

Отже, отримане експериментальне значення сонячної сталої: $\sigma_0 = 1367,5 \frac{Bm}{m^2}$ достатньо точно співпадає з теоретичними [7, с.627].

Знаючи Сонячну сталу можна визначити світимість Сонця: $L_n = \sigma_0 \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2 \approx 3,84 \cdot 10^{26} Bm$; кількість енергії, яку випромінює Сонце з одиниці своєї поверхні за секунду:

$\varepsilon_n = \frac{L_n}{4 \cdot \pi \cdot R_n^2} \approx 6,4 \cdot 10^7 \frac{Bm}{m^2}$; та його ефективну температуру:

$T_{ef} = \sqrt[4]{\frac{\varepsilon_n}{\sigma}} \approx 5796K$.

Розглянута вище методика оцінки числового значення величини Сонячної Сталої може бути екстрапольована у вигляді лабораторно-практичної астрономічної роботи, самостійного учнівського наукового дослідження, роботи учасника малої академії наук, тощо.

Список використаних джерел:

1. Аристов Г.А. Солнце. – М.: Гос. изд. техн.-теор. лит., 1950. – 55 с.
2. Астрономічний календар 2020 / Від. гол. ред. А.П. Відьмаченко. – К.: ГАО НАН України, 2009. – 303 с.
3. Климишин І.А. Астрономія – Львів: Світ, 1993. – 384 с.

УДК 621.31

В. З. Никорич¹, О. А. Голбан¹, О. В. Куликова²

¹Молдавский государственный университет

²Институт прикладной физики АН Молдовы

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЗЕЕБЕКА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

В статье рассматриваются этапы комплексного изучения вопросов, относящихся к курсу по кинетическим эффектам в полупроводниках. Представлены анализ теории, решение типичной задачи и методы лабораторного исследования рассматриваемого явления.

Ключевые слова: полупроводник, кинетические эффекты, термоэлектрический эффект Зеебека, решение задач. Лабораторная работа.

Введение

Подготовка специалистов высшей квалификации представляет собой комплексную задачу, решение которой осуществляется в несколько этапов. Причем, методы обучения студентов на факультетах естественных наук имеют существенные отличия от методов, применяемых на гуманитарных факультетах.

Первый этап охватывает изучение общей теории предлагаемой темы и базируется на знаниях как фундаментальных дисциплин (математики, физики), так и более специальных предметов (зонная теория твердого тела, статистика электронов и дырок в полупроводниках, рассеяние носителей заряда в полупроводниках). Теоретические знания позволяют студентам более глубоко проникнуть в суть явлений, осмыслить их закономерности и, следовательно, легче ориентироваться в потоке получаемой новой информации.

На следующем этапе студенты учатся применять полученные теоретические знания при решении задач, что способствует развитию логического мышления и более глубокому, дифференцированному усвоению лекционного материала. Кроме того, при решении задач студенты как пользуются, а также рассчитывают некоторые конкретные параметры полупроводников (*Si, Ge, Te, InSb, GaAs*), что создает общее представление о величинах и свойствах, которые характеризуют полупроводниковые материалы.

Одним из наиболее важных и отличительных, по сравнению с гуманитарными факультетами, этапом познания является выполнение лабораторных работ. Этот вид учебной деятельности представляет собой небольшое самостоятельное исследование. Действительно, для получения конечного результата, не смотря на наличие прилагаемого к лабораторной работе методического пособия, студент должен:

4. Макарова Е.А., Харитонов А.В. Распределение энергии в спектре Солнца и солнечная постоянная. – М.: Наука, 1972. – 364 с.
5. Мислінчук В.О. Техніко-технологічні особливості виготовлення саморобного актинометру // Збірник науково-методичних праць "Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін". Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. – Вип. 14. – Рівне: Волинські обереги, 2010. – С. 46-52.
6. Ткаченко І.А. Використання астрономічних приладів для розвитку творчої активності студентів // Збірник наукових праць: Спеціальний випуск / В.Г. Кузь (гол. ред.) та ін. – К.: Науковий світ, 2001. – С. 246-248.
7. Физика космоса: Маленькая энциклопедия / Редкол.: Р.А. Сюняев (гл. ред.) и др. – 2-е изд., пер. и доп. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – 783 с.
8. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики. – М.: Наука, 1974. – Т.2. Колебания и волны. – 456 с.

