

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ОДИНОЧНЫХ ФОТОНОВ В ОБЛАСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТА, РАБОТАЮЩИЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ КИПЕНИЯ ЖИДКОГО ГЕЛИЯ

А.А. КУЗАНЯН*, А.С. КУЗАНЯН, Л.Г. МГЕРЯН, В.Р. НИКОГОСЯН

Институт физических исследований НАН Армении, Аштарак, Армения

*e-mail: astghik.kuzanyan@gmail.com

(Поступила в редакцию 25 августа 2025 г.)

Представлены результаты анализа возможности детектирования одиночных фотонов экстремального ультрафиолетового диапазона с помощью многослойного термоэлектрического сенсора с рабочей температурой 4.2 К. Сенсор с площадью поверхности 1 или 100 мкм² состоит из поглотителя (W), теплоотвода (Mo) и диэлектрической подложки (Al₂O₃) с толщинами 40, 10 и 100 нм, соответственно. Толщина термоэлектрического слоя (SeV₆) составляла 5 и 10 нм. Определена эквивалентная мощность шума сенсора. Для расчета эффективности регистрации фотонов с энергией 22.5, 38, 39 и 44.7 эВ методом компьютерного моделирования исследованы процессы распространения тепла в рассматриваемом сенсоре после поглощения фотонов в центре поверхности поглотителя и определена мощность сигнала. С помощью полученных результатов проведена оценка эффективности термоэлектрического сенсора предложенных конструкций при рабочей температуре 4.2 К.

1. Введение

Однофотонные детекторы различных конструкций нашли широкое применение в многочисленных областях науки и современных технологий [1–4]. Детекторы с высокими характеристиками используются для исследований в ИК [5, 6] и УФ диапазонах [7, 8] электромагнитного спектра. Также существуют детекторы для регистрации фотонов в диапазоне экстремального ультрафиолета (ЭУФ) [9], который интересен для микроскопии наномасштабного разрешения [10]. Последние десятилетия среди детекторов различных конструкций наиболее высокими характеристиками обладают сверхпроводящие нанопроволочные однофотонные детекторы [11]. Они обладают высокой системной эффективностью, скоростью счета, низкой скоростью темнового счета и задержкой сигнала [12, 13]. Наиболее важный параметр однофотонных детекторов – системная эффективность детектирования, может достигать 98% для фотонов с длиной волны 1550 нм [14]. Важным параметром детекторов является также рабочая температура. Чем она выше, тем дешевле становится эксплуатация детектора с использованием более простого криогенного оборудования. Из-за сложности поддержания низкой температуры в течение длительного времени исследования

в настоящее время сосредоточены на использовании сверхпроводников на основе купратов с высокой температурой перехода [15].

Термоэлектрический однофотонный детектор обладает рядом преимуществ по сравнению со сверхпроводящими детекторами, основными из которых являются простая конструкция детектирующего элемента и нестрогие требования к поддержанию рабочей температуры [16–18]. Наши предыдущие исследования показали, что отношение сигнал/шум (SNR) термоэлектрического сенсора с вольфрамовым поглотителем и молибденовым теплоотводом может быть значительно больше единицы для фотонов ультрафиолетовой области электромагнитного спектра [19–21]. Это означает, что такой сенсор может обеспечить регистрацию уже поглощенного фотона с высокой эффективностью. В нашей последней работе [22] показано, что при рабочих температурах 0.5–1.5 К сенсора $W/(La,Ce)B_6/Mo/Al_2O_3$ системная эффективность регистрации одиночных фотонов с энергией 22.5, 38 и 44.7 эВ может достигать соответственно 95, 94 и 97 %. Целью настоящей работы является определение системной эффективности термоэлектрического сенсора $W/CeB_6/Mo/Al_2O_3$ в ЭУФ области спектра при рабочей температуре 4.2 К.

