

ИЗУЧЕНИЕ ИМПУЛЬСОВ ПРОВОДИМОСТИ В АЛМАЗЕ, ИНДУЦИРОВАННОЙ РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Д. В. Шаршунов

Белорусская сельскохозяйственная академия г. Горки, ул. Мичурина, 4,
e-mail: sharshunov@gorki.unibel.by

Зависимости формы и амплитуды импульса проводимости от концентрации примеси в алмазе были исследованы рентгеновским возбуждением. Была установлена эквивалентность в процессах изменения концентрации носителей в рассмотренном случае и при фотопроводимости. Было показано, что упомянутая зависимость обрывается при концентрации А-центров около 10^{20} см^{-3} .

Введение

При отборе исходных алмазов для использования в электронике (в частности, для детекторов ионизирующих излучений) на практике в качестве важнейшего критерия используется наличие сигнала проводимости, индуцированной рентгеновским излучением. Данный критерий является чисто эмпирическим (фиксируется только само наличие сигнала) и поэтому обеспечивает невысокий выход конечных материалов [1]. Необходим теоретический анализ влияния отдельных типов примесных центров на характеристики импульсов проводимости указанного типа.

В данной работе изучалась зависимость амплитуды импульса тока неравновесных носителей, генерированных в алмазе рентгеновским излучением, от концентрации доминирующего дефекта (т.н. А-центра – пары замещающих атомов азота) с помощью математической модели процессов изменения концентрации указанных носителей.

Основная часть

Проведено моделирование поглощения рентгеновского излучения в кристалле в форме параллелепипеда размерами $3 \times 1 \times 1 \text{ мм}^3$ с содержанием азота в форме А- центров 10^{18} см^{-3} . Параметры источника полагались следующими: мощность в расчёте на единицу поверхности образца 10^4 Вт/см^2 , энергия фотонов 10 кэВ , длительность импульса $0,2 \text{ нс}$. Время жизни носителей, не связанное с захватом носителей примесными атомами, принималось равным $1 \cdot 10^{-8} \text{ с}$ (такое большое значение данного параметра обусловлено тем, что при взаимодействии ионизирующего излучения с веществом генерируются горячие носители, которые должны израсходовать большую часть своей энергии до рекомбинации). В качестве сечений захвата носителя примесью использовались те же величины, что и в случае междужонного оптического поглощения [2] (соответственно, $1,8 \cdot 10^{-13} \text{ см}^2$ для электронов и $1,0 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$ для дырок), приложенное к образцу со стороны граней $1 \times 1 \text{ мм}^2$ напряжение полагалось равным 1000 В .

Полученная форма импульса представлена на рис. 1. Максимум данной кривой соответствует моменту времени $1,16 \text{ нс}$, он смещён на $0,16 \text{ нс}$ от положения максимума импульса генерации (форма импульса генерации аппроксимировалась гауссовой кривой с

отношением дисперсии к положению центра тяжести $1:5$). Данное смещение и следующий за

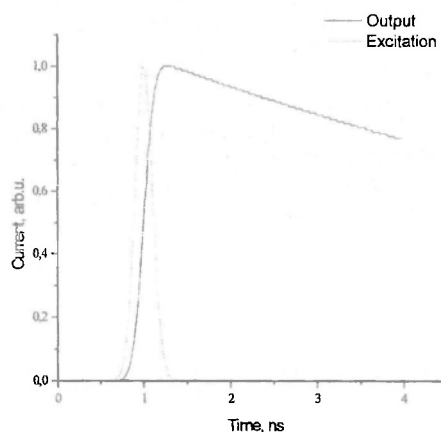


Рис. 1. Форма импульса рентгенопроводимости алмаза типа Ia.

максимумом участок экспоненциального спада обусловлены захватом дырок центрами, что подтверждается значением времени жизни неравновесных носителей, определенным по участку спада, ($0,857 \text{ нс}$), и соответствующему данному процессу.

Для указанных выше размеров образца и источника рентгеновского излучения было также проведено изучение зависимости амплитуды импульса от содержания азота в форме А-центров в пределах изменения концентрации указанных дефектов $10^{14} - 10^{21} \text{ см}^{-3}$. Результаты моделирования представлены на рис 2.

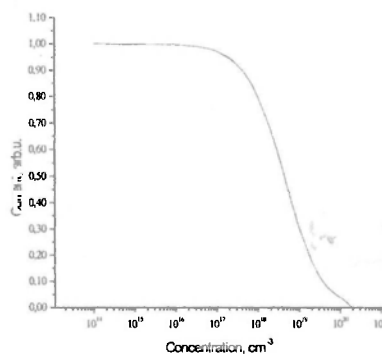


Рис. 2. Зависимость амплитуды импульса от концентрации азотных примесей

Очевидно, что примерно до значения примерно $1,0 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ концентрация А- центров не влияет на амплитуду импульса проводимости. Полное отсутствие сигнала наблюдается для концентраций более $2,0 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ (это значение подтверждается экспериментальными данными для фотопроводимости). Спад амплитуды объясняется увеличением вклада захвата дырок примесным уровнем.

Заключение

Зависимости амплитуд от концентраций азотных центров в рассматриваемом случае и в случае собственной фотопроводимости подобны. Это свидетельствует о том, что физические процессы, влияющие на амплитуду импульсов в обоих случаях, тождественны. Отсюда следует, что при отборе исходных алмазов для создания на их основе детекторов ионизирующих излучений вместо традиционно используемого рентгеновского источника можно использовать лазер, энергия фотона которого превышает ширину запрещенной зоны алмаза.

В результате моделирования поглощения рентгеновского излучения в алмазе установлено, что для концентраций азота менее $1,0 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ амплитуда импульса тока, индуцированного рентгеновским излучением, не зависит от концентрации азотных центров. Форма импульса проводимости характеризуется наличием пика, максимум которого смещен от положения центра возбуждающего импульса, и следующего за максимумом участка экспоненциального спада, определяющегося захватом дырки (более долгоживущего носителя) примесью. Показана тождественность процессов, влияющих на амплитуду импульсов, в случаях возбуждения рентгеновским и оптическим излучением.

Список литературы

1. Шаршунов Д.В. // Вести академии наук. Сер. физ. - мат. наук. - 1999, №1. - с. 143.
2. Pan L.S., Kania D.R., Pianetta P. e.a. // J. Appl. Phys. - 1993. - Vol. 73, № 6. - P. 2888 - 2894.
3. Природные алмазы России. Под ред. В.Б. Кваскова. - М.: Полярон, 1997. - 304 с.

STUDYING OF X-RAY INDUCED CONDUCTIVITY PULSES IN DIAMOND

D.V.Sharshunov

Belarussian state agricultural academy, 213410, Gorki, Michurin st., 4.

E mail: sharshunov@gorki.unibel.by

Conductivity pulse form and pulse amplitude dependence from impurity concentration in diamond was studied for x-ray excitation. Processes of carriers concentration changing at considered and photoconductivity cases equivalence was established. It was shown that mentioned dependence cut-off at A- centre concentration value about 10^{20} cm^{-3} .