

ДАТЧИК ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДЕТЕКТОРА ОДИНОЧНЫХ ФОТОНОВ СО СВЕРХПРОВОДЯЩИМ МОЛИБДЕНОВЫМ ПОГЛОТИТЕЛЕМ

А.А. КУЗАНЯН, В.Р. НИКОГОСЯН, А.С. КУЗАНЯН*

Институт физических исследований НАН Армении, Аштарак, Армения

*e-mail: akuzanyan@yahoo.com

(Поступила в редакцию 27 ноября 2025 г.)

Рассмотрена возможность создания датчика однофотонного детектора с молибденовым поглотителем и теплоотводом, гексоборидом лантана-церия в качестве термоэлектрического слоя и сапфировой диэлектрической подложкой. Методом компьютерного моделирования исследовалось поглощение одиночных фотонов с энергией 0.8, 1.65 и 3.1 эВ в датчике с площадью поверхности 1 и 0.25 мкм² при рабочей температуре 0.5 и 0.8 К. Представлены результаты как распространения тепла в трехслойном датчике, так и определения мощности сигнала, эквивалентной мощности шума и отношения сигнал/шум. Исследованы временные зависимости температуры в различных областях датчика и средней температуры поверхности слоев. Определены максимальная температура, время достижения максимума, время спада температуры до уровня фона и характеристики температурного градиента на границах термоэлектрического. Систематизация полученных данных позволила определить оптимальную конструкцию сенсора для эффективной регистрации одиночных фотонов от ближней инфракрасной до ультрафиолетовой области спектра.

1. Введение

Данная работа продолжает наши исследования по моделированию процессов распространения тепла в многослойных структурах для разработки термоэлектрического однофотонного детектора с высокой эффективностью регистрации фотонов в широкой области электромагнитного спектра и терагерцовой скоростью счета [1–3]. Однофотонные детекторы с высокими характеристиками используются в квантовой электронике, спектроскопии, астрономии, квантовых вычислениях, телекоммуникации, биологии, безопасности, медицине, метрологии, визуализация и бесконтактных измерениях температуры [4–15]. Для большинства перечисленных применений однофотонных детекторов положительным фактором является их малые геометрические размеры [16–21].

В предыдущих исследованиях нами рассматривались различные конструкции термоэлектрических датчиков с различной геометрией и из различных материалов. В качестве материала поглотителя и теплоотвода рассматривались и сверхпроводники. Некоторые оценки характеристик термоэлектрических датчиков, в конструкцию которых были включены сверхпроводники Nb, Pb и YBCO, были представлены в [22]. Однако, в данной работе не было определено отношение сигнал/шум (SNR), которое должно быть как минимум больше единицы,

чтобы можно было говорить об эффективной регистрации поглощенного фотона. Характеристики датчика со сверхпроводящим поглотителем Bi 2223 и антиотражающим SiO₂ слоем при поглощении фотонов с энергией 1–1000 эВ изучены в [23], а SNR определено в работе [24]. Установлено, что SNR возрастает с увеличением энергии фотона, но даже для фотонов с энергией 1000 эВ он значительно меньше единицы. Использование разными группами исследователей различных сверхпроводников, в том числе и высокотемпературных, в конструкции сверхпроводящих нанопроволочных однофотонных детекторов обсуждено в [25–30].

Целью настоящей работы является исследование характеристик термоэлектрических датчиков с поглотителем и теплоотводом из молибдена. Рассматриваются наноразмерные датчики с площадью поверхности 1 и 0.25 мкм² при рабочей температуре ниже критической температуры сверхпроводящего перехода молибдена ($T_c = 0.92$ К [31]).

2. Методы исследований

Исследовались характеристики трехслойного датчика Mo/(La,Ce)B₆/Mo/Al₂O₃ (MLCM) с площадью поверхности A , равной 1×1 и 0.5×0.5 мкм², толщинами поглотителя, термоэлектрического слоя и теплоотвода соответственно $d_1 = 15$, $d_2 = d_3 = 10$ нм. Толщина диэлектрической подложки составляла 100 нм. Рабочая температура (T_o) принимала значения 0.5 и 0.8 К.

