

Поступило в Редакцию
16 ноября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 4

26 февраля 1991 г.

04;06.2;12

© 1991

О КАТАЛИТИЧЕСКОМ ТРАВЛЕНИИ КРЕМНИЯ ВО ФТОРСОДЕРЖАЩЕЙ ПЛАЗМЕ

И.И. А м и р о в, В.Л. Л а в р о в

В работах [1-4] было показано, что скорость травления кремния с масками из серебра, алюминия, меди во фторсодержащей плазме в 2-10 раз выше, чем скорость его травления с маской из фоторезиста. По мнению авторов, этот эффект обусловлен локальным повышением концентрации атомов фтора над металлическими масками, которые являются катализаторами дегалогенизации фторуглеродных газов. Однако возможно, что увеличение скорости травления кремния объясняется влиянием остатков меди, серебра на его поверхности. Данные металлы являются катализаторами реакции газификации кремния в атмосфере F_2 [5, 6]. Поэтому целью работы было исследование влияния остатков меди, а также медной маски на скорость травления кремния в разряде фторсодержащих газов CF_4 , C_2F_6 , SF_6 с добавками кислорода.

Эксперименты проводили в реакторе диодного типа с алюминиевыми электродами диаметром 0.2 м. Параметры разряда были следующими: $P=20$ Па, $W=100$ Вт, $f=13.56$ МГц, $Q=1.2 \times 10^{-6}$ (m^3/c). Образцами служили пластинки монокристаллического кремния (КДБ-10) размером 5x10 мм, на которые различным способом были нанесены маски. Использовались образцы четырех типов: 1) пластинки кремния с маской из фоторезиста ФП-383. Открытые участки Si занимали 60 % площади поверхности; 2) пластинки Si с маской из фоторезиста и с остатками меди на поверхности кремния. Медь на поверхности кремния оставляли по способу, предложенному в [5]. Сначала на кремниевую пластину напыляли слой алюминия с 5 % содержанием меди толщиной 0.5 мкм. Затем на металл наносили фоторезист, формировали в нем литографическим способом рисунок. Алюминий удаляли в серной кислоте. Медь при этом оставалась на поверхности; 3) пластинки кремния с медной маской, которую формировали следующим образом: сначала пластину Si покрывали кусочками кремния различных размеров

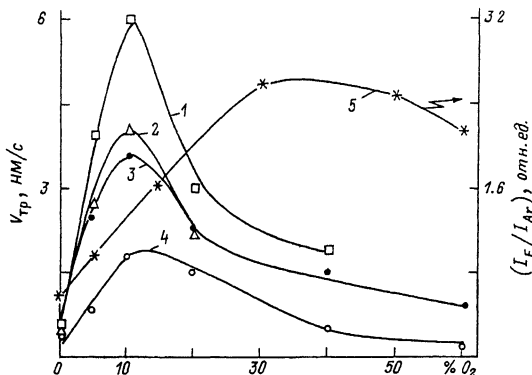


Рис. 1. Зависимость скорости травления кремния в разряде в смеси $CF_4 + O_2$ от концентрации кислорода в разряде с различными масками: 1 – медная маска, сформированная по способу 3; 2 – медная маска; 3 – маска из фоторезиста с остатками меди на поверхности Si , 4 – маска из фоторезиста; 5 – зависимость концентрации атомов фтора.

(5–30 mm^2), затем на открытые участки кремния катодным распылением наносили пленку меди толщиной 20 нм. Далее пластину разрезали на образцы. Травлению подвергались ранее закрытые участки Si ; 4) пластинки кремния с медной маской, которую формировали обычным фотолитографическим способом. После удаления меди в кислородной плазме снимали резист. Медь покрывала 80% площади поверхности. Все четыре вида образцов обрабатывались в плазме одновременно. Они располагались в центре заземленного электрода на алюминиевой пластине. Скорость травления определяли по глубине ступеньки травления за известное время. Профиль и глубину травления измеряли на микроинтерферометре МИИ-4 и на профилометре TALYSTEP. Травление образцов проводили в ВЧ разряде в смесях $CF_4 + O_2$, $SF_6 + O_2$, $C_2F_6 + O_2$ в зависимости от содержания кислорода. Концентрацию атомов фтора в разряде измеряли спектроскопическим способом по отношению интенсивностей излучения линий фтора ($\lambda = 703.7$ нм) и аргона ($\lambda = 750.4$ нм).

В разряде в $CF_4 + O_2$ скорость травления кремния с остатками меди на поверхности и с медными масками была выше, чем с фоторезистом (рис. 1). С ростом концентрации кислорода в смеси наблюдался максимум скорости травления Si при 10% O_2 . Он не совпадал с максимумом концентрации атомов фтора в разряде, который был при 30% O_2 в разряде. В чистом CF_4 скорость травления Si с различными масками была одинаковой.