2. Методы исследований

Исследовалась возможность детектирования одиночных фотонов с энергией 22.5, 38, 39 и 44.7 эВ с использованием многослойного термоэлектрического сенсора WCM, состоящего из поглотителя (W), термоэлектрического слоя CeB_6 , теплоотвода (Mo) и диэлектрической подложки (Al_2O_3). Сенсор с рабочей температурой $T_0 = 4.2$ К имел поверхность A площадью 1×1 и 10×10 мкм². Толщина слоев сенсора составляла: W – 40, CeB_6 – 10 и 5, Mo – 10 и Al_2O_3 – 100 нм. Такая геометрия сенсора обеспечивает как высокую эффективность оптической связи ЭУФ фотонов и сенсора, так и высокую эффективность поглощения фотонов в вольфраме [22]. Эффективность регистрации уже поглощенного фотона зависит от отношения мощности сигнала и шума термоэлектрического сенсора. Мощность сигнала сенсора зависит от возникающего на нем электрического напряжения. Значения возникающего на сенсоре напряжения определяются произведением коэффициента Зеебека термоэлектрика и возникающего на сенсоре градиента температуры. Коэффициент Зеебека термоэлектрика CeB_6 при 4.2 К выше, чем у $La_{0.99}Ce_{0.01}B_6$, поэтому в качестве материала термоэлектрического слоя выбран гексаборид церия.

С целью определения мощности сигнала на основе уравнения теплопередачи из ограниченного объема проводилось компьютерное моделирование процессов распространения тепла в термоэлектрическом сенсоре. Методика расчетов, уравнения и приближения подробно описаны в работе [19]. Определены временные зависимости температуры в зоне термализации фотона, в центре границ слоев и в 10 точках на каждой границе с одинаковым шагом от центра. Также определена временная зависимость усредненной по поверхности слоев температуры. В табл.1 приведены физические параметры материалов, которые использованы в расчетах мощности шума и сигнала.

Табл.1. Физические параметры материалов при 4.2 К

Параметры	Материалы			
	W	CeB ₆	Mo	Al ₂ O ₃
Плотность, кг/м ³	19300	4800	10280	4000
Теплоемкость, Дж/(кг×К)	0.038 [23]	14.64 [26]	0.1 [29]	0.0078 [30]
Теплопроводность, Вт/(м×К)	5880 [24]	0.25 [27]	63.8 [24]	256 [31]
Коэффициент Зеебека, мкВ/К		90 [28]		
Удельное сопротивление, Ом×м	3×10 ⁻¹³ [25]	6×10 ⁻⁷ [28]	7.3×10 ⁻¹² [25]	

3. Результаты и их обсуждение

Как показано в работе [22], вольфрамовый поглотитель толщиной 40 нм обеспечивает высокую эффективность оптической связи с сенсором и поглощение фотонов рассматриваемых энергий. Для расчета системной эффективности WCM сенсора при рабочей температуре 4.2 К нужно определить эффективность регистрации уже поглощенного фотона, которую можно считать высокой, если выполняется условие $SNR > 1$. Значения параметра SNR определим для всех рассматриваемых энергий фотонов и геометрий WCM сенсора. Начнем рассмотрение полученных результатов с определения эквивалентной мощности шума.

3.1. Эквивалентная мощность шума

Эквивалентная мощность шума N сенсора оптического излучения определяется как мощность падающего излучения, обеспечивающая отношение сигнал/шум, равное единице на выходе сенсора. Обычно рассматривается квадрат эквивалентной мощности шума на единицу полосы пропускания $NEP^2 = N^2/\Delta f$, следовательно NEP имеет единицу измерения Вт/Гц^{1/2}. Полоса пропускания Δf является обратной величиной времени измерения сигнала $\Delta f = 1/t$. Для тепловых детекторов NEP обусловлена главным образом фоновым (NEP_p) и Джонсоновским (NEP_j) шумом [32–34], которые для многослойного термоэлектрического сенсора определяются уравнениями [35]

$$NEP_p^2 = 4k_B T^2 (4A\epsilon\sigma_{SB}T^3 + k_3 d_3),$$

$$NEP_j^2 = \frac{4k_B T (\rho_1 d_1 + \rho_2 d_2) (4A\epsilon\sigma_{SB}T^3 + k_1 d_1 + k_2 d_2)^2}{A|S|^2}.$$

