

## ВЛИЯНИЕ ОЛОВА НА СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ МАТРИЦЫ $\text{SiO}_x$

Д.Д.Оргунова<sup>1</sup>, В.В. Войтович<sup>2</sup>, Р.Н. Руденко<sup>2</sup>, В.А. Юхимчук<sup>3</sup>, М.В. Войтович<sup>3</sup>, Н.Н.Красько<sup>2</sup>, А.Г. Колосюк<sup>2</sup>, В.Ю. Поварчук<sup>2</sup>, И.М. Хацевич<sup>3</sup>

<sup>1</sup>НТУУ «КПИ», Киев, Украина

<sup>2</sup>Институт физики НАН Украины, Киев, Украина

<sup>3</sup>Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, Киев, Украина

В последнее время большой интерес научного мира вызывает способность нанокристаллического кремния (nc-Si) в аморфной матрице  $\text{SiO}_2$  излучать видимый свет. Это открывает множество перспектив по созданию новых опто-электронных устройств, совместимых с кремниевой технологией. Так же известно, что излучательная способность нанокompозитного материала (nc-Si/ $\text{SiO}_2$ ) существенно зависит от концентрации нанокристаллов в аморфной матрице  $\text{SiO}_2$ .

Ранее [1] нами были исследованы процессы кристаллизации аморфного кремния (a-Si) в субоксидной матрице a- $\text{SiO}_x\text{Sn}$ . Было установлено, что наличие металлических примесей олова (Sn) может существенно влиять на процессы кристаллизации a-Si, а также концентрацию и размеры nc-Si в аморфной  $\text{SiO}_2$  матрице. Поэтому целью данной работы было исследование структурных преобразований и процессов формирования нанокристаллов кремния в тонких пленках субоксида кремния с разным содержанием олова. Для этого, методом термического испарения в вакууме, было получено 4 группы образцов с разным содержанием олова.

Для структурных исследований использовалась спектроскопия комбинационного рассеяния света и инфракрасная спектроскопия (ИК).

Было получено, что температура, при которой начинается кристаллизация, будет понижаться с увеличением содержания олова в a- $\text{SiO}_x\text{Sn}$  пленках. Для образцов с большим содержанием олова (2% к объему  $\text{SiO}_x$ ) процесс кристаллизации начинался уже при температуре 500 °C, для образцов со средним содержанием олова (1%) температура кристаллизации составляла 800 °C и для образцов с наименьшим процентным содержанием олова (0.5%), процесс кристаллизации аморфного кремния начинается при температуре 1000 °C. Как показали ИК исследования, олово не влияет на процессы разделения фаз a-Si и  $\text{SiO}_2$  в исследуемых образцах в процессе отжига.

Из расчетов установлено, что в a- $\text{SiO}_x\text{Sn}$  пленках с высоким содержанием олова (1 и 2 %) в процессе кристаллизации формируются кристаллы значительно меньших размеров ( $d \approx 5-7$  нм), чем при кристаллизации образцов, нелегированных оловом ( $d \geq 10$  нм).

В результате проведенных исследований и полученных результатов было выдвинуто предположение, что в основе данного процесса

лежит металло-индуцированная кристаллизация [2–4]. Как известно, металло-индуцированная кристаллизация осуществляется в процессе взаимодействия аморфного кремния и металлической капли. Обычно это происходит при температурах, равных температурам плавления металла. Аморфный кремний вступает во взаимодействие с металлической фазой, растворяется в ней, а далее, при температуре ниже, чем температура плавления металла, начинает происходить разделение фаз кристаллического кремния и металлической примеси, в нашем случае - олова. Предположительно, кристаллизация аморфного кремния в образцах будет зависеть линейно от концентрации металлических примесей в образцах. При легировании образцов оловом, часть олова, которая не растворяется в образце, образует металлические кластеры, которые и играют главную роль в формировании нанокристаллов и их размерах. То есть, чем больше будет металлических кластеров в образце, тем больше вероятность того, что аморфная фаза прореагирует с металлическими кластерами.

В результате проведенных экспериментов было определено, что наличие примеси олова в субоксидной матрице кремния не влияет на процессы трансформации  $\text{SiO}_x$  в  $\text{SiO}_2$ , но значительно понижает температуру кристаллизации аморфного кремния. Причем, прослеживается явная зависимость между количеством олова в образцах и температурой кристаллизации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Войтович В.В., Руденко Р.Н., Колосюк А.Г., Красько Н.Н., Юхимчук В.О., Войтович М.В., Пономарев С.С., Крайчинский А.Н., Поварчук В.Ю., Макара В.А. Влияние олова на процессы формирования нанокристаллов кремния в тонких пленках аморфной матрицы  $\text{SiO}_x//$  ФТП.- 2014.-Т.48, В. 1.- С. 77-80.
2. Sarikov A. Metal induced crystallization mechanism of the metal catalyzed growth of silicon wire-like crystals / A. Sarikov // Appl. Phys. Lett. – 2011. – Vol. 99. – P. 143102-1–143102-3.
3. Aluminium-induced crystallization of amorphous silicon on glass substrates above and below the eutectic temperature / O. Nast, T. Puzzer, L. M. Koschier // Applied Physics Letters. – 1998. – Vol. 73. – P. 3214–3216.
4. V. Neimash, V. Poroshin, P. Shepeliavyi, V. Yukhymchuk, V. Melnyk, A. Kuzmich, V. Makara, A. Goushcha, J. Appl. Phys. 113, 213104 (2013).