

УДК 621.7.08

ДИНАМИКА ОСАЖДЕНИЯ И УДАЛЕНИЯ ФТОРУГЛЕРОДНОЙ ПЛЕНКИ В ЦИКЛИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ

© 2024 г. О. В. Морозов^{1, *}

¹Ярославский Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки “Физико-технологического института имени К. А. Валиева Российской академии наук”, Ярославль, Россия

*E-mail: moleg1967@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.11.2023

После доработки 22.11.2023

Принята к публикации 28.12.2023

Проведены *in situ* измерения динамики осаждения и травления фторуглеродной пленки (ФУП) в циклическом процессе плазмохимического травления кремния с помощью лазерного интерферометра. Прямые измерения скоростей осаждения и травления, а также времени травления ФУП открывают новые возможности для оптимизации циклической процедуры травления. Например, регулировка времени травления ФУП позволяет улучшить селективность процесса травления.

DOI: 10.31857/S0367676524040027, EDN: QITUXF

ВВЕДЕНИЕ

Глубокое анизотропное травление кремния является одним из ключевых процессов в технологиях микромеханики. Основные требования к этому процессу – высокая скорость и анизотропия травления канавок в кремнии, достигаются при использовании циклического способа травления, известного как Time-Multiplexed Deep Silicon Etching (TMDSE) [1]. Идея TMDSE состоит в многократном повторении набора стадий, в которых используются разные режимы травления – реактивное ионное (РИТ) и плазмохимическое (ПХТ), с соответствующим химическим составом плазмы.

В современных процессах TMDSE часто используется разделение каждого цикла на три стадии: осаждение фторуглеродной пленки (ФУП) в $s\text{-C}_4\text{F}_8$ плазме (“осаждение”); удаление ФУП на дне канавок в режиме РИТ (“удаление”); высокоскоростное изотропное травление кремния в SF_6 плазме в режиме ПХТ (“травление”). Независимая настройка параметров стадии “удаление” проводится с целью достижения высокой анизотропии травления ФУП. Высокая энергия бомбардирующих ионов в режиме РИТ стимулирует анизотропию травления, т.е. преимущественное удаление ФУП на дне канавки. Разработка различных многостадийных TMDSE процедур нацелена в большей степени на оптимизацию параметров стадии “удаление” для достижения качественного профиля канавок с высоким аспектным отношением

и получения высокой селективности процесса травления [2–6].

Ограниченное по времени применение режима РИТ в процессе TMDSE только для удаления ФУП на дне канавки имеет ряд преимуществ. Одно из них связано с ограничением влияния ионной бомбардировки на качество поверхности стенок канавок. Вследствие того, что поток ионов из плазмы всегда имеет некоторое угловое распределение, на стенках могут возникать ионно-стимулированные повреждения поверхности [7, 8]. Другое преимущество связано со снижением интенсивности травления маски, т.к. скорость травления материала маски (SiO_2 , фоторезист) в режиме ПХТ обычно меньше скорости травления в режиме РИТ [9]. Поэтому своевременная смена стадии “удаление” на стадию “травления” может обеспечить очень высокую селективность процесса [3]. Таким образом, определение момента окончания процесса удаления ФУП является актуальной задачей, решение которой дает возможность точной настройки параметров стадии “удаление”. Вместе с тем, управление продолжительностью удаления ФУП представляет интерес с точки зрения получения аспектно-независимого процесса TMDSE [10, 11].

В данной работе представлены результаты исследования динамики осаждения и травления в процессах TMDSE и измерения продолжительности удаления ФУП с использованием лазерного интерферометра.

