

12. Dmitriev S.N., Kravets L.I., Sleptsov V.V. Modification of track membranes structure by plasma etching. // Nucl. Instrum. and Meth. B. 1998. Vol. 142. P. 43-49.
13. Dmitriev S.N., Kravets L.I., Sleptsov V.V., Elinson V.M. Water permeability of modified poly(ethylene terephthalate) track membranes modified in plasma. // Desalination. 2002. Vol. 146. P. 279-286.
14. Хохлов А.Р., Дормидонтова Е.Е. Самоорганизация в ион-содержащих полимерных системах. // Успехи физических наук. 1997. Т. 167. № 2. С. 113-127.

Формирование переходного слоя в Si-металл омическом контакте при вакуумной ионно-плазменной обработке

***В.В. Пицагин, М.В. Паиков, Б.А. Лысаковский, Д.А. Костромин
АО «ГЗ «Пульсар», г. Москва, e-mail: openline@gz-pulsar.ru***

Проведено исследование влияния ионно-плазменного ассистирования напыления Ni и Ti/Pt/Au контактных композиций на структуру тонких плёнок, формирование переходных слоёв SiTi₂ и SiNi и электрических характеристик контактов.

Formation of transmission layer in Si-metal ohmic contact under vacuum ion-plasma treatment. V.V. Pischagin, M.V. Pashkov, B.A. Lysakovskiy, D.A. Kostromin. The effect of ion-plasma assisted deposition of Ni and Ti/Pt/Au contact stacks on thin film structure, formation SiTi₂ and SiNi transmission layer, and electrical resistance of contact is investigated.

Неотъемлемой частью любого полупроводникового прибора является омический контакт металл-полупроводник, в котором отсутствует или не проявляется потенциальный барьер на границе раздела.

В промышленной, бытовой и военной технике продолжают широко использоваться кремниевые полупроводниковые приборы. Ряд их характеристик, надежность и стабильность в реальных условиях эксплуатации зависит от свойств омических контактов.

В системах Si-металл омический контакт образуется посредством формирования у границы раздела фаз силицидов при термической обработке напылённых пленок металла. На параметры контакта влияют условия вжигания, структура напылённой плёнки, химический состав примесей, особенно кислорода. В системе Si-Ti лучшие свойства достигаются вжиганием напылённых плёнок Ti при температуре 600°C и времени 30 мин [1], в сверхвысоком вакууме с образованием фаз SiTi₂ путём диффузии Si в Ti по вакансионному механизму.

В работе [2] показано, что в системе SiNi силициды образуются уже в процессе напыления Ni на Si, и применение ионного ассистирования сильно меняет механические напряжения, размеры кристаллов и плотность плёнок, а так же количество фазы SiNi.

В настоящей работе исследовано влияние ионно-плазменного ассистирования при напылении Si/Ti/Pt/Au и Si/Ni на структуру и свойства контактов.

Работа проводилась на вакуумной установке PVD-250 (Kurt J. Lesker) с безмаслянной откачкой спиральным механическим и гелиевым криогенным насосами до давления остаточных газов 10⁻⁷-10⁻⁸ Торр, электронно-лучевым испарителем KL-6 и ионно-плазменным источником холловского типа EH-400 фирмы «Кауфман и Робинсон» с регулируемой максимальной энергией ионов аргона от 50 до 240 эВ и ионным током от 0 до 0,75 А.

Отдельные образцы напылялись сильно разбалансированным магнетроном местного производства АО «ГЗ «Пульсар».

Металлические слои напылялись на подложки из применяемых в производстве монокристаллических пластин кремния КДБ (111) и КЭФ (100), ионно легированные соответственно As и В. Затем на образцах методом фотолитографии формировались тестовые

структуры для измерения контактного сопротивления методом длинны переноса (Transmissionlinemetod – TLM), в котором сопротивление контактов определяется из зависимости сопротивления от расстояния между контактами [3] (рис. 1).

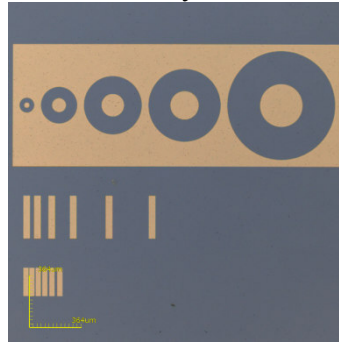


Рис. 1. Тестовая TLM структура.

Рентгеновские дифракционные исследования проводились на одном кристалльном дифрактометре XMD-300, оснащённом оптикой Кумахова. Измерялась зависимость интенсивности отраженного излучения ($\lambda=1.54\text{\AA}$) от угла падения пучка при измерении по схеме Брэгговского отражения.

Результаты

Свойства плёнок Ti и Ni в зависимости от мощности ионного ассистирования имеют схожий вид [2]. Проходят стадию «десорбции» - уменьшения содержания газовых примесей. Перед стадией уплотнения, проходят стадию «разрыхления», достигая минимального размера кристаллитов и минимальных показателей оптического преломления и экстенции.

