

4. Magnetoresistance of a domain wall at a submicron junction / Y. B. Xu, C.A.F. Vaz, A. Hirohata, [et al.] // Physical Review B. – 2000. – Vol.61, Iss. 22. – P. R14901-R14904.
5. Structural and magnetic studies of thin Fe⁵⁷ films formed by ion beam assisted deposition / N.M. Lyadov, V.V. Bazarov, F.G. Vagizov, [et al.] // Applied Surface Science. – 2016. – Vol. 378. – pp. 114–119.
6. Lippman, H.J. Der geometrieinflus auf den transversalen magnetischen widerstandseffekt bei rechteckformigen halbleiterplatten / H.J. Lippman, F. Kurt // Zs. Naturforsch. – 1958. – Vol. 13a, № 6. – P. 462 – 474.
7. Corbino, O. M. Elektromagnetische Effekte die Fonder Verzerrung herruhren/ O.M. Corbino // Phys. Zs., –1911. – Vol. 12.– 561p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОНОКРИСТАЛЛОВ AgGaSe₂

В. Г. Гуртовой, А. У. Шелег

*ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», ул. П. Бровки 19, 220072, Минск, Беларусь
e-mail: hurtavy@physics.by*

Проведены исследования влияния температуры на диэлектрическую проницаемость и удельную электропроводность тройных нелинейно-оптических кристаллов AgGaSe₂ на различных частотах измерительного поля. Показано, что с ростом температуры диэлектрическая проницаемость и электропроводность увеличиваются. Установлено, что для кристаллов AgGaSe₂ характерно наличие нескольких типов проводимости. Обнаружена существенная частотная дисперсия диэлектрических свойств исследованных кристаллов.

Ключевые слова: нелинейно-оптические кристаллы; диэлектрическая проницаемость; удельная электропроводность; температурная зависимость; дисперсия.

INVESTAGATION OF TEMPERATURE DEPENDENCIES OF AgGaSe₂ SINGLE CRYSTALS DIELECTRIC PROPERTIES

V. G. Hurtavy, A. U. Sheleg

*State Scientific and Production Association «Scientific-Practical Materials Research Centre of the National Academy of Sciences of Belarus», P. Brovka str., 19, 220072 Minsk, Belarus
Corresponding author: V. G. Hurtavy (hurtavy@physics.by)*

The effect of temperature on the dielectric constant and the electrical conductivity of ternary nonlinear-optical AgGaSe₂ crystals at different frequencies of the measuring field was studied. It is shown that the dielectric constant and electrical conductivity rise with increasing temperature. It is established that the presence of several types of conductivity is characteristic for AgGaSe₂ crystals. An essential frequency dispersion of the dielectric properties of the studied crystals was observed.

Key words: nonlinear-optical crystals; dielectric constant; electrical conductivity; temperature dependence; dispersion.

ВВЕДЕНИЕ

Тройные серебросодержащие соединения AgGaSe_2 являются оптиически-нелинейными материалами с высокими показателями нелинейности с широкой областью прозрачности в видимой и средней инфракрасной области спектра. Для них характерна высокая лучевая стойкость по сравнению с широко используемыми в настоящее время материалами. Соединение AgGaSe_2 относится к прямозонным полупроводникам со структурой халькопирита и кристаллизуется в тетрагональной симметрии с пространственной группой $I42d$ и параметрами элементарной ячейки $a = 5.757 \text{ \AA}$, $c = 10.305 \text{ \AA}$ [1].

На основе соединения AgGaSe_2 и его твердых растворов создаются фотопреобразователи солнечной энергии, оптические параметрические осцилляторы, твердотельные источники спин-поляризованных электронов и другие приборы полупроводниковой оптоэлектроники [2–3]. В последние годы достигнут значительный прогресс в применении монокристаллов прямозонных соединений AgGaSe_2 для получения второй и третьей гармоник лазеров на CO_2 . На основе высококачественных монокристаллов AgGaSe_2 разрабатываются детекторы рентгеновского и гамма-излучения, работающие при комнатной температуре. Несмотря на определенные успехи, достигнутые в изучении физических свойств монокристаллов соединения AgGaSe_2 , многие физические характеристики данных кристаллов остаются пока неисследованными или требуют дальнейшего уточнения.