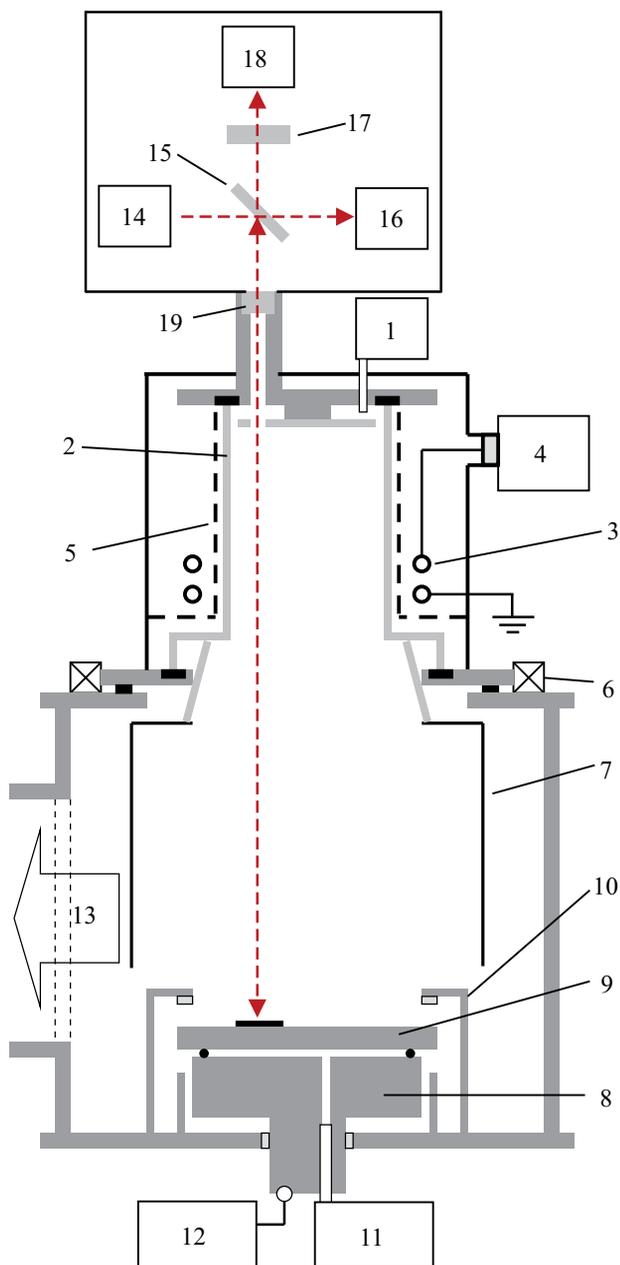


Рис. 1. Составные части индукционного источника плазмы (1–6), реакционной камеры (7–13), и лазерного интерферометра (14–19): 1 – система ввода реакционных газов; 2 – кварцевая колба; 3 – индуктор; 4 – ВЧ-генератор к индуктору; 5 – металлический экран потенциала электромагнитного поля индуктора; 6 – кольцевой электромагнит; 7 – нагреваемый экран в реакционной камере; 8 – водоохлаждаемый электрод; 9 – держатель пластин; 10 – механические прижимы держателя пластин к электроду; 11 – система поддержания избыточного давления He в зазоре между 8 и 9; 12 – ВЧ-генератор к электроду (W_{bias}); 13 – система откачки; 14 – He-Ne лазер ($\lambda=633$ нм); 15 – светоделительная пластина; 16 – фотоприемник опорного луча; 17 – интерференционный фильтр ($\lambda=633$ нм); 18 – фотоприемник измерительного луча; 19 – оптическое окно (плавленый кварц).

ЭКСПЕРИМЕНТ

Процессы TMDSE проводились в плазмохимической установке с ВЧ (13.56 МГц) индукционным источником плазмы, интегрированным с реакционной камерой ALCANEL RDE-300 (рис. 1). Источник плазмы (разрядная камера) представляет собой катушку индуктивности, навитую вокруг кварцевой колбы (диаметр 100 мм). Разрядная и металлическая реакционная камера (диаметр 300 мм) являются единой вакуумно-плазменной системой, помещенной в постоянное магнитное поле. Плазма изолировалась от стенок реакционной камеры тонкостенным алюминиевым цилиндром (диаметр 220 мм), который нагревался вследствие теплообмена с плазмой. Стационарная температура экрана в процессах TMDSE составляла ~ 500 К при ВЧ-мощности на индукторе 780 Вт. Измеренная эффективная скорость откачки реакционного объема при давлении (P) равном 0.2–1 Па составляет $310 \pm 5\%$ л/с. В нижней части реакционной камеры расположен электрод (диаметр 150 мм) на расстоянии 20 см от индукционного источника. Образцы помещались на держатель пластин (диаметр 160 мм), который через систему шлюзовой загрузки помещался на электрод. Энергия бомбардирующих ионов регулировалась заданием необходимого постоянного напряжения самосмещения на электроде ($-U_{\text{bias}}$) путем подачи ВЧ мощности (W_{bias}) от отдельного генератора (13.56 МГц). Температура держателя и образцов (300–310 К) поддерживалась за счет теплопередачи через заполненный гелием зазор между электродом и держателем. Давление гелия в зазоре устанавливалось на уровне ~ 1000 Па.