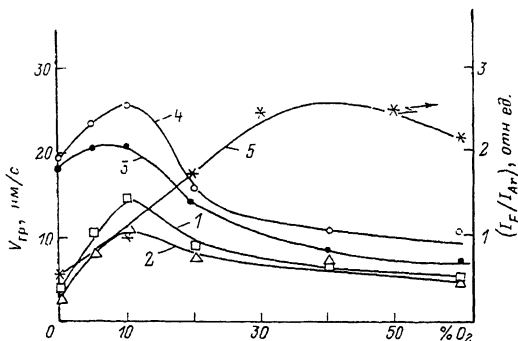


Рис. 2. Зависимость скорости травления кремния в разряде в смеси $SF_6 + O_2$ от концентрации кислорода с различными масками (1-4): 1 - медная маска, сформированная по способу 3; 2 - медная маска; 3 - маска из фоторезиста с остатками меди на поверхности Si ; 4 - маска из фоторезиста; 5 - зависимость концентрации атомов фтора.

В разряде $C_2F_6 + O_2$ максимум скорости травления Si был при 50 % концентрации кислорода в смеси. При меньшем содержании кислорода скорость травления Si не зависела от рода маски. Только образцы с медной маской, предварительно обработанные в разряде в кислороде, травились с большей скоростью. При концентрации кислорода свыше 50 % скорость травления Si с медными масками была выше, чем с фоторезистивной.

В разряде в $SF_6 + O_2$ скорость травления Si с масками из меди и с остатками меди на кремнии была в отличие от разряда в $CF_4 + O_2$, наоборот, ниже, чем с маской из фоторезиста (рис. 2). Максимум скорости травления наблюдался при 10 % содержании кислорода в смеси. Он не совпадает с максимумом концентрации атомов фтора в разряде.

Более высокая скорость травления Si с фоторезистивной маской и следами меди на поверхности, чем просто с фоторезистивной маской, свидетельствует, что во фторуглеродной плазме с добавками кислорода остатки меди ускоряют травление Si . Такой вывод подтверждается также тем, что в разряде $CF_4 + O_2$ глубина травления Si вблизи края медной маски была в 1.5-3 раза выше, чем вдали от края. Локальный Оже-анализ состава поверхности Si показал, что концентрация атомов фтора и меди при этом вблизи края была выше, чем на расстоянии ≈ 200 мкм. В разряде в $SF_6 + O_2$ ситуация обратная. Медь на поверхности кремния

подавляет реакцию газификации. На поверхности такого образца в электронном микроскопе вблизи края были видны загрязнения. Скорость травления около края маски была ниже, чем на расстоянии ≈ 100 мкм от края. Во вторуглеродной плазме катализатором травления является, по-видимому, оксифторид меди, так как ускоренное травление Si начинается при достижении определенной степени окисления медной маски.

Таким образом, показано, что остатки меди на поверхности кремния влияют на скорость реакции газификации кремния во фторсодержащей плазме. В разряде в смесях CF_4+O_2 и $C_2F_6+O_2$ они приводили к ускорению травления кремния, а в разряде в SF_6+O_2 , наоборот, подавляли травление Si. Более высокая скорость травления Si с медной маской, чем с маской из фоторезиста в разряде фторуглеродных газов, может быть обусловлена дегалогенизацией радикалов типа COF_n .

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Fedynyshin T.N., Grynkewich G.W., Hook T.B., Liu M.D., Ma T.P. // J. Electrochem. Soc. 1987. V. 134. N 1. P. 206.
- [2] Fedynyshin T.N., Grynkewich G.W., Ma T.P. // J. Electrochem. Soc. 1987. V. 137. N 9. P. 2580.
- [3] Fedynyshin T.N., Grynkewich G.W., Dumas R.H. // J. Electrochem. Soc. 1988. V. 135. N 1. P. 268.
- [4] Fedynyshin T.H., Grynkewich G.W., Chen B.A., Ma T.P. // J. Electrochem. Soc. // 1989. V. 136. N 6. P. 1799.
- [5] Selamoglu N., Mucha J.A., Flamm D.L., Ibbotson D.E. // J. Appl. Phys. 1987. V. 62. N 3. P. 1049.
- [6] Selamoglu N., Mucha J.A., Flamm D.L., Ibbotson D.E. // J. Appl. Phys. 1988. V. 64. N 3. P. 1494.

Институт микроэлектроники
АН СССР,
Ярославль

Поступило в Редакцию
28 ноября 1990 г.