

Фотоэлектроника: элементная база и технология

УДК 621.383

Исследование пленок α -Si и применение их в технологии матричных МОП-мультиплексоров и болометров

В. К. Борисов, Е. А. Климанов, Н. Б. Каган, И. Ю. Курбет, В. П. Лисейкин
ФГУП «НПО "Орион"» — Государственный научный центр РФ, Москва, Россия

Проведены электронографические исследования структуры аморфных кремниевых пленок, полученных магнетронным распылением в вакууме, и поликристаллических кремниевых пленок, полученных пиролизом моносилана при пониженном давлении. Отмечены лучшее структурное совершенство поликремниевых затворов и больший процент выхода мультиплексоров, использующих аморфные кремниевые пленки. В качестве омических контактов к болометрическим слоям на основе высокоомного α -Si рассмотрена система аморфный кремний — ванадий.

Как известно [1], в технологии изготовления кремниевых МОП- и КМОП-мультиплексоров в качестве затворов МОП-транзисторов используется легированный поликремний. Он обладает рядом достоинств: полной совместимостью с технологией кремниевых ИС, высокой температурной стабильностью, возможностью легирования донорной и акцепторной примесями и др. Однако в процессе легирования и последующих термообработок у поликремния, полученного пиролитическим разложением моносилана, из-за роста зерна возможны проколы подзатворного окисла и межфазного диэлектрика. Крупнозернистость структуры поликремния затрудняет также процессы фотолитографии и препятствует увеличению уровня интеграции сверхбольшой интегральной микросхемы (СБИС).

В работе [2] предлагается использовать для затворов аморфную пленку Si, полученную разложением моносилана при пониженном давлении и температуре с исходно более высоким структурным совершенством, чем пленка поликремния, однако и в этих пленках присутствует поликристаллическая фаза [3]. В данной работе аморфная пленка α -Si формировалась магнетронным распылением кремниевой мишени в вакууме, что исключало возможность появления поликристаллической фазы. В качестве подложки использовали кремний марки КДБ 10 с ориентацией [100]. После отмычки и подзатворного окисления на часть пластин наносили магнетронный α -Si, а на оставшуюся часть — поликристаллический Si, полученный разложением моносилана при пониженном давлении

и температуре 620 °С. Толщины подзатворного окисла и слоев кремния составляли 500 и 5000 Å, соответственно. Далее пластины легировали фосфором ($T = 950$ °С) и подвергали термообработкам, имитирующим технологический цикл изготовления МОП-мультиплексора.

На рис. 1 приведены микрофотографии исходных пластин с поликристаллическим (а) и аморфным (б) кремнием, а на рис. 2 — после легирования и термообработок пленок. Из рис. 2, а, б видно, что после легирования и термообработок размер зерна у α -Si возрос с 0,03—0,05 до 0,05—0,10 мкм, а у поликремния — с 0,1—0,3 до 0,3—0,5 мкм.

Для исследования влияния структуры пленки на целостность межфазного диэлектрика на пластины с аморфным и поликристаллическим кремнием, прошедшие термообработку, наносили 0,5-мкм слой окисла, полученный термическим разложением ТЭОС, и измеряли плотность пор. На пластинах с α -Si число пор составило 4—5 на 1 мм², а на пластинах с поликремнием плотность сквозных дефектов была на порядок выше. Таким образом, использование аморфных пленок вместо поликристаллических ~ в 5—6 раз уменьшает размер зерна поликремниевого затвора и приблизительно на порядок снижает число пор в межслойном диэлектрике.

На основе МОП-транзисторов с α -Si-затворами были изготовлены n -МОП-мультиплексоры форматом 128×128 и 384×288, по параметрам не уступающие, а по проценту выхода и числу бездефектных ячеек превосходящие мультиплексоры с поликремниевыми затворами.