In the article the considered method of leadthrough of estimation of numerical value of Sun constants, on the basis of experimental information, got with the use of home-made an actinometry.

Key words: scientific research, sun radiation, Sun became, actinometry, home-made equipment, actinometry.

Отримано: 31.08.2010

- четко сформулировать для себя цель исследований,
- наметить план работы и проведения измерений, что способствует составлению в оптимальной форме таблицы измеряемых величин,
- выполнить необходимые измерения, что с одной стороны позволяет студенту ознакомиться с измерительной установкой и приборами, а с другой – вырабатывает практические навыки,
- провести необходимые расчеты и проанализировать полученный результат, что невозможно без теоретических знаний, накопленных на первом и втором этапах.

Таким образом, в результате прохождения всех вышперечисленных этапов студент последовательно переходит от познания к пониманию, составлению общего представления о сути рассматриваемого явления, затем к его экспериментальному исследованию и, наконец, к анализу. Такая комплексная методика обучения позволяет создать интегрированные знания, сформировать научную концепцию исследований и проанализировать возможности практического применения рассматриваемого явления.

Теоретические аспекты

Все физические эффекты, связанные с ориентированным перемещением зарядов под действием внешних сил, называются явлениями переноса или кинетическими эффектами. Под внешним воздействием прежде всего понимают электрическое и магнитное поля, а также градиент температуры, приложенные к образцу. Следовательно, к кинетическим эффектам относятся электропроводность, магнитосопротивление, подвижность, гальваномагнитный эффект Холла, термоэлектрический эффект Зеебека, а также различные термомагнитные эффекты. Исследование вышеназванных явлений позволяет определить ряд важных

параметров напівпровідника, таких як ширина забороненої зони, енергія активації приміси, ефективна маса електронів і дірок, механізм розсіяння носіїв заряду.

Термоелектричний ефект Зеебека заключається в виникненні е.д.с. в електричній ланці, що складається із послідовально з'єднаних рознородних напівпровідників або напівпровідника і металу, якщо температура контактів відрізняється.

Розглянемо ланку, що складається з невідродженого напівпровідника *n*-типу провідності, замкнутого з двох кінців металічними контактами, і гальванометра (рис. 1, а).

Між кінцями напівпровідника існує градієнт температури dT/dx ($T_2 > T_1$). На гарячому кінці напівпровідника кінетична енергія електронів і їх концентрація вище, ніж в холодному. Це призводить до дифузії електронів з обох кінців напівпровідника назустріч один одному. Однак, потік електронів в напрямку температурного градієнта більший, ніж в зворотному, тому між кінцями напівпровідника виникає різниця потенціалів, яка буде протидіяти руху електронів, викликаному дифузійно. В електронному напівпровіднику зазначена дифузія призводить до виникнення на холодному кінці негативного об'ємного заряду, а на гарячому – позитивного. В дірочному напівпровіднику (рис. 1, б) дифузія носіїв заряду призводить до протилежного результату: холодний кінець заряджається позитивно, гарячий – негативно. Таким чином, знак термо е.д.с. визначається типом провідності напівпровідника.

