

- [4] Mittelstein M., Arakawa Y., Larson A., Yariv A. // Appl. Phys. Lett. 1986. V. 49. N 22. P. 1680-1691.
- [5] Алферов Ж.И., Антонишкис Н.Ю., Арсентьев И.Н., Гарбузов Д.З., Колышкин В.И., Налет Т.А., Стругов Н.А., Тикуннов А.В. // ФТП. 1988. Т. 22. В. 6. С. 1031-1034.
- [6] Welch D.F., Chan B., Streifer W., Scifres D.R. // Electronics letters. 1988. V. 24. N 2. P. 113-115.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе  
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию  
3 ноября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 1 12 января 1989 г.  
07; 08; 11; 12

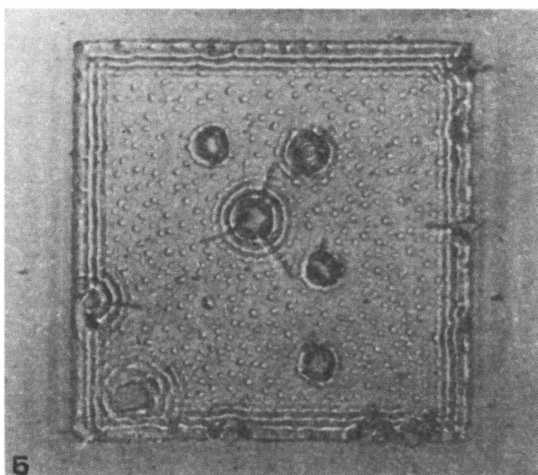
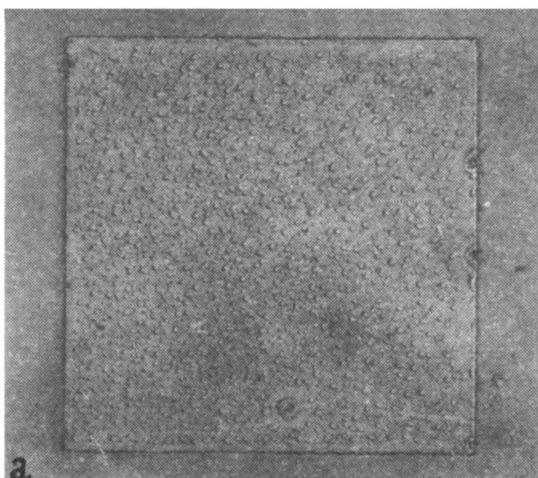
ОБРАЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ  
СТРУКТУР ПРИ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ  
КАПСУЛИРОВАННЫХ ОСТРОВКОВ КРЕМНИЯ  
ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ  
НАНОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

А.В. Демчук, В.А. Лабуннов

В данной работе сообщается об образовании нового типа поверхностных периодических структур (ППС), возникающих при перекристаллизации импульсным лазерным излучением наносекундной длительности островков поликристаллического кремния (ПКК), капсулированных слоем нитрида кремния.

В качестве экспериментальных образцов использовали термически окисленные пластины монокристаллического кремния с толщиной слоя  $SiO_2$  равной 0.4 мкм, на которые методом химического осаждения из паровой фазы при пониженном давлении ( $P=80$  Па) и температуре ( $T=625\pm 25$  °С) осаждали слой ПКК толщиной 0.33 мкм. На слой ПКК методом химического осаждения из паровой фазы при нормальном давлении и  $T=930\pm 10$  °С осаждали слой  $Si_3N_4$  толщиной 0.1 мкм. После чего с использованием фотолитографии и последовательного плазмохимического травления слоев  $Si_3N_4$  и  $Si$  формировали островки ПКК всевозможной топологии.

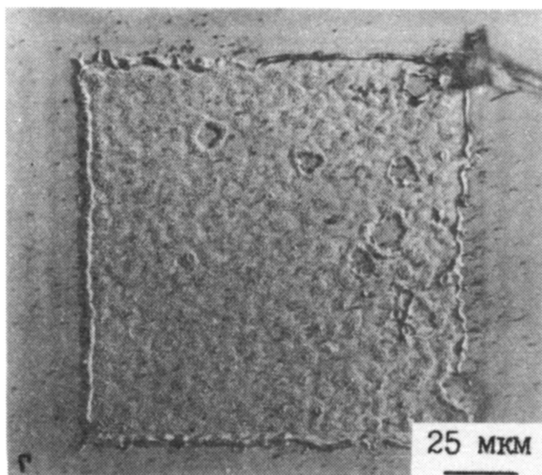
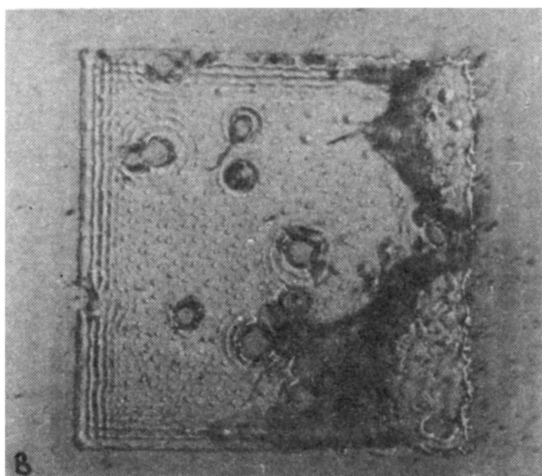
Обработку поверхности кремниевых структур осуществляли излучением лазера на неодимовом стекле с длиной волны, равной 0.53 мкм (вторая гармоника), работающего в режиме модулированной добротности с длительностью импульса 50 нс, с плотностью энергии в импульсе, варьируемой с помощью нейтральных калиброванных светофильтров в диапазоне 0.1-2 Дж/см<sup>2</sup> с точностью  $\pm 10$  %.



