

Вероятности выиграть:

стратегия 1 (не менять выбор) $\approx 36\%$.

стратегия 2 (изменить выбор) $\approx 64\%$.

Вывод. Таким образом, участнику следует изменить свой первоначальный выбор – в этом случае вероятность его выигрыша будет равна $2/3$. Этот вывод противоречит интуитивному восприятию ситуации большинством людей, поэтому описанная задача и называется парадоксом Монти Холла, то есть парадоксом в бытовом смысле.

А интуитивное восприятие таково: открывая дверь с козой, ведущий ставит перед игроком новую задачу, как бы никак не связанную с предыдущим выбором – ведь коза за открытой дверью окажется независимо от того, выбрал игрок перед этим козу или автомобиль. После того, как третья дверь открыта, игроку предстоит сделать выбор заново – и выбрать либо ту же дверь, которую он выбрал раньше, либо другую. То есть, при этом он не меняет свой предыдущий выбор, а делает новый. Математическое же решение рассматривает две последовательные задачи ведущего, как связанные друг с другом.

Список использованных источников:

1. [<http://ru.wikipedia.org/wiki/ПарадоксМонтиХолла>]
2. [<http://elementy.ru/problems/23>]
3. [<http://stalker.od.ua/blog/?go=all/paradoks-monti-holla/>]
4. [<http://bodyonov.ru/projects/monty-hall-demo/>]

Коляденко В.А.

*аспірант кафедри фізики енергетичних систем,
Фізико-технічний інститут
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»*

ЕКСИТОН-ПОЛЯРИТОННІ СОЛІТОНІ: ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ СХЕМИ І МОДЕЛЮВАННЯ

В даний час все більше робіт по нелінійній оптиці досліджують екситон-поляритони. Це колективні збудження (квазічастинки), що є суперпозицією фотона (світла) та екситона (речовини). Одним з яскравих прикладів таких поляритонів є екситонні поляритони в напівпровідникових мікрорезонаторах, що працюють в режимі сильного зв'язку. В останні кілька років численні дослідження поляритонів у мікрорезонаторах були в значній мірі мотивовані можливістю вивчення бозе-ейнштейнівської конденсації і надплинності. Для різних робочих температур використовують резонатори із різних речовин. Для температури близько 10 К можна використовувати структури типу AlGaAs, InGaAs та інші. Резонатори на основі GaN та ZnO можна використовувати при

температурі близько 0° . Останнє збільшує потенціал для їх практичного застосування.

Типова схема резонатора зображена на рис. 1. Дзеркала резонатора виготовлені із 10-15 шарів напівпровідників різного складу.

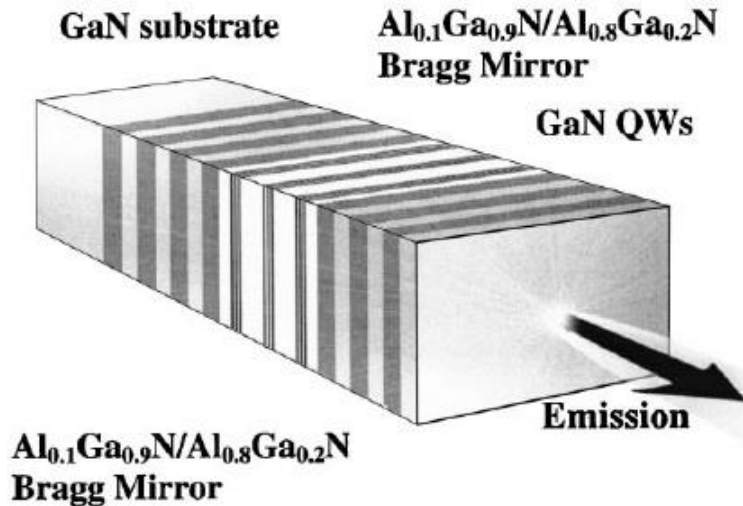


Рис. 1. Типова схема мікрорезонатора

Джерело: [1]

В даному випадку зображена структура, яка при достатній потужності накачування є джерелом випромінювання з вузьким спектром по енергії та куту виходу. Такі характеристика вона зберігає при температурі 300 К. Резонатор та квантова яма нарощуються із шарів із складом $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$. Квантова яма розташована у області максимуму амплітуди електромагнітної хвилі у резонаторі. Вона може розглядатися як двовимірний об'єкт, у якому розташовані екситони. Взаємодія із фотонами також може не враховувати третю координату, оскільки розмір системи ям на порядок менше, ніж довжина хвилі світла.

