

УДК 538.9

СВОЙСТВА Ni-Si КОНТАКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИОН-АТОМНОГО ОСАЖДЕНИЯ

Гой М.С., старший преподаватель, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

E-mail: goy@mirea.ru

Аннотация

В данной работе предпринята попытка определения свойств переходного слоя с помощью изучения электрофизических характеристик контакта Ni-Si, полученных методом ион-атомного осаждения. При ион-атомном осаждении силицидов Ni, в отличие от результатов полученных в [4], не образуется. Переходный слой представляет собой твердый раствор Ni в Si с переменным содержанием компонентов. По ВАХ после отжига видно, что переходный слой имеет достаточно большое сопротивление и малое время жизни носителей заряда, что подтверждается экспериментами по фотоотклику. Слои, получаемые ион-атомным осаждением, отличаются своими свойствами от структур, полученных обычным напылением с последующим высокотемпературным отжигом, и структур полученных ионным перемешиванием.

Ключевые слова: ион-атомное осаждение, контакт, переходный слой.

PROPERTIES OF Ni-Si CONTACTS, MADE BY ION-ATOM DEPOSITION

Goy M.S., senior lecturer, MSTU MIREA, Moscow, Russia

Email: goy@mirea.ru

Abstract

In this work, we tried to determine the properties of the transition layer by studying the electrophysical characteristics of contact Ni-Si, made by ion-atom deposition. During ion - atom deposition there isn't any silicides of Ni in contrast to the results gathered in [4]. The transition layer is a solid solution of Ni in Si content of the variable components. According to the CVC after annealing shows that the transition layer has a sufficiently high resistance and low charge carrier lifetime, which is confirmed by experiments on photoresponse. Layers grown by ion-atom deposition differ in their properties from the structures built with conventional sputtering, followed by high-temperature annealing, and a structure obtained by ion agitation.

Keywords: ion-atom deposition, contact, transition layer.

Метод ион-атомного осаждения и его влияние на механические свойства создаваемых структур описаны в литературе [1], в тоже время, фазовый состав и электрофизические свойства переходных слоёв, полученных методом ион-атомного осаждения еще полностью не изучены. В данной работе предпринята попытка определения свойств переходного слоя с помощью изучения электрофизических характеристик контакта Ni-Si, полученных методом ион-атомного осаждения. Данная пара материалов выбрана в связи с тем, что в литературе имеется много

опубликованных экспериментальных данных по электрическим свойствам и фазовому составу контактных слоев на основе Ni и Si.

Основой для создания структур служили пластины кремния p- и n-типа с различным удельным сопротивлением. В качестве бомбардирующих ионов использовались ионы аргона с энергией до 5 кэВ, при этом, величина ионного тока варьировалась в диапазоне от 10 до 100 мкА/см². Скорость осаждения Ni изменялась от 1 до 10 нм/с. Выбранные соотношения величины ионного тока и скорости осаждения Ni соответствовали режиму индивидуальных каскадов по модели каскадного взаимодействия, и при этом соотношение атомарного и ионного потоков находилось в пределах 10-40 атом на ион [2].

Методика эксперимента

Пластины Si, используемые в качестве подложек, перед процессом напыления для удаления окислов выдерживались 5 мин. в 50 %- ом растворе HF. Подложки закреплялись на вращающемся подложкодержателе под углом 45⁰ к направлениям ионного и атомного потоков. Процесс создания контактов проходил в две стадии. На первой стадии подложки подвергались ионной бомбардировке в течение 2 минут с целью очистки поверхности образцов непосредственно перед процессом напыления. Величина ионного тока составляла 100 мкА/см², следует отметить, что уже на первой стадии тонкий приповерхностный слой кремния (≈ 10 нм) аморфизировался. Вторая стадия заключалась непосредственно в осаждении атомов Ni при одновременной обработке поверхности ионным пучком. При этом скорость осаждения Ni и величина ионного тока выдерживались в заданном соотношении.

