

- [5] B z i o u e t M., A l m a i r a c R., S a i n t - G r e g o i r e P. // J. Phys. C. 1987. V. 20. P. 2635-2645.
- [6] M o g e o n F., D o l i n o G., V a l l a d e M. Kinetic Phys. Rev.Lett. 1989. V.62. N 2. P. 179-182.

Львовский госуниверситет  
им. И. Франко

Поступило в Редакцию  
4 мая 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 23

12 декабря 1990 г.

06.2; 11

© 1990

СИНТЕЗ АМОРФНОЙ ПЛЕНКИ  $Si_3N_4$   
В ПРОЦЕССЕ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ АЗОТА  
В КРЕМНИЙ

П.А. А л е к с а н д р о в, Е.К. Б а р а н о в а,  
В.В. Б у д а р а г и н, К.Д. Д е м а к о в,  
Е.В. К о т о в, С.Г. Ш е м а р д о в

Имплантация химически активной примеси в кремний в настоящее время широко используется в микроэлектронике, главным образом, для создания структур кремний-на-изоляторе [1-5]. При этом предпочтение отдается ионам кислорода, поскольку уже в процессе имплантации происходит перераспределение внедренной примеси и образуется захороненный слой  $SiO_2$ . В то же время при облучении ионами азота в стандартном режиме (температура имплантации  $T = 500-600$  °С, энергия ионов  $E = 150-200$  кэВ, плотность тока  $j = 10-30$  мкА/см<sup>2</sup>) профиль примеси имеет форму скошенного гауссиана независимо от внедренной дозы. При больших дозах имплантации происходит превышение стехиометрической концентрации азота, требуемой для  $Si_3N_4$ . Избыточный азот выпадает в виде газовых пузырей в центре профиля распределения, что ухудшает изолирующие свойства синтезируемого захороненного слоя и при последующем отжиге может приводит к образованию трещин [4]. Однако, при имплантации с большими плотностями тока наблюдается перераспределение атомов азота на уровне, соответствующем стехиометрии  $Si_3N_4$  и образуется захороненный  $\beta$ -нитрид кремния [6, 7].

В настоящей работе исследуется низкоэнергетичная высокоинтенсивная имплантация ионов азота в кремний с целью создания

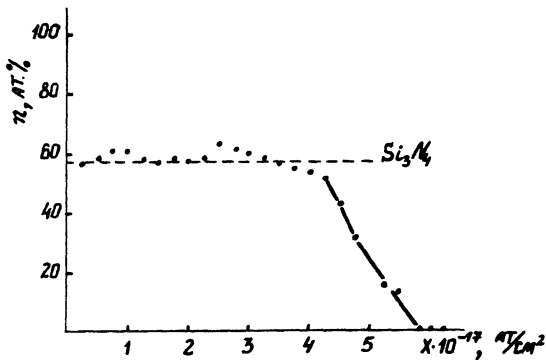


Рис. 1. Профиль распределения атомов азота, рассчитанный из спектров РОР. Имплантация ионов  $N_2^+$  в кремний ( $E = 25$  кэВ,  $j = 160$  мкА/см<sup>2</sup>,  $D = 3 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>2</sup>,  $T \approx 400$  °С).

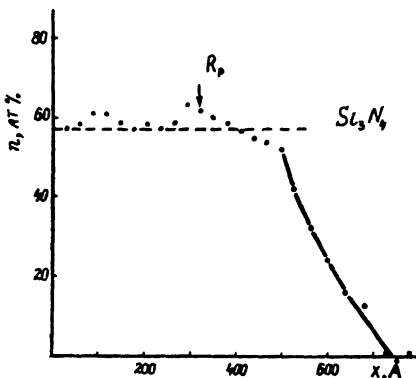


Рис. 2. Профиль распределения атомов азота по глубине, полученный при имплантации ионов  $N_2^+$  в кремний ( $E = 25$  кэВ,  $j = 160$  мкА/см<sup>2</sup>,  $D = 3 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>2</sup>,  $T \approx 400$  °С).