В этих уравнениях k_B – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, A – площадь поверхности сенсора, ϵ – поглощающая способность поглотителя, σ_{SB} – постоянная Стефана–Больцмана, k_3 – теплопроводность материала теплоотвода, d_3 – толщина теплоотвода, S – коэффициент Зеебека материала термоэлектрического слоя; ρ_1 , d_1 , k_1 обозначают соответственно удельное сопротивление, толщину и теплопроводность поглотителя, а ρ_2 , d_2 , k_2 относятся к тем же параметрам термоэлектрического слоя. Фоновый шум обусловлен процессом теплопередачи из поглотителя и термоэлектрического слоя через теплоотвод в подложку и

зависит от геометрии и физических свойств материала теплоотвода. Джонсоновский шум обусловлен флуктуациями носителей заряда в поглотителе и термоэлектрическом слое и зависит от параметров этих двух слоев. Суммарный шум рассчитывается по уравнению $NEP = (NEP_p^2 + NEP_J^2)^{1/2}$. Эквивалентная мощность шума сенсора WCM с площадью поверхности 100 и 1 мкм², рабочей температурой 4.2 К для двух значений толщины термоэлектрического слоя d_2 приведена в табл.2.

Табл.2. Эквивалентная мощность шума сенсора WCM с поверхностью 1 и 100 мкм²

d_2 , нм	NEP _p	NEP _J	NEP	NEP _p	NEP _J	NEP
	Вт/Гц ^{1/2}					
	$A = 100 \text{ мкм}^2$			$A = 1 \text{ мкм}^2$		
5	2.49×10^{-14}	2.18×10^{-13}	2.19×10^{-13}	2.49×10^{-14}	2.18×10^{-12}	2.19×10^{-12}
10	2.49×10^{-14}	3.08×10^{-13}	3.09×10^{-13}	2.49×10^{-14}	3.08×10^{-12}	3.08×10^{-12}

Эквивалентный фонный шум не изменяется с изменением площади поверхности сенсора и толщины термоэлектрического слоя. Джонсоновский шум сенсора с поверхностью 1 мкм² на порядок больше, чем у сенсора с поверхностью 100 мкм², больше для сенсора с большей толщиной термоэлектрического слоя, намного больше фонного шума и определяет суммарный шум. Отметим также, что эквивалентная мощность шума термоэлектрического сенсора не зависит от энергии регистрируемых фотонов.

3.2. Моделирование процесса распространения тепла в WCM сенсоре с рабочей температурой 4.2 К

Закономерности распространения тепла в термоэлектрическом сенсоре WCM после поглощения одиночных ЭУФ фотонов аналогичны установленным ранее для многослойных сенсоров других конструкций, одинаковы для поверхностей всех слоев сенсора и различных энергий фотонов [18, 33]. Установлено, что на поверхности слоя максимальная температура достигается в центре, при удалении от которого значения максимума уменьшаются, а время достижения максимума увеличивается. В один и тот же момент времени усредненная температура поверхности слоя тем меньше, чем ближе слой к подложке. Именно этим обусловлено возникновение на термоэлектрическом слое градиента температуры и электрического напряжения – сигнала, позволяющего регистрировать один фотон.

