature annealing.

Keywords: *CaF₂ films, solid-state electronics, ultra-fast integrated circuits, film growth mechanisms.*

Пленки CaF₂ имеют большую перспективу в создание уникальных приборов твердотельной электроники, в частности БИС и УБИС. Поэтому в данной работе приводятся некоторые важные характеристики пленок CaF₂ [1-3]. Отметим, что рост МЛЭ пленки CaF₂/Si(100) в начальном этапе происходит по механизму Странского – Крастанова, затем реализуется рост по механизму Франка–Ван-дер–Мерве. Поверхность (1x1) CaF₂ (100) формируется после высокотемпературного (T=1120 К) прогрева пленок с d 150-200 Å (рис. 1.).

Основными инородными примесями в приповерхностной области CaF₂ являлись атомы кислорода и углерода. Кроме того, в оже- и масс-спектрах обнаружено малое количество (1-2 ат.%) атомов S и N. Наиболее оптимальная температура обезгаживания пленки CaF₂ – 1000-1050 К. При этом концентрация кислорода уменьшалась до 2 - 3 ат.% и эти образцы принимались за "чистые". Дальнейшее увеличение температуры прогрева приводило к частичному разложению CaF₂, вследствие чего наблюдалась десорбция фтора с поверхностных слоев и обогащение этих слоев атомами кальция.

На рис.2 представлены зависимости максимального значения коэффициента ИВЭ m и квантового выхода фотоэлектронов Y от толщины пленки CaF₂, нанесенной на поверхность Si(111). Как видно из этого рисунка, значение Y с ростом d увеличивается, что связано с большей эмиссионной эффективностью CaF₂ по сравнению с Si. Глубина зоны выхода вторичных электронов для CaF₂ при бомбардировке как

первичными электронами, так и фотонами с $h\nu=10$ эВ составляет 350 - 400 Å. Учитывая это, основные исследования в данной работе проведены на пленках толщиной $d = 500$ Å.

Основными оптическими константами являются: показатель преломления n , коэффициент отражения r и диэлектрическая проницаемость. Все эти константы непосредственно связаны с микроскопическими параметрами кристалла и зависят от температуры и в некоторых случаях от толщины диэлектрической пленки.

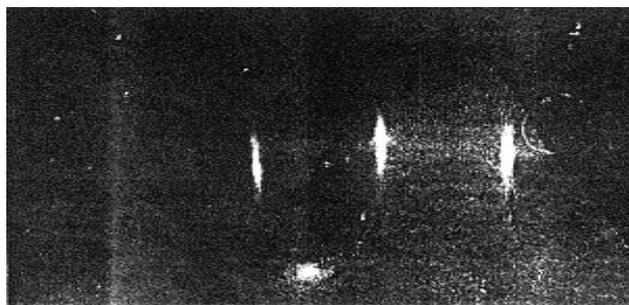


Рис.1. Картина ДБЭ МЛЭ плёнки CaF₂/Si(100). Температура роста $T_s=1000$ К.

Толщина плёнки $h=2200$ Å.

В таблице 1. представлены значения n для Si с поверхностной пленкой CaF₂ разной толщины, определенные оптическим методом и методом СУОЭ. Как следует из таблицы, в случае тонких пленок CaF₂ на n сильное влияние оказывает подложка - кремний. Роль подложки особенно заметна в видимой и инфракрасной областях света, т.е. в области, где энергия электромагнитного излучения ($\hbar\omega < 2$ эВ), много меньше ширины запрещённой зоны пленки CaF₂ ($E_g \sim 9-10$ эВ). В указанной энергетической области излучения диэлектрическая пленка оказывается почти прозрачной, следовательно свет, проникая вглубь образца, в основном взаимодействует с атомами кремния. Некоторое уменьшение n в случае толстых пленок, по видимому, обусловлено наличием примесных атомов в объеме пленки CaF₂. В области ультрафиолетового излучения,

особенно при $h\nu > 10,2$ эВ (<1200 Å) происходит сильное поглощение света пленкой [4,5].

