

5. Mirsagatov Sh.A., Ataboev O.K., Zaveryukhin B.N., Nazarov Zh.T. Photoelectric properties of an injection photodetector based on solid solutions of $A^{II}B^{VI}$ compounds. *Physics of semiconductor devices*. 2014. **48**, No 3. P. 369-375.
 6. Uteniyazov A.K., Ismailov K.A. The spectral distribution of photosensitivity Al-Al₂O₃-p-CdTe-Mo tours. *Reports of the Academy of Sciences RUz*. 2019. № 5. -P.27-31.
 7. Uteniyazov A.K., Ismailov K.A. Effect of ultrasound irradiation on the electro-physical properties of the structure of Al-Al₂O₃-CdTe. // *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. vol. 22, no 2, -P. 165 -170, 2019. <https://doi.org/10.15407/spqeo22.02.165>
 8. Mirsagatov Sh.A., Muzafarova S.A., Baivev M.S., Achilov A.S. "Issledovanie real'nogo stroeniya dioda s bar'yerom Shottki Al-p-CdTe" [The study of real structures of a diode with a Schottky barrier Al-p-CdTe]. // *Uzbek. physical journal*, no.12. -P. 154-160, 2010 (of Uzbekistan).
 9. Achilov A.S., Zaveryukhin B.N., Kalanov M.U., Rustamova V.M. "Rentgenov-skiye issledovaniya struktury novogo tipa A^2B^6 privemnika elektromagnitnogo izlucheniya" [X-ray studies structures of a new type of A^2B^6 receiver of electromagnetic radiation]. // *Reports of the Academy of Sciences RUz*, no. 2, -P. 24-26, 2014.
 10. Vikulin I.M., Kurmashev Sh.D., Stafeyev V.I. "Injection-Based Photodetectors", *Semiconductors*, vol.42, no. 1, -P. 113-127, 2008.
 11. Stafeyev V.I. "Fotoprivemniki IK diapazona na osnove Cd.Hg_{1-x}Te, na primesnykh poluprovodnikakh (Ge i Si) i UF diapazona na osnove sovedineniy A_2B_5 " [IR photodetectors based on Cd.Hg_{1-x}Te, based on impurity water reservoirs (Ge and Si) and the UZI range based on A_2B_5 compounds], 35 years of work at the Research Institute of Applied Physics (1970-2005). Moscow. Orion, 2008.
 12. Stafeyev V.I. "Elektronnyye pribory na osnove poluizolyatorov" [Electronic devices based on semiinsulators], Technology and Design statement in electronic equipment, no. 5, -P. 3-13, 2007.
 13. Uteniyazov A.K., Ismailov K.A., Muratov A.S., Dauletmuratov B.K., Kamalov A.B. Amplification of photoelectric injection in the photodiode based on large-grain cadmium telluride films. // *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. vol. 25, no 2, -P. 157 -163, 2022. <https://doi.org/10.15407/spqeo22.02.157>
- РЕЗЮМЕ.** Мақолада токнинг тўғридан-тўғри йўналиши бўйича юқори силжиш кучланишларини қўллашда Al-Al₂O₃-p-CdTe-Mo структурасининг интеграл ток сезгирлигини ўрганиш натижалари келтирилган. Ўрганилаётган Al-Al₂O₃-p-CdTe-Mo структураси тўғридан-тўғри ток йўналиши бўйича ички кучайтирувчи инжекцион фотокатодлиқ сифатида ишлайди, унинг ишлаш тезлиги $\tau \sim 10^{-7}-10^{-6}$ с. $V=7$ В да ёритилганлиги $E \approx 7.85 \cdot 10^{-7}$ лк ок ёруғлик нури билан ёритилганда интеграл токнинг сезгирлиги $S_{int} \sim 1.4 \cdot 10^6$ А/Вт бўлган энг юқори қийматига эришиши аниқланди.
- РЕЗЮМЕ.** В статье приведены результаты исследований интегральной токовой чувствительности структуры Al-Al₂O₃-p-CdTe-Mo при подаче больших напряжений смещения в прямом направлении тока. Показано, что исследуемая структура Al-Al₂O₃-p-CdTe-Mo в прямом направлении тока работает как инжекционный фотоприемник с внутренним усилением, у которого быстродействие равно $\tau \sim 10^{-7}-10^{-6}$ с. Установлено, что интегральная токовая чувствительность достигает наибольшего значения $S_{int} \sim 1.4 \cdot 10^6$ А/Вт при освещении белым светом с освещенностью $E \approx 7.85 \cdot 10^{-7}$ лк и при $V=7$ В.
- SUMMARY.** The article presents the results of studies of the integral current sensitivity of the Al-Al₂O₃-p-CdTe-Mo structure when applying high voltages of shift in the forward direction of the current. It is shown that the studied structure of Al-Al₂O₃-p-CdTe-Mo in the forward direction of the current works as an injection photodetector with internal amplification, which speed is equal to $\tau \sim 10^{-7}-10^{-6}$ s. It is established that the integral current sensitivity reaches the highest value of $S_{int} \sim 1.4 \cdot 10^6$ A/W when illuminated with white light with illumination $E \approx 7.85 \cdot 10^{-7}$ lx and at $V=7$ V.

