

УДК 621.398.1

## **ПРИНЦИП ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАНТОВЫХ ЭФФЕКТОВ В ПЕРЕДАЧЕ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ**

**Жанасбаева Айдана Серикбаевна  
Қансейітова Бақыткүл Зиятханқызы**  
[janasbaeva@inbox.ru](mailto:janasbaeva@inbox.ru)

Преподаватели кафедры РЭТ ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан  
Научный руководитель – Кабылбекова У.М.

В данной статье изложен принцип использования квантовых эффектов некоторых полупроводниковых элементов, способных поглощать энергию в широком диапазоне спектра электромагнитных волн, и излучать узкий спектр волн (здесь под спектром подразумевается диапазон частот излучения), где спектр излучения зависит только от его размера обеспечивающий дискретность сообщений. Изменяя размер квантовой точки, можно регулировать частоту её излучения, позволяющий использовать вейвлетное преобразование как действие полосового фильтра или взаимную корреляцию, для определения местонахождения сингулярностей и их распределения а также изменения энергетического уровня при различных воздействиях из вне.

**Квантовые основы энергии.** В работе [1] изложен принцип, который обеспечивает, существование атомных структур, где электроны удерживаются в атоме благодаря работе специальных программных манипуляций. Напомним, что по логике «цифрового» физического мира, электрон представляет собой квантовый пульсатор [2], т.е. неопределённо долгую цепочку циклических мгновенных смен всего двух состояний – с характерной

частотой  $n_e$ , определяемой соотношением де Бройля  $h n_e = m_e c^2$ , где  $h$  - постоянная Планка,  $m_e$  - масса покоя электрона,  $c$  – скорость света. Частоту  $n_e$ , равную  $1.24 \times 10^{20}$  Гц, мы называем электронной частотой – наличие у частицы квантовых пульсаций на этой частоте означает наличие у неё элементарного электрического заряда, знак же его определяется фазой этих пульсаций [3]. Таким образом, квантовые пульсаторы представляют элементарные электрические заряды (частицы), которых можно называть квантовыми точками [5]. Однако некоторые квантовые эффекты можно обнаружить и более крупных эффектов.

Известно, что алгоритм, связующий электрон и соответствующий ему протон ядра, попеременно прерывает их пульсации на электронной частоте. Таким образом, производится циклический пространственный переброс энергии квантовых пульсаций. Энергия этого циклического процесса зависит от расстояния, на которое производится переброс – причём, эта энергия обеспечивается убылью масс связуемых частиц, а убывание масс зависит от периода попеременных прерываний. Поэтому протон и электрон, испытывающие вышеназванные прерывания с определённым периодом, вынуждены находиться на определённом расстоянии друг от друга – это и есть принцип структурной связи на дефекте масс. Таким образом, у связанных протона и электрона электрические заряды оказываются в бытии попеременно сменяя друг друга. При этом, временной интервал (период) является показателем того, насколько большой сдвиг вдоль оси времени требуется для потери корреляции между ними – подобна временной константе фильтра низких частот [2, 3,6]. На основании структурной связи на дефекте масс, можно сказать, что энергия зависит от периода прерываний и при этом, изменение скважности (в %) соответственно характеризует отклонение (изменение) энергии. от внешних воздействия. Для графического представления рассмотрим схему изменения скважности Рис.1.

**Зарядовый разбаланс.** Связки «протон-электрон», сменяющие друг друга (пребывания) в бытии заряда протона и заряда электрона делятся одинаковые промежутки времени, а именно, полпериода связующих прерываний, то скважность этих прерываний будет равна 50%. Если эта скважность оставалась бы неизменной, то на интервалах времени много больших периода прерывании, связка «протон-электрон» вела бы себя как электрически нейтральной. При сдвиге скважности в ту или иную сторону от центрального значения, возникает зарядовый разбаланс, обусловленный доминированием пребывания в бытии заряда того или иного знака.