В экспериментах использовалась трехстадийная процедура TMDSE. Стадия “осаждение” проводилась при $W_{\text{bias}}=0$ Вт в газовой смеси SF_6 и $s\text{-C}_4\text{F}_8$ с разным расходом $Q_{\text{SF}_6}=8\text{--}12$ нсм³/мин ($Q_{\text{C}_4\text{F}_8}=60$ нсм³/мин, $P=1.1\text{--}1.3$ Па). Время стадии “осаждение” задавалось равным 3 с. Стадии “удаление” и “травление” проводились в чистой SF_6 плазме при расходе газа равном 150 нсм³/мин ($P=3.7$ Па). Суммарное время стадий “удаление” и “травление” задавалось равным 9 с, а длительность цикла t_c составляла 12 с. На стадии “удаление” устанавливалась мощность $W_{\text{bias}}=20$ Вт для обеспечения режима РИТ с высокой энергией ионного потока ($-U_{\text{bias}}=65$ В). Стадия “травление” проводилась в режиме ПХТ без ВЧ смещения электрода. В экспериментах соотношение длительности обработки в режимах РИТ и ПХТ варьировалось путем изменения времени выдержки ВЧ смещения на электроде (t_{bias}). Качество профилей травления канавок исследовалось с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Zeiss Supra-40.

Исследование динамики осаждения и травления проводились с использованием лазерного

интерферометра производства Sofie Instruments. Интерферометр жестко закреплялся на верхнем фланце разрядной камеры. Измерительная схема интерферометра представлена на рис. 1. Луч от нестабилизированного He-Ne лазера разделяется с помощью светоделительной пластинки на два луча: измерительный и опорный. Компенсация нестабильности выходной мощности лазера достигается делением напряжения измерительного фотоприемника на напряжение опорного фотоприемника в компьютерной программе обработки данных. Частота съема данных составляла 1 кГц. В результате цифровой фильтрации получали выходной массив данных с частотой 10 Гц. Сигнал интерферометра формировался при отражении измерительного луча от пластинки кремния со сплошной пленкой SiO₂ (толщина ~1 мкм) на ее поверхности. Динамика переключения потока газов в программе управления параметрами TMDSE была синхронизирована с процессом регистрации сигнала интерферометра.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зависимость интенсивности отражения (I) в непрерывном процессе травления пленки SiO₂ является гармонической функцией от времени в соответствии с теорией многолучевой интерференции в тонких пленках. Измерительный сигнал интерферометра $I(t)$ при постоянной скорости изменения оптической толщины пленки можно описать следующим выражением:

$$I(t) = B + A \cos\left(\frac{4\pi Vnt}{\lambda} + \varphi_0\right), \quad (1)$$

где V – скорость травления, λ – длина волны лазера, n – показатель преломления SiO₂, B и A – константы, φ_0 – начальная фаза, определяемая исходной толщиной SiO₂. Определив период T функции $I(t)$, можно рассчитать скорость процесса:

$$V = \frac{\Delta h}{T} = \frac{\lambda}{2nT}, \quad (2)$$

где Δh – изменение толщины пленки за время T . На сигнале интерферометра в TMDSE процессе травления наблюдаются циклические (с периодом t_c) колебания значения I , связанные с изменением оптической толщины двухслойной структуры – ФУП на SiO₂ (рис. 2а). В процессе осаждения ФУП оптическая толщина структуры увеличивается, а в процессе травления ФУП и SiO₂ уменьшается. Это обуславливает разнонаправленные изменения значений I в течение цикла TMDSE. Обычно толщина ФУП в процессах TMDSE составляет ~2–20 нм, что много меньше $\Delta h=107$ нм [12]. Для

оценки скоростей осаждения и травления в пределах одного цикла использовалась производная функции $I(t)$ (1):

$$\frac{dI(t)}{dt} = \frac{-4\pi AVn \sin\left(\frac{4\pi Vnt}{\lambda} + \varphi_0\right)}{\lambda}, \quad (3)$$