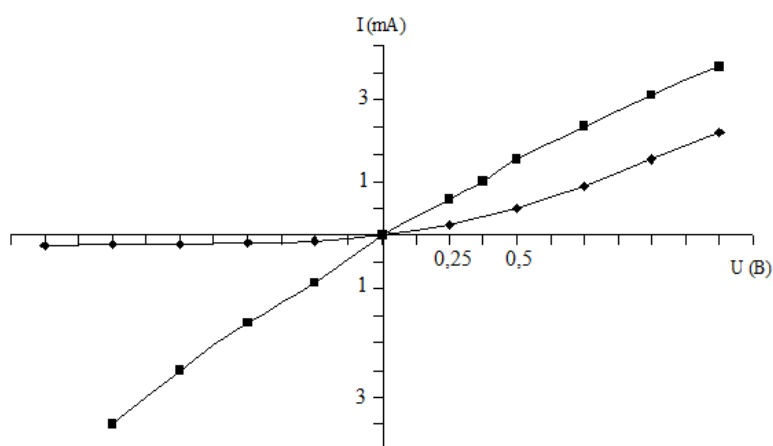


Рис. 1. ВАХ структуры Ni-nSi, полученной напылением Ni на n-Si при одновременной обработке поверхности ионным пучком. Плотность ионного тока 10 мкА/см², энергия ионов 5 кэВ, время напыления 5 мин.

- ◆— ВАХ Ni-nSi после изохронного отжига при 600°C в течение 1 часа (кривая 1)
- ВАХ Ni-nSi после напыления (кривая 2)

Методика измерений

Изучение электрофизических свойств проводилось по вольт-амперным характеристикам (ВАХ) полученных контактов, измерению фотоотклика структур при освещении галогеновой лампой накаливания и ВАХ контактов после отжига.

Из литературы [3] известно, что вакуумное осаждение Ni на подложку n-Si последующим высокотемпературным отжигом приводит к созданию структуры, характеризующейся диодной вольт-амперной характеристикой. В случае ион-атомного осаждения Ni на n-Si, как видно из рис. 1 (кривая 2), контакт имеет омический характер (линейную вольтамперную характеристику).

После изохронного отжига при температуре 600 °С в течение 1 часа контакт приобретает диодные свойства (кривая 1). При этом высота барьера, измеренная методом вольт-амперной характеристики [3] составляет 0,35-0,4 эВ.

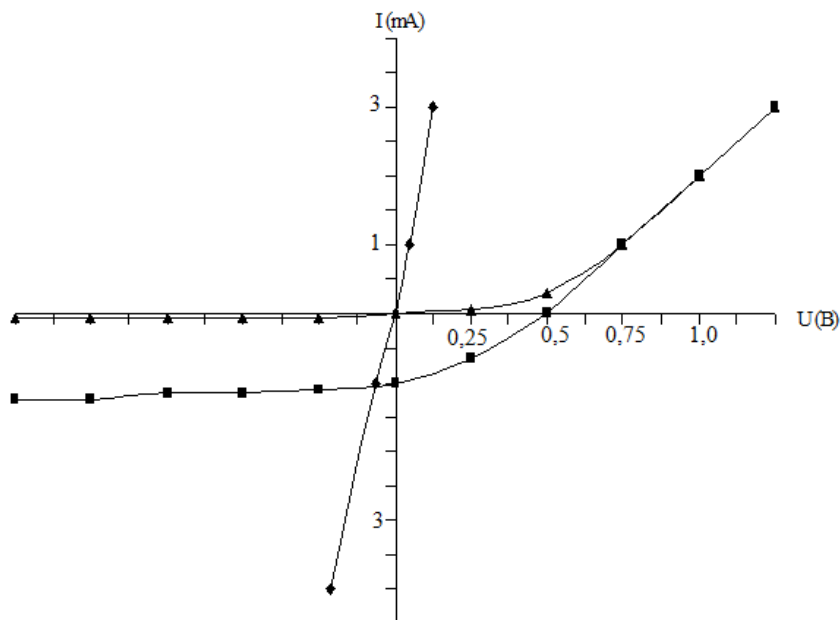


Рис. 2. ВАХ Ni-pSi полученная напылением Ni на p-Si при одновременной обработке поверхности ионным пучком, плотностью ионного тока 10 мкА/см², энергия ионов 5 кэВ, время напыления 5 мин.

