

ЛИТЕРАТУРА

1. Кумахов М. А.— Докл. АН СССР, 1976, т. 21, с. 581.
2. Белошицкий В. В., Кумахов М. А.— ЖЭТФ, 1982, т. 230, № 5, с. 1077.
3. Kitagawa M., Ohtsuki Y. H.— Phys. Rev., v. 1973, B 8, p. 3117.
4. Moliere G.— Naturforsch., 1947. B. 2A, S. 133.
5. Линдхард Й.— УФН, 1969, т. 99, № 2, с. 249.
6. Телегин В. И., Хоконов М. Х.— ЖЭТФ, 1982, т. 83, с. 260.
7. Комаров Ф. Ф., Телегин В. И., Хоконов М. Х.— Докл. АН СССР, 1983, т. 272, № 2, с. 346.

УДК 621.382.002.621.785.3

В. А. ГОРУШКО, А. З. НИКОЛАЕНЯ, В. А. ПИЛИПЕНКО,
Н. И. СТЕРЖАНОВ, Г. Г. ЧИГИРЬ

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПАРАМЕТРЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

Неотъемлемыми элементами современной планарной технологии изготовления интегральных микросхем (ИМС) являются диэлектрические пленки, выполняющие различные функции в ИМС [1]: защиту и пассивацию созданных $p-n$ -переходов, маскирование при локальной диффузии, использование в качестве подзатворного диэлектрика, межслойную изоляцию при многоуровневой металлизации, пассивацию металлизации и др.

Факторами, определяющими свойства диэлектрических пленок (пористость, пробивное напряжение, скорость травления, заряд на границе диэлектрик — полупроводник и др.), являются дефекты их структуры: кислородные вакансии, избыточные кислородные ионы в междоузлиях решетки, ионы металлов в узлах, а также наличие в них гидроксильных групп [2].

Свойства диэлектрических пленок можно существенно улучшить, используя высокотемпературные процессы при их изготовлении и обработке [3]. Однако при этом в пленках возникают значительные термические напряжения, образуется кристаллическая фаза; кроме того, высокая температура воздействует на уже сформированные активные элементы. Среди многочисленных диэлектрических покрытий наибольшее распространение получили окисные пленки кремния.

Целью работы являлось исследование параметров пленок SiO_2 , полученных термическим окислением и плазмохимическим осаждением кремния после воздействия на них импульса мощного некогерентного оптического излучения. Исследования проводились на пластинах кремния диаметром 76 мм марки КЭФ-20 ориентации (100), прошедших химико-механическую полировку. Импульсную оптическую обработку проводили на установках, где в качестве источника излучения служили: в одной установке импульсные ксеноновые лампы для накачки лазеров ИФП-8000-1 при длительности 30 мс, а в другой — галогенные лампы КГ 220-1000-5 при длительности импульса 0,1—10 с. Плотность падающей лучистой энергии в импульсе изменялась от 350 до 860 кДж/м² (лампы ИФП-8000-1) и от 1,3 до 2,7 МДж/м² (лампы КГ 220-1000-5).

Влияние импульсной обработки на диэлектрические пленки изучали методами ИК спектроскопии на просвет, снятия CV -характеристик границы раздела диэлектрик — полупроводник, эллипсометрии, а также определения пробивных напряжений и скорости травления диэлектрических пленок до и после обработки в водном растворе плавиковой кислоты.

Исследования методом ИК спектроскопии пленки двуокиси кремния толщиной 0,11 мкм, полученной термическим окислением, показали незначительное отличие спектров пропускания SiO_2 ($\lambda=8-25$ мкм) до и после их обработки при различных плотностях лучистой энергии (рис. 1). Это свидетельствует о незначительной структурной перестрой-

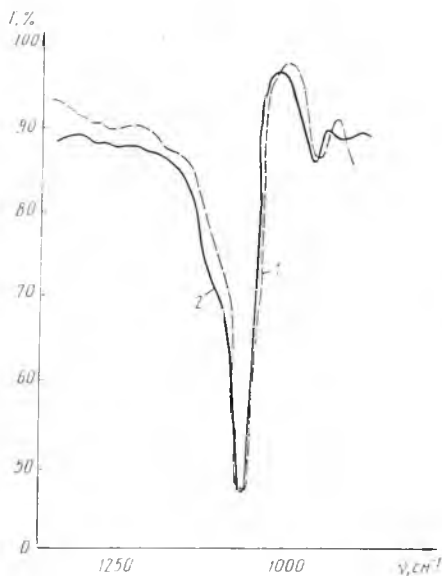


Рис. 1. Спектры пропускания двуокиси кремния, полученной термическим окислением до импульсной оптической обработки (1) и после нее (2) ($W=860$ кДж/м²)

