

говорить о ярко выраженном доминировании электронных потерь энергии, особенно для тяжелого иона ксенона. Длина пробега явно превышает размеры нанозерен, но не самой таблетки.

Список использованных источников

1. Wang Z., Zhang J., Zheng G., Liu Y., Zhao Y., Lumin J. 2012 P.132-134, 2817.
2. Petrik N.G., Taylor D.P., Orlando T.M., Appl J. Phys. 1999 P85, 6770.
3. Guo G.Y., Chen Y.L., Solid State Chem J., Phys. 2005 178, 1675.
4. Liang J., Jiang X., Liu G., Deng Z., Zhuang J., Li F., Li Y. Mater. Res. Bull. 2003 38, 161.
5. La L., Su C.S., Appl J. Phys. 1999 85, 8362.
6. Rivera T., Azorin J., Falcony G., Garcia M., Martinez E. Radiat. Prot. Dosim. 2002 100, 317.
7. Rivera Montalvo T., Olvera Tenorio L., Azorin Nieto J., Campero Celis A., Velazquez Ordonez C., Sosa Fonseca R. Eff. Defects Solids. 2004 154, 645.
8. Chernov V., Belykh A., Melendrez R., Barboza-Flores M., Non-Cryst J. Solids. 2006, 2543.
9. De la Rosa-Cruz E., Diaz-Torres L.A., Salas P., Mendoza D., Fernandez J.M., Castano V. M., Opt. Mater. 2002 19, 195.
10. Villa-Sanchez G., Mendoza-Anaya D., Gutierrez-Wing C., Perz-Hernandez R., Gonzalez-Martinez P. R., Angeles-Chavez C. Nanotechnology. 2007 18, 265703.
11. Sami S., Numan Salah., Habib H., Fathi Khan, Djouider. Phys. Chem. 2011 80, 923.
12. Rivera T., Vega H.R., Azorin J., Manzanares E., Gonzalez P.R., Furetta C. Radiat. Eff. Defects Solids. 2009 164, 224.
13. Salas P., De la Rosa-Cruz E., Mendoza-Anaya D., Gonzalez P., Rodriguez R., Castano V. M. Lett. 2000 45, 241.
14. Salas P., De la Rosa-Cruz E., Diaz-Torres L.A., Castano V.M., Melendrez R., Barboza-Flores M. Radiat. Meas. 2003 37, 187.
15. Villa-Sanchez G., Mendoza-Anaya D., Mondragon-Galicia G., Perez-Hernandez R., Olea-Mejia O., Gonzalez-Martinez P.R. Radiat. Phys. 2014 Chem. 97, 118.
16. Vokhmintsev A.S., Minin M.G., Chaykin D.V., Weinstein I. Instrum. Exp. 2014 Tech. 57, 369.

ӘОК 538.9

КВАНТТЫҚ НҮКТЕЛЕР АРАСЫНДАҒЫ СӘУЛЕСІЗ ЭНЕРГИЯ ТАСЫМАЛДАНУ

Нығызбаева Рауан Абдулаисовна

rauana.nygyzbaeva@gmail.com

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ физика-техникалық факультетінің магистранты, Нұр-Сұлтан,
Қазақстан

Ғылыми жетекшісі – Жунусбеков А.М.

Кіріспе

Кванттық нүктелер - өлшемдері өте кішкентай, шамамен 10-20 нм аралығында болатын жартылай өткізгіш нанокристалдар. Бір кванттық нүкте жүздеген атомдардан тұратындығы белгілі, сондықтан кванттық нүктелер қатты денелер мен жеке атомдар арасындағы интервалда орналасады. Кванттық нүктелердің өлшемдері өте кішкентай болғаны үшін оларда электрондардың кванттық (яғни, дискретті) қасиеттері байқалады, сондықтан оларды кванттық деп атайды.

Соңғы жылдары көптеген заттардың нанокристалдарын алуға мүмкіндік беретін әдістер дамуда, сондықтан оларға деген қызығушылық тек теориялық тұрғыдан ғана емес, практикалық тұрғыдан артуда. Оған қоса, жақында нанокристалдарға негізделген құрылғыларды жасау мүмкіндіктері де ұсынылды, мысалы лазерлер немесе қазіргі кездегі параметрлерімен салыстырғанда параметрлері жақсырақ наноөлшемдегі жад элементтері

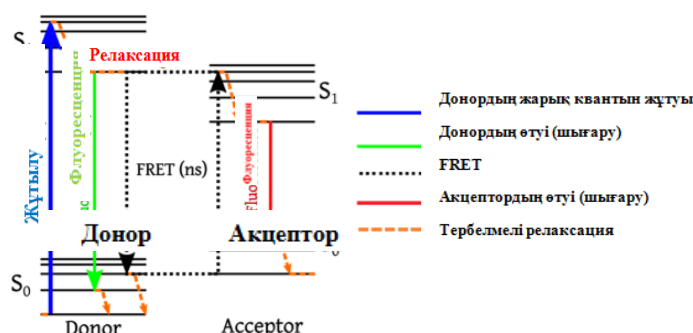
жасалуда. Мақалада кванттық нүктелерді алудың негізгі әдістері және практикалық қолдану мүмкіндіктері, сонымен қатар әр түрлі градустарда синтезделген CdTe кванттық нүктелері арасындағы флуоресценттік-резонанстық энергия тасымалы (FRET) қарастырылған, сіңіру және люминесценциялық спектрлер алынды. Кванттық нүктелердің басты артықшылығы болып олардың өлшемдерін жоғары дәлдікпен