

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ TFT: СРАВНЕНИЕ МЕТОДА ОБРАТНОГО ТРАВЛЕНИЯ КАНАЛА С МЕТОДОМ ПРЕРЫВАНИЯ ТРАВЛЕНИЯ

Шрамов И.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Степанов А.А. – канд. тех. наук, доцент

В данной работе приведено сравнение двух наиболее популярных методов формирования тонкоплёночных транзисторов (TFT) на аморфном гидрогенизированном кремнии a-Si:H, а именно технологии с обратным травлением канала с нижним расположением затвора и технологии с прерыванием травления.

Ключевым преимуществом процесса изготовления a-Si:H TFT является его высокая производительность. Это отчасти обусловлено небольшим количеством фотолитографий (четыре или меньше). На рисунке 1 показаны две архитектуры TFT, которые различаются наличием слоя a-SiNx:H поверх TFT на рисунке 1, б. Эти две структуры формируются разными технологическими процессами: структура, показанная на рисунке 1, а, называется структурой с обратным травлением канала (англ. *Back channel etched – BCE*), тогда как структура на рисунке 1, б – структурой с технологией прерывания травления (англ. *etch-stop – ES*).

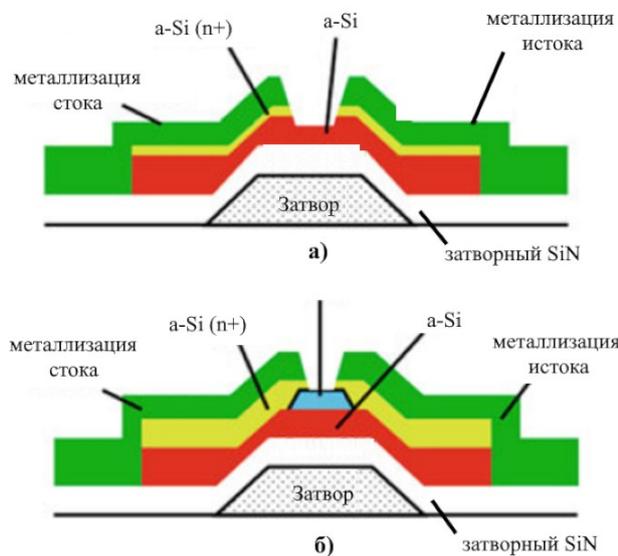


Рисунок 1 Сечение инвертированных ступенчатых TFT на a-Si:H:
а – структура с обратным травлением канала;
б – структура с технологией прерывания травления

Первый этап технологии изготовления TFT включает в себя магнетронное распыление и формирование фотолитографией рисунка для определения металлического электрода затвора с помощью маски (№1). Затем электрод затвора покрывается послойно тремя последовательно осажденных пленками a-SiNx:H, нелегированного a-Si:H и n+ a-Si:H в реакторе плазмохимического осаждения из газовой фазы. Толщина пленок для коммерческих TFT обычно составляет 300 нм для a-SiNx:H, 200 нм для a-Si:H и 50 нм для n+ a-Si:H.

На втором этапе с помощью второго фотолитографического рисунка (маска № 2) слоистая пленка стравливается до отдельных островков. Следующие два этапа (третий и четвёртый) включают осаждение контактных металлов истока и стока и их формирование в контактные площадки и дорожки с помощью маски №3. Затем этот рисунок металлизации используется как маска для травления, чтобы выборочно удалить n+ слой из тех областей слоистой пленки островков TFT, которые не защищены металлом [1]. Процесс изготовления TFT завершается осаждением защитного / пассивирующего слоя a-SiNx:H, который формируется с помощью маски №4 в контактные отверстия до площадок истока, стока и затвора. (по каждому этапу нужно добавить рисунок, например, или нарисовать свои.