Шумы тепловых датчиков подробно рассмотрены различными авторами [37–41]. Расчет шумов и компьютерное моделирование процессов распространения тепла в трехслойном термоэлектрическом датчике MLCM после термализации одиночных фотонов в центре поверхности поглотителя проводилось с использованием описанных в работах [2–5] методик. Нами изучены временные зависимости температуры в зоне термализации, в центре поверхности слоев и в 10 точках с одинаковым шагом от центра к границе поверхности. Используемые при моделировании и расчете шумов значения физических параметров использованных материалов приведены в табл.1. Используя полученные временные зависимости температуры выбранных областей датчика, определялись параметры временной зависимости разности усредненной температуры на границах термоэлектрического слоя.

Табл.1. Физические параметры материалов

Параметры	Материалы		
	(La,Ce)B ₆	Al ₂ O ₃	Mo
	$T_o = 0.5$ К		
плотность, кг/м ³	4720	4000	10280
теплоемкость, Дж/(кг×К)	0.196 [32]	0.001 [34]	0.011 [36]
теплопроводность, Вт/(м×К)	0.35 [32]	0.7 [35]	25 [36]
коэффициент Зеебека, мкВ/К	90 [32]		
удельное сопротивление, Ом×м	3×10^{-8} [33]		0
	$T_o = 0.8$ К		
теплоемкость, J/(кг×К)	0.16 [32]	0.0016 [34]	0.015 [36]
теплопроводность, W/(м×К)	0.7 [32]	2.6 [35]	40 [36]
коэффициент Зеебека, мкВ/К	100.5 [32]		
удельное сопротивление, Ом×м	2.6×10^{-8} [33]		0

3. Результаты

3.1. Эквивалентная мощность шума

Для определения эффективности регистрации уже поглощенного фотона датчиком MLCM необходимо рассчитать отношение сигнал/шум, а следовательно, и мощность шума, а следовательно, и эквивалентную мощность шума, которую мы рассчитали по формулам для Джонсоновского шума

$$NEP_J^2 = 4k_B T (\rho_1 d_1 + \rho_2 d_2) (4A \varepsilon \sigma_{SB} T^3 + k_1 d_1 + k_2 d_2)^2 / A |S|^2,$$

фононного шума

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

и суммарного шума

$$NEP^2 = NEP_P^2 + NEP_J^2.$$

В этих уравнениях k_B – постоянная Больцмана, T – рабочая температура, A – площадь поверхности датчика, ε — поглощательная способность поглотителя (мы приняли ее равной 1), σ_{SB} – постоянная Стефана–Больцмана, S – коэффициент Зеебека термоэлектрического слоя, ρ_1, d_1, k_1 обозначают удельное сопротивление, толщина и теплопроводность поглотителя, ρ_2, d_2, k_2 и d_3, k_3 те же параметры для термоэлектрического слоя и теплоотвода. Данные эквивалентной мощности шума датчика с различной площадью поверхности и при различной рабочей температуре приведены в табл.2. Эквивалентная мощность фононного шума увеличивается с ростом рабочей температуры и не зависит от площади поверхности датчика. Джонсоновский шум растет с увеличением рабочей температуры и уменьшением площади поверхности датчика, однако он значительно меньше фононного шума и незначительно влияет на значения суммарного шума, который несколько увеличивается с увеличением рабочей температуры от 0.5 до 0.8 К. Эквивалентная мощность шума не зависит от энергии поглощенного фотона.

Табл.2. Эквивалентная мощность шума MLCM датчика

$E, \text{эВ}$	$T_0, \text{К}$	$A, \text{мкм}^2$	$NEP_P^2, \text{Вт}^2 \Gamma_{\text{ц}}^{-1}$	$NEP_J^2, \text{Вт}^2 \Gamma_{\text{ц}}^{-1}$	$NEP, \text{фВт} \Gamma_{\text{ц}}^{-1/2}$
3.1	0.5	0.25	3.45×10^{-30}	5.86×10^{-31}	2.00893
3.1	0.8	0.25	1.41×10^{-29}	1.68×10^{-30}	3.97575
1.65	0.5	0.25	3.45×10^{-30}	5.86×10^{-31}	2.00893
1.65	0.8	0.25	1.41×10^{-29}	1.68×10^{-30}	3.97575
0.8	0.5	0.25	3.45×10^{-30}	5.86×10^{-31}	2.00893
0.8	0.8	0.25	1.41×10^{-29}	1.68×10^{-30}	3.97575
3.1	0.5	1	3.45×10^{-30}	1.46×10^{-31}	1.89643
3.1	0.8	1	1.41×10^{-29}	4.19×10^{-31}	3.81445
1.65	0.5	1	3.45×10^{-30}	1.46×10^{-31}	1.89643
1.65	0.8	1	1.41×10^{-29}	4.19×10^{-31}	3.81445
0.8	0.5	1	3.45×10^{-30}	1.46×10^{-31}	1.89643
0.8	0.8	1	1.41×10^{-29}	4.19×10^{-31}	3.81445