Согласно (3) на интервалах сигнала интерферометра $r1$ или $r2$, где $\sin(4\pi Vt/\lambda + \varphi_0) \approx |1|$, значения скоростей отдельных процессов определяются выражением (4):

$$V \approx \frac{\Delta I}{\Delta t} \frac{\lambda}{4\pi An}. \quad (4)$$

В расчетах скорости осаждения и травления ФУП использовалось значение $n(\text{ФУП})=n(\text{SiO}_2)=1.46$. Известное исследование оптических свойств тонких ФУП (<10 нм) осажденных в плазме дает значение $n(\text{ФУП})=1.48$ [13]. Поэтому погрешность, связанная с неопределенным значением $n(\text{ФУП})$ в представленных экспериментах незначительная.

На рис. 2б представлены фрагменты сигнала, приходящиеся на разные временные интервалы общей зависимости $I(t)$. Длительность удаления ФУП (t_r) может быть определена графическим способом по зависимостям $I(t)$ в течение одного цикла. Графическое определение значения t_r основывается на том, что при достижении момента окончания процесса удаления ФУП значение I должно возвращаться к уровню, которое фиксировалось в конце предыдущей стадии травления ($t=0$ с на рис. 2б). На временных интервалах сигнала $r1$ и $r2$ реализуется наибольшая точность измерения значения t_r . Корректное определение значения t_r возможно, если сигнал интерферометра определяется только оптической толщиной пленок. В процессе TMDSE разная мощность излучения SF₆ и с-C₄F₈ плазмы на длине волны лазера может влиять на сигнал интерферометра. Этот паразитный эффект явно проявляется на временном интервале сигнала $r3$, где чувствительность I к оптической толщине пленок минимальна. Однако во время переходных процессов переключения потока газов наблюдается значительное изменение значения I . Такое же изменение I наглядно проявляется на временном интервале $r2$, но оказывается скрытым на временном интервале $r1$. В исследуемых режимах TMDSE графическое измерение времени t_r корректно, т.к. используются уровни I при одинаковой мощности излучения плазмы. Но, определение скоростей осаждения и травления ФУП по значениям производной не корректно во время переходных процессов. Динамика изменения величины расхода газов настраивалась в программе управления TMDSE с целью предотвращения колебательных

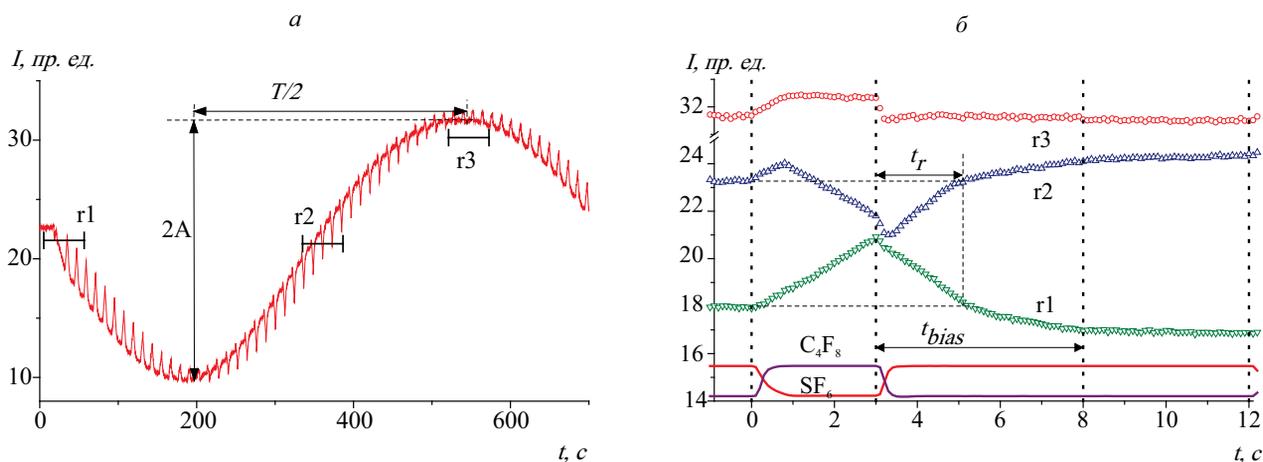


Рис. 2. Характерный сигнал интерферометра $I(t)$, полученный за 55 циклов TMDSE (глобальный минимум и максимум зависимости $I(t)$ отражают уменьшение толщины пленки SiO_2 при ее травлении в целом на величину $\Delta h = 107$ нм) (а); сигнал интерферометра в течение одного цикла TMDSE на разных интервалах общей зависимости $I(t)$ и динамика переключения потока газов SF_6 и C_4F_8 (б).