МДж/м² показал смещение полосы поглощения в более коротковолновую область (рис. 2) и уменьшение ее полуширины. Такое изменение спектров пропускания указывает на увеличение плотности пленки и приближение ее структуры к структуре пленок SiO₂, полученных термическим окислением кремния, что подтверждается эллипсометрическими измерениями коэффициента преломления. Так, после облучения пленки коэффици-

ке SiO₂ под воздействием мощного импульса оптического излучения. Измерения напряжения пробоя (табл. 1) и скорости травления (табл. 2) показали, что эти характеристики SiO₂ несколько улучшились после импульсной оптической обработки. Так, пробивное напряжение увеличилось на 20—30 % при $W=350$ кДж/м² и на 7—8 % при $W=860$ кДж/м², а скорость травления при этом уменьшилась на 17 и 1 % соответственно.

Исследования влияния импульсной обработки на двуокись кремния, полученной плазмохимическим осаждением, выявили более существенные изменения параметров диэлектрической пленки и наличие в ней структурной перестройки. Анализ ИК спектров пропускания пленки SiO₂ толщиной 0,12 мкм до и после импульсной обработки с использованием ламп КГ 220-1000-5 при длительности импульса 6с и плотности лучистой энергии 1,62 МДж/м² и 2,7

Таблица 1

Влияние импульсной оптической обработки на напряжение пробоя SiO₂ ($h=0,11$ мкм)

| Номер образца | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------|---|------|------|------|------|
| Напряжение пробоя, В | до обработки | 30,4 | 35,8 | 36,6 | 34,7 |
| | после обработки $W=350$ кДж/м ² $W=860$ кДж/м ² | 36,8 | 47,0 | 39,7 | 37,3 |

Таблица 2

Влияние импульсной оптической обработки на скорость травления SiO₂

| Номер образца | | 1 | 2 |
|--------------------------|---|------|------|
| Скорость травления, нм/с | до обработки | 0,92 | 0,76 |
| | после обработки $W=350$ кДж/м ² $W=860$ кДж/м ² | 0,76 | 0,75 |

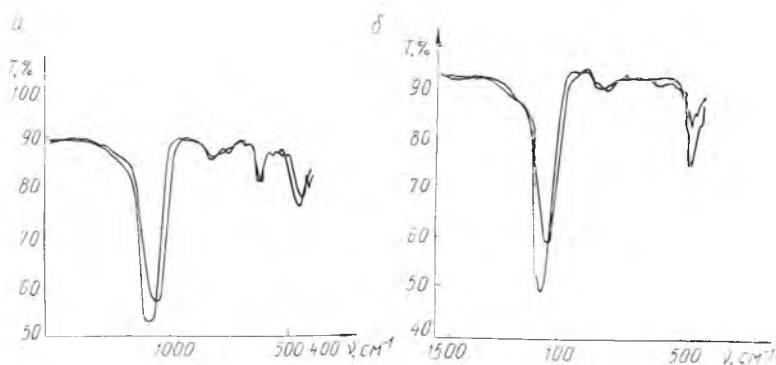


Рис. 2. Спектры пропускания двуокиси кремния, полученной плазмохимическим осаждением, до импульсной обработки (1) и после нее (2):
 $a - W = 1,62 \text{ МДж/м}^2$, $b - W = 2,7 \text{ МДж/м}^2$

ент преломления SiO_2 уменьшился с 1,65 до 1,48, что свидетельствует о приближении свойств SiO_2 , полученной плазмохимическим окислением, к свойствам SiO_2 , полученной термическим окислением, коэффициент преломления которой составляет 1,46. Уменьшение скорости травления SiO_2 в 3—4 раза после импульсной обработки (табл. 3) также указывает на значительное уплотнение SiO_2 , полученной плазмохимическим окислением после импульсной оптической обработки. При этом следует отметить, что увеличение плотности лучистой энергии с 1,62 до 2,7 МДж/м² приводит к большим изменениям в структуре самой пленки и к более существенному уменьшению скорости травления.