Методом компьютерного моделирования исследовалась временная зависимость градиента усредненной по границам термоэлектрического слоя температуры. На рис.1 приведены графики этой зависимости для случаев поглощения фотонов с различной энергией в сенсоре с толщиной термоэлектрического слоя 10 нм и площадью поверхности 100 мкм². Можно видеть, что градиент усредненной температуры быстро достигает максимума, за которым следует медленный спад, причем, максимум тем выше, чем больше энергия поглощенного фотона. Такие же зависимости наблюдаются и для сенсора с площадью поверхности 1 мкм², но достигаются значительно большие значения максимума. На рис.2 приведены графики временной зависимости градиента усредненной температуры на

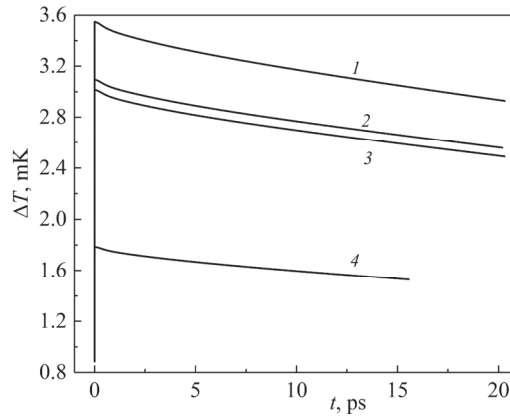


Рис.1. Временная зависимость градиента усредненной температуры, возникающей на сенсоре с поверхностью 100 мкм^2 и толщиной $d_2 = 10 \text{ нм}$ после поглощения фотонов с энергией: 1 – 44.7, 2 – 39, 3 – 38 и 4 – 22.5 эВ.

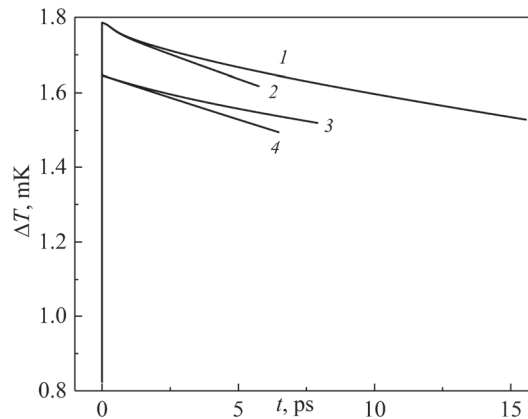


Рис.2. Временная зависимость градиента усредненной температуры, возникающего на сенсоре с поверхностью 100 мкм^2 (1, 2) и уменьшенные в 100 раз значения ΔT для сенсоре с поверхностью 1 мкм^2 (3, 4) при толщине $d_2 = 10 \text{ нм}$ (1, 3) и 5 нм (2, 4) после поглощения фотонов с энергией 22.5 эВ.

термоэлектрическом слое для случаев поглощения фотонов с энергией 22.5 эВ в сенсоре с толщиной термоэлектрического слоя 5 и 10 нм и площадью поверхности 1 и 100 мкм^2 .

Как и следовало ожидать, для одной и той же энергии фотона уменьшение площади поверхности сенсора в 100 раз почти в 100 раз увеличивают градиент усредненной температуры. Уменьшение толщины термоэлектрического слоя в 2 раза мало влияет на значения максимума градиента ΔT_m , но ускоряет спад усредненной температуры на границе поглотитель – термоэлектрический слой и градиента ΔT . Значения параметра ΔT_m и соответствующего ему максимального электрического напряжения, которое рассчитывается по уравнению $V_m = S \times \Delta T_m$, где S – коэффициент Зеебека материала термоэлектрического слоя, приведены в табл.3. Возникающее на сенсоре максимальное электрическое напряжение увеличивается с увеличением энергии поглощенного фотона, и если для сенсора с площадью поверхностью 100 мкм^2 V_m равно сотням нановольт, то для сенсора с

Табл.3. Значения максимумов градиента усредненной температуры и электрического напряжения на границах термоэлектрического слоя сенсора WCM с площадью поверхности 100 и 1 мкм²

E , эВ	$A = 100 \text{ мкм}^2$		$A = 1 \text{ мкм}^2$	
	ΔT_m , мК	V_m , мкВ	ΔT_m , мК	V_m , мкВ
22.5	1.786	0.16074	166.1	14.949
38	3.016	0.27144	280.4	25.236
39	3.096	0.27864	287.9	25.911
44.7	3.548	0.31932	329.9	29.691

поверхностью 1 мкм² – десяткам микровольт.