3.2. Моделирование процессов распространения тепла в MLCM датчике

Основной целью исследований процессов распространения тепла в термоэлектрическом датчике однофотонного детектора является определение параметров возникающего на нем после поглощения фотона сигнала. Сигналом термоэлектрического датчика является электрическое напряжение V , возникающее на границах термоэлектрического слоя. Значения этого напряжения задаются формулой $V = S \times \Delta T_a$, в которой S – коэффициент Зеебека материала термоэлектрического слоя, ΔT_a – градиент температуры, усредненный по поверхности границ термоэлектрического слоя. Так как при всех рассматриваемых температурах материал термоэлектрического слоя имеет меньшую теплопроводность, чем материал поглотителя и теплоотвода (табл.1), усредненная температура границы поглотитель–термоэлектрический слой оказывается значительно больше усредненной температуры границы термоэлектрический слой–теплоотвод, что и определяет значения параметра ΔT_a .

Закономерности распространения тепла в термоэлектрических датчиках со сверхпроводящим поглотителем и теплоотводом после поглощения одиночных фотонов аналогичны установленным ранее особенностям теплопередачи в многослойных сенсорах других конструкций [1–5]. Эти закономерности одинаковы для поверхности всех слоев сенсора и не изменяются с изменением энергии фотона, геометрии и рабочей температуры сенсора. Наиболее высокая температура достигается в центре поверхности слоя, непосредственно под зоной термализации. При удалении от центра значения максимума уменьшаются, а время достижения максимума увеличивается. Эти закономерности общие для поверхности всех слоев, однако чем дальше расположена поверхность от зоны термализации, тем меньшая максимальная температура на нем достигается.

Численные значения параметров, характеризующих процесс распространения тепла в рассматриваемом датчике, а именно: значения максимальной температуры в зоне термализации фотона (T_{ta}), максимальной усредненной температуры поверхности первого слоя (T_{a1}), максимума градиента усредненной температуры на термоэлектрическом слое (ΔT_a) и ширины на полувысоте

Табл.3. Параметры процесса распространения тепла в MLCM датчике

E , эВ	T_o , К	T_{ta} , К	T_{a1} , К	ΔT_a , мК	FWHM, фс
		$A = 0.25 \text{ мкм}^2$			
3.1	0.5	11.213	2.303	1346.369	356
	0.8	8.603	2.121	981.411	146
1.65	0.5	6.202	1.459	716.616	356
	0.8	4.953	1.503	522.364	146
0.8	0.5	3.264	0.965	347.450	356
	0.8	2.813	1.141	253.268	146
$A = 1 \text{ мкм}^2$					
3.1	0.5	3.178	0.951	336.592	347
	0.8	2.751	1.130	245.356	143
1.65	0.5	1.926	0.740	179.154	347
	0.8	1.838	0.976	130.591	143
0.8	0.5	1.191	0.616	86.862	347
	0.8	1.303	0.885	63.317	143

зависимости $\Delta T_a(t)$ (FWHM), приведены в табл.3. Можно видеть, что с увеличением рабочей температуры датчика T_o происходит уменьшение параметров ΔT_a и FWHM. Это имеет место при обоих рассмотренных значениях площади поверхности датчика, причем, с уменьшением A градиент ΔT_a увеличивается значительно, а параметр FWHM увеличивается незначительно. Интересно, что увеличение энергии фотона приводит к росту градиент ΔT_a , а параметр FWHM не меняется.

3.3. Расчет мощности сигнала, мощности шума и отношения сигнал/шум

Здесь определены параметры датчика WLCM для случая поглощения фотонов с энергией 0.8, 1.65 и 3.1 эВ. Возможность регистрации электрического сигнала определяется параметром SNR, а именно, отношением мощности сигнала P_S к мощности шума P_N , которые измерены в одной и той же полосе частот регистрирующей системы Δf . Мощность шума определяется уравнением $P_N = NEP \times \Delta f^{1/2}$. Мгновенная мощность электрического сигнала системы равна $P(t) = V^2/R$, где V это возникающее в системе с сопротивлением R электрическое напряжение. Активная мощность, усредненная за период τ , равна $P = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau P(t) dt$. Мгновенное напряжение на датчике равно произведению коэффициента Зеебека термоэлектрического слоя на разность усредненных температур на его границах. Разделив интеграл мгновенной мощности на время интегрирования сигнала, которое в нашем случае является временем спада сигнала до фонового значения, получим мощность сигнала P_S .