поверхностных пленок нитрида кремния. Для анализа их структур были выполнены электронографические и ИК-спектроскопические исследования. Профиль

распределения атомов азота определялся методом обратного резфордского рассеяния (РОР).

На рис. 1 представлен концентрационный профиль атомов азота, рассчитанный из спектров РОР, для случая имплантации ионов  $N_2^+$  энергией 25 кэВ с плотностью тока 160 мкА/см<sup>2</sup> в кремний ориентации (111). Внедренная доза —  $3 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>2</sup>. Температура образца во время имплантации  $T \approx 400$  °С. При данном режиме имплантации происходит перераспределение азота на уровне, соответствующем концентрации азота в нитриде кремния, и не наблюдается обогащенной азотом области. Особенность метода РОР состоит в том, что извлекаемая из энергетических спектров шкала глубин в общем случае имеет размерность [ат/см<sup>2</sup>]. Для перевода ее в шкалу в единицах длины необходимы сведения о фазовом составе материала. На рис. 2 представлен профиль распределения атомов азота со шкалой глубин, выраженной в единицах длины, полученный в предположении, что синтезированная структура состоит из двух фаз: кремния и нитрида кремния.

Представленные на рисунках результаты свидетельствуют о том, что при превышении стехиометрии  $Si_3N_4$  избыточные ато-

мы азота диффундируют из максимума профиля распределения ( $R_p$ ) преимущественно к поверхности образца. Аномальная диффузия при относительно невысокой температуре образца может быть связана с генерацией неравновесных подвижных дефектов, которые образуются при имплантации с большими плотностями тока. Поскольку максимум кривой распределения для радиационных дефектов всегда лежит ближе к поверхности, чем для внедренных ионов, то этим объясняется направленный рост нитридного слоя.

Проведенные исследования синтезированного нитрида кремния методом ИК-спектроскопии показали наличие широкой полосы поглощения с максимумом на  $\nu = 820 \text{ см}^{-1}$ , что соответствует аморфному состоянию пленки  $\text{Si}_3\text{N}_4$  [8]. Эти результаты были подтверждены электронографическими исследованиями совместно с послойным травлением.

Таким образом, использование низкоэнергетической высокоинтенсивной ионной имплантации ионов азота в кремний позволяет получать поверхностные пленки аморфного нитрида кремния непосредственно в процессе имплантации при относительно невысоких температурах мишени.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Reason K.J., Hemment P.L.F., Peart R.F., Meekison C.D., Marsh R.F., Booker G.R., Chater R.J., Kilner J.A., Davis J. // Rad. Eff. 1986. V. 99. P. 71-81.
- [2] Chang P.-H., Slavinski C., Mao B.-Y., Lam H.W. // J. Appl. Phys. 1987. V. 61. N 1. P. 166-174.
- [3] Skorupa W., Wollschlager K., Kreissig U., Grotzschel R., Bartsch H. // Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. 1987. V. B19/20. Part 1. P. 285-289.
- [4] Schork R., Rysseil H., Dehm C. // Nucl. Inst. meth Phys. Res. 1989. V. B39. N 1-4. P. 220-224.
- [5] Reason K.J., Stephens K.G., Hemment P.L.F // Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. 1989. V. 39. N 1-4. P. 290-295.
- [6] Грибковский Р.В., Комаров Ф.Ф., Котов Е.В., Новиков А.П., Самойлюк Т.Т. // Микроэлектроника. 1989. Т. 18. В. 3. С. 247-251.
- [7] Бачило И.А., Грибковский Р.В., Комаров Ф.Ф., Мироненко В.А., Новиков А.П. // ЖТФ. 1989. Т. 59. В. 1. С. 200-202.
- [8] Rauthan C.M.S., Chandra A., Chandra S., Bose G. // Thin Solid Films. 1988. V. 164. P. 429-434.