Морфология поверхности островков ПКК, капсулированных слоем  $Si_3N_4$ , после перекристаллизации импульсным излучением с  $\lambda = 0.53$  мкм при плотности энергии 1 (а), 1.5 (б, в) и 1.8 Дж/см<sup>2</sup> (г).

Исследование морфологии поверхности перекристаллизованных островков ПКК осуществляли методом оптической микроскопии на микроскопе „*НЕОРНОТ-21*“.

Проведенные исследования показывают, что в диапазоне значений плотности энергии 0.6–1 Дж/см<sup>2</sup> наблюдалось возрастание размера зерна в перекристаллизованном слое ПКК (см. рисунок, а). С увеличением плотности энергии в диапазоне 1–1.7 Дж/см<sup>2</sup> при ширине островков ПКК более 10 мкм (при меньших размерах наблюдается деградация островков) вдоль границ перекристаллизованных островков и характерных областей деградации образуются затухающие ППС



с периодом  $\sim 2.5$  мкм (см. рисунок, б), несвязанные с длиной волны и поляризацией излучения. С отслаиванием капсулирующей пленки образование ППС не происходит (см. рисунок, в, г). Необходимо отметить, что в том случае, когда в качестве капсулирующего покрытия использовали слой  $SiO_2$ , образование ППС данного типа также не наблюдается (слой  $SiO_2$  в данных режимах обработки деградирует).

Характерно, что при образовании ППС данного типа линейные размеры островков сокращаются. Например, островок ПКК в виде квадрата со стороной 150 мкм при образовании ППС равномерно сжимается с каждой стороны на величину  $\sim 2.5$  мкм (см. рисунок, б, в), а при деградации – на величину  $\sim 5$  мкм (см. рисунок, г).

Анализируя экспериментальные результаты, можно предложить следующий механизм образования ППС в процессе перекристаллизации

островков ПКК, капсулированных слоем  $Si_3N_4$ . Очевидно, в данной структуре при интенсивностях облучения  $\sim 10^8$  Вт/см<sup>2</sup> для поверхности поглощающего островка слоя ПКК характерен переход в закритическое состояние, при котором отсутствует фазовая граница между жидкостью и паром. В этих условиях реализуются условия возникновения ударной волны, проявляющейся в резком скачкообразном увеличении давления, распространяющимся со сверхзвуковой скоростью [1]. Этот процесс развивается локально и сопровождается образованием сквозных отверстий в слое расплава кремния в областях выхода пузырьков пара. Ударная волна, распространяясь по телу островка расплава кремния, отражается от границ, и в области границ возникает стоячая волна, представляющая собой области сжатия и разряжения. В соответствии с модуляцией давления в островке расплава кремния изменяется рельеф капсулирующего слоя который при достаточно высокой температуре становится пластичным. Капсулирующий слой  $Si_3N_4$  при этом предотвращает деградацию самого островка (собирает расплава в капли) и способствует возникновению ударной волны (скачкообразному развитию процесса). Необходимо отметить, что в отличие от слоев  $SiO_2$  слои  $Si_3N_4$  обладают более высокой плотностью и, с этой точки зрения, — лучшей капсулирующей способностью.

При достаточно маленьких размерах островков ПКК резкое увеличение давления при возникновении ударной волны приводит к их деградации. Островки с размером, превышающим это критическое значение, сохраняют свою топологию, однако сокращают свои размеры. Данные экспериментально наблюдаемые явления находятся в хорошем согласии с предложенным механизмом образования ППС в структуре  $Si_3N_4$  /ПКК посредством возникновения ударных волн.

## Л и т е р а т у р а

- [1] Иванов Л.И., Якушкевич В.А. // Физика и химия плазменных металлургических процессов. М.: Наука, 1985. С. 173-180.

Минский  
радиотехнический  
институт

Поступило в Редакцию  
2 ноября 1988 г.