Із роботи [2] можна взяти модель, що описує еволюцію поля у резонаторі:

$$\begin{aligned} \partial_t E^\pm - i\nabla^2 E^\pm + (\gamma_c - i\Delta)E^\pm &= i\Psi^\pm + E_p^\pm, \\ \partial_t \Psi^\pm + (\gamma_0 - i\Delta)\Psi^\pm + i(|\Psi^\pm|^2 + \alpha|\Psi^\mp|^2)\Psi^\pm &= iE^\pm. \end{aligned} \quad (1)$$

Тут E^\pm та Ψ^\pm позначають середні значення операторів народження або знищення фотонів та екситонів, відповідно. Величина коефіцієнту дифракції фотонної компоненти береться рівною 1 та залежить від параметрів резонатора. В загальному випадку існує аналогічний параметр для екситонів, який залежить від їх ефективної маси (у цій моделі дифракцією екситонів нехтують). Величини γ_c та γ_0 описують обернений час життя фотонів у резонаторі та час релаксації екситонів, відповідно. Частота Δ рівна різниці між частотою накачування та частотою екситонного резонансу у найнижчій точці. Величина E_p^\pm описує амплітуду хвилі накачування і складається з двох кругових поляризацій. Тобто накачування може мати кругову поляризацію, лінійну або еліптичну. Параметр α описує співвідношення між енергією притягання та відштовхування екситонів з однаковими та різними напрямками спіна.

Частковим є скалярний випадок, у якому поляризація накачування та розподілу частинок є лінійною.

Як і в багатьох інших нелінійних системах, у системі рівнянь (1) може виникати явище бістабільності. В даному випадку розглядається можливість існування двох різних однорідних розв'язків при однаковій величині накачування. Таке явище можливе лише при значенні цієї величини у певному діапазоні. Було знайдено аналітичний розв'язок системи (1) при виконанні двох умов – однорідності розподілу у просторі і постійності його у часі.

Система (1) описує явище із класу дисипативних солітонів. Це клас солітонів, стабільність яких залежить від рівноваги між дисипацією (описується параметрами γ_c та γ_0) та надходженням енергії ззовні (в даному випадку – накачування у формі хвилі з амплітудою E_p^\pm). Важливою умовою існування солітонів є наявність нелінійності, у системі (1) нелінійна взаємодія екситонів описується останнім членом у другому рівнянні.

Для системи (1) можна знайти дисперсійне співвідношення. У роботі [3] для цього розглядається розподіл поля з частотою Δ , який залежить від просторової координати у такій формі:

$$(E, \Psi) \sim \exp\{ikx\}. \quad (2)$$

Накачуванням та нелінійними ефектами нехтують, тобто знаходять розв'язок для малих амплітуд. З урахуванням цього можна отримати такий вираз для частоти:

$$\Delta_{\pm} = \frac{k^2 - i(\gamma_c + \gamma_0)}{2} \pm \sqrt{1 + \frac{(k^2 + i(\gamma_0 - \gamma_c))^2}{2}}. \quad (3)$$

Дисперсійне рівняння має 2 розв'язки, які представляють дві поляритонні гілки (називаються верхньою та нижньою). У роботі [3] було представлено графік дійсної частини рівняння (3), який зображено на рис. 2. Параметри втрат $\gamma_c = \gamma_0 = 0.1$ відповідають звичайному часу релаксації екситонів та часу життя фотонів у резонаторі.