Зависимость параметров τ , P_N , P_S и SNR от энергии поглощенного фотона приведена на рис.1–4. Нумерация кривых на всех рисунках соответствует следующим значениям рабочей температуры и площади поверхности датчика: 1 – $T_o = 0.5$ К, $A = 0.25$ мкм²; 2 – $T_o = 0.8$ К, $A = 0.25$ мкм²; 3 – $T_o = 0.5$ К, $A = 1$ мкм²; 4 – $T_o = 0.8$ К, $A = 1$ мкм². На рис.1 приведена зависимость времени спада градиента усредненной температуры до фонового значения, отличающегося от рабочей температуры на 0.1 мК, от энергии фотона. Можно видеть, что параметр τ увеличивается с ростом энергии фотона больше для датчика с меньшей площадью поверхности и большей рабочей температурой. Очевидно, что обратная ей

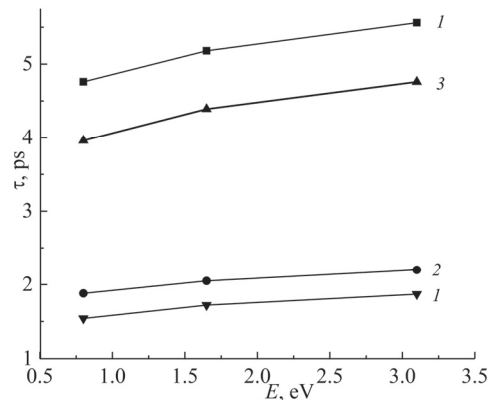


Рис.1. Зависимость параметра τ от энергии фотона при различной рабочей температуре и площади поверхности сенсора.

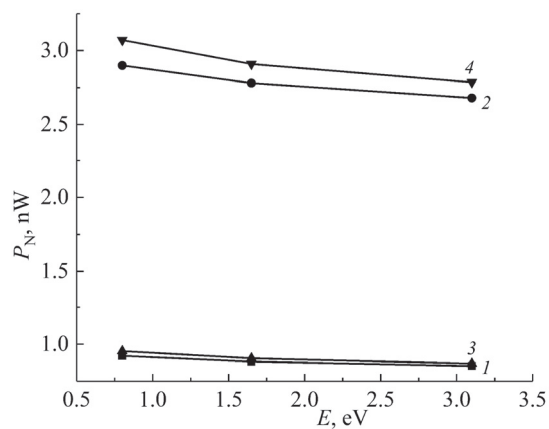


Рис.2. Зависимость мощности шума от энергии фотона.

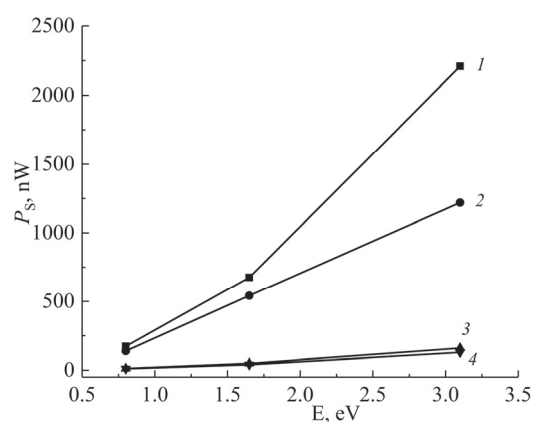


Рис.3. Зависимость мощности сигнала от энергии фотона.