Целью данной работы было изучение влияния температуры и частоты измерительного поля на диэлектрическую проницаемость (ϵ) и удельную проводимость (σ) монокристаллов AgGaSe_2 .

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Измерения диэлектрической проницаемости и электропроводности AgGaSe_2 проводили методом плоского конденсатора с помощью цифрового измерителя E7-20 на частотах измерительного поля 10^3 – 10^6 Гц в температурном диапазоне 100–300 К. Образец представлял собой монокристаллическую пластинку размерами $\sim 7 \times 5 \times 1$ мм. Поверхность пластинки совпадала с кристаллографической плоскостью (011). На образец наносили омические серебряные контакты и помещали между металлическими прижимными контактами. Держатель с образцом экранировали латунным стаканом, на который через изоляционную прослойку из слюды наматывали нагреватель. Питание нагревателя осуществлялось постоянным током от стабилизированного источника. Температура контролировалась при помощи дифференциальной хромель-копелевой термопары и универсального цифрового вольтметра. Измерения проводили методом непрерывного квазистатического нагревания со скоростью ~ 0.5 К/мин. Точность измерения температуры составляла 0,1 – 0,2 К. Погрешность измерений диэлектрических характеристик составляла $\sim 0.5\%$. Измерения проводили на нескольких частотах измерительного поля: 10^3 , 10^4 , 10^5 и 10^6 Гц. Значения диэлектрической проницаемости и удельной электропроводности рассчитывались по формуле, соответствующей плоскопараллельному конденсатору.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлены температурные зависимости диэлектрической проницаемости монокристалла AgGaSe_2 , полученные на различных частотах измерительного поля. Как видно из рисунка, значения ϵ с ростом температуры увеличиваются. Наблюдается значительная дисперсия диэлектрической проницаемости. С ростом частоты значения ϵ уменьшаются, что обусловлено, как известно, релаксационными процессами, происходящими в высокочастотной области измерений.

На рисунке 2 представлены температурные зависимости удельной электропроводности монокристалла AgGaSe_2 на различных частотах. На рисунке 3 изображена кривая зависимости проводимости от температуры на частоте измерительного поля 10 кГц. Из рисунков видно, что значения σ увеличиваются с ростом температуры, что обусловлено ростом концентрации свободных носителей заряда (проявление полупроводниковых свойств). Участки с разным наклоном на кривых $\sigma = f(T)$ указывают на сложный механизм переноса заряда и наличие нескольких типов проводимости в этих кристаллах.

Следует отметить, что у кристалла AgGaSe_2 наблюдается значительная дисперсия электропроводности. Значения проводимости в изученном интервале частот (1 кГц – 1 МГц) изменяются более чем на три порядка. С ростом частоты измерительного поля значения σ сильно увеличиваются, что обусловлено релаксационными процессами, происходящими в высокочастотной области измерений.

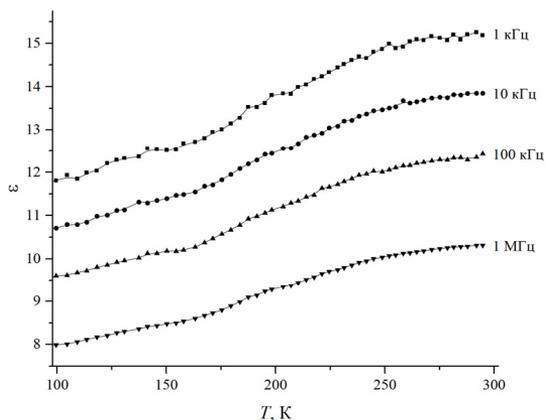


Рисунок 1. – Температурные зависимости диэлектрической проницаемости монокристалла AgGaSe_2