процессов, обусловленных характеристикой переключения регуляторов расхода газов. Время переключения потока газов со стадии “травление” на стадию “осаждение” и со стадии “осаждение” на стадию “удаление” составляло: 0.8 и 0.4 с, соответственно (рис. 2б).

В трех процессах TMDSE с разным параметром Q_{SF_6} на стадии осаждения: 12, 10, 8 нсм³/мин, графически измеренные значения t_r составили 1.7, 2.2, 2.6 с, соответственно. Причины изменения значения t_r выясняются при исследовании динамики процессов осаждения и травления в этих процессах. Значения производной вычислялись по экспериментальным данным $I(t)$ полученным в пяти последовательных циклах во временном интервале сигнала $r2$ (рис. 2). “Мгновенные” значения скоростей в TMDSE цикле были получены в результате усреднения значений производной по данным пяти последовательных циклов. Значительное уменьшение шума производной после усреднения указывает на случайный характер шума.

На рис. 3 представлены зависимости скоростей осаждения и травления в цикле при разных параметрах Q_{SF_6} на стадии осаждения. Отрицательные значения скоростей характеризуют процесс осаждения, а положительные – процессы травления. Стационарные значения скоростей осаждения и травления ФУП достигаются с некоторой задержкой ~ 0.3 с после завершения переходных процессов переключения потока газов. Это вероятно связано с несколько затянутой динамикой изменения давления в реакторе. Стационарные значения скорости осаждения составили 2.7, 3.2, 4.3 нм/с в процессах TMDSE с параметром Q_{SF_6} равным 12, 10, 8 нсм³/мин, соответственно. Скорость процесса осаждения тем больше, чем меньше

поток $Q(\text{SF}_6)$ на стадии “осаждение”, что согласуется с результатами независимого исследования [14]. Принимая время активного осаждения за 2 с, оценочное значение толщины ФУП в рассматриваемых процессах составляет от 5.4 до 8.6 нм. Разная толщина ФУП в рассматриваемых процессах TMDSE определяет разную длительность ее удаления в режиме РИТ. Процесс удаления ФУП однозначно идентифицируется по наблюдаемому изменению скорости травления, в условиях стадии “удаление” проводимой в режиме РИТ. Определение момента окончания удаления ФУП возможно благодаря тому что, скорость травления ФУП много больше (4.7 нм/с), чем скорость травления SiO_2 ($V_{\text{bias}} \approx 0.95$ нм/с). Несколько затянутый переход с травления ФУП к травлению SiO_2 (~ 1 с) вероятно вызван тем, что ФУП имеет сетчатую структуру, которая в конце процесса удаления может быть не сплошной [15]. При этом происходит одновременное травление частично вскрытой поверхности SiO_2 и ФУП. Тем не менее, длительность процесса травления ФУП до старта травления SiO_2 совпадает с графически определенной длительностью t_r , в соответствующих режимах TMDSE (рис. 3). Таким образом, применение лазерного интерферометра позволяет исследовать влияние различных параметров процесса TMDSE на динамику процессов на поверхности.

Согласно представленным измерениям скорость травления SiO_2 на стадии травления ($V_0 \approx 0.15$ нм/с) проводимой в режиме ПХТ ($W_{\text{bias}} = 0$ Вт) более чем в 6 раз ниже, чем скорость в режиме РИТ. Это связано с тем, что механизм ионного стимулирования при травлении SiO_2 в SF_6 плазме является преобладающим [9]. Средняя (за цикл) скорость травления SiO_2 (V_{ave}) определяется выражением:

$$V_{\text{eve}} = \frac{V_{\text{bias}}(t_{\text{bias}} - t_r) + V_0 t_e}{t_c}, \quad (5)$$