3.3. Расчет мощности сигнала, мощности шума и SNR сенсора WCM с рабочей температурой 4.2 К

Мгновенная мощность электрического сигнала устройства с сопротивлением R , на котором возникает напряжение V , равна $P(t) = V^2(t)/R$. Усредненная за период τ

мощность сигнала равна $P_S = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau P(t) dt$. Мощность шума в единицах ватт определяется

уравнением $P_N = NEP \times \Delta f^{1/2}$, где полоса частот измерения сигнала $\Delta f = 1/\tau$. По определению $SNR = P_S/P_N$. Значения параметров P_N , P_S и SNR сенсора WCM с

Табл.4. Значения параметров P_N , P_S и SNR термоэлектрического сенсора WCM

E , эВ	d_2 , нм	P_N , Вт	P_S , Вт	SNR	P_N , Вт	P_S , Вт	SNR
		$A = 100 \text{ мкм}^2$			$A = 1 \text{ мкм}^2$		
22.5	10	1.17×10^{-7}	3.89×10^{-10}	0.0033	1.17×10^{-6}	1.16×10^{-9}	0.001
	5	8.29×10^{-8}	3.38×10^{-8}	0.41	8.24×10^{-7}	2.03×10^{-7}	0.25
38	10	1.17×10^{-7}	7.61×10^{-10}	0.0065	1.17×10^{-6}	61×10^{-9}	0.002
	5	8.29×10^{-8}	6.61×10^{-8}	0.80	8.24×10^{-7}	1.99×10^{-7}	0.24
39	10	1.17×10^{-7}	2.22×10^{-10}	0.0019	1.17×10^{-6}	61×10^{-9}	0.0013
	5	8.29×10^{-8}	9.65×10^{-8}	1.16	8.24×10^{-7}	1.34×10^{-7}	0.16
44.7	10	1.17×10^{-7}	7.61×10^{-9}	0.0093	1.17×10^{-6}	61×10^{-9}	0.0026
	5	8.29×10^{-8}	9.42×10^{-8}	1.14	8.24×10^{-7}	2.61×10^{-7}	0.32

различной площадью поверхности и толщиной термоэлектрического слоя для случаев поглощения ЭУФ фотонов приведены в табл.4. При расчетах использовались данные моделирования для сигнала продолжительностью 7 пс.

Из таблицы видно, что для большинства рассмотренных случаев $SNR < 1$, т.е. мощность сигнала меньше мощности шума. Только для случаев поглощения фотонов с энергией 39 и 44.7 эВ в сенсоре с поверхностью 100 мкм² и толщиной термоэлектрического слоя 5 нм имеем $SNR > 1$. Однако, как мы показали ранее [22], при более продолжительных сигналах, достаточных для спада сигнала до уровня фона, значения SNR будут меньше. Рассмотренная в данном параграфе

продолжительность сигнала 7 пс не обеспечивает спад сигнала до уровня фона и готовность сенсора регистрировать следующий фотон.

4. Заключение

Представлены результаты компьютерного моделирования процессов распространения тепла в термоэлектрическом WCM сенсоре, состоящем из W поглотителя, Mo теплоотвода и Al_2O_3 подложки, с толщинами 40, 10 и 100 нм, соответственно. Рассматривались два значения толщины термоэлектрического слоя CeB_6 – 5 и 10 нм. Изучено поглощение ЭУФ фотонов в сенсоре с площадью поверхности 1 и 100 мкм^2 . Показано, что в случае регистрации одиночных фотонов с энергией 22.5, 38 и 44.7 эВ при рабочих температурах WCM сенсора 4.2 К значения $\text{SNR} > 1$ могут быть достигнуты, однако высокая эффективность регистрации уже поглощенных фотонов и высокая скорость счета не могут быть достигнуты одновременно. Такими характеристиками обладает $\text{W/La}_{0.99}\text{Ce}_{0.01}\text{B}_6/\text{Mo/Al}_2\text{O}_3$ сенсор при рабочей температуре в интервале 0.5–1.5 К [22].