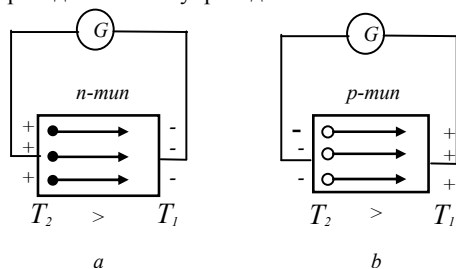


Рис. 1. Вивчення термо е.д.с. в напівпровідниках: а – переміщення електронів в донорному напівпровіднику; б – переміщення дірок в акцепторному напівпровіднику

Крім того, не можна не врахувати, що незалежно від області температур концентрація носіїв заряду в напівпровіднику залежить від температури за експоненціальним законом

$$n = N_{C(V)} \exp(F / k_0 T) \quad (1)$$

або в області примісної провідності

$$n = \sqrt{\frac{N_{D(A)} N_{C(V)}}{2}} \exp\left(-\frac{\Delta E_{D(A)}}{2k_0 T}\right) = A T^{3/4} \exp\left(-\frac{\Delta E_{D(A)}}{2k_0 T}\right), \quad (2)$$

де $N_{C(V)}$ – ефективна густина станів електронів (або дірок) в зоні провідності (в валентній зоні) рівна

$$N_{C(V)} = \sqrt{\frac{2(2\pi m^* k_0 T)^{3/2}}{h^3}} = A a_n T^{3/4}, \quad (3)$$

де F – енергія рівня Фермі, $N_{(A)}$ – концентрація донорної або акцепторної приміси в напівпровіднику, $\Delta E_{D(A)}$ – енергія активації відповідної приміси, A – постійна, незалежна від температури і напівпровідника, k_0 – постійна Больцмана, T – температура, $m^* = a_{n(p)} m_0$ – ефективна маса носіїв заряду, представлена за допомогою коефіцієнта $a_{n(p)}$, який в кожному напівпровіднику має своє власне значення як для електронів, так і для дірок.

Слід зазначити, що концентрація носіїв заряду на більш гарячому кінці вища, ніж на холодному, що, в свою чергу, призводить до зростання процесу дифузії і, відповідно, термо е.д.с. U_a .

Крім того, важливим моментом є наявність контакту напівпровідник-напівпровідник або метал-напівпровідник контактної різниці потенціалів. Якщо температури обох контактів однакові, то контактні різниці потенціалів рівні за величиною і направлені в протилежні сторони, т.е. компенсують один одного.

Якщо ж температури контактів відрізняються, то різниця контактних різниць потенціалів дає внесок в термо е.д.с. напівпровідника.

Існує ще один ефект, який призводить до менш значущої зміни різниці потенціалів U_a – ефект увлечення електронів фононами (квантами тепла), які обумовлені тепловими коливаннями кристалічної решітки. При наявності градієнта температури вздовж напівпровідника, число фононів, що рухаються від гарячого кінця до холодного, більше, ніж в зворотному напрямку. Фонони, зіштовпуючись з електронами, увлекають їх в напрямку свого руху, що збільшує термоелектричну різницю потенціалів. Однак необхідно зазначити, що цей ефект проявляється, в основному, при низькій температурі, коли теплові коливання решітки в рівноважному стані незначущі. Крім того, на величину ефекта фононного увлечення впливає концентрація носіїв заряду в напівпровіднику і їх подвижність.

В стані динамічного рівноваги потік електронів, викликаний дифузійно, буде рівний потоку електронів, що створюється різницею потенціалів (термо е.д.с. U_a) на кінцях напівпровідника в відсутності струму.

Таким чином, термо е.д.с. U_a , що виникає на кінцях напівпровідника, складається з двох частин: об'ємної, що виникає за рахунок дифузії носіїв заряду від гарячого кінця до холодного, і контактної, що виникає через температурну залежність контактної різниці потенціалів. Для характеристики величини розглянутого явища використовується поняття диференціального термо е.д.с. (термоелектричний коефіцієнт), який визначається як

$$\alpha = \frac{dU_a}{dT}, \quad (4)$$

де dU_a – термо е.д.с., що відповідає градієнту температур dT .

Диференціальний термо е.д.с., що виникає в невідродженому напівпровіднику, залежить в першу чергу від концентрації, а також механізму розсіяння носіїв заряду. В області примісної провідності термоелектричний коефіцієнт визначається відомою формулою Писаренко:

$$\alpha_{n,p} = \pm \frac{k_0}{e} \left[r + 2 + \ln \frac{N_C}{n} \right], \quad (5)$$

де знак “+” стосується до напівпровідника *p*-типу провідності, знак “-” стосується до напівпровідника *n*-типу. Залежність $\alpha_{n,p}$ від механізму розсіяння представлена в (5) параметром r :

- $r = 0$, при розсіянні на акустичних фононах;
- $r = 1$, при розсіянні на оптичних фононах;
- $r = 2$, при розсіянні на іонах приміси.