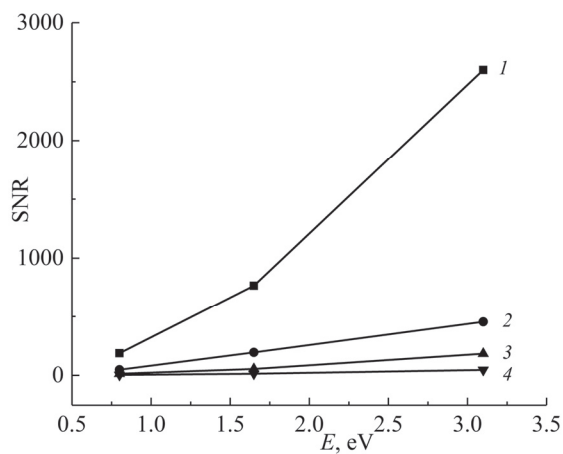


Рис.4. Зависимость отношения сигнал/шум от энергии фотона.

величина, полоса частот регистрирующей системы Δf , с увеличением энергии фотона будет уменьшаться. Для рассмотренных значений энергий фотона, площади поверхности и рабочей температуры датчика параметр Δf , который можно рассматривать и как скорость счета детектора, изменяется в пределах 180–650 ГГц.

Мощность шума слегка убывает с увеличением энергии фотона, слегка возрастает с увеличением площади поверхности сенсора и возрастает значительно с увеличением рабочей температуры (рис.2). Мощность сигнала возрастает с увеличением энергии фотона. При одинаковой площади поверхности сенсора она больше в случае меньшей рабочей температуры, а при одинаковой рабочей температуре больше в случае меньшей площади поверхности сенсора (рис.3). Отношение сигнал/шум возрастает с увеличением энергии фотона, при одинаковой энергии фотона больше в случае меньшей рабочей температуры и площади поверхности сенсора (рис.4). Параметр SNR изменяется в пределах от 3.4 до 2600. Он больше 1 при всех рассмотренных случаях, что особенно важно для однофотонного детектирования в ближней инфракрасной области.

4. Заключение

Предложена конструкция датчика термоэлектрического детектора с поглотителем и теплоотводом из сверхпроводящего материала. Датчик состоит из сапфировой подложки, на которой последовательно расположены молибденовый теплоотвод, термоэлектрически слой из гексаборида лантана-церия и молибденовый поглотитель. Получены результаты моделирования процессов распространения тепла в датчике с рабочей температурой 0.5 и 0.8 К, которые ниже критической температуры сверхпроводящего перехода молибдена 0.92 К. Рассмотрено поглощение одиночных фотонов с энергией 0.8, 1.65 и 3.1 эВ в датчике с площадью поверхности 0.25 и 1 мкм². Рассчитана эквивалентная мощность джонсоновского и фононного шума. Определены мощность возникающего на датчике сигнала и отношение сигнал/шум. Основным полученным результатом является то, что предложенная конструкция датчика с поглотителем и теплоотводом из сверхпроводящего молибдена обеспечивает SNR > 1, следовательно, эффективную регистрацию уже поглощенного фотона. SNR значительно выше для датчика с площадью поверхности 0.25 мкм² и рабочей температурой 0.5 К. Этот результат особенно важен для однофотонного детектирования в ближней ИК области.

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

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по высшему образованию и науке РА в рамках научного проекта № 25RG-1C065 «Разработка новой конструкции датчика термоэлектрического детектора одиночных ИК-фотонов».

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. A.A. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, A.S. Kuzanyan. *IEEE Sens. J.*, **20**, 12776 (2020).
2. A.A. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, A.S. Kuzanyan. *IEEE Sens. J.*, **25**, 34558 (2025).
3. A. Kuzanyan, V. Nikoghosyan, A. Davoyan, A.S. Kuzanyan. *Applied Optics*, **64**, 1 (2025).
4. R. Hadfield. *Nat. Photon.*, **3**, 696 (2009).
5. P. Križan. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*, **1065**, 169482 (2024).
6. R.H. Hadfield, J. Leach, J.F. Fleming, D.J. Paul, C.H. Tan, J.S. Ng, R.K. Henderson, G.S. Buller. *Optica*, **10**, 1124 (2023).
7. R. Foord, R. Jones, C. Oliver, E. Pike. *Appl. Opt.*, **8**, 1975 (1969).

