

ЗАВИСИМОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК  
СОЕДИНЕНИЯ  $\text{Cr}_{0.15}\text{Si}_{0.85}$  ОТ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНКИ И ТИПА  
ПОДЛОЖКИ

Новиков С.В., Бурков А.Т.

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт Петербург  
Россия

E-mail: [S.Novikov@mail.ioffe.ru](mailto:S.Novikov@mail.ioffe.ru)

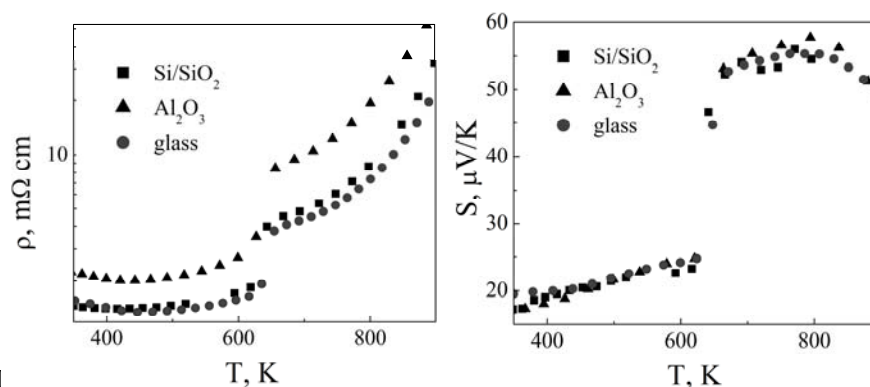
Силициды металлов - перспективные термоэлектрические материалы благодаря их стабильности, механической прочности и безвредности. Ранее было показано, что аморфные пленки силицидов хрома при отжиге кристаллизуются с образованием нанокристаллической фазы с размерами кристаллических зерен 10-20 нм [1]. Было обнаружено, что фактор мощности  $P = \frac{S^2}{\rho}$  ( $S$  – термоэдс,  $\rho$  – электросопротивление)

нанокристаллических пленок превышает фактор мощности поликристаллических соединений того же состава [1]. Однако оставался открытым вопрос, возможно ли полученные результаты для тонких пленок перенести на объемные материалы и тем самым ожидать повышения эффективности за счет наноструктурирования. Главным отличием тонкопленочных материалов от объемных является наличие подложки и взаимодействие с ней, а также рассеяние носителей тепла и заряда на поверхности пленки.

В данной работе изучено влияния толщины пленки и материала подложки на транспортные свойства силицида хрома. Были исследованы тонкопленочные аморфные и нанокристаллические образцы  $\text{Cr}_{0.15}\text{Si}_{0.85}$  на стеклянной, керамической и окисленной кремниевой подложках ( $\text{Si}/\text{SiO}_2$ ). Образцы на подложках  $\text{Si}/\text{SiO}_2$  имели толщины 21, 41, 100 и 208 нм.

На Рис. 1 представлены зависимости удельного сопротивления и термоэдс пленок  $\text{Cr}_{0.15}\text{Si}_{0.85}$  на различных подложках. Как видно, термоэдс не зависит от типа подложки. Характер температурных зависимостей удельного сопротивления и его значения также близки для всех образцов. Пленка на керамической подложке имеет более высокие значения сопротивления по сравнению с остальными образцами. Это связано с тем, что керамическая подложка имеет наибольшую шероховатость поверхности среди представленных подложек. Увеличение шероховатости

приводит к увеличению эффективной длины образца, а, следовательно, и сопротивления.



термоэдс ( $S$ ) пленок  $\text{Cr}_{0.15}\text{Si}_{0.85}$  на различных подложках. Пленки на подложках  $\text{Si}/\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и стеклянной (glass) имеют толщины 208, 200, 110 нм соответственно.

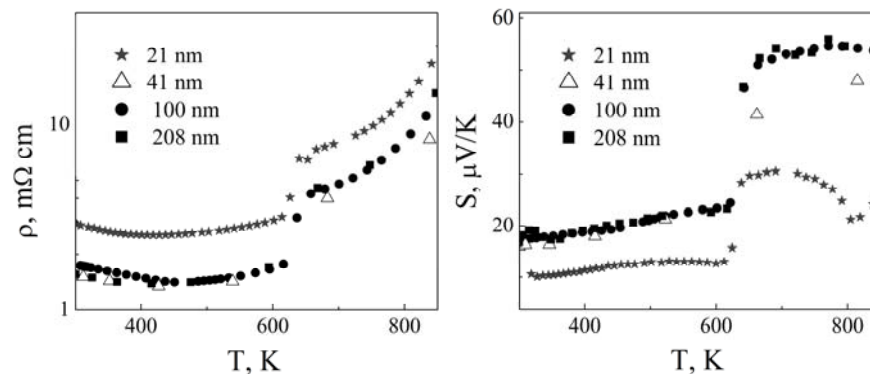


Рис.2. Температурные зависимости удельного сопротивления ( $\rho$ ) и термоэдс ( $S$ ) пленок  $\text{Cr}_{0.15}\text{Si}_{0.85}$  различной толщины на подложке  $\text{Si}/\text{SiO}_2$ .

На Рис. 2 представлены температурные зависимости удельного сопротивления и термоэдс для пленок разной толщины на  $\text{Si}/\text{SiO}_2$  подложке. Зависимости  $\rho(T)$  и  $S(T)$  для образцов с толщиной  $d > 40$  нм имеют один и тот же характер и близкие значения. Пленка с толщиной 21 нм имеет более высокие значения удельного сопротивления и более низкие значения термоэдс по сравнению с остальными образцами. Мы

полагаем, что отличие свойств наиболее тонкой пленки связано со значительным вкладом рассеяния носителей заряда на поверхности пленки, которое слабо зависит от энергии носителей и не дает вклада в термоэдс.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что транспортные свойства изучаемых материалов при толщине пленок более 40 нм не зависят от их толщины и могут рассматриваться как транспортные свойства объемного материала. Эффекты, связанные с тем, что материал находится в виде тонкой пленки, начинают проявляться при толщинах менее 40 нм, когда толщина образца соизмерима с длиной свободного пробега носителей заряда.

Необходимо отметить, что материалы подложки и образцов имеют разные коэффициенты теплового расширения, Табл.1. Однако эффекты, связанные с напряжениями, возникающими в структуре изучаемых пленок, не оказывают существенного влияния на транспортные свойства образцов.

Таблица 1. Коэффициенты теплового расширения для различных материалов при комнатной температуре.

Состав	$\alpha_E, 10^{-6}/K$	Источник
CrSi <sub>2</sub>	11.23	[2]
Si	2.56	[3]
SiO <sub>2</sub>	1	[4]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.2	[5]

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, грант 14-08-31177 «мол\_а».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков С.В., Бурков А.Т. Термоэлектрики и их применения. Доклады XIII Межгосударственного семинара. с.369-373, 2013.
2. Rabinovich B., Radovskii I., Gel'd P. Soviet Powder Metallurgy and Metal Ceramics. 1968. Vol. 7, no. 11. P. 879–883.
3. P. Becker, K. Dorenwendt, G. Ebeling et al. Phys.Rev.Lett. 1981. Vol. 46. P. 1540–1543.
4. J. Zhao, T. Ryan, P. Ho et al. // Journal of Applied Physics. 1999. Vol. 85, no. 9. P. 6421–6424.
5. S. Ryu, J. Park, C. Lee et al. Materials Transactions. 2009. Vol. 50, no. 6. P. 1553–1557.