При виникненні помітної складової носіїв заряду іншого знаку, т.е. при змішаній провідності,

$$\alpha_{mix} = \frac{\alpha_p \mu_p p + \alpha_n \mu_n n}{\mu_p p + \mu_n n}, \quad (6)$$

а в області власної провідності

$$\alpha_i = \frac{\alpha_p \mu_p + \alpha_n \mu_n}{\mu_p + \mu_n}, \quad (7)$$

де μ_n і μ_p – подвижності електронів і дірок, відповідно.

Аналіз (5)–(7) для напівпровідника, що містить акцептори, показує, що при підході до області власної провідності спостерігається інверсія знака коефіцієнта термо е.д.с., обумовлена більшою подвижністю електронів порівняно з подвижністю дірок.

Типична задача

Умова задачі. Визначити величину диференціального термо е.д.с. при температурі 50К, якщо при температурі $T_1 = 100К$, коли рівень Фермі F_1 перетинає донорний рівень з енергією, рівною $\Delta E_D = -0,05$ еВ, диференціальний термо е.д.с. дорівнює 0,84 мВ/К. Концентрація донорів становить 10^{21} м^{-3} і в усьому розглянутому інтервалі температур механізм розсіяння один і той же.

Решение. Температура, при которой уровень Ферми пересекает донорный уровень, это температура насыщения T_S . Следовательно, так как $T_1 = T_S = 100\text{K}$ относится к области низких температур, в которой концентрация носителей заряда определяется выражением (2), то и $T_2 = 50\text{K}$ также находится в этой области температур – области примесной проводимости. В этом случае для определения дифференциальных термоэ.д.с. α_1 и α_2 (при обеих температурах) можно пользоваться формулой Писаренко (5). При температуре 50К

$$\alpha_2 = \frac{k_0}{e} \left[r + 2 + \ln \frac{N_{C2}(T_2)}{n_2} \right], \quad (8)$$

где $N_{C2}(T_2) = A a_n^{3/2} T_2^{3/2}$, $A = \text{const}$ согласно (3).

В выражении (8) неизвестны: коэффициент r , который зависит от механизма рассеяния носителей заряда, эффективная масса электронов, представленная коэффициентом a_n , и концентрация электронов n_2 при 50К.

Так как при температуре насыщения $E_D = F_1$, (9)

то согласно (1) при 100К концентрация электронов равна

$$n_1 = N_{C1}(T_1) e^{\frac{F_1}{k_0 T_1}} = N_{C1}(T_1) e^{\frac{E_D}{k_0 T_1}} \quad (10)$$

и, применяя формулу Писаренко, получаем

$$\alpha_1 = \frac{k_0}{e} \left[r + 2 + \ln \frac{N_{C1}(T_1)}{N_{C1}(T_1) \exp\left(\frac{E_D}{k_0 T_1}\right)} \right] = \frac{k_0}{e} \left[r + 2 - \frac{E_D}{k_0 T_1} \right]. \quad (11)$$

Из (11) находим коэффициент r :

$$r = \frac{\alpha_1 e}{k_0} - 2 + \frac{E_D}{k_0 T_1} = 1,95 \approx 2. \quad (12)$$

Полученное значение $r = 2$ указывает на рассеяние на ионизированной примеси.

Для определения a_n воспользуемся известным из теории условием, что при температуре насыщения концентрация свободных электронов составляет половину концентрации доноров:

$$n_1 = \frac{N_D}{2}. \quad (13)$$

Приравняв (10) и (13), находим

$$a_n^{3/2} = \frac{N_D}{2} \cdot \frac{1}{A T_1^{3/2}} \exp\left(-\frac{\Delta E_D}{k_0 T_1}\right) = 0,034.$$

Следовательно, $a_n = 0,1$, или $m_n = 0,1 m_0$.