8. **H. Shibata, K. Shimizu, H. Takesue, Y. Tokura**, *Opt. Lett.*, **40**, 3428 (2015).
9. **D. Cornwell**. *Opt. Photonics N.*, **27**, 24 (2016).
10. **G. Tessier, M. Bardoux, C. Filloy, C. Boue, D. Fournier**. *Sensor Review*, **27**, 291 (2007).
11. **M. Mecklenburg, W.A. Hubbard, E.R. White, R. Dhall, S.B. Cronin, S. Aloni, B.C. Regan**. *Science*, **347**, 629 (2015).
12. **H. Xue, R. Qian, W. Lu, X. Gong, L. Qin, Z. Zhong, Z. An, L. Chen, W. Lu**. *Nat Commun*, **14**, 3731 (2023).
13. **D. Halbertal, J. Cuppens, M. Ben Shalom, L. Embon, N. Shadmi, Y. Anahory, H.R. Naren, J. Sarkar, A. Uri, Y. Ronen, Y. Myasoedov, L.S. Levitov, E. Joselevich, A.K. Geim, E. Zeldov**. *Nature*, **539**, 407 (2016).
14. **L. Caesar, S. Rahmstorf, A. Robinson, G. Feulner, V. Saba**. *Nature*, **556**, 191 (2018).
15. **S.C. Riser, H.J. Freeland, D. Roemmich, S. Wijffels, A. Troisi, M. Belbéoch, D. Gilbert, J. Xu, S. Pouliquen, A. Thresher, P-Y. Le Traon, G. Maze, B. Klein, M. Ravichandran, F. Grant, P-M. Poulain, T. Suga, B. Lim, A. Sterl, P. Sutton, K.-A. -Mork, P.J. Vélez-Belchí, I. Ansonge, B. King, J. Turton, M. Baringer, S.R. Jayne**. *Nat Clim Change*, **6**, 145 (2016).
16. **S. Dello Russo, A. Elefante, D. Dequal, D.K. Pallotti, L.S. Amato, F. Sgobba, M.S. de Cumis**. *Photonics*, **9**, 470, (2022).
17. **D. Cozzolino, D., Bacco, B. da Lio**. *Phys. Rev. Appl.*, **11**, 064058, (2019).
18. **F. Galeotti, M. Pisco, A. Cusano**. *Nanoscale*, **10**, 22673 (2018).
19. **Y. Dai, K. Jia, G. Zhu, H. Li, Y. Fei, Y. Guo, H. Yuan, H. Wang, L. Zhang**. *Photonix*, **4**, 7, (2023).
20. **B.G. Oripov, D.S. Rampini, J. Allmaras, M.D. Shaw, S.W. Nam, B. Korzh, A.N. McCaughan**. *Nature*, **622**, 730 (2023).
21. **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).
22. **A.A. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, A.S. Kuzanyan**. *J. Contemp. Phys.*, **53**, 73 (2018).
23. **A.A. Kuzanyan, V.R. Nikoghosyan, N.G. Margiani, G.A. Mumladze, S.R. Harutyunyan, A.S. Kuzanyan**. *J. Contemp. Phys.*, **57**, 174 (2022).
24. **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).
25. **S. Tripathy, K. Tyagi, P. Pratap**. *iScience*, **27**, 110779 (2024).
26. **J. Chang, I.E. Zadeh**. *Nat. Nanotechnol.* **18**, 322 (2023).
27. **I. Charaev, D.A. Bandurin, A.T. Bollinger, I.Y. Phinney, I. Drozdov, M. Colangelo, B.A. Butters, T. Taniguchi, K. Watanabe, X. He, O. Medeiros, I. Bozovic, P. Jarillo-Herrero, K.K. Berggren**. *Nat. Nanotechnol.* **18**, 343 (2023).
28. **I. Charaev, E.K. Batson, S. Cherednichenko, K. Reidy, V. Drakinsky, Y. Yu, S. Lara-Avela, J.D. Thomsen, M. Colandelo, F. Incalza, K. Ilin, A. Schilling, K.K. Berggren**. *Nat Commun*, **15**, 3973 (2024).
29. **H. Shibata, T. Akazaki, Y. Tokura**. *Appl. Phys. Express*, **6**, 023101 (2013).
30. **S. Cherednichenko, N. Acharya, E. Novoselov, V. Drakinskiy**. *Supercond. Sci. Technol.*, **34**, 044001 (2021).
31. **K. Bhaskar, A. Narayan**. *J. Supercond. Nov. Magn.*, **36**, 1 (2023).
32. **A. Gulian, A.M. Gulian**. *Mod. Phys. Lett. B*, **34**, 2050403 (2020).
33. **K. Samwer, K. Winzer**. *Z Phys. B.*, **25**, 269 (1976).
34. **G.T. Furukawa, T.B. Douglas, R.E. McCoskey, D.C. Ginnings**. *J. Res. Natl. Bur. Stand.*, **57**, 67 (1956).