Авторы благодарны А.М. Гуляну за интерес к работе и полезные дискуссии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по высшему образованию и науке РА (проект № 1–6/ИФИ).

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. S. Dong, D.M.Z. Koh, F. Martinelli, P.J.E. Brosseau, M. Petrovic, L. Shen, G. Adamo, A.N. Vetlugin, M. Sidorova, C. Kurtziefer, C. Soci. *Sci Rep*, **14**, 30891 (2024).
2. H. Hao, QY. Zhao, YH. Huang, J. Deng, F. Yang, SY. Ru, Z. Liu, C. Wan, H. Liu, ZJ. Li, HB. Wang, XC. Tu, LB. Zhang, XQ. Jia, XL. Wu, J. Chen, L. Kang, PH. Wu. *Light Sci. Appl.*, **13**, 25 (2024).
3. R. Hadfield. *Nat. Photon.*, **3**, 696 (2009).
4. D. Cornwell. *Opt. Photonics News*, **27**, 24 (2016).
5. A.W. Elshaari, W. Pernice, K. Srinivasan, O. Benson, V.Zwiller. *Nat. Photonics*, **14**, 285 (2020).
6. F. Gardes, A. Shoaib, G. De Paoli, I. Skandalos, S. Ilie, T. Rutirawut, W. Talataisong, J. Faneca, V. Vitali, Y. Hou, T. Bucio, I. Zeimpekis, C. Lacava, P. Petropoulos. *Sensors (Basel)*, **22**, 4227 (2022).
7. S. Gyger, J. Zichi, L. Schweickert, A.W. Elshaari, S. Steinhauer, S.F. Covre da Silva, A. Rastelli, V. Zwiller, K.D. Jöns, C. Errando-Herranz. *Nat. Commun.*, **12**, 1408 (2021).
8. Y. Dai, K. Jia, G. Zhu, H. Li, Y. Fei, Y. Gu, H. Yuan, H. Wang, X. Jia, Q. Zha, L. Kang, J. Chen, S-n. Zhu, P. Wu, Z. Xie, L. Zhang. *PhotonIX*, **4**, 7 (2023).
9. S. Fuchs, J.J. Abel, J. Nathanael, J. Reinhard, F. Wiesner, M. Wünsche, S. Skruszewicz, C. Rödel, D. Born, H. Schmidt, G.G. Paulus. *Appl. Phys. B*, **128**, 26 (2022).
10. F. Wiesner, M. Wünsche, J. Reinhard, J.J. Abel, J. Nathanael, S. Skruszewicz, C. Rödel, S. Yulin, A. Gawlik, G. Schmidl, U. Hübner, J. Plentz, G.G. Paulus, S. Fuchs. *Optica*, **8**, 230 (2021).
11. R.H. Hadfield, J. Leach, F. Fleming, D.J. Paul, C.H. Tan, J.S. Ng, R.K. Henderson, G.S. Buller. *Optica*, **10**, 1124 (2023).
12. Q. Chen, F. Zhou, C. Wei, Y. Dai, H. Gan, L. Zhang, H. Wang, H. Yuan, H. Li, J. Tan, G. Feng, X. Tu, X. Jia, Q. Zhao, L. Kang, J. Chen, P. Wu. *National Science Review*, **12**,