Концентрация электронов n_2 при 50К, согласно (2), может быть найдена как

$$n_2(T_2) = \sqrt{\frac{N_D \cdot N_{C2}(T_2)}{2}} e^{-\frac{\Delta E_D}{2k_0 T_2}} = 1,9 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}. \quad (14)$$

Подставляя найденные величины r , m_n и n_2 в (8), находим $\alpha_2 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ В/К}$.

Ответ: $\alpha_2(50\text{K}) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ В/К}$.

Лабораторное задание

Целью данной лабораторной работы является определение типа проводимости полупроводника, исследование температурной зависимости термоэлектрического коэффициента и расчет эффективной массы носителей заряда.

1. Так как знак термоэ.д.с. зависит от типа проводимости, то его можно успешно использовать для определения типа проводимости полупроводника с помощью так называемого «метода термозонда» (рис. 2). Зонд, расположенный у горячего конца образца обычно соединяют с зажимом гальванометра, обозначенным знаком «+», второй зонд располагается у конца, имеющего температуру окружающей среды T_0 и присоединяется к зажиму «-». Направление э.д.с. в цепи определяется электроизмерительным прибором – ноль-гальванометром, имеющим высокую чувствительность $\sim 2 \text{ мВ/дел}$. Возникающая разность потенциалов приводит к отклонению стрелки гальванометра. Отклонение стрелки в положительном направлении (вправо) соответствует полу-

проводнику n -типа проводимости, а отклонение в отрицательном направлении (влево) – к дырочному (p -тип). Если образец неоднороден по своей проводимости, то с помощью термозонда можно достаточно точно определить положение областей неоднородности, перемещая один из зондов вдоль поверхности образца. Результаты исследований показали, что образец имеет p -тип проводимости.

2. Для выполнения температурных исследований образец, схема соединения которого представлена на рис. 2, помещается в криостат, который позволяет достаточно медленно изменять температуру от 80К до 400К. Одним из особенных и важных моментов является создание линейного градиента температуры вдоль образца. Для этого с одной стороны берут достаточно длинный образец ($\sim 15 \text{ мм}$) и создают разницу температур не более 10К. Зонды устанавливаются на некотором расстоянии от концов образца, так как нелинейность градиента обычно наблюдается непосредственно возле нагревателя, рядом устанавливаются термопары. Для получения конечного результата, студент должен измерить, с помощью микроскопа, длину образца и расстояние между зондами.

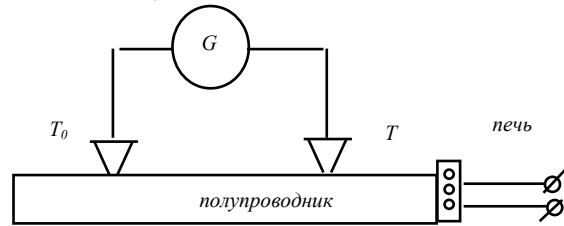


Рис. 2. Схема соединения образца в установке для исследования термоэлектрического эффекта

Измерение температур T , T_0 и разности потенциалов между зондами U_a проводятся через каждые 5К. Используя (4) рассчитываем дифференциальную термоэ.д.с. и строим график температурной зависимости термоэлектрического коэффициента в широком интервале температур, который имеет следующую форму (рис. 3). Так как образец имел p -тип проводимости, то при температуре T_3 наблюдается смена знака термоэ.д.с., что согласуется с теорией.