Через дисперсійне рівняння можна визначити знак ефективної маси поляритона (енергія пропорційна частоті Δ):

$$m^* = \hbar^2 / \left[\frac{\partial^2 E}{\partial k^2} \right].$$

Як видно з рис. 2, на нижній гілці ефективна маса поляритонів змінює знак.

Для системи рівнянь (1) є характерними розв'язки типу темних солітонів. Як більш простий розглядається випадок, при якому величина обох поляризацій є однаковою (для екситонів та фотонів). Система (1) розв'язується чисельно у одновимірному випадку.

На рис. 3 показано можливі форми темних солітонів (інтенсивність однієї компоненти $|\Psi^\pm|^2$). Інші параметри у рівнянні (1): $\Delta = -0.7$, $E_p = 0.183$, $\alpha = -0.1$. Солітони, зображені на рис 3а) та 3б) відповідають різній ширині початкового розподілу. Рівновага між дифракцією та нелінійними ефектами можлива за умови бістабільності – існування двох різних рівноважних значень величини Ψ при однаковому накачуванні. Діапазон накачувань, при якому можлива бістабільність, залежить і від параметра зв'язку α .

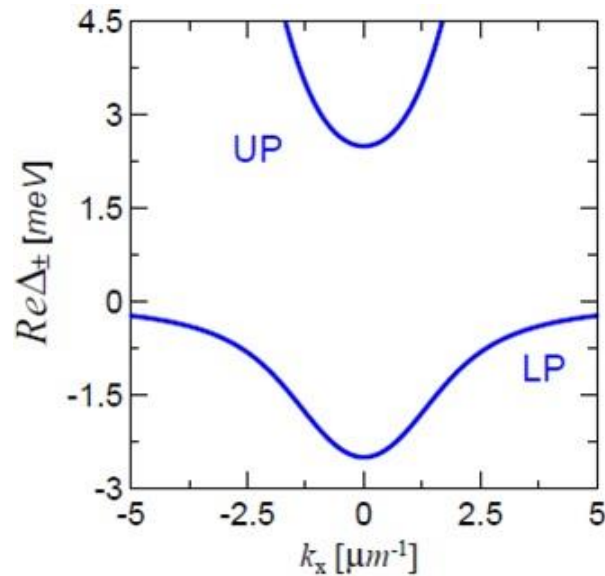


Рис. 2. Верхня (UP) та нижня (LP) гілки дисперсії поляритонів
Джерело: [3]