где t_e – время стадии травления. В соответствии с выражением (5) уменьшение разности $(t_{\text{bias}} - t_r)$ приводит к уменьшению величины V_{eve} . Следовательно, подстройка времени стадии “удаление” t_{bias} к измеренному значению t_r , будет обуславливать увеличение селективности TMDSE по отношению к SiO_2 маске. В рассмотренных выше режимах травления заданное значение $t_{\text{bias}} = 5$ существенно больше t_r , что обуславливает значительную величину $(t_{\text{bias}} - t_r)$ в цикле. Измерения средней скорости травления SiO_2 были выполнены в процессе TMDSE ($Q_{\text{SF}_6} = 10$ нсм³/мин, $t_r = 2.2$ с) со значениями t_{bias} от 5 с до 3 с ($t_{\text{bias}} + t_e = 9$ с). Вычисленные по формуле (2) значения V_{eve} составили 0.29, 0.23, 0.18, 0.13 нм/с при $t_{\text{bias}} = 5, 4, 3.5, 3$ с, соответственно. Уменьшение отношения t_{bias}/t_r с 2.25 до 1.35 приводит к увеличению селективности более чем в два раза, т.к. средняя скорость травления Si не зависит от t_{bias} в использованной стратегии оптимизации TMDSE.

Принципиальным требованием к настройке TMDSE является условие $t_{\text{bias}}/t_r \geq 1$. В противном случае завершение процесса удаления ФУП будет происходить в режиме ПХТ. Тонкий полимер, благодаря сетчатой структуре может представлять собой набор полимерных микро-масок. Процесс травления кремния через микро-маску в режиме ПХТ обладает более высокой селективностью по сравнению с РИТ. Это приводит к высокой шероховатости поверхности кремния с формированием микроигл на поверхности дна канавок при длительных процессах травления. Формирование микроигл при параметрах проведения стадии “травления”, обуславливающих преобладание режима ПХТ, наблюдалось в двухстадийном процессе TMDSE [16]. Представленный способ измерения не учитывает зависимость значения t_r от аспектного отношения канавок (отношение глубины канавки к ее ширине) изменяющегося в процессе травления. Характер зависимости скоростей процессов осаждения и травления ФУП на дне канавки от ее глубины предопределяет уменьшение значения t_r при увеличении аспектного отношения до ~ 10 [10, 11]. Следовательно, условие $t_{\text{bias}}/t_r \geq 1$ будет выполняться на поверхности дна в процессе травления канавок с невысокими аспектными отношениями.

Результаты травления канавок в оптимизированных процессах TMDSE ($t_{\text{bias}} = 3$ с) с параметром Q_{SF_6} равным 10 и 8 нсм³/мин представлены на рис. 4. Процесс травления при условии $t_{\text{bias}}/t_r = 1.36$ ($Q_{\text{SF}_6} = 10$ нсм³/мин) обеспечивает качественный профиль канавок шириной 30 мкм и глубиной 300 мкм (рис. 4а). Наблюдается небольшой отрицательный угол наклона стенок канавок $\sim 1^\circ$. Средняя скорость травления канавок составляла 71 нм/с

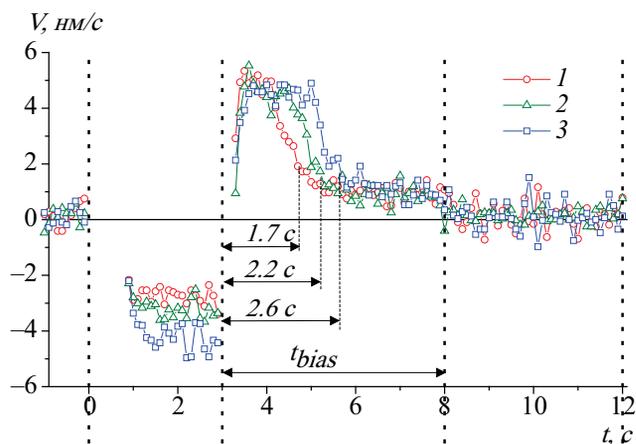


Рис. 3. Результаты вычисления скоростей осаждения и травления в одном цикле для трех процессов TMDSE при параметре Q_{SF_6} равном: 1 – 12 нсм³/мин, 2 – 10 нсм³/мин, 3 – 8 нсм³/мин.