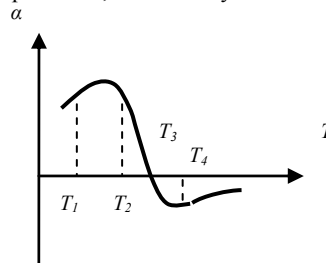


Рис. 3. Температурная зависимость термо э.д.с. в образце p -типа проводимости

Анализ полученной кривой указывает на наличие областей примесной и собственной проводимости. При небольших значениях температуры (T_1), когда основной вклад в термо э.д.с. дают дырки, U_a положительна и медленно увеличивается с ростом температуры (до T_2 согласно (5)). При дальнейшем увеличении температуры (выше T_2) увеличивается число собственных носителей, термоэ.д.с. уменьшается (формула (6)) и изменяет знак на отрицательный (учитываем, что $a_p > 0$, а $a_n < 0$), так как возрастает доля электронной проводимости. Затем при росте температуры (выше T_3) преобладает отрицательная термоэ.д.с. пока не наступит область собственной проводимости (формула (7)), в которой a_p и a_n все больше компенсируют друг друга и термоэ.д.с. уменьшается (выше T_4).

3. Расчет эффективной массы дырок выполняется согласно (5), заранее определив из других исследований механизм рассеяния дырок.

Выводы

1. Изучена теория термоэлектрического явления Зеебека и показано, что величина дифференциальной термоэ.д.с. различна в зависимости от исследованной области температур.

2. При решении задач необходимо знание общей теории статистики электронов и дырок в полупроводниках.
3. Термоэлектрический эффект позволяет наиболее простым образом с помощью термозонда определять тип проводимости полупроводника.
4. Работа термопары основана на термоэлектрическом эффекте.
5. Расчеты показывают, что величина эффективной массы не зависит от температуры и имеет практически одно и то же значение во всем интервале исследованных температур.

Список использованной литературы:

1. Аскеров Б.М. Кинетические эффекты в полупроводниках. – Л.: Наука, 1970. – 303 с.

2. Лысов В.Ф. Практикум по физике полупроводников. – М.: Просвещение, 1976. – 207 с.
3. Недеогло Д.Д., Никорич В.З. Сборник задач по физике полупроводников. – Кишинэу, 2003. – 120 с.
4. Орешкин П.Г. Физика полупроводников и диэлектриков. – М.: Высшая школа, 1977. – 448 с.
5. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – М.: Энергия, 1984. – С. 426.

The stages of the complex study of the subject related to the course of the Kinetic effects in semiconductors are discussed in this article. There are an analysis of the theory, the solution of typical problems and methods of laboratory analysis of the phenomenon.

Key words: Semiconductor, kinetic effects, Seebeck thermoelectric effects, problem solution, laboratory research.

Отримано: 12.07.2010

УДК 372

Р. А. Поведа

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

НЕВІДОМЕ В КУРСІ ФІЗИКИ

В статті систематизовано маловідомі факти досліджень і спроб наукового пояснення явища довгої затримки радіовідлуння. Матеріал дозволяє створити проблемну ситуацію під час вивчення студентами курсу радіотехніки та електродинаміки і доводить, що розвиток науки відбувається тоді, коли є розбіжності між явищем, що спостерігається та наявною теорією, яка не може це явище пояснити.

Ключові слова: LDE, Long Delay Echo, явище затримки ехо.

Наука рухається вперед лише тоді, коли виявляються експериментальні факти, які не можуть бути пояснені в рамках існуючої теорії. Так було з теорією «теплицю», яка не давала пояснення, чому тіла нагріваються під час тертя, з явищем фотоефекту, з якого «виросла» сучасна квантова фізика і так завжди буде. Але виявляється, існують поряд з нами явища, які поки що наука «не помічає» от вже майже ціле століття... Одним з малодосліджених, але загадкових з наукової точки зору явищ, є явище LDE (від англ. – *Long Delay Echo* – довга затримка радіовідлуння).

Безперечно, інформацію про явище довгої затримки радіовідлуння корисно подати для студентів в курсі електродинаміки та радіотехніки як приклад проблемної та поки що нерозв'язаної наукової задачі. Цікаві факти дослідження малозрозумілих явищ сприяють підвищенню інтересу до фізики, активізують навчально-пізнавальну діяльність студентів, викликають бажання проникнути в істинну сутність явищ, та «залучитись» до їх розгадки і наукового пояснення.