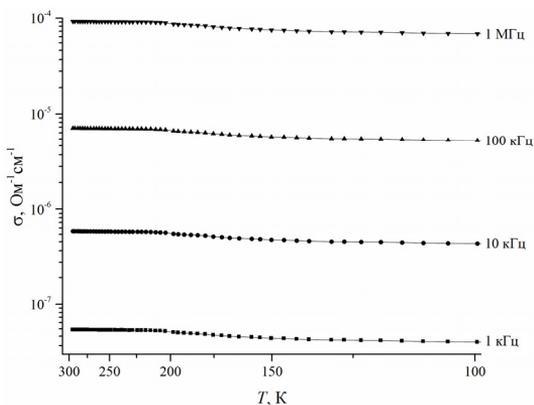


Рисунок 2. – Температурные зависимости удельной электропроводности монокристалла AgGaSe_2

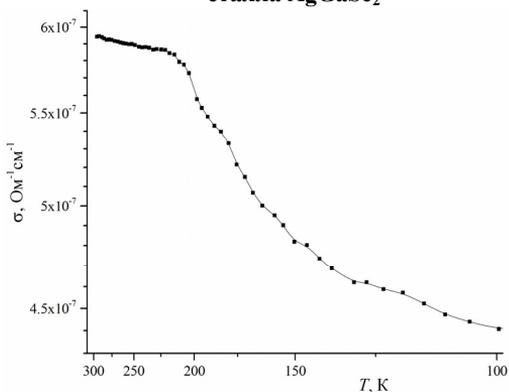


Рисунок 3. – Температурная зависимость удельной электропроводности AgGaSe_2 на частоте 10 кГц

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Optical and Electrical Properties of AgGaS₂ and AgGaSe₂ / B. Tell, H.M. Kasper // Physical Review B. - 1971. - V. 4. № 12. – P. 4455–4459.
2. Photoluminescence study of AgGaSe₂, AgGa_{0,9}In_{0,1}Se₂, and AgGa_{0,8}In_{0,2}Se₂ crystals grown by the horizontal Bridgman technique / Y. Cui [et al.] // Journal of Applied Physics. – 2008. – V. 103. N 12. – P. 123514–1–9.
3. The refractive index of extraordinary ray for AgGaSe₂ crystal in 11–16 μm range / H.-W. Wang, M.-h. Lu // Optics Communications. – 2001. – V. 192. N 3. – P. 357–363.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕГМЕНТИРОВАННОЙ ФУНКЦИИ

Р. Диас¹, Д. А. Котов²

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

ул. Петруся Бровки, 6, 220013 Минск, Беларусь,

¹⁾ *e-mail: diazr89@gmail.com,*

²⁾ *e-mail: kotov@bsuir.by*

Представлена математическая модель формирования профиля эрозии мишени круглой магнетронной распылительной системы. Разработанная модель основана на математическом описании функции по частям, которая делится на 3 функции: 2 экспоненты и парабола. Для проверки предложенной модели были сделаны измерения выработанной алюминиевой мишени диаметром 100 мм и толщиной 6 мм. Анализ результатов исследования показал, что погрешность расчетной модели не превышает 10,0 %.

Ключевые слова: магнетронное распыление; зона эрозии; экспоненциальная функция; квадратичная функция; плотность ионного тока.

MODELING OF MAGNETRON SPUTTERING SYSTEM USING SEGMENTED FUNCTION

R. Diaz, D. A. Kotov

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,

Petrusya Brovki st. 6, 220013 Minsk, Belarus,

Corresponding author: R. Diaz (e-mail: diazr89@gmail.com)

A mathematical model of modeling the erosion profile in magnetron sputtering is presented. The model is developed based on a mathematical description of the function by parts, which is divided into 3 functions: 2 exponents and parabola. To test the proposed model, measurements were made of an aluminum target with a diameter of 100 mm and a thickness of 6 mm. Analysis of the results of the study shows that the simulation error does not exceed 10.0%.

Key words: magnetron sputtering; zone of erosion; exponential function; quadratic function; density of ion current.