Механизм транспорта заряда в аморфном нитриде бора

Новиков Ю.Н.¹, Гриценко В.А.^{1,2,3}

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

³ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Новосибирск, пр. Маркса, 20

DOI 10.34077/Semicond2019-386

Нитрид бора (BN)— бинарное соединение бора и азота, гексагональная модификация решетки которого наиболее близка к решетке графена. Аморфный BN- это универсальный по структуре и стехиометрии материал [1], который хорошо согласуется (технологически) с аморфным SiO₂, Al₂O₃, 2D материалами (MoS₂, графен), металлами. В настоящей работе, в широком диапазоне электрических полей и температур (экспериментально и теоретически), рассмотрен транспорт заряда в аморфных плёнках BN толщиной $d=100$ нм. Проводимость BN экспоненциально зависит от электрического поля и температуры. Предполагается, что перенос заряда в BN

происходит по ловушкам. Для описания ионизации ловушек были рассмотрены многофононный механизм и эффект Френкеля. Многофононный механизм ионизации удовлетворительно описывает эксперимент во всём диапазоне электрических полей и температур (рис. 1). Для расчета ВАХ использовались следующие уравнения [2]:

$$J = eN^{2/3}P, \quad P = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \exp\left[\frac{nW_{ph}}{2kT} - S \coth \frac{W_{ph}}{2kT}\right] I_n\left(\frac{S}{\sinh(W_{ph}/2kT)}\right) P_i(W_t + nW_{ph}), \quad (1)$$

$$P_i(W) = \frac{eE}{2\sqrt{2m^*W}} \exp\left(-\frac{4\sqrt{2m^*}}{3\hbar eF} W^{3/2}\right), \quad S = \frac{W_{opt} - W_t}{W_t},$$

где P - вероятность ионизации ловушки, W_t и W_{opt} – термическая и оптическая энергии ионизации ловушки, соответственно, W_{ph} – энергия фонона, m^* -эффективная масса, N - концентрация ловушек, k -постоянная Больцмана, e - заряд электрона, $E=V/d$ – среднее электрическое поле в образце, V - напряжение, прикладываемое к образцу.

Эффект Френкеля описывает эксперимент только при температурах $T=520-460$ К. При этом, полученная величина частотного фактора нефизично мала.

[1] N.R. Glavin et al., *Advanced Functional Materials*, **26**, 2640 (2016).

[2] S.S. Makram-Ebeid, M. Lannoo, *Phys. Rev. B*, **25**, 2406 (1982).

Рис.1. –эксперимент (кружочки) и расчет (сплошная линия) ВАХ в BN с учетом многофононного механизма ионизации ловушек со следующими параметрами: $W_t=1.1$ эВ, $W_{opt}=2$ эВ, $W_{ph}=0.06$ эВ, $N=2.5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, $v=3.9 \cdot 10^{13} \text{ c}^{-1}$, $m^*=0.3m_e$.