Критическим этапом этого технологического процесса является травление n+ слоя между контактами истока и стока. Поскольку селективность травления между n+ слоем и нелегированным a-Si:H минимальна, требуется хорошо контролируемый и воспроизводимый по времени процесс

травления, чтобы гарантировать полное удаление $n+$ слоя, и не допустить перетравливание нижележащего нелегированного $a\text{-Si:H}$. Для компенсации подтравленного слоя нелегированного $a\text{-Si:H}$ используется относительно толстый его слой (порядка 200 нм). Этап травления $n+$ области определяет длину канала TFT , которая задается расстоянием между краями областей $n+$ истока и стока. В итоге, процесс BCE состоит из четырех этапов с масками, двух плазменно-химических осаждений из газовой фазы и двух этапов магнетронного распыления металла.

Сравнение архитектур BCE и ES на рисунке 1.2 показывает, что структура ES отличается главным образом наличием слоя из $a\text{-SiNx:H}$ под краями областей $n+$. Это обеспечивает большую селективность травления между травлением областей $n+$ и нижележащим $a\text{-SiNx:H}$ и, таким образом, позволяет избежать необходимости использования критически точно рассчитанного по времени травления. Однако ценой этого решения является более сложный технологический процесс. После первого этапа с маской №1 для определения электрода затвора выполняется трехслойное осаждение $a\text{-SiNx:H}$, $a\text{-Si:H}$ и $a\text{-SiNx:H}$, а $a\text{-SiNx:H}$ поверх слоистой пленки формируется в подложке для остановки травления с помощью маски №2. Затем следует отдельное осаждение $n+$ слоя и определение островков устройства с помощью маски №3. Металлы истока и стока осаждаются и формируются с помощью маски №4, и, как и в процессе BCE , нежелательный $n+$ слой удаляется с использованием металлических площадок в качестве маски для травления. Однако, в отличие от точно рассчитанного времени травления в процессе BCE , подложка $a\text{-SiNx:H}$ действует как селективный слой, останавливающий травление. Это обеспечивает воспроизводимость процесса и делает контроль времени травления менее критичным, что также позволяет использовать более тонкие слои $a\text{-Si:H}$ (обычно до 100 нм). На заключительном этапе проводится осаждение защитного слоя $a\text{-SiNx:H}$, а маска №5 используется для открытия окон для контактных площадок истока, стока и затвора [2].

В ES -процессе размер островка из $a\text{-SiNx:H}$, являющийся стоп-слоем травления, определяет расстояние между теми частями областей $n+$ истока и стока, которые контактируют с активным слоем TFT , и, следовательно, определяет его длину канала.

В заключении можно отметить что, процесс ES включает пять этапов фотолитографии и три осаждения $PECVD$, но избегает сложного этапа травления, а также обеспечивает потенциально лучший пассивирующий слой на задней поверхности (за счёт первого трехслойного осаждения). Однако, сравнивая этапы процесса с процессом BCE (см. таблицу 1), ясно, что при условии хорошего контроля обратного травления канала, процесс BCE является более экономичным, так как имеет меньше количество технологических операций. Следовательно, он может обеспечить более высокую производительность и более низкую общую стоимость пластины и широко использоваться на производственных предприятиях. Для многих исследовательских лабораторий процесс ES предпочтительнее для фундаментальных исследований устройств, поскольку он проще в реализации и управлении, чем в производственных условиях, и не требует сложного оборудования.

Таблица 1 – Сравнение технологических этапов BCE и ES технологий создания $a\text{-i:H TFT}$

Наименование процесса	BCE	ES
Количество фотолитографий	4-маски	5-масок
Плазменно-химическое осаждение из газовой фазы	2	3
Удаление $n+$ $a\text{-Si:H}$	Травление $a\text{-Si:H}$ с контролируемым временем	Дифференциальное травление относительно SiNx:H

Список использованных источников:

1. Yang D-K, Wu S-T (2006) *Fundamentals of liquid crystal devices, chapter 1*. Wiley, NY 10. Pauluth D, Tarumi K (2005) *Optimization of liquid crystals for television..*
2. Den Boer W. *Active matrix liquid crystal displays: fundamentals and applications*. – Elsevier, 2011.