Значение n определенное методом СУОЭ уже при малых толщинах пленки ($d \sim 100$ Å) резко отличается от n для Si и становится характерным для диэлектриков. Некоторое отличие n пленки с толщиной $d \sim 100$ Å от n для толстой пленки, по-видимому, обусловлено не только вкладом матрицы в возбуждение межзонных переходов и плазменных колебаний, но и несовершенством стехиометрического состава и кристаллической структуры пленки вследствие влияния подложки. В случае толстых пленок значения n , полученные методом СУОЭ и оптическим методом в области ультрафиолетового излучения близки.

Таблица 1.

Значения показателя преломления света n для пленок CaF₂

Метод	Толщина пленок d , Å							
	0 (Si)	100	200	400	600	800	1200	2000
Оптический:								
=1050 (УФ)	3,5	3,0	2,2	1,8	1,6	1,6	1,55	1,55
=6700 (кр)	3,4	3,2	3,2	-	3,2	3,0	3,0	3,0
=1064 (ИК)	3,1	3,1	3,0	-	-	-	3,0	2,9
СУОЭ	3,35	1,7	1,48	1,52	-	1,43	-	1,45

Оптические свойства пленок CaF₂/Si (100) резко изменяются после ионной имплантации, особенно при больших дозах облучения. В таблице 2 приведены значения оптических параметров пленки CaF₂, легированной ионами Ва⁺ с $E_0=0,5$ кэВ при дозе облучения $D \approx 6 \cdot 10^{16}$ см⁻² до после прогрева при $T=1000$ К.

Видно, что пост имплантационный прогрев приводит к уменьшению n , r , однако их значения даже при $T=1100$ К остаются несколько большими, чем для чистой пленки CaF₂.

ЛИТЕРАТУРА

1. J.A. Mustofoqulov at all. Methods for designing electronic device circuits in the "Proteus" program. Journal of "Economics and Society" No. 4(107) 2023.
2. Muldanov F.R. [Методы построения системы работа глазанализатора на основе видеозображения и их применение](#). Экономика и социум, 2024. № 2-1 (117).Ст. 1181-1184.
3. Eshonqulov A.A., (2024). Mediata'limning bo'lajak muhandislarni kasbga tayyorlashdagi maqsadi. "Экономика и социум" №1(116) 2024.
4. Дрозденский, С., & Муртазин, Э. (2024). СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ: ПУТЬ К БЕСПРОВОДНОЙ ЭНЕРГИИ. *Экономика и социум*, (4-1 (119)), 855-858.
5. Якименко, И., Каршибоев, Ш., & Муртазин, Э. (2024). ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МАШИНОСТРОЕНИИ. *Экономика и социум*, (2-1 (117)), 1578-1581.
6. Irisboev, F. (2024). THE PLACE OF NANOTECHNOLOGY IN THE PRESENT TIME. *Modern Science and Research*, 3(1), 52-56.
7. Умирзаков Б.Е., Нормурадов М.Т., Раббимов Э.А., Ташатов А.К. // Поверхность. – Москва, 1992. - №2. - С. 47-53.
8. Сагтаров, С. А. (2024). КРИТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЕЧНОЙ ЯЧЕЙКИ. *Экономика и социум*, (3-1 (118)), 912-916.
9. Islomov, M. (2024). PLANE ELECTROMAGNETIC WAVE PARAMETERS. *Modern Science and Research*, 3(1), 88-91.
10. Metinkulov, J. T. (2024). MICROPROCESSOR KP580VM80A PRINCIPLE OF OPERATION. *Экономика и социум*, (1 (116)), 328-331.

11. Ташатов А.К., Умирзаков Б.Е., Алтухов А.А., Раббимов Э.А. // Материалы IX Всесоюз. конф. «Взаимодействие ионов с поверхностью». - Москва, 1991. - С. 85-87.

12. Якименко, И., Каршибоев, Ш., & Муртазин, Э. (2024). СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ В ФИЗИКЕ. Science and innovation, 3(Special Issue 23), 224-226.