при высокой селективности TMDSE (отношение скорости травления кремния к скорости травления SiO_2 маски) – 546. Процесс травления при значении $t_{\text{bias}}/t_r = 1.15$, близком к единице ($t_r = 2.6$ с), характеризуется нестабильностью (рис. 4б и 4в). В серии повторных экспериментов в таком процессе обнаруживаются случаи, когда наблюдается практически вертикальный профиль травления с локальными дефектами виде значительных подтавов под маску (рис. 4б). В других случаях средняя скорость травления значительно уменьшается совместно с формированием микроигл на дне канавки и образования значительных дефектов на стенках канавок (рис. 4в). Настройка процесса TMDSE для выполнения условия $t_{\text{bias}}/t_r = 1$ наиболее выгодна с точки зрения получения высокой селективности травления. Однако, технологические отклонения, в том числе связанные с переходными процессами циклического травления могут обуславливать некоторую вариацию значения t_r . Это может обуславливать недостаточную очистку поверхности дна канавок, что приводит к дефектам профиля, при выборе значений t_{bias}/t_r очень близких к единице.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные исследования открывают новые возможности применения лазерного интерферометра для разработки надежных процессов TMDSE. Реализация предложенного подхода к измерению длительности удаления ФУП позволяет проводить точную настройку стадии “удаление” для достижения качественного профиля канавок с высокой селективностью процесса травления. Продемонстрированные возможности изучения динамики процессов осаждения и травления в цикле полезны для оценки стабильности условий TMDSE

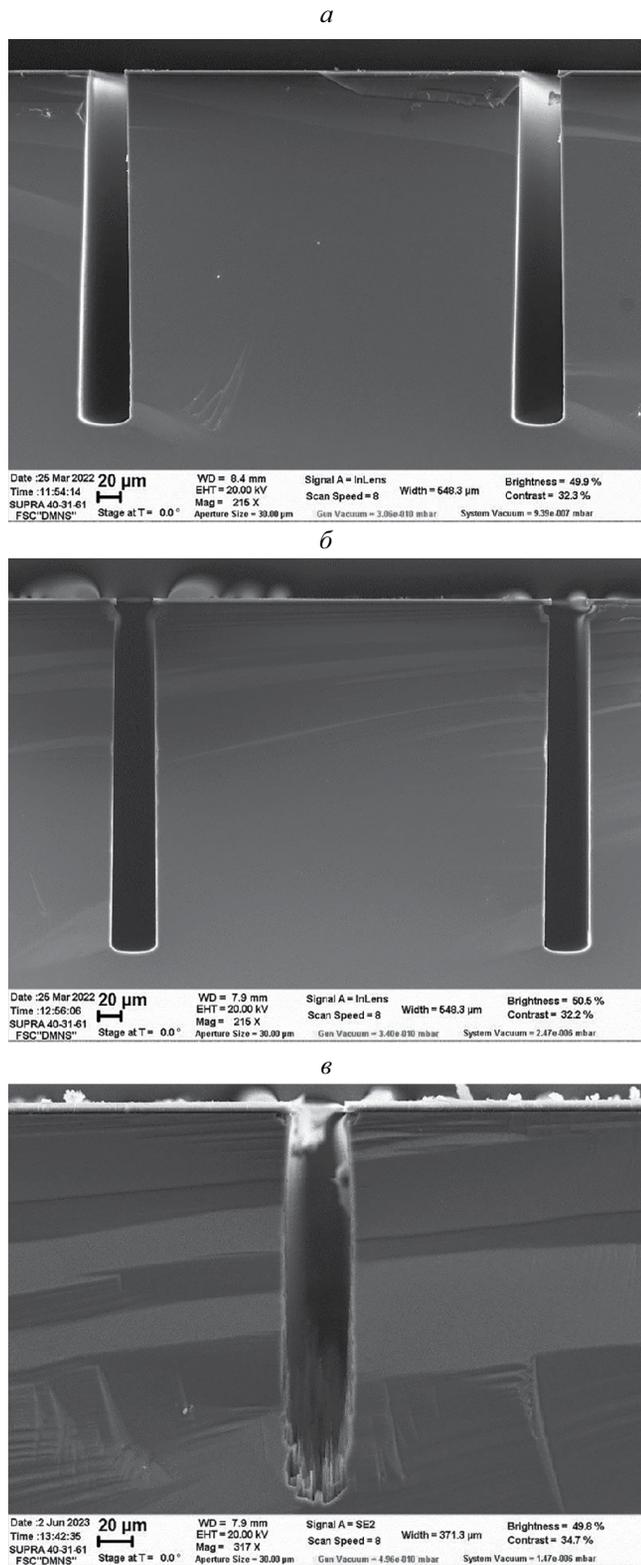


Рис. 4. СЭМ изображения канавок, после проведения 300 циклов TMDSE ($t_{\text{bias}}=3$ с) при параметре Q_{SF_6} равном: 10 нсм³/мин (глубина канавки 298 мкм) (а), 8 нсм³/мин (глубина канавки 296 мкм) (б), 8 нсм³/мин (глубина канавки 227 мкм) (в).