Рисунок 1 – Схема скважности соответствующей периодам прерываний

Известно, что атом имеющий в своём составе равные количества носителей элементарных зарядов обоих знаков, способен вести себя как обладатель ненулевого эффективного заряда – на интервалах времени больших по сравнению с периодом прерываний, который для внешних атомарных электронов составляет ~10-15 с. Излагаемый подход схематически проиллюстрирован на Рисунок 1, где для каждого периода прерываний связующих протон и электрон, указана соответствующая скважность в процентах.

На основании выше приведенных обстоятельств можно сказать, что возбуждая электрона с помощью электричества или света, можно, так же как в атоме перевести электрон в состояние с большей энергией. А при переходе электрона обратно в состояние с меньшей энергией излучается фотон Рисунок 2.

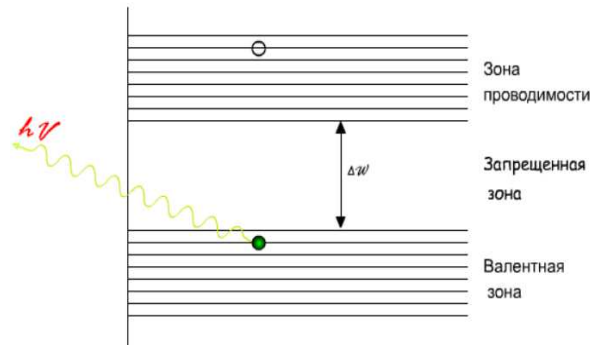


Рисунок 2 – График излучения фотона  $h\nu$

**Энергетическое состояние квантовых точек.** По данным [5], квантово-размерный эффект играет существенную роль для крупниц вещества, размер которых сопоставим с длиной волны де Бройля для электронов в них. Этот эффект заключается в том, что если «запереть» электрон в достаточно маленькой области пространства с длиной  $L$  (ширина ямы) не давая ему убежать, то его энергия сможет принимать лишь некоторые допустимые значения, т.е. спектр значений энергии станет дискретным. Для пояснения рассмотрим условие образования стоячих волн на длине  $L$ , где укладывается целое число полувольт:

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

где  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Эта формула определяет возможные значения длины волны де Бройля  $\lambda$  для электрона.

Поскольку она связана с импульсом электрона  $p$  соотношением  $\lambda = h/p$ , где  $h$  - постоянная Планка, а для полной энергии электрона массой  $m$  в нерелятивистском случае справедливо соотношение  $E = p^2/2m$ , и после некоторых арифметических преобразований получим формулу для возможных значений энергий

$$E_n = \frac{h^2}{8mL^2} n^2 \quad (2)$$

Откуда видно, что спектр энергии дискретен, а допустимые значения зависят от числа  $n$  а Расстояние между энергетическими уровнями равно

$$\Delta E_n = E_{n+1} - E_n \approx \frac{h^2}{4mL^2} n. \quad (3)$$

Из формулы следует, что расстояние между энергетическими уровнями быстро уменьшается при увеличении размера квантовой точки  $L$ . При достаточно малом  $\Delta E_n$  мы просто перестанем различать отдельные уровни, настолько близко друг к другу они будут располагаться. При этом спектр энергии не будет отличаться от непрерывного. Кроме того, на основании соотношения де Бройля, расстояние между энергетическими уровнями,  $\Delta E_n$  равно энергии  $E = h\nu$  излучаемого кванта при переходе электрона между этими уровнями ( $\nu$  – частота излучения). Поэтому, изменяя размер квантовой точки, можно регулировать частоту её излучения. При увеличении  $L$  частота излучения падает, свет смещается в красную сторону спектра. (для отнесения ИК-спектр) в состояние с меньшей энергией излучается фотон Рис 2. Таким образом, свойство квантовых точек вытекает из энергетического характера квантовой ямы, стенками которой служат энергетические барьеры. Управлять размером квантовой ямы, а значит, и спектром излучения можно, воздействуя на квантовую точку электрическим и магнитным полем.

**Применение квантовых точек в системе связи.** Главное свойство системы связи заключается в том, что она должна точно или приближенно воспроизвести в определенной точке пространства и времени некоторое сообщение, выбранное в другой точке. Сообщение выбирается из некоторого семейства возможных сообщений.