- ▲— ВАХ Ni-pSi после напыления (кривая 1).
- ◆— ВАХ Ni-pSi после изохронного отжига при 600°С в течение 1 часа (кривая 2).
- ВАХ Ni-pSi после отжига под воздействием облучения светом галогеновой лампы, мощностью 250 Вт, расположенной в 4 см над поверхностью образца (Кривая 3).

В ряде экспериментов с данной структурой вместо высокотемпературного отжига поверхность Ni подвергалась точечному воздействию лазерного излучения с энергией 700 Дж, при диаметре луча ~100 мкм. Дальнейшие исследования ВАХ облученной структуры показали полное соответствие с кривой 1, полученной после отжига структуры.

Из рассмотрения ВАХ структуры Ni-p-Si (рис. 2) видно, что в противовес хорошо исследованному в литературе контакту Ni-p-Si, имеющему омические свойства, полученный переход представляет собой барьер Шоттки с высотой потенциального барьера $\sim 0,4$ эВ (рис. 2, кривая 1). Фотоотклик структуры исследовался по изменению величины обратного тока при воздействии светом галогеновой лампы, мощностью 250 Вт, расположенной в 4 см над поверхностью образца. Как видно из рис. 2 (кривая 3), обратный ток увеличивается с 1,47 мА до 1,9 мА. Напряжение холостого хода и ток короткого замыкания, измеренные по методу описанному в [3], составляют соответственно 0,27 В и 7,35 мА/см².

При отжиге в течение одного часа при температуре 600 °С омичность контакта восстанавливается (рис. 2, кривая 2). К таким же результатам приводит и лазерное облучение поверхности данного контакта.

В процессе обсуждения наблюдаемого отклонения теории от данного эксперимента было выдвинуто предположение, что большую роль здесь играют поверхностные состояния кремния, уровень Ферми которых располагается на $\sim 0,4$ эВ

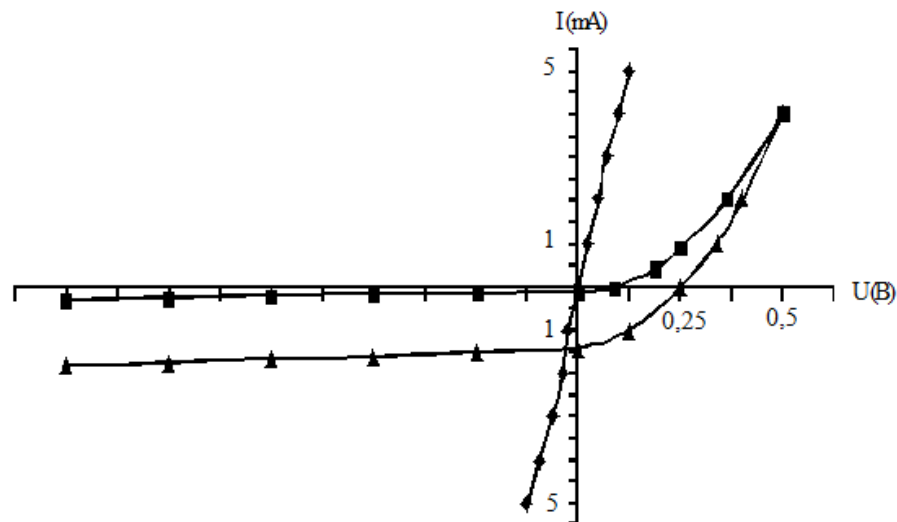


Рис. 3. ВАХ Ni-C-pSi и Ni-C-nSi, полученных напылением С на p-Si и n-Si при одновременной обработке поверхности ионным пучком, плотностью ионного тока 2мкА/см², энергия ионов 5 кэВ, время напыления 1 мин, и последующим напылением Ni без ионной бомбардировки в течение 1 минуты.