- 319 (2025).
13. **F.P. Venza, M. Colangelo.** APL Photon., **10**, 040901 (2025).
 14. **D.V. Reddy, R.R. Nerem, S.W. Nam, R.P. Mirin, V.B. Verma.** Optica, **7**, 1649 (2020).
 15. **S. Tripathy, K. Tyagi, P. Pratap.** iScience, **27**, 110779 (2024).
 16. **A. Gulian, K. Wood, D. Van Vechten, G. Fritz.** J. Mod. Opt., **51**, 1467 (2004).
 17. **A.A. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, A.S. Kuzanyan.** Opt. Eng., **63**, 017105 (2024).
 18. **A.A. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, A.S. Kuzanyan.** IEEE Sens. J., **20**, 3040 (2020).
 19. **A.A. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, A.S. Kuzanyan.** IEEE Sens. J., **20**, 12776 (2020).
 20. **A.A. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, L.G. Mheryan, A.S. Kuzanyan.** J. Contemp. Phys., **59**, 323 (2024).
 21. **A.A. Kuzanyan, A.S. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, L.G. Mheryan, V.T. Tatoyan, V.S. Kuzanyan, G.R. Badalyan.** J. Contemp. Phys., **60**, 62 (2025).
 22. **A.A. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, L.G. Mheryan, A.S. Kuzanyan.** J. Contemp. Phys., **60**, (2025), p. 405.
 23. **G.K. White, S.J. Collocott.** J. Phys. Chem. Ref. Data, **13**, 1251 (1984).
 24. **C.Y. Ho, R.W. Powell, P.E. Liley.** J. Phys. Chem. Ref. Data, **3**, 689 (1974).
 25. **P.D. Desai, T.K. Chu, H.M. James, C.Y. Ho.** J. Phys. Chem. Ref. Data, **13**, 1069 (1984).
 26. **Y. Peysson, C. Ayache, B. Salce, J. Rossat-Mignod, S. Kunii, T. Kasuya.** J. Magn. Magn. Mater., **47&48**, 63 (1985).
 27. **Y. Peysson, C. Ayache, B. Salce.** J. Magn. Magn. Mater., **59**, 33 (1986).
 28. **V. Petrosyan, V. Vardanyan, V. Kuzanyan, M. Kononov, V. Gurin, A. Kuzanyan.** Solid State Sci., **14**, 1653 (2012).
 29. **P.D. Desai.** J. Phys. Chem. Ref. Data, **16**, 91 (1987).
 30. **G.T. Furukawa, T.B. Douglas, R.E. McCoskey, D.C. Ginnings.** J. Res. Nat. Bur. Stand., **57**, 67 (1956).
 31. **M.W. Wolfmeyer, J.R. Dillinger.** Phys. Lett., **34A**, 247 (1971).
 32. **U. Dillner, E. Kessler, H.-G. Meyer.** J. Sens. Sens. Syst., **2**, 85 (2013).
 33. **J.C. Mather.** Appl. Opt., **21**, 1125 (1982).
 34. **P.L. Richards.** J. Appl. Phys., **76**, 1 (1994).
 35. **A.A. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, A.S. Kuzanyan.** Opt. Eng., **63**, 067102 (2024).

THERMOELECTRIC SENSOR FOR REGISTRATION OF SINGLE PHOTONS IN THE EXTREME ULTRAVIOLET REGION, OPERATING AT THE BOILING POINT OF LIQUID HELIUM

A.A. KUZANYAN, A.S. KUZANYAN, L.G. MHERYAN, V.R. NIKOGHOSYAN

We present the results of the analysis of the possibility of detecting single photons of the extreme ultraviolet range using a multilayer thermoelectric sensor with an operating temperature of 4.2 K. The sensor with a surface area of 1 or 100 μm^2 consists of an absorber (W), a thermoelectric layer (CeB_6), a heat sink (Mo) and a dielectric substrate (Al_2O_3) with thicknesses of 40, 10 or 5, 10 and 100 nm, respectively. The equivalent noise power of the sensor is determined. To calculate the efficiency of detecting photons with energies of 22.5, 38, 39 and 44.7 eV, the processes of heat propagation in the considered sensor after absorption of photons in the center of the absorber surface are studied by computer simulation and the signal power is determined. Using the obtained results, the efficiency of the thermoelectric sensor of the proposed designs at an operating temperature of 4.2 K is assessed.