Согласно физического принципа неопределенности Гейзенберга, где говорится, что нельзя одновременно точно знать положение  $x$  частицы и ее импульс  $p$ . Фактически,  $xp \geq h = 6,626 \times 10^{-34}$  Дж с, но с помощью уравнения Эйнштейна  $E = mc^2$  этот принцип можно перенести в область обработки сигналов, где он будет формулироваться так: нельзя одновременно с любой точностью определить время и частоту, следовательно,  $\Delta f T \geq 1$ , где  $\Delta f$  и  $T$  описывают разрешение по частоте и по времени. Если разрешение по времени высокое, то частота будет определяться менее точно, и наоборот. Следовательно, может оказаться достаточно сложно одновременно измерить с необходимой степенью точности частоту компонента сигнала и время его появления или разделить во времени различные частотные компоненты. Это может произойти, если сигнал содержит кратковременные высокочастотные компоненты, расположенные слишком близко к более продолжительным компонентам во временной области, которые также близко расположены в частотной области и возникают в различные моменты времени. Такие сигналы не периодичны. Для решения этой общей проблемы частотно-временного анализа можно использовать квантовые эффекты некоторых полупроводниковых элементов с применением вейвлетного преобразования (wavelet transform), которое предоставляет средство для анализа нестационарных сигналов [1,7].

Следует отметить, что на основании способности элементарных частиц (электрон, фотон) находится в суперпозиции, встречающиеся в квантовой теории электронных пульсаторов, можно восстанавливать сообщение в любой точке пространства, при этом основывается на корреляцию (взаимосвязи) классических преобразований Фурье и современных математических аппаратов Вейвлет-функции. Вейвлетное преобразование

(wavelet transform) предоставляет средства для частотно-временного анализа нестационарных сигналов[1]. Нестационарные сигналы с различными частотными компонентами, распложенными в различных промежутках времени, можно описывать как сумму различных вейвлетных функций. Для этого и используется вейвлетное преобразование. При этом, энергетическое содержание сообщений можно определить по знаку максимума и минимума (конус Липшица), характеризующий уровень энергии, где она увеличивается на более низких частотах и эквивалентно уменьшается на более высоких частотах [6,7].

Следует отметить, что чтобы использовать свойства (квантовых эффектов) в передаче дискретных сообщений следует рассмотреть поведение квантовых точек состоящей из большого числа атомов. По данным [5], дискретный спектр энергии делает поведение квантовой точки состоящей из большого числа атома, похожим на поведение одиночного атома. Возбуждая ее с помощью электричества или света, можно, так же как в атоме, перевести электрон в состояние с больше энергией. А при переходе электрона обратно в состояние с меньшей энергией излучается фотон (Рис.2). Следует также отметить особенности, что система энергетических уровней дискретна с постоянным интервалом, равным  $h\omega$  а минимальная энергия, соответствующая нулевому уровню составляет  $h\omega/2$ . Состояние с нулевой энергией отсутствует, это есть следствие соотношении неопределенностей, так как если частица будет находиться на самом дне потенциальной ямы, то это будет означать, что ее координата и импульс одновременно точно определены, что невозможно. [5,7]. Это объясняется тем, что расстояние между энергетическими уровнями быстро уменьшается при увеличении размера квантовой точки  $L$  и при достаточно малом  $\Delta E_n$ , мы просто перестаем различать отдельные уровни, настолько близко друг к другу они будут располагаться. Кроме того, изменяя размер квантовой точки, можно регулировать частоту её излучения, т.е. при увеличении  $L$  частота излучения падает, свет смещается в

красную сторону спектра. Таким образом, важным свойством для практического применения свойства квантовых точек это способность поглощать энергию в широком диапазоне спектра электромагнитных волн, а излучать узкий спектр волн (здесь под спектром подразумевается диапазон частот излучения). Далее можно использовать вейвлетное преобразование как действие полосового фильтра или взаимную корреляцию, определяющие местонахождения сингулярностей и их распределения (вейвлет – фильтры) [2,6,10].

