

## 8. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ

УДК 546.28:539.216.2

### ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОК АМОРФНОГО ГИДРОГЕНЕЗИРОВАННОГО КРЕМНИЯ В КОМБИНИРОВАННОМ РАЗРЯДЕ.

*Босяков М.Н., Грунский Д.И., Жук Д.В.*

*Белорусский Государственный Университет  
Информатики и радиоэлектроники.*

Аморфный гидрогенизированный кремний ( $a\text{-Si:H}$ ) является в настоящее время широко используемым материалом электронной техники в классе аморфных и стеклообразных полупроводников. Среди его наиболее важных применений можно выделить такие изделия, как элементы солнечных батарей, сенсоры различного диапазона излучения, дозиметры ионизирующего излучения, адресуемые матрицы транзисторов для жидкокристаллических экранов и многое другое. Дальнейший прогресс в технологии получения этого материала, что может быть достигнут за счет применения новых методов осаждения пленок  $a\text{-Si:H}$ .

Современные успехи в получении  $a\text{-Si:H}$  достигнуты эмпирическим путем и, как правило, связаны с оптимизацией параметров технологических процессов, обеспечивающих осаждение пленок с "приборными" оптоэлектронными свойствами. В настоящее время эффективным способом получения пленок  $a\text{-Si:H}$  является разложение силана в неравновесной плазме тлеющего ВЧ-разряда, который позволяет формировать пленки  $a\text{-Si:H}$  с параметрами, необходимыми для использования их в фотопреобразователях.

## 8. Современные проблемы электроники и автоматики

Однако этому способу осаждения присущи некоторые недостатки, во - первых, недостаточная воспроизводимость характеристик получаемых пленок, обусловленная высокой чувствительностью скорости их роста к изменению параметров процесса и, во - вторых, относительно низкая скорость роста.

В последнее время усилия исследователей были сосредоточены на изучении процесса осаждения в VHF-разряде ( $f=100-250$  МГц), более перспективном, чем RF -разряд ( $f=13.56$  МГц), в плане получения больших скоростей процесса /1/. Однако этот способ осаждения требует значительно более сложной аппаратуры, чем при обычном RF -разряде. В то же время имеются сообщения /2/ о возможности осаждения пленок a-Si:H «приборного качества» в плазме НЧ-разряда ( $f=55$ кГц) со скоростями, сравнимыми с полученными в VHF-разряде.

Целью нашей работы являлось исследование процесса осаждения пленок a-Si:H в силансодержащей плазме ( $\text{SiH}_4[5\%]+\text{Ar}$ ) комбинированного разряда, т.е. разряда, формируемого одновременно приложением к катоду напряжений ВЧ- ( $f=13.56$  МГц) и НЧ- ( $f=15-55$  кГц) диапазонов.

В данном случае удалось совместить высокую химическую активность плазмы, определяемую ВЧ-мощностью, и обеспечить управление степенью ионной и электронной бомбардировки растущей пленки, что осуществлялось изменением амплитуды напряжения и частоты НЧ-генератора.

Согласно модели /3/ скорость осаждения пленок a-Si:H зависит от следующих параметров:

$$V_d = 5,2 \cdot 10^3 \frac{pT_s}{T_0^2} D_R^0 \left( \frac{1}{\delta} - \frac{\alpha\delta}{6} \right) + \frac{\langle N_e \times \sigma_d V \rangle}{\frac{1}{\tau_R} + \frac{1}{\tau_d}} X_C \quad (1)$$

где  $p$  - среднее давление в камере (Па);

$T_s$  - температура подложки, К,  $T_0$  - 273К;

$D_R^0$  - коэффициент диффузии радикалов  $\text{SiH}_2$   $\text{SiH}_3$ ;

$\delta$  - ширина приграничного слоя Ландау-Лившица, зависящая от межэлектродного расстояния, динамической вязкости и концентрации аргона и скорости газового потока;

$\langle N_e \rangle$  - величина средней концентрации электронов в плазме,  $m^{-3}$

$\langle \sigma_d V \rangle$  - коэффициент скорости генерации радикалов,  $m^3 / c$ ;

$X_c$  - доля  $SiH_4$  в смеси ( $Ar+SiH_4$ );

$1/\tau_R$  - величина обратная времени жизни радикалов в плазме,  $c^{-1}$ ;

$1/\tau_D$  - величина обратная времени диффузии радикалов в плазме,  $c^{-1}$ ;

Из этой зависимости следует, что изменения характеристик разряда (расход газа, давление, мощность) вызывают изменения параметров плазмы - концентрации электронов ( $N_e$ ), ФРЭЭ, времени жизни частиц, скорости диффузии и скорости реакций частиц в объеме плазмы и на поверхности растущей пленки.

Однако, в реальном разряде нельзя получить скорость роста пленки выше некоторой предельной из-за деградации качеств пленки, низкой диффузии радикалов  $SiH_2$  и  $SiH_3$ , ограничений в генерации этих радикалов внутри плазмы обусловлена вторичными реакциями и т.д.

Ряд ограничений, присущих обычному RF-разряду можно преодолеть при использовании комбинированного разряда. Так, например интенсивность ионной бомбардировки растущей пленки в RF-разряде ограничена наличием потенциального барьера между плазмой и приэлектродным слоем; а в комбинированном разряде путем вариации добавкой НЧ - мощности можно гибко управлять потоком ионов к поверхности, и, кроме того, изменять скорость генерации радикалов  $\langle \sigma_d V \rangle$  (см.1). В свою очередь наличие в комбинированном разряде высокочастотной мощности позволяет поддерживать относительно высокое значение концентрации электронов  $\langle N_e \rangle$ , обеспечивающее эффективную диссоциацию  $SiH_4$ . Экспериментально было установлено, что в комбинированном разряде возможно получение более высоких скоростей осаждения, чем в ВЧ или НЧ разрядах (рис.)

Максимальные скорости роста пленки  $a-Si:H$  при различных режимах разряда.

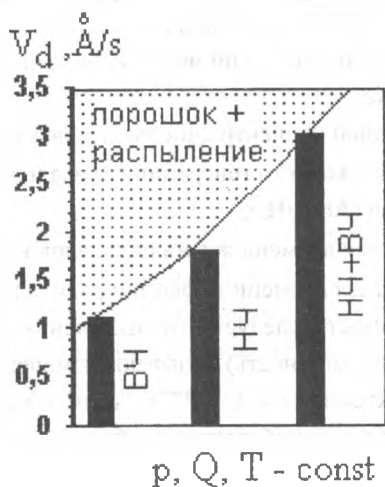


Рис.

## ЛИТЕРАТУРА

1. The influence of frequency and pressure on the material quality of PECVD a-Si:H/ W.G.J.H.M. Van Sark, J.Bezemer, E.M.B. Heller, M. Kars and W. F. Van Der Weg/AST 95.
2. Budaguan B.G., Aivazav A.A., Sazonov A.Yu., Popov A.A., and Berdnikov A.E. High-rate deposition of a-Si:H films in 55kHz glow discharge: growth mechanisms and film structure. Abstracts of MRS Spring Meeting. San Francisco, USA, 1997, P.14.
3. Е. П. Прокопьев, «Химия высоких энергий». 26, 169 (1992).