ИНТЕГРАЛ ГЕОМЕТРИЯДА БИР МАСЕЛЕНИНГ ПАРАБОЛАЛАР СЕМЬЯСИДАҒИ ОРНЫҚЛИЛЫҒИ

Н.У.Утеулиев – физика-математика илимлари доктори, профессор

Мухаммед Ал-Хорезмий атындағы Ташкент информатика технологиялар университети Нөкис филиалы

А.К.Сеидуллаев – физика-математика илимлари бойынша философия доктори

Г.К.Даниярова – магистрант

Бердақ атындағы Қарақалпақ мамлекетлик университети

Таянч сўзлар: интеграл геометрия, ечимнинг турғунлиги, вазн функция.

Ключевые слова: интегральная геометрия, устойчивость решения, весовая функция.

Key words: integral geometry, stability of solution, weight function.

Өмірде ушырасатуғын мәселелер менен байланыслы болған математиканың көплеген тарауларында коррект емес мәселелер пайда болады. Математикалық анализдің классикалық мәселеси болған дифференциаллау мәселеси мағлыұматларды қайта іслеу менен байланыслы болса, бундай мәселелер коррект емес мәселелерге мысал бола алады. Коррект емес мәселелер теориясы хәм оны қоллау бойынша бир неше монографиялар баспадан шыққан. Коррект емес мәселелер теориясының ең толық заманагөй жағдайы А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин [1] монографиясында хәм В. К. Иванов, В. В. Васин, В. П. Танана [2] монографияларында сәулендирилген. Коррект емес мәселелер теориясының бир қатар зәрурли бөлимлери М. М. Лаврентьев, В. Г. Романов хәм С. П. Шийшацкийлердің монографиясында көрсетилген [3, 4]. Булар бөлек түрдеги дифференциал теңдемелер ушын коррект емес мәселелер, аналитикалық даұамлау мәселелери, дифференциал

теңдемелер ушын кери мәселелер, интеграл геометрия мәселелери.

Интеграл геометрия мәселелери өткен әсирдің басларында үйренилип басланды. Бул мәселелерге дерек Радон түрлендириулері математикада кеңнен пайдаланған. Интеграл геометрия мәселелери деп, n өлшемли кеңілікте барлық мүмкин болған гипертегисликлер көпчилиги менен кери түрлендириулерди табыу болып табылады. Бул мәселелер баста И. Радон тәрепинен қаралды [5], кейин ала оның хәр түрли мәселелерин И.М.Гельфанд пенен М.И.Граевлар хәм т.б. авторлар қараған [6].

Интеграл геометрияның Вольтерра типіндеги хәм эллиптикалақ иймекликлер ушын мәселе шешиминің турғынлығы хәм бирден-бирлиги Акб. Бегматов хәм Акр. Бегматовлар тәрепинен үйренилген [7-11]. Бул жумыста интеграл геометрия мәселесинің параболалар

семьясындағы аўырлық функциясы $g(x, y) = \operatorname{sgn}(x - \xi)$ болғанда шешимнің турғынлығы дәлйллелген. Бундай мәселелер көбинесе томография мәселелерінде ушы-расады хэм де мәселе шешиминің турғынлығы мәселе-ни санлы усылда шешимін табыўда қолланылады.

Мәселениң қойылыўы: Егер барлық $(x, y) \in L_H$ ушын $\Gamma(x, y)$ ийемклиги хэм $g(x, \xi)$ аўырлық функциясы бойынша $u(x, y)$ интегралы мәлим болса, яғный

$$\int_{\Gamma(x, y)} g(x, \xi) u(\xi, \eta) d\xi = f(x, y) \quad (1)$$

бул жерде $\Gamma(x, y) = \{(\xi, \eta) : |y - \eta| = (x - \xi)^2\}$, онда

бул интеграл теңлемеден $u(x, y)$ функцияны табыў мәселесин қарастырайық.