35. **M.W. Wolfmeyer, J.R. Dillinger.** Phys. Lett., **34A**, 247 (1971).
36. **W. Duffy, S. Dalal, M. Quiazon.** J Appl. Phys., **81**, 6675 (1997).
37. **J.C. Mather.** Appl. Opt., **21**, 1125 (1982).
38. **P.L. Richards.** J. Appl. Phys., **76**, 1 (1994).
39. **D.G. Johnson.** 1.14 - Thermal Sensors, Editor(s): Shunlin Liang, Comprehensive Remote Sensing, Elsevier, 2018, p. 376.
40. **U. Birkholz, R. Fettig, J. Rosenzweig.** Sens. Actuators, **12**, 179 (1987).
41. **U. Dillner, E. Kessler, H.-G. Meyer.** J. Sens. Sens. Syst., **2**, 85 (2013).

**ԳԵՐՀԱՂՈՐԴԻՉ ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ԿԼԱՆԻՉՈՎ ՄԻԱՖՈՏՈՆ
ՋԵՐՄԱԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԴԵՏԵԿՏՈՐԻ ՏՎԻՉ**

Ա.Ա. ԿՈՒԶԱՆՅԱՆ, Վ.Ռ. ՆԻԿՈՂՈՍՅԱՆ, Ա.Ս. ԿՈՒԶԱՆՅԱՆ

Դիտարկված է մոլիբդենի կլանիչով և ջերմատարով, լանթան-ցերիումի հեքսոբորիդի ջերմաէլեկտրական շերտով և շափյուղայի դիէլեկտրիկ տակդիրով միաֆոտոն դետեկտորի տվիչ ստեղծելու հնարավորությունը: Համակարգչային մոդելավորման միջոցով ուսումնասիրված է 0.8, 1.65 և 3.1 էՎ էներգիաներով միակի ֆոտոնների կլանումը 1 և 0.25 մկմ² մակերես ու 0.5 և 0.8 Կ աշխատանքային ջերմաստիճան ունեցող տվիչում: Ներկայացված են եռաշերտ տվիչում ջերմության տարածման, ազդանշանի հզորության, համարժեք աղմուկի հզորության և ազդանշան-աղմուկ հարաբերակցության որոշման արդյունքները: Ուսումնասիրված են տվիչի տարբեր հատվածներում ջերմաստիճանի և շերտերի մակերևույթի միջին ջերմաստիճանի ժամանակային կախվածությունները: Որոշված են առավելագույն ջերմաստիճանը, դրան հասնելու ժամանակը, ջերմաստիճանի ֆոնային մակարդակին հասնելու ժամանակը և ջերմաէլեկտրական շերտի սահմաններում ջերմաստիճանի գրադիենտի բնութագրերը: Ստացված տվյալների համակարգումը հնարավորություն տվեց որոշել մոտ ինֆրակարմիրից մինչև ուլտրամանուշակագույն սպեկտրալ տիրույթում միակի ֆոտոնների արդյունավետ գրանցման համար տվիչի օպտիմալ կառուցվածքը:

**SINGLE-PHOTON THERMOELECTRIC DETECTOR SENSOR WITH
SUPERCONDUCTING MOLYBDENUM ABSORBER**

A.A. KUZANYAN, V.R. NIKOGHOSYAN, A.S. KUZANYAN

The possibility of creating a single-photon detector sensor with a molybdenum absorber and heat sink, lanthanum-cerium hexaboride as the thermoelectric layer, and a sapphire dielectric substrate is considered. Using computer modeling, the absorption of single photons with energies of 0.8, 1.65, and 3.1 eV in a sensor with a surface area of 1 and 0.25 μm^2 at an operating temperature of 0.5 and 0.8 K is studied. The results of both heat propagation in a three-layer sensor and determination of the signal power, equivalent noise power, and signal-to-noise ratio are presented. The temporal dependences of the temperature in different areas of the sensor and the average surface temperature of the layers are studied. The maximum temperature, the time to reach the maximum, the time of temperature decay to the background level, and the characteristics of the temperature gradient at the boundaries of the thermoelectric layer are determined. Systematization of the obtained data made it possible to determine the optimal sensor design for efficient registration of single photons from the near infrared to ultraviolet spectral region.