**Моделирование непериодических сигналов.** Нестационарных сигналов можно представить как сигналы образующие естественную прогрессию с возрастающей дискретизацией [7, 10]. В этих определениях предполагается, что сигнал  $s(t)$  квадратично интегрируем, т.е.

$$\int s^2(t)dt < \infty \quad (4)$$

Модели таких сигналов также могут быть представлены совокупностью гармонических составляющих. Конкретный вид спектрального преобразования для непериодического сигнала можно получить, проследив изменения, происходящие в спектре периодической последовательности импульсов  $u_1(t)$  при увеличении периода повторения. Так как частоты составляющих спектра кратны основной частоте, то при ее уменьшении линии на спектральной диаграмме сближаются.

Спектральное представление для одиночного импульса  $u(t)$  получим как следствие увеличения периода сигнала  $u_1(t)$  до бесконечности. Запишем пару преобразований Фурье для периодической функции  $u_1(t)$  и окончательно имеем

$$\int_{-\infty}^{\infty} |U(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(\omega)|^2 d\omega = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S|^2 d\omega. \quad (5)$$

Полученное соотношение известно под названием равенство Парсеваля. Известно, что энергия выделяемая непериодическим сигналом за время его существования, определяется интегрированием квадрата модуля его спектральной характеристики в интервале частот. Каждое из бесконечно малых слагаемых  $\frac{1}{\pi} |S(\omega)|^2 d\omega$ , соответствующих бесконечно малым участкам спектра, характеризует энергию, приходящуюся на спектральные составляющие сигнала, сосредоточенные в полосе от  $\omega$  до  $\omega + d$  [9,10].

**Принцип получения квантовых точек.** Следует отметить, что основное достоинство квантовых точек, это получение спектра излучения, который зависит от химического состава, формы кристалла и его размера. Таким образом, для получения спектра излучения заданной частоты, надо просто вырастить кристаллы нужного размера.

На основании открытия процесса самоорганизации квантовых точек, еще в 1990-е годы, то есть самопроизвольное возникновение упорядоченной макроскопической структуры на подложке при определенных условиях, привело образованию упругих напряжений, которые возникают в подложке, когда в ней осаждаются атомы или молекулы другого вещества. Эти упругие напряжения заставляют осаждаемое вещество собираться в островки, которые могут повторять и не повторять, тем самым реализуется свойство физических систем переходить в равновесное состояние, при котором энергия системы минимальна соответствующая нулевому уровню составляет  $\hbar\omega/2$  [11].

По данным [4.5], для создания квантовых точек подходят разные полупроводниковые материалы: кремний(Si), селенид кадмия (CdSe), теллурид кадмия(CdTe), селенид свинца(PbSe), фосфид индия(inP), сульфид цинка(ZnS), селенид цинка(ZnSe), арсенид галлия-индия(InGaAs) и другие. Варьируя эти вещества и условия технологических процессов, удается создавать частицы, различающиеся не только размерами и формой, но и физико-химическими свойствами в частности, получение квантовой ямы с шириной, соответствующей длине Де Бройля) [3,4,5]. Кроме того, технологии их получения условно можно разделить на физические и химические. Физические методы обеспечивают более

полный контроль над процессом, но требуют сложного оборудования. Химические методы проще и позволяют получить за цикл огромное количество квантовых точек (до  $10^{20}$ ) [4].

### **Выводы**

На основании выше изложенных обстоятельств, можно заключить что:

1. Циклический пространственный перебор энергии квантовых пульсаций характеризует область высокого информационного содержания сообщений (область низкой частоты). Изменение скважности при переборе энергии квантовых пульсаций, позволяет также обнаруживать отклонение вызванные со стороны (не санкционированные вмешательства).