в промышленных установках травления. Ограничения, связанные с переходными процессами при переключении потока газов, могут быть сняты в результате модернизации лазерного интерферометра. Требуемое увеличение отношения сигнал/детерминированный шум излучения из плазмы, в частности, может быть обеспечено при использовании лазера с более высокой мощностью излучения.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ФТИАН им. К. А. Валиева РАН Министерства науки и высшего образования РФ № FFNN-2022–0017 с использованием оборудования Центра коллективного пользования “Диагностика микро- и нано-структур”.

Автор выражает глубокую признательность Куприянову А. А. за разработку компьютерных программ для управления процессом TMDSE и обработки данных интерферометра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wu B., Kumar A., Pamarthy S. // J. Appl. Phys. 2010 V. 108. No. 5. Art. No. 051101.
2. Abdolvand R., Ayazi F. // Sens. Actuators. A Phys. 2008 V. 144. No. 1. P. 109.
3. Chang B., Leussink P., Jensen F. et al. // Microelectron. Eng. 2018. V. 191. P. 77.
4. Lips B., Puers R. // J. Phys. Conf. Ser. 2016. V. 757. Art. No. 012005.
5. Gerlt M.S., Läubli N.F., Manser M. et al. // Micromachines. 2021. V. 12. No. 5. P. 542.
6. Lin P., Xie X., Wang Y. et al. // Microsyst. Technol. 2019. V. 25. P. 2693.
7. Meng L., Yan J. // Appl. Phys. A. 2014. V. 117. P. 1771.
8. Meng L., Yan J. // Micromech. Microeng. 2015. V. 25. Art. No. 035024.
9. Руденко К.В., Мяконьких А.В., Орликовский А.А. // Микроэлектроника. 2007. Т. 36. № 3. С. 206. Rudenko K.V., Myakon'kikh A.V., Orlikovsky A.A. // Russ. Microelectron. 2007. V. 36. No. 3. P. 179.
10. Морозов О.В., Амиров И.И. // Микроэлектроника. 2007. Т. 36. № 5. С. 380. Morozov O.V., Amirov I.I. // Russ. Microelectron. 2007. Т. 36. No. 5. С. 333.
11. Lai L., Johnson D., Westerman R. // J. Vac. Sci. Technol. A. 2006. V. 24. P. 1283.
12. Saraf I.R., Goeckner M.J., Goodlin B.E. et al. // J. Vac. Sci. Technol. B. 2013. V. 31. Art. No. 011208.
13. Oehrlein G.S., Reimanis I., Lee Y.H. // Thin Solid Films. 1986. V. 143. No. 3. P. 269.
14. Амиров И.И., Алов Н.В. // Хим. высок. энергий. 2006. Т. 40. № 4. С. 311. Amirov I.I., Alov N.V. // High Energy Chem. 2006. V. 40. No. 4. P. 267.
15. Amirov I.I., Gorlachev E.S., Mazaletskiy L.A. et al. // J. Phys. D. Appl. Phys. 2018. V. 51. No. 11. P. 267.
16. Xu T., Tao Z., Li H. et al. // Adv. Mech. Eng. 2017. V. 9. No. 12. P. 1.

Dynamics of deposition and removal of a fluorocarbon film in the cyclic process of plasma-chemical etching of silicon

O. V. Morozov*

Valiev Institute of Physics and Technology of the Russian Academy of Sciences, Yaroslavl Branch, Yaroslavl, 150007 Russia

**e-mail: moleg1967@yandex.ru*

In situ measurements of the dynamics of deposition and etching of a fluorocarbon film (FCF) during cyclic plasma-chemical etching of silicon using a laser interferometer have been carried out. Direct measurements of the deposition and etch rates, as well as the etch time of the FCF, open up new possibilities for optimizing the cycle procedure. For example, adjusting the etching time of the FCF improves the selectivity of the etching process.