- ◆— ВАХ Ni-C-nSi (кривая 1).
- ВАХ Ni-C-pSi без света (кривая 2).
- ▲— ВАХ Ni-C-pSi под воздействием облучения светом галогеновой лампы, мощностью 250 Вт, расположенной в 4 см над поверхностью образца (кривая 3).

выше потолка валентной зоны [3]. С целью проверки данного предположения на поверхность Si перед напылением Ni была нанесена пленка углерода, толщиной ~ 20 нм. Полагалось, что С свяжет поверхностные состояния Si и уравнивает величину

энергии Ферми на поверхности и в объеме полупроводника, что приведет к образованию общепринятой ВАХ структуры Ni-pSi, Ni-nSi. Однако, как видно из рисунка 3 (кривые 1,2) свойства полученных контактов не изменились.

Обсуждение результатов эксперимента

Характеристики полученных контактов показывают:

1. При ион-атомном осаждении силицидов Ni, в отличие от результатов полученных в [4], не образуется. А по характеру ВАХ можно предположить, что переходный слой представляет собой твердый раствор Ni в Si с переменным содержанием компонентов. Похожий результат отмечался в экспериментах по ионному перемешиванию Ni и Si при больших дозах облучения [4].

2. Полученный переходный слой, по-видимому, представляет собой неравновесную структуру, так как после высокотемпературного отжига вид ВАХ приобретает обычный характер для этих материалов, т.е. вероятнее всего происходит образование силицидов. Однако, по ВАХ после отжига видно, что переходный слой имеет достаточно большое сопротивление и малое время жизни носителей заряда, что подтверждается экспериментами по фотоотклику, т.к. ток короткого замыкания для исследованных слоев оказался в несколько раз меньше значений для такого типа контактов.

По-видимому, при таком типе отжига в течение 1 часа полной рекристаллизации не происходит, и этим можно объяснить отличие его свойств от известных из литературы. О справедливости такого рода предположений свидетельствует повышенная стойкость при термическом отжиге аморфных пленок кремния полученных методом ион-атомного осаждения [5].

Из сказанного можно сделать вывод, что слои, получаемые ион-атомным осаждением, отличаются своими свойствами от структур полученных обычным напылением с последующим высокотемпературным отжигом и структур полученных ионным перемешиванием. Для более точного выяснения фазового состава и структуры необходимы дальнейшие исследования.

Список литературы

1. Вальднер В.О., Геминев В.Н., Едидович Л.Д., Заболотный В.Т., Старостин Е.Е. // Сопротивление деформации покрытий из термодинамически

несмешиваемых элементов, полученных методом ионно-атомного осаждения. Физика и химия обработки материалов. 1992. № 6. с.36-38;

2. V.T.Zabolotnyi, V.O.Valdner and E.E.Starostin, Ion-Atom Deposition of Coatings, Journal of Advanced Materials, 1995 2(4) p285-289;

3. Зи С. Физика полупроводниковых приборов, -М: Мир, 1984;

4. Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками, под ред. Дж. М. Поута, Г. Фоти, Д.К. Джекобсона., Москва, Машиностроение, 1987;

5. В.О. Вальднер, В.Т. Заболотный, Е.Е. Старостин, М.С. Гой, Е.В. Бовбель, Стабилизация аморфного состояния кремниевых пленок. Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы пьезоэлектрического приборостроения», 27 ноября-1 декабря 2000 г.