Минимальный размер областей когерентного рассеяния рентгеновского излучения (размер кристаллических зерен и субзерен) составляет 171\AA . Он наблюдается при потоке ионов аргона $v_{\text{ион}} = 2.92 \cdot 10^{14}$ ион/см²с со средней энергией 70 эВ, отношением потока ионов к потоку напыляемых атомов $v_{\text{ион}}/v_{\text{ат}} = 0,08$ и энергией воздействия 5,6 эВ/атом.

Количество фаз силицидов NiSi и SiTi₂ в этой «рыхлой» области максимально. Это объясняется увеличением площади межзёренных границ и диффузией Si по границам зёрен, коэффициент диффузии при низких температурах на пять порядков выше коэффициентов объёмной диффузии. На рис. 2 приведены рентгеновские дифрактограммы Si/Ni плёнки, выращенной с ионным ассистированием и без него.

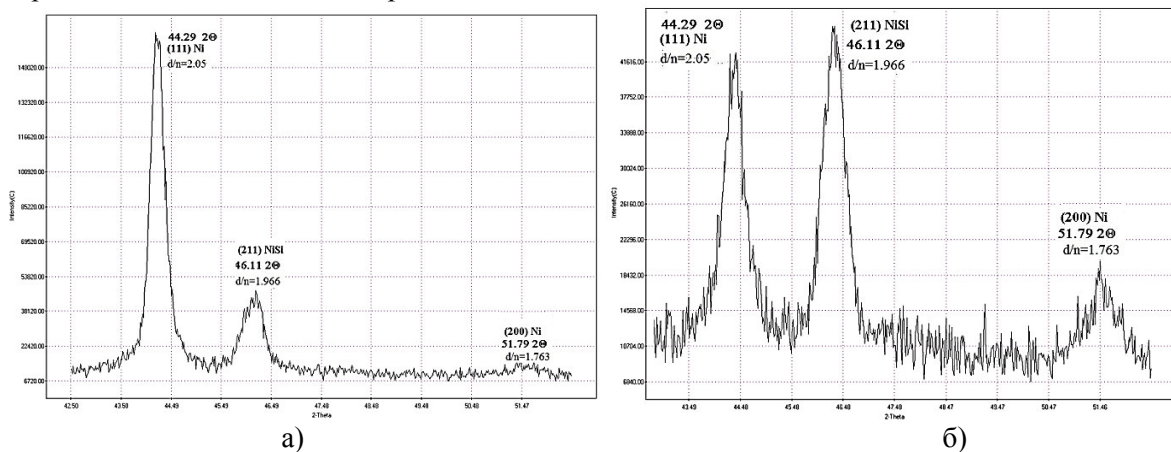


Рис. 2. Дифрактограммы SiNi а) без ионного ассистирования и б) с ионным ассистированием.

На рис. 3 показана рентгеновская дифрактограмма Si//Ti/Pt/Au, где наблюдается появление фазы SiTi₂.

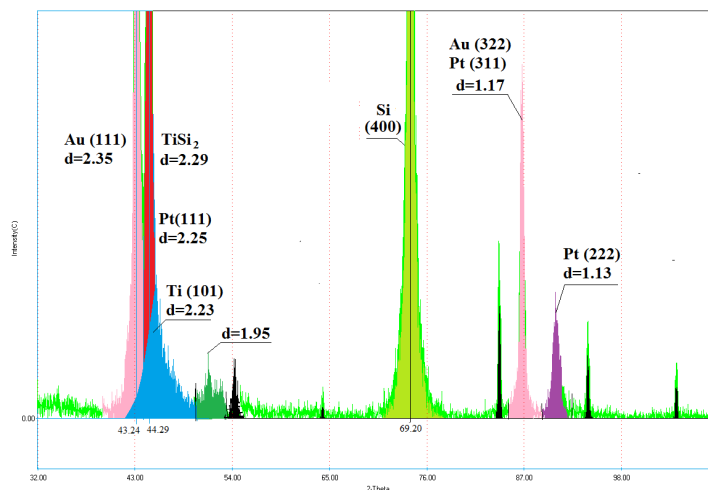


Рис. 3. Дифрактограмма Si//Ti/Pt/Au/

При температурной обработке 450°C в течении 15 минут количество силицидов увеличивается, но незначительно. При этом электрическое сопротивление контактов уменьшается приблизительно в 2 раза. На этой стадии возможны объёмные процессы, направленные от границ зёрен в их объём. «Рыхлость» структуры увеличивает вероятность встречного потока вакансий. Замеры контактного сопротивления представлены на рис. 4 .