Вперше невідоме явище LDE описав [1] норвезький радіоінженер Джорден Хелс, який спостерігав його у кінці літа 1927 р. LDE від короткохвильової радіомовної радіостанції PCJJ, що знаходилась біля голландського Ейндховена і працювала на хвилі 31 м. Джорден Хелс брав луна-сигнали цієї радіостанції з затримкою до 10 секунд. Його приймальня станція перебувала близько м. Осло.

Якщо взяти до уваги, що кругосвітне відлуння приходить із затримкою всього лише близько 1/8 секунд, то легко зрозуміти здивування Джордена Хелса, коли він прийняв ці сигнали, причому досить значні за силою. Не дивно, що майже рік він зберігав мовчання. І тільки знову, неодноразово прийнявши LDE, Джорден Хелс зважився на публікацію матеріалів про явище. Він писав: "Я не можу пояснити це явище, я можу тільки підтвердити, що спостерігав його..." [1]. Тоді радіотехніка тільки розвивалася і тому це повідомлення нікого не здивувало, а навпаки, почали проводити дослідження цього дивного явища.

На подив багатьох вчених, експерименти підтверджували існування феномену LDE. Радіофізик Ван-дер-Пол (відомий у літературі [2] з розповсюдження радіохвиль як один з авторів формули Шулейкіна–Ван–дер–Поля) повідомив, що він також неодноразово приймав відлуння сигналу з великою часовою затримкою. Пізніше, в 1934 р. він прийняв LDE від тієї самої радіостанції PCJJ [3], що було документально зафіксовано його помічниками. На рис. 1

показаний графік тимчасових затримок LDE, що спостерігався в 1934 р. [4].

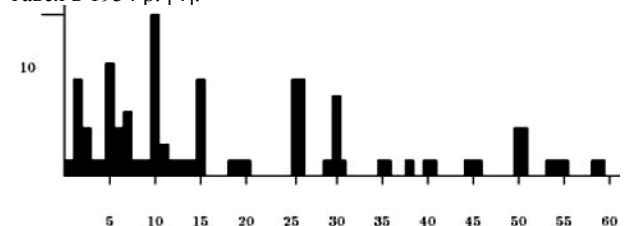


Рис. 1. Графік затримок прийому LDE від радіостанції PCJJ

Ще одне документально зафіксоване спостереження феномену LDE. У 1929 р. була організована французька наукова експедиція в Індокитай, для дослідження активності Сонця. Ця експедиція також проводила дослідження з поширення радіохвиль і 9 травня 1929 був офіційно зафіксований прийом радіосигналів з затримкою до 40 секунд. Прийняті сигнали LDE були значними за своєю силою, як ніби вони не "блукали" 40 секунд в просторі. У літературі [6] детально описані ці досліди, умови їх проведення і використувана апаратура.

Спостереження явища LDE в кінці 20-х і в 30-х роках минулого століття фіксували багато інших авторитетних вчених того часу, що виключає можливість фальсифікації. Але вже наприкінці 30-х років почала діяти неофіційна заборона на публікацію матеріалів про LDE. Повідомлення про це явище почали зникати з наукових журналів. Початок другої світової війни офіційно закріпив цю негласну заборону. Однак, незважаючи на це, явище продовжувало існувати незалежно від його ігнорування.

Під час другої світової війни LDE часто спостерігали військові радисти. Один з них розповів, що через несподівані несправності в радіоапаратурі він пропустив важливу радіограму з штабу. Коли він налагодив апаратуру, час прийому було вже втрачено. У военний час за пропуск радіограми, тим більше з вини радиста, належало суворе покарання. Але, яке було здивування цього радиста, коли через 15 хвилин ця радіограма знову зазвучала в ефірі й була ним успішно прийнята. Через деякий час він зустрівся зі штабним радистом і запитав про причини, за якими радіограму передавали два рази. Штабний радист здивовано відповів, що радіограма була передана як зазвичай один раз. На штабній радіостанції LDE не чули.

Під час війни повідомлення про прийоми LDE надходили від військових радистів всіх воюючих сторін. У радянській