Таблица 3

Влияние импульсной обработки SiO_2 , полученной плазмохимическим осаждением, на скорость травления окисла

| Толщина SiO_2 , мкм | | 0,12 | 0,37 | 0,62 |
|------------------------------|----------------------------|------|------|------|
| Скорость травления, нм/с | до обработки | 0,89 | 1,51 | 1,18 |
| | после обработки | | | |
| | $W = 1,62 \text{ МДж/м}^2$ | 0,35 | 0,52 | 0,78 |
| | $W = 2,7 \text{ МДж/м}^2$ | 0,29 | 0,42 | 0,39 |

Исследование границы раздела диэлектрик — полупроводник проводилось на пластинах марки КЭФ-20 диаметром 76 мм ориентации (100), на которых методом термического окисления выращивалась пленка SiO_2 толщиной 0,11 мкм, а затем методом плазмохимического осаждения осаждалась пленка SiO_2 толщиной 0,63 мкм. Импульсная оптическая обработка проводилась с использованием импульсных ламп ИФП-8000-1 при плотности лучистой энергии 400 кДж/м². Для определения параметров границы раздела диэлектрик — полупроводник снимались высокочастотные вольт-фарадные характеристики МОП системы, образованной постановкой индиевого зонда на поверхность окисла, из которых рассчитывалась плотность заряда и величина порогового напряжения (табл. 4).

Таким образом, в процессе импульсной оптической обработки системы $\text{Si-SiO}_{2\text{терм}}-\text{SiO}_{2\text{пхо}}$ происходит уменьшение плотности заряда и пороговых напряжений в среднем в два раза. Следовательно, в результате такой обработки улучшается качество границы раздела диэлектрик — полупроводник за счет получения более совершенной структуры диэлектрической пленки.

Результаты статистической обработки контроля плотности заряда и порогового напряжения системы Si — SiO₂терм — SiO₂пхо после импульсной оптической обработки

| Плотность заряда, 10^{-11} см ⁻² | Среднеквадратичное отклонение величины заряда, 10^{-11} см ⁻¹ | Пороговое напряжение, В | Среднеквадратичное отклонение величины порогового напряжения, В |
|---|--|-------------------------|---|
| До обработки | | | |
| 10,4 | 12,2 | 75 | 55 |
| После обработки | | | |
| 5,4 | 7,3 | 33 | 32 |

Итак, импульсная оптическая обработка диэлектрических пленок позволяет увеличить их плотность, улучшить структуру и в результате улучшить электрофизические свойства пленок и состояние границы раздела диэлектрик — полупроводник.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шнаревич Е. И., Рыбинский О. А., Злобин В. А. Диэлектрики интегральных схем.— М., 1975, с. 106.
2. Основы технологии кремневых интегральных схем. Окисление, диффузия, эпитаксия / Под ред. Р. Бургера, Р. Донована.— М., 1969, с. 26, 111, 141, 144.
3. Корзо В. Ф., Черняев В. Н. Диэлектрические пленки в микроэлектронике.— М., 1977, с. 8.

УДК 535.37

Ю. И. МИКСЮК, И. М. ГУЛИС, С. К. ГОРБАЦЕВИЧ

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ НАНОСЕКУНДНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ФЛУОРОМЕТР

В решении задач кинетической флуоресцентной спектроскопии в наносекундном диапазоне основные успехи достигнуты благодаря применению метода импульсной флуорометрии [1]. Один из его вариантов, так называемый статистический однофотонный метод, на основе относительно малоинтенсивных возбуждающих импульсов при ряде неоспоримых достоинств требует длительного времени для выполнения измерений. Второй вариант, базирующийся на использовании импульсных, в частности наносекундных лазеров на молекулярном азоте (длина волны генерации 337,1 нм), характеризуется простотой, удобством в работе и позволяет проводить измерения законов затухания, а также «мгновенных» спектров испускания за короткое время. Однако существенным недостатком метода является его невысокая точность, обусловленная трудноустраняемыми флуктуациями интенсивности азотного лазера.

В настоящей работе описана установка, в которой благодаря введению в схему «канала сравнения» этот недостаток сведен к минимуму.

Схема используемого в работе лазера на молекулярном азоте описана в [2]. Для заселения генерационного уровня молекулы азота используется высоковольтный импульсный разряд наносекундной длительности, создаваемый в межэлектродном объеме лазерной камеры с помощью схемы импульсного удвоения напряжения (схема Блумлейна) [3]. Обычно в схемах такого типа в качестве быстродействующего сильноточного ключа применяют недолговечный разрядник лабораторного изготовления [4, 5]. В нашей схеме коммутатором служит металлокерамический тиратрон. Обладая меньшим КПД, он отличается долговечностью, устой-