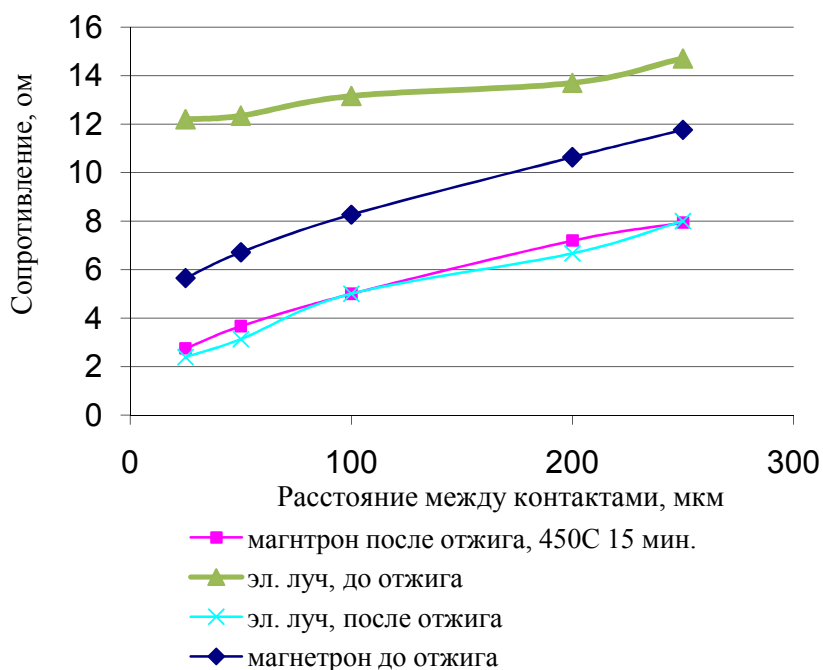


Рис. 4. Сопротивление между контактами, нанесенными различными методами, до и после термической обработки.

Удвоенная величина контактного сопротивления определяется экстраполяцией зависимости контактного сопротивления от расстояния между ними к нулевому значению (пересечение с осью ординат). Результаты электронного-лучевого и магнетронного напыления в режиме ионного ассистирования после термической обработки имеют близкие величины.

Заключение

Применение оптимального ионно-плазменного ассистирования при напылении омических контактов электронно-лучевым и магнетронным напылением в системе Si-металл

облегчает формирование переходных силицидных фаз, уменьшает сопротивление контакта и снижает температуру и длительность вжигания.

Литература

1. Шевяков В. И. Физико-технологические основы создания выпрямляющих и омических контактов в кремниевых полупроводниковых приборах и интегральных схемах (ИС) с использованием титана и его соединений. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, Москва, 1998.
2. В.В. Пищагин, М.В. Пашков, А.М. Коновалов К.Л. Енишерлова, А.В. Лютцау, С.В. Миллер, В.С. Куликаускис, «Исследование влияния ионной обработки в процессе электронно-лучевого напыления наноразмерных слоев металлов на гетероструктуры AlGaIn/GaN», 10 – ая Юбилейная международная специализированная конференция Вакуумная техника, материалы и технологии, 2015, стр. 128-136.
3. Новицкий С.В. Методологические аспекты удельного контактного сопротивления TLMметодом с линейной и радиальной геометрией контактов. Петербургский журнал электроники, март 2013, стр. 59.

PECVD установки поштучной обработки кремниевых пластин серии labhitiz для формирования гетеропереходов в структурах солнечных элементов HJT

*А.А. Ясюнас, Е.А. Хохлов, А.С. Мысливец, С.М. Насточкин, В.Я. Ширипов,
*С.Ю. Герасименко, *М.А. Региневич*
Минск, ООО «Изовак», ул. Селицкого, 7 – 202, yasunas@izovac.com
*Tempe AZ 85284, USA, Regher Solar LLC, 7700 South River Parkway

В работе представлена концепция построения вакуумного оборудования поштучной обработки кремниевых пластин для формирования гетеропереходов солнечных элементов. Показано как улучшение качества пассивирующих слоев и снижение дефектности текстурированной подложки, путем исключения любых механических взаимодействий с ее поверхностью и формированием гетероперехода в одном вакуумном цикле, увеличивают эффективность солнечного элемента.

PECVD processing machines of the HITiz series to form a heterojunction structures in solar cells (HJT). A.A. Yasunas, E.A. Khokhlov, A.S. Myslivets, S.M. Nastochkin, V.Ya. Shiripov, S.Yu. Herasimenka, M.A.Reginevich. The paper presents a concept of the vacuum equipment construction for processing of silicon wafers to form heterojunction solar cells. The ways to increase the solar cells efficiency are: to improve the quality of the passivation layers and to decrease defects in a textured substrate. This takes place due to elimination of any mechanical interaction with its surface and to formation of a heterojunction in the same vacuum cycle.

Введение

Разработка технологии пассивации поверхности монокристаллической кремниевой пластины является одной из основных задач решаемых для увеличения эффективности солнечных элементов. Шмидт и др. показали, что максимально достижимая эффективность кремниевого солнечного элемента без слоя гидрогенизированного аморфного кремния a-Si:H не может быть более 19,8% [1]. В настоящее время для пассивации поверхностей монокристаллических кремниевых пластин в производстве гетероструктурных солнечных элементов используется метод стимулированного плазмой осаждения из парогазовой фазы. Данный метод позволяет формировать слои гидрогенизированного аморфного кремния хорошо