Теорема: Мейли $g(x, y) = \operatorname{sgn}(x - \xi)$ болсын. Онда (1) теңлеме L_H кесиминде еки мәрте үзликсиз диффе-ренциалланыўшы функциялар класында жалғыз шешимге ийе хэм төмендеги теңсизлик орынлы

$$\|u\|_{W_2^{1,0}(L_H)} \leq C \|f\|_{W_2^{0,1}(L_H)}$$

бул жерде C – терис емес константа.

Дәлйллениўи: (1) теңлемени төмендеги көри-нисте жазайық:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} [u(x - h, \eta) - u(x + h, \eta)] \frac{d\eta}{h} = f(x, y), \quad h = \sqrt{|y - \eta|}. \quad (2)$$

(2) теңлемениң еки тәрәпине X өзгериўшиси бойынша Фурье түрлендириўлерин қолланамыз, яғный

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\lambda x} f(x, y) dx = \\ & = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^y \frac{1}{h} \int_{-\infty}^{\infty} (u(x - h, \eta) - u(x + h, \eta)) e^{i\lambda x} dx d\eta \end{aligned}$$

Белгилеўлер киритиў арқалы жоқарыдағы теңлеме төмендеги көриниске ийе болады:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \hat{u}(\lambda, \eta) \frac{\sin(\lambda h)}{h} d\eta = \hat{f}(\lambda, y), \quad (3)$$

бул жерде $\hat{u}(\lambda, \cdot)$, $\hat{f}(\lambda, \cdot)$ – сәйкес түрде $u(x, \cdot)$, $f(x, \cdot)$ функциялардың биринши өзгериўшиси бойын-ша Фурье түрлендириўлерди билдиреди.

Енди бул (3) теңлемеге Y өзгериўшиси бойынша бир тәрәплеме Фурье түрлендириўлерин қоллап хэм айырым алмастырыўларды әмелге асырсақ:

$$\begin{aligned} & \int_{-\infty}^{+\infty} \hat{u}(\lambda, \eta) e^{i\mu\eta} d\eta \cdot \int_0^{+\infty} e^{i\mu(y-\eta)} \frac{\sin(\lambda\sqrt{y-\eta})}{\sqrt{y-\eta}} d(y-\eta) = \\ & = \int_0^{+\infty} e^{i\mu y} \hat{f}(\lambda, y) dy \end{aligned}$$

көриниске ийе боламыз. Егер $\tau = y - \eta$ алмасты-рыўын әмелге асырсақ:

$$\tilde{u}(\lambda, \mu) \cdot I(\lambda, \mu) = \tilde{f}(\lambda, \mu), \quad (4)$$

ийе боламыз. Бул жерде $\tilde{u}(\lambda, \mu)$, $\tilde{f}(\lambda, \mu)$ – сәйкес түрде $\hat{u}(\cdot, y)$, $\hat{f}(\cdot, y)$ функциялардың екнши өзге-риўшиси бойынша бир тәрәплеме Фурье түрленди-риўлерди билдиреди хэм

$$I(\lambda, \mu) = \int_0^{+\infty} e^{i\mu\tau} \frac{\sin(\lambda\sqrt{\tau})}{\sqrt{\tau}} d\tau. \quad (5)$$

(5) теңлемеге $\mu\tau = t^2$ алмастырыўын әмелге асырсақ хэм Френел интегралларын ([11, 12] қараң) есапқа алсақ, (5) теңлеме төмендеги көриниске келеди:

$$I = \frac{2\operatorname{sgn}\lambda}{\sqrt{\mu}} i e^{-i\lambda^2/4\mu} \int_0^{|\lambda|/2\sqrt{\mu}} e^{it^2} dt.$$

$I(\lambda, \mu)$ функцияның модулин төменнен бахалайық.

Оның ушын

$$|I(\lambda, \mu)| = \sqrt{\frac{2\pi}{\mu}} \left| C\left(\frac{|\lambda|}{\sqrt{2\pi\mu}}\right) + iS\left(\frac{|\lambda|}{\sqrt{2\pi\mu}}\right) \right|,$$

көринисте жазып аламыз, бул жерде

$$C(\nu) = \int_0^{\nu} \cos\left(\frac{\pi}{2} t^2\right) dt, \quad S(\nu) = \int_0^{\nu} \sin\left(\frac{\pi}{2} t^2\right) dt$$

Френел интеграллары. Туўры мүйешли (C, S) коор-динаталар системасында $x = C(\nu)$, $y = S(\nu)$ (ν – хақыйкый параметр) ийемклиги Корню спиралын бил-диреди. Корню спиралы қәсийетинен хэм Френел инте-граллар кестесинен пайдаланып, төмендеги бахалаўды аламыз:

$$|C(\nu) + iS(\nu)| \geq \begin{cases} \frac{\nu}{2}, & \text{егер } \nu \in [0, 1/2], \\ \frac{1}{4}, & \text{егер } \nu \in (1/2, \infty). \end{cases}$$