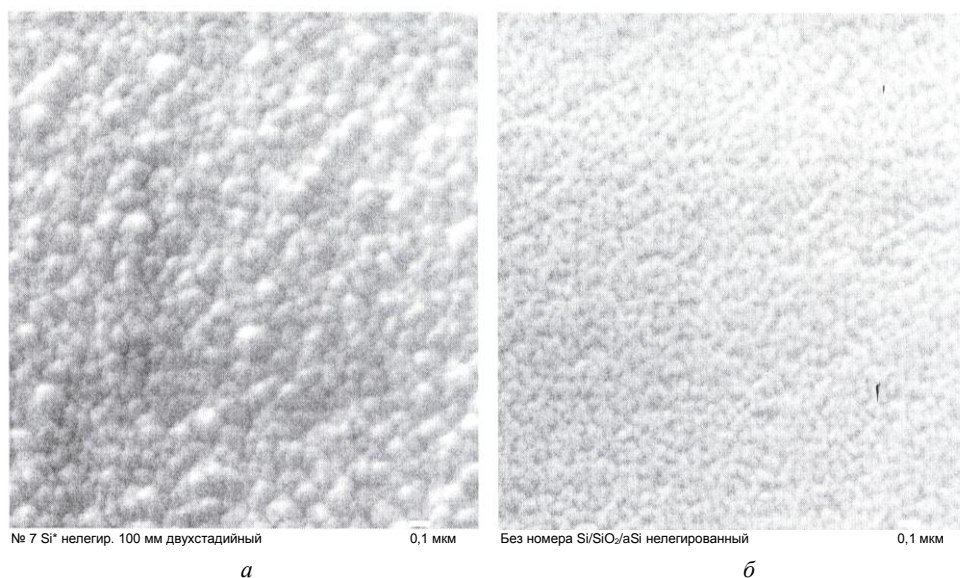


Рис. 1. Микрофотографии исходных пластин с поликристаллическим (а) и аморфным (б) кремнием

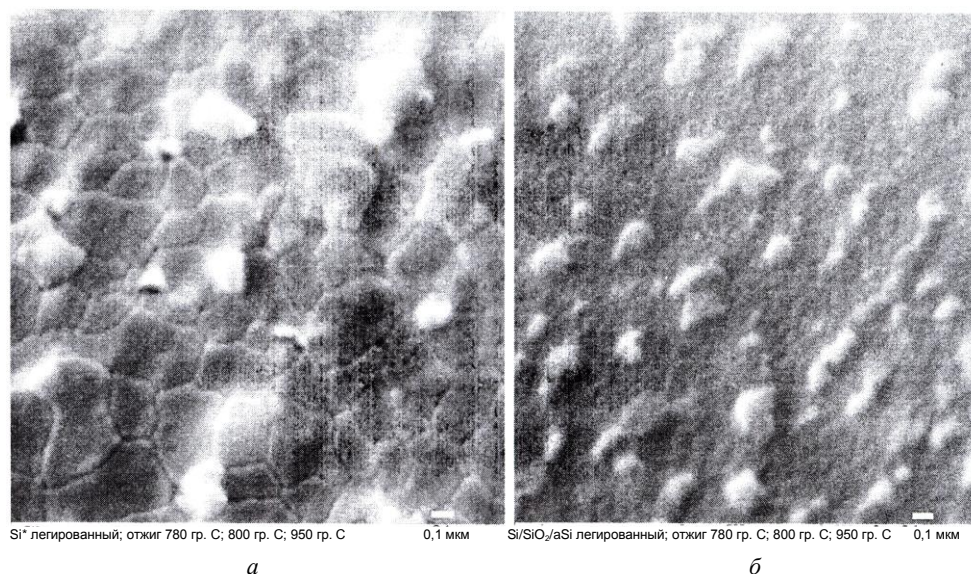


Рис. 2. Морфология поверхности поликристаллического (а) и аморфного (б) кремния после легирования и термообработок

Материал α -Si наряду с окислами ванадия — основной материал чувствительного слоя микроболлометров (МБ). При использовании аморфного Si в МБ его сопротивление может достигать значений 10^5 Ом·см и более [4].

Получение невыпрямляющих омических контактов к таким слоям весьма проблематично, так как возникают трудности из-за необходимости использовать при изготовлении МБ температуру, не превышающую 450 °С, что исключает возможность применения локального легирования методом диффузии или ионной имплантации.

Как правило, для получения омических контактов используют многослойные структуры с контролируемым уровнем легирования и специаль-

ную технику металлизации [5], что значительно усложняет технологический цикл изготовления МБ.

Указанные проблемы можно избежать, используя магнетронный способ нанесения одновременно слоев и α -Si, и контактного металла. В данной работе в качестве контактного материала использовали ванадий. Для получения контактной системы V— α -Si на финишном этапе магнетронного распыления аморфного кремния, осуществляемого на установке Z 550, со второго магнетрона напыляли V. При этом содержание V в пленке α -Si постоянно возрастало, и на поверхности пластины образовывался тонкий слой металла. При суммарной толщине системы V— α -Si, равной 0,3 мкм, слой V на поверхности составил 500 Å.

