

УДК 539.231.621.382.8

ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА ГРАНИЦУ РАЗДЕЛА $Si-SiO_2$

В.П.Северденко, В.А.Лабунов, В.В.Хараневич, Н.П.Ильич

В совмещенной технологии изготовления БИС значительную трудность представляет создание на поверхности полупроводниковой пластины тонкопленочных конденсаторов (ТПК) большого номинала, поскольку удельная емкость ТПК, создаваемых в настоящее время осаждением диэлектрических слоев SiO и GeO мала ($0,01 \text{ мкФ/см}^2$).

В работе [1] показано, что методом плазменного анодирования можно создать высоконадежные ТПК с удельной емкостью, превышающей на порядок указанную. Технология получения таких ТПК должна включать в себя операции: нанесение нижних алюминиевых обкладок, плазменное анодирование этих обкладок с целью получения диэлектрического слоя Al_2O_3 и осаждение верхних алюминиевых обкладок. Однако в настоящее время отсутствуют данные о влиянии операций формирования ТПК с диэлектрическим слоем, получаемым плазменным анодированием, на параметры элементов, сформированных планарной технологией в теле полупроводниковой пластины (базовых элементов).

Целью настоящей работы явилось исследование влияния технологических операций, применяемых при создании ТПК и получаемых методом плазменного анодирования, на свойства границы пе-

перехода $Si-SiO_2$, которая определяет параметры базовых элементов.

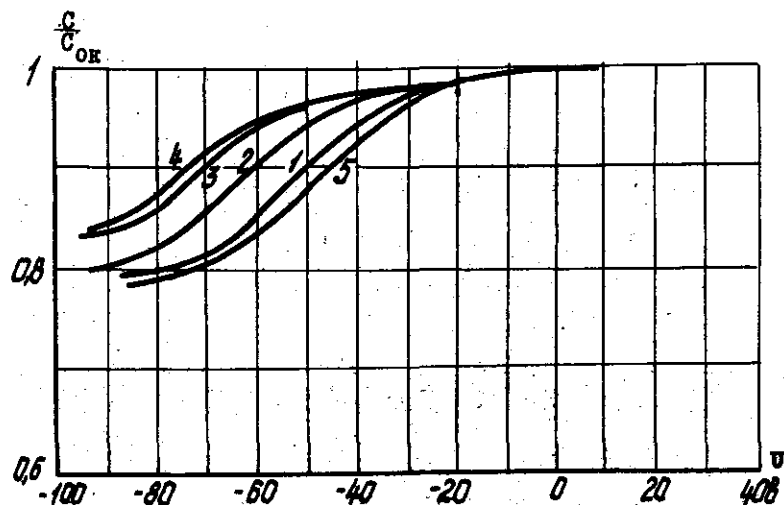
Исследования проводились на образцах кремния n и p -типов с эпитаксиальным слоем и без него. В обоих случаях удельное сопротивление ρ составляло 2 - 10 ом.см. Окисный слой на поверхности образцов наращивался при температуре 1200°C в атмосфере сухого и влажного кислорода. Толщина окисных слоев составляла 1000 - 6000 Å. Нижние обкладки конденсаторов создавались напылением алюминиевой пленки толщиной 3000 Å непосредственно на поверхность окисного слоя SiO_2 . Процесс плазменного анодирования нижних обкладок для создания диэлектрического слоя осуществлялся по методике и на установке, описанным в работе [2].

Процесс плазменного анодирования проводился в режиме постоянного тока формовки при следующих условиях: давление кислорода в камере $5 \cdot 10^{-2}$ мм.рт.ст., ток разряда 200 ма, плотность тока формовки 1 ма/см². Во всех случаях достигалось напряжение формовки 40 в, что соответствовало толщине слоя Al_2O_3 примерно 1000 Å. Далее осаждались верхние алюминиевые обкладки конденсаторов.

О влиянии операций, применяемых при создании ТПК, на границу раздела $Si-SiO_2$ судили по изменению вольт-емкостных ($C-V$) характеристик, которые снимались после каждой из технологических операций. $C-V$ -характеристики получены на частоте 1 мГц с помощью установки, схема которой приведена в работе [3], и использования ртутного прижимного контакта.

Вольт-емкостные характеристики границы раздела $Si-SiO_2$, которые были сняты для образца n -типа с $\rho = 2$ ом.см и слоем SiO_2 толщиной 4000 Å, приведены на рисунке. Характеристики сняты после операций: 1 - термического окисления; 2 - напыления нижних алюминиевых обкладок; 3 - плазменного анодирования; 4 - напыления верхних алюминиевых обкладок; 5 - термического отжига.

Как видно из рисунка, операция напыления нижней обкладки конденсатора приводит к смещению $C-V$ -характеристики (кривая 2) в отрицательном направлении оси напряжений относительно исходной кривой 1, снятой непосредственно после термического окисления кремниевой пластины. Такое смещение соответствует уве-



личению плотности поверхностных состояний (N_{ss}) на границе раздела $Si-SiO_2$ с $7,8 \cdot 10^{11}$ см⁻² до $8,7 \cdot 10^{11}$ см⁻². Проведение операции плазменного анодирования способствует еще большему увеличению N_{ss} до величины $2 \cdot 10^{12}$ см⁻² (кривая 3). Нанесение верхней обкладки конденсатора практически не приводит к изменению $C-V$ характеристики (кривая 4).

Для устранения отрицательного эффекта воздействия операций получения ТПК на свойства границы перехода $Si-SiO_2$ был проведен отжиг исследуемых пластин в среде водорода при температуре 350°C в течение 1 часа. В результате плотность поверхностных состояний стала равной $6,5 \cdot 10^{11}$ см⁻² (кривая 5).

Аналогичные закономерности были получены для всех исследованных образцов независимо от типа проводимости, наличия эпитаксиального слоя, удельного сопротивления материала и толщины слоя SiO_2 .

Характеристики полученных плазменным анодированием ТПК были следующими: удельная емкость - 0,2 мкф/см²; $tg \delta = 2 \cdot 10^{-2} \div 8 \cdot 10^{-3}$, критическая напряженность поля ($E_{кр}$) = $(2 \div 4) \cdot 10^6$ в/см.

Л и т е р а т у р а

1. АЙВАЗОВ В.Я. Электрические параметры пленочных конденсаторов, полученных элионными методами. "Электронная техника, серия У1, микроэлектроника, вып. 5, стр. 32, 1968.

2. MICHELETTI F.B. MORRIS P.E. and ZAINIGER K.H. Fabrication of cos/mos integrated circuits, "RCA Review" v.31, N2.p.330.

3. ЛИТОВЧЕНКО В.Г., ПРИХОДЬКО В.И., САДОВНИЧИЙ А.А. Автоматическая схема для снятия $C-V$ - характеристик на МДП-структурах. - Сборник "Полупроводниковая техника и микроэлектроника", вып. 4, стр. 145, 1970.

Поступила в ред.-изд.отд.

1 ноября 1971 г.