Оптические свойства тонких слоев $\text{Hf}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2$ ($0 \leq x \leq 1$), полученных методом молекулярного наплаивания

В.Н. Кручинин¹⁾, М.С. Лебедев²⁾, Е.В. Спесивцев¹⁾, С.В. Рыхлицкий¹⁾

¹⁾ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,
Новосибирск, 630090, Лаврентьева, 13

²⁾ Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН,
Новосибирск, 630090, Лаврентьева, 3

тел: +7 (383) 330-8946, факс: +7 (383) 333-2771, эл. почта: kruch@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-108

Пленки $\text{Hf}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2$ ($0 \leq x \leq 1$) являются перспективным *high-k* диэлектриком для КМОП-технологий и создания оптоэлектронных систем фотоники. Комбинирование соотношения $\text{Hf}:\text{Ti}$ в пленке позволяет перестраивать значения диэлектрической проницаемости и ширины запрещенной зоны в зависимости от концентрации Hf и Ti . Ввиду изовалентности Hf и Ti ожидается, что при допировании не должно возникать высокой концентрации вакансий кислорода, являющихся причиной токов утечки. Перспективы использования пленок $\text{Hf}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2$ в оптоэлектронных приборах описаны в работе [1].

Пленки $\text{Hf}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2$ получены в данной работе методом молекулярного наплаивания на установке *Sunale R-200 Picosun OY, Finland*. В качестве предшественников использовались тетракис (этилметиламид) гафния (IV) $[\text{Hf}(\text{NC}_2\text{H}_5\text{CH}_3)_4]$, общепринятое сокращение – ТЕМАН и тетрахлорид титана (IV) $[\text{TiCl}_4]$ в комбинации с парами H_2O . Последовательное проведение циклов наплаивания компонентов в заданном соотношении m/n (m, n – Hf , Ti -содержащие компоненты) получена серия пленок толщиной $d \sim 50$ нм с соотношением $m:n = 1:0, 1:5, 1:3, 1:1, 3:1, 5:1, 0:1$ (см. таблицу 1) [2].

Таблица 1. Оптические свойства слоев $\text{Hf}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2$

№ обр.	m/n (Hf/Ti)	$\text{Hf}/(\text{Hf}+\text{Ti})$, РФЭС	n , (1.96 эВ)	E_g , эВ
1	1/0	-	2.076	5.493
2	5/1	0.86	2.185	4.857
3	3/1	0.77	2.216	4.315
4	1/1	0.51	2.293	4.043
5	1/3	0.23	2.340	3.595
6	1/5	0.17	2.369	3.582
7	0/1	-	2.455	3.320

Данные рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) показывают, что отношение содержания элементов в пленках близко к отношению m/n (см. табл. 1). Дисперсионные зависимости показателя преломления, $n(E)$ и коэффициента экстинкции $k(E)$ пленок $\text{Hf}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2$ рассчитывались по данным спектральной эллипсометрии. Для этого спектральные зависимости эллипсометрических параметров $\Psi(E)$ и $\Delta(E)$

измерялись на спектральном эллипсометре “*ELLIPS-1991*” в диапазоне энергий фотонов 1.12–4.96 эВ. Дальнейший расчет зависимостей $n(E)$ и $k(E)$ проводился в приближении модели однослойной отражающей системы с использованием дисперсионной модели Таука-Лорентца [3]. Эллипсометрические измерения и расчеты показали, что при величинах энергии фотона $E < 3$ эВ исследованные в работе пленки TiO_2 , HfO_2 и $\text{Hf}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2$ могут рассматриваться как прозрачные, тогда как при $E > 3$ эВ в пленках становится заметно поглощение света. Величины показателя преломления, n закономерно увеличиваются с увеличением содержания Ti в пленках в пределах 2.08–2.46 (см. табл. 1). Оценка ширины запрещенной зоны, E_g из данных 2-х осцилляторной модели Таук-Лорентца показывает ее изменение в широких пределах от HfO_2 (5.49 эВ) до TiO_2 (3.32 эВ).

Литература

- [1] F. Jiang, et al. // Opt. Mater. Express. 2016. V. 6. P. 1871–1880.
- [2] V.V. Atuchin, et al. // J Mat. Sci: Mat. Elect. 2019. V.30, P. 812–823.
- [3] H. Chen et al. // Eur. Phys. J. B. 2005. V. 43. P. 503–507.