2. Для эффективного частотного разделения сигналов, в канале используется фильтры настроенного на комбинацию обозначающую разделительный знак, выделить отрезок последовательности частотных диапазонов. Выделенный отрезок (выбранный канал с частотой) должен заключаться между двумя соседними моментами (между двух полосным сигналом) т.е. возможность получения частоты излучения соответствующего объекта.

3. Использование Вейвлет – фильтров для проявления сингулярности и их положения характеризующиеся амплитудой и знаками максимумов вейвлетных преобразований в (конус Липшица) зависимости их от времени и разных масштабов а также область высокого информационного содержания сообщений (область низкой частоты).

Использование способности - излучать узкий спектр волн (диапазон частот излучения), позволяет применять для идентификации (граничные эффекты) а также защиты от подделок, так как, при специальной обработке (технологии получения подложек), упругие напряжения заставляют осаждаемое вещество собираться в островки, которые могут повторять структуру, могут и не повторять. Тем самым реализуется свойство физических систем переходить в равновесное состояние, при котором энергия системы минимальна. т.е. не существует неопределенность.

4. Известно, что средний объем неопределенности (энтропия источника), может быть разрешен с использованием алфавита, где среднее количество информации, которое должно быть отправлено через канал связи для разрешения этой неопределенности, должно быть представлено в виде энергии битов на символ. Эта энергия должна быть ограниченной снизу нулем (минимальная энергия), если не существует неопределенности, и сверху  $\log_2(N)$ , когда неопределенность максимальна [6,8].

5. Следует отметить, что информационное содержание N-символьного алфавита, используемое в действительных системах связи, обычно меньше верхнего предела соотношения (1). При использовании соответствующего кодирования источник может быть описан с помощью менее половины бита на символ (это может быть все точки между 0 и 1, причем в суперпозиции), а не одного бита на символ, как в текущей форме, в этом смысле это также нижняя граница, которая может быть достигнута с помощью некоторых кодов сжатия данных, имеющих переменную длину.

### **Список использованных источников**

1. Сергеев В.С., Барин В.В. Сжатие данных, речи, звука и изображений в телекоммуникационных системах. Издательское предприятие РадиоСофт. Москва: 2014. С.35-85.

2. Гришаев А.А. Масса, как мера собственной энергии квантовых осцилляторов. Институт метрологии времени и пространства, ГП ВНИИФТРИ.141570 Московская обл., Менделеево 2012. С. 37-60

3. Гришаев А.А. Автономные превращения энергии квантовых пульсаторов – фундамент закона сохранения энергии. Государственный эталон времени-частоты, ФГУП “ВНИИФТРИ” 141570 Московская обл., Менделеево. 2013. С.67-92

4. Глушков Е, Шульга К. Лаборатория сверхпроводящих метаматериалов НИТУ «МИС и С. Ж-л. Популярная механика., М. №3. 2014. С.34-37.

5. А. Понятов. Квантовые точки прогресса. Ж-л. «Наука и жизнь №6,2016. Стр.38-45

6. Бернад Склад. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Москва, Санкт-Петербург, Киев.: -2007. С.800-826.
7. Аифичер Э., Джервис Б.( Москва.Санкт-Петербург.Киев 2004 ) Цифровая обработка сигналов., Практический подход. С.173-182.
8. Костров Б.В. Основы цифровой передачи и кодирования информации – М.: «ТехБук», 2007. С.40 -110.
9. Ричард Л.. Цифровая обработка сигналов. Издательство Бином. Пер с англ. – М.: 000 Бином - Пресс», 2013. С.156 ил.
10. Конопелько В.К , Борискевич А.А, Цветков В.Ю.Многомерные технологии сжатия, защиты и коммутации изображений.Минск «Бестпринт».: -2008 с.7 – 20
11. Скотт Э. (Москва Физматлит 2007.400с). Нелинейная наука рождение и развитие когерентных структур. С.57-60.
- 12.Приоров А.Л., Мочалов И.С. Применение схемы Вейвлет – преобразования для сжатия изображений Ж-л «Электросвязь».№11. С.29 -34.
13. Елисеев А.А, Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. – Москва.: ФИЗМАТЛИТ. 2010. С.353-420.