Для определения контактного сопротивления на пластинах посредством фотолитографии выделялись квадраты размером 2×2 мм, в зазорах между которыми слой V и переходной системы V— α -Si стравливались. Затем часть пластин отжигали в аргоне в течение 40 мин при $T = 450$ °С, имитируя отжиги в процессе изготовления МБ. Пластины обоих видов подвергали тестированию. Вольт-амперные характеристики (ВАХ) отожженных и неотожженных структур имели линейный характер, что свидетельствовало об омичности контактной системы V— α -Si, при этом сопротивление аморфного кремния после отжига возросло с $5 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^4$ Ом·см.

Для определения структуры материала часть отожженных и неотожженных пластин подвергали послойному стравливанию системы V— α -Si. Электронно-графические исследования показали, что структура неотожженного α -Si в глубине (рис. 3) и на поверхности (см. рис. 1, б) аналогична и представляет собой аморфную пленку с размером зерна $0,03$ — $0,05$ мкм. Такую же структуру имели переходная система V— α -Si и контактный металл (рис. 4, а). После отжига картина изменилась: на поверхности образцов (см. рис. 4, б). Вместо V наблюдалась двухфазная система V— α -Si в виде кластеров размером $0,2$ — $0,3$ мкм, занимающих ~ 40 % всей площади, и зерен размером $\sim 0,1$ мкм. С удалением от поверхности размер зерна уменьшался. Так, на глубине $0,1$ мкм кластеров уже не наблюдалось, а максимальный размер зерна не превышал $0,1$ мкм. На глубине, где ванадий не обнаруживался ($h \sim 0,2$ мкм), структура α -Si не претерпевала изменений.

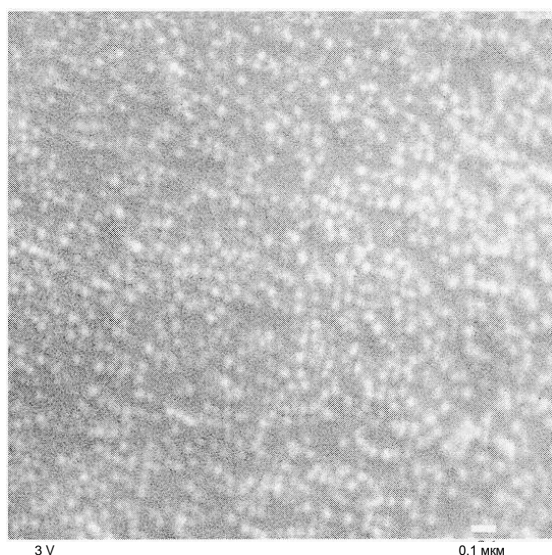
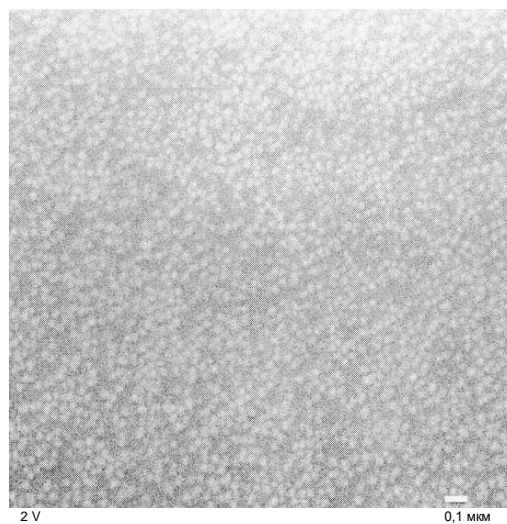
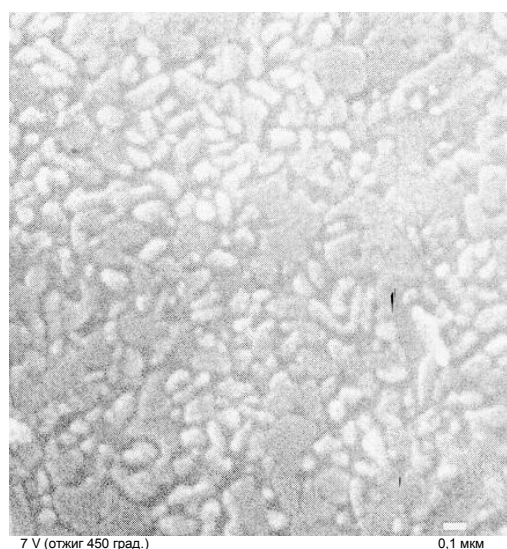


