

Содержание

Введение	8
ЧАСТЬ 1. НАПЫЛЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК	11
Глава 1. Технологические особенности нанесения резистивных слоев.....	11
1.1 Резисторы из силицидов тугоплавких металлов.....	11
1.2. Способы получения резистивных слоев из силицидов тугоплавких металлов	15
1.2.1. Термическое испарение из жидкой фазы	15
1.2.2. Термическое «взрывное» испарение	16
1.2.3. Ионное распыление	16
1.2.4. Магнетронное распыление.....	17
Глава 2. Технологические особенности нанесения металлизации ГИС.....	18
2.1. Виды металлизации ГИС.....	18
2.2. Способы получения металлизации ГИС.....	21
2.2.1. Термическое испарение из жидкой фазы	21
2.2.2. Электроннолучевое испарение.....	21
2.2.3. Магнетронное распыление.....	22
Глава 3. Устройство магнетронного источника распыления	23
3.1. Принцип действия магнетронного источника распыления	23
3.2. Особенности вакуумной откачки магнетронных установок	29
Литература к главам 1–3	31
Глава 4. Способы получения равномерного нанесения пленки из протяженного магнетронного источника.....	32
4.1. Влияние соотношения размеров магнетрона и подложки	32

4.2. Влияние неоднородности магнитного поля	33
4.3. Влияние положения анодов на равномерность толщины пленки	34
4.3.1. Влияние расстояния анод – катод.....	34
4.3.2. Влияние анодов, противоположащих поверхности мишени	35
4.3.3. Влияние симметрии расположения анодов.....	36
4.4. Дополнительные причины неравномерности при реактивном распылении	38
4.4.1. Влияние состояния поверхности анода	38
4.4.2. Влияние соотношения длин протяженного магнетрона и рейки подачи реактивного газа....	39
4.4.3. Выравнивание неоднородностей нанесенной пленки локальной регулируемой подачей азота или аргона	39
Литература к главе 4	40
Глава 5. Процесс реактивного магнетронного распыления со среднечастотным источником питания магнетрона	42
5.1. Причины пробоев на катоде при реактивном магнетронном распылении.....	42
5.2. Подавление пробоев на катоде с помощью импульсного СЧ ИП	46
5.3. Процессы в плазме среднечастотного разряда	48
5.4. Влияние импульсного СЧ ИП на скорость осаждения пленки.....	51
5.5. Работа ИП при возникновении дуги.....	56
5.5.1. Способы обнаружения пробоя	56
5.5.2. Влияние времени задержки выключения ИП после пробоя на стабильность реактивного процесса напыления	56
5.5.3. Влияние времени выключения импульсного СЧ ИП после пробоя на стабильность реактивного процесса напыления.....	57
5.6. Причины пробоев на аноде при реактивном магнетронном разряде и их устранение	58
5.6.1. Причины пробоев на аноде. Проблема «исчезающего» анода	58

5.6.2 Дуальное магнетронное распыление.....	59
5.6.3. Пакетное импульсное распыление.....	61
5.6.4. Распыление с дополнительным анодом.....	61
Литература к главе 5.....	62
Глава 6. Магнетронные напылительные установки предприятия ООО «Эсто-Вакуум»	
6.1. Ранее выпускавшиеся магнетронные напылительные установки «Каролина Д-10» и «Каролина Д-10К».....	65
6.2. Современные магнетронные напылительные установки для нанесения многослойных покрытий ..	68
6.2.1. Установка «Каролина Д-12А».....	69
6.2.1.1. Рабочая камера установки	69
6.2.1.2. Стойка питания и управления	70
6.2.2. Установка «Каролина Д-12Б».....	71
6.2.3. Особенности установки «Каролина Д-12Б1».....	72
6.2.4. Особенности установки «Каролина Д-12В»	73
6.2.5. Технологическое применение описанных магнетронных установок	75
6.3. Резюме по напылительным установкам.....	75
Литература к главе 6.....	77
Глава 7. Технологические особенности нанесения различных слоев на магнетронной установке	78
7.1. Технологические особенности нанесения резистивного слоя на магнетронной установке.....	78
7.1.1. Подготовка новой мишени из силицидного сплава к работе	78
7.1.2. Особенности проведения процесса нанесения резистивного слоя	79
7.1.3. Получение заданной величины поверхностного сопротивления пленки	79
7.2.4. Стабилизация поверхностного сопротивления резистивного слоя	80
7.2. Технологические особенности нанесения металлизации на магнетронной установке	80

6 Содержание

Глава 8. Предотвращение появления следов электрических разрядов на металлической пленке, нанесенной с помощью магнетрона	83
Литература к главе 8	89
Глава 9. Способы управления процессом реактивного магнетронного распыления с помощью вольтамперных характеристик разряда	90
Литература к главе 9	100
Глава 10. Моделирование процесса реактивного нанесения	101
Литература к главе 10	109
Глава 11. Получение чередующихся слоев различных диэлектриков на основе кремния в одном процессе на магнетронной установке	110
Литература к главе 11	117
ЧАСТЬ 2. ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	118
Введение	118
Глава 12. Физические процессы и модели высокочастотного разряда низкого давления	121
12.1. Баланс заряженных частиц в плазме	123
12.2. Баланс энергии электронов в плазме	125
Глава 13. Различные способы возбуждения ВЧ поля в плазме	128
13.1. Диодный емкостной плазменный реактор	128
13.2. Источники на индуктивно связанной плазме	129
13.3. Источники на поверхностных волнах	131
13.4. Источники на электронном циклотронном резонансе ($\omega \approx \Omega e$)	132
13.5. Источники на геликонах	132
Глава 14. Импеданс емкостного ВЧ-разряда низкого давления ..	133
Глава 15. Свойства слоя пространственного заряда	135

Глава 16. Возбуждение ВЧ поля в ТСП-разряде.....	138
Глава 17. Распределение плотности электронов в плазме.....	144
Литература к главам 12–17	146
Глава 18. Ранее выпускавшаяся установка для реактивного ионно-плазменного травления «Каролина РЕ-4» (ЭРА-3М, ЭРА-4).....	149
18.1. Разработка ТСП-источника	150
18.2. Устройство установки	151
18.3. Рабочая камера установки	152
18.3.1 Вакуумная и газовая системы установки	153
18.4. Стойка питания и управления установки	154
18.5. Работа установки	155
18.6. Применение установки в технологии изделий микроэлектроники.....	157
Литература к главе 18	159
Глава 19. Шлюзовая установка плазмохимического травления «Каролина РЕ-11».....	160
19.1 Устройство установки	160
19.2. Работа установки	161
19.3. Размещение и монтаж установки	163
19.4. Применение установки «Каролина РЕ-11».....	163
Глава 20. Шлюзовая установка плазмохимического травления «Каролина 15».....	165
Глава 21. Плазменно-стимулированное осаждение слоев из газовой фазы (PCVD) с применением генератора высокоплотной плазмы типа трансформаторно-связанной плазмы (ТСП).....	170