Демек, (5) интеграл төмендеги теңсизликти қанаат-ландырады

$$|I(\lambda, \mu)| \geq \begin{cases} \frac{|\lambda|}{2|\mu|}, & \text{егер } 0 \leq \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left| \frac{\lambda}{\sqrt{\mu}} \right| \leq \frac{1}{2}, \\ \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2|\mu|}}, & \text{егер } \frac{1}{2} \leq \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left| \frac{\lambda}{\sqrt{\mu}} \right|. \end{cases}$$

Буннан

$$\frac{1}{|I|} \leq \frac{2|\mu|}{|\lambda|} + 2\sqrt{\frac{2|\mu|}{\pi}}, \quad (6)$$

ийе боламыз.

(5) теңлемеден, (4) хэм (6) аңлатпаларды есапқа ал-сак

$$|\tilde{u}(\lambda, \mu)| \leq |\tilde{f}(\lambda, \mu)| \cdot \left(2\left|\frac{\mu}{\lambda}\right| + 2\sqrt{\frac{2|\mu|}{\pi}} \right) \quad (7)$$

теңсизлигине ийе боламыз.

(7) теңлемеге λ хэм μ өзгериўшилери бойынша кери Фурье түрлендириўлер қолласақ, төмендеги аңлатпаны аламыз

$$\left\| \frac{\partial}{\partial x} u(x, y) \right\|_{L_2(L_H)} \leq C \left\| \frac{\partial}{\partial y} f(x, y) \right\|_{L_2(L_H)}. \quad (8)$$

Фурье қасиётлеринен келип шығып хәм (8) теңsiz-
ликти есапқа алсақ, Соболев кеңислигиндеги төмендеги
турғынлығын аламыз:

$$\|u\|_{W_2^{1,0}(L_H)} \leq C \|f\|_{W_2^{0,1}(L_H)},$$

бул жерде C – терис емес константа.

Соңғы теңsizлик қойылған мәселениң яғный теоре-
мада келтирилген шешимниң орнықлылығын билдире-
ди. Теорема дәлилленди.

Әдебиятлар

1. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. -М.: «Наука», 1974.
2. Иванов В. К., Васин В. В., Танана В. П. Теория линейных некорректных задач и ее приложения. -М.: «Наука», 1978.
3. Лаврентьев М. М., Романов В. Г., Шишатский С. П. Некорректные задачи математической физики и анализа. -М.: «Наука», 1980.
4. Лаврентьев М.М., Романов В.Г. О трех линеаризованных обратных задачах для гиперболических уравнений. //ДАН СССР. 1966. Т.171. №6. -С. 1279-1281.
5. Radon, J. Über die Bestimmung von Funktionen durch ihre Integralwerte längs gewisser Mannigfaltigkeiten. Ber. Verh. Sächs. Akad. Wiss. Leipzig 1917, 69, 262–277.
6. Гельфанд И.М., Граев М.И., Виленкин Н.Я. Интегральная геометрия и связанные с ней вопросы теории представлений. -М.: «Физматгиз», 1962.
7. Бегматов Акбар Х. Задача интегральной геометрии с возмущением в трехмерном пространстве. //Сиб. Мат. Журн. 2000. Т. 41. №1. -С. 3–14.
8. Бегматов Акбар Х. О единственности решения задачи интегральной геометрии Вольтерровского типа. //ДАН. 2009. Т. 427. № 4. -С.439–441.
9. Бегматов Акб. Х., Петрова Н.Н. Задача интегральной геометрии с возмущением на кривых эллиптического типа в полосе. //ДАН. 2011. Т. 436. № 2. -С.151-154.
10. Бегматов Акрам Х. Два класса слабо некорректных задач интегральной геометрии на плоскости. //Сиб. Мат. Журн. 1995. Т. 36, № 2. -С. 243-247.
11. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М.: Физматгиз, 1962.
12. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. М.: Наука, 1977.

РЕЗЮМЕ. Ушбу мақолада интеграл геометрия масалаларининг параболалар оиласига тегишли бир масаласининг махсус вазн функцияси учун ечимнинг турғунлиги исботланган.

РЕЗЮМЕ. В данной статье доказывается устойчивость решения специальной весовой функции задачи, принадлежащей семейству парабол задач интегральной геометрии.

SUMMARY. This article proves the stability of the solution to a special weight function of a problem belonging to the family of parabolas of integral geometry problems.