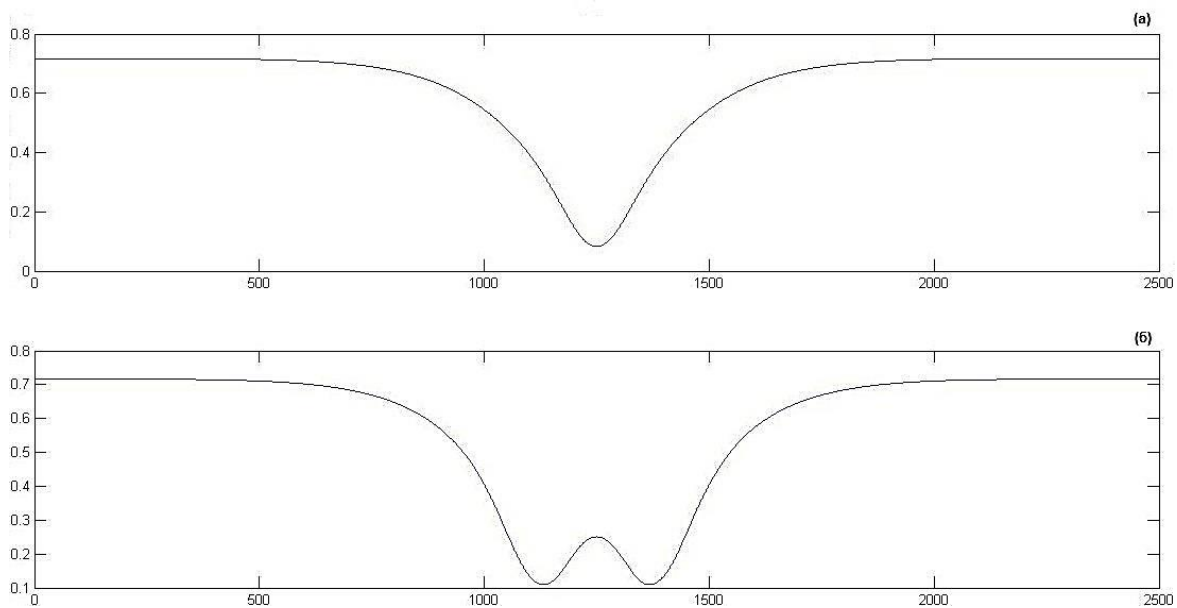


Рис. 3. Темні солітони першого (а) та другого (б) порядку
Джерело: розробка автора

Було показано можливість існування одновимірних екситон-поляритонних солітонів. В подальшому можливе вивчення двовимірного випадку, який у більшій мірі відповідає експерименту, а також розгляд векторних солітонів, у яких одна кругова поляризація переважає над іншою.

Список використаних джерел:

1. Malpuech G. Room-temperature polariton lasers based on GaN microcavities / G. Malpuech, A. Di Carlo, A. Kavokin et al. // Appl. Phys. Lett. – 2002. Vol. 81. – № 3 – P. 412–414.
2. Werner A. Spin dynamics of dark polariton solitons / A. Werner, O. A. Egorov, and F. Lederer // Phys. Rev. B. – 2012. – № 85. – 115315.

3. Yulin A. V. Dark polariton-solitons in semiconductor microcavities / A. V. Yulin, O. A. Egorov, F. Lederer, and D. V. Skryabin // Phys. Rev. A. – 2008. – № 78. – 061801 (R).

Пирогов В.В.

*кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры деталей машин и прикладной механики,
Кировоградский национальный технический университет*

УСТОЙЧИВОСТЬ УСТАНОВИВШИХСЯ ДВИЖЕНИЙ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ НЕУРАВНОВЕШЕННОГО ТЕЛА С МАЯТНИКАМИ В ИЗОЛИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ

В идеальном случае космический аппарат или искусственный спутник Земли стабилизируемый вращением должен вращаться вокруг своей продольной оси, являющейся главной центральной осью инерции. Из-за неточного придания начального вращения космического аппарата или искусственного спутника Земли, а также из-за неуравновешенности, возникает остаточный угол нутации. Для уменьшения угла нутации используют как активные, так и пассивные системы стабилизации. Среди пассивных систем стабилизации, на космических аппаратах или искусственных спутниках Земли стабилизируемых вращением, широкое применение нашли пассивные демпферы угла нутации [1, 2].

Одним из серьезных недостатков пассивных систем стабилизации, который ограничивает их распространение, является их невысокая точность. Например, применение существующих пассивных демпферов позволяет уменьшить угол нутации до значений $0,5 \div 3^0$, но не устраняет его полностью. Этого недостаточно для выполнения ряда научных и народно-хозяйственных задач. Для устранения недостатков пассивных демпферов угла нутации вместо них в работе [3] было предложено использовать пассивные автобалансиры.

Для исследования процесса устранения угла нутации, используется механическая модель изолированной системы с вязким рассеиванием (диссипацией) энергии. Изолированная система состоит из вращающегося несущего и присоединенных тел. Относительным движениям присоединенных тел препятствуют силы вязкого сопротивления (внутренние диссипативные силы).

Так как система изолированная, то для нее имеют место законы сохранения движения центра масс (второй интеграл) и кинетического момента (первый интеграл) системы. Во время переходных процессов присоединенные тела двигаются относительно несущего тела. В связи с тем, что к изолированной системе не подводится энергия, со временем относительные движения присоединенных тел прекращаются, при этом несущее и присоединенные тела начинают вращаться как одно целое вокруг оси, на которой лежит неизменный вектор кинетического момента системы. Рассматриваемая изолированная система,