Рис. 3. Объемная структура аморфного кремния, расположенного под переходной системой V— α -Si



а



б

Рис. 4. Морфология поверхности системы V— α -Si до (а) и после отжига (б)

Таким образом, система V— α -Si, полученная магнетронным распылением в вакууме, обладает хорошей омичностью и может быть использована в качестве контактной системы к МБ на основе аморфного кремния. При выборе конфигурации чувствительного слоя следует учитывать, что минимальная толщина переходного слоя V— α -Si составляет $0,1$ мкм.

Л и т е р а т у р а

1. Ковалевский А. А., Борисенко В. Е., Борисевич В. М., Долбик А. В. //Микроэлектроника, 2005. Т. 34. № 3. С. 172.
2. Красников Г. Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов. — М.: Техносфера. 2002. Ч. 2. С. 122, 123.
3. Сугано Т., Икома Т., Такеиси Ё. Введение в микроэлектронику. — М.: Мир, 1988. С. 180—182.

4. Tissot J. L., Rothan F., Vedel C. et al.//Proceedings of SPffi. 1998. V. 3379. P. 139.

5. Unewisse M. H., Possmore S. J., Liddiard K. C., Watson R. J.// Ibid. 1994. V. 2269. P. 43.

Статья поступила в редакцию 11 октября 2006 г.

Investigation of film α -Si and application there in technology of matrix silicon MOS multiplexers and bolometers

V. K. Borisov, E. A. Klimanov, N. B. Kagan, I. U. Kjurbet, V. P. Liseykin
Orion Research-and-Production Association, Moscow, Russia

In this paper is adduced investigation on films α -Si made by magnetron evaporation of silicon In vacuum and comparison with CVD polysiticon is given. It is shown, the α -Si films after diffusion and treatments have best perfection of structure. Producing multiplexers 128×128 and 384×256 on basis MOS transistors with α -Si gates have better issue. System V— α Si, made by magnetron evaporation is examined in the capacity of contacts to highly resistance films a-Si.

УДК 537.533.3:681.7.015.2

Способы и принципы построения алгоритмов ЦОС многоэлементного фотоприемного устройства ИК-диапазона на основе микросхемы программируемой логики

И. И. Кремис, Ю. Ф. Однолько

Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники СО РАН,
г. Новосибирск, Россия

Рассмотрены способы и принципы реализации алгоритмов обработки сигналов многоэлементного фотоприемного устройства ИК-диапазона посредством использования жесткой логики программируемой логической интегральной микросхемы (ПЛИС). Представлены схемотехнические решения построения алгоритмов. Приведены результаты практического использования реализованных алгоритмов. Алгоритмы цифровой обработки сигналов реализованы на микросхеме программируемой логики серии Cyclone фирмы Altera.

Программируемая логическая интегральная микросхема высокого уровня интеграции позволяет создать систему, основные функциональные узлы которой выполнены на едином кристалле микросхемы [1—4]. Использование данного принципа построения системы позволяет повысить ее надежность, снизить ее массогабаритные показатели и показатели энергопотребления. В этом случае при построении системы обработки сигналов на ПЛИС возникают трудности создания узлов цифровой обработки сигналов (ЦОС) на элементах жесткой логики. В то же время ПЛИС высокого уровня интеграции позволяет реализовать любой программный алгоритм, обычно выполняемый DSP [1—4]. Ограничение на самостоятельную разработку ядра про-

цессора обработки сигналов для ПЛИС или ядра, вычисляющего сложный алгоритм обработки сигнала, нецелесообразно ввиду большой трудоемкости этих задач. Причем средства для их решения предоставляются самой фирмой-производителем в виде soft-ядер процессоров и соответствующего специализированного программного обеспечения [1, 3]. Использование готовых программных soft-ядер процессоров ограничивается необходимостью покупки соответствующего программного обеспечения и мегафункций soft-процессоров. Напротив, алгоритмы, не требующие сложного анализа данных, достаточно просто реализовать, используя жесткую логику ПЛИС с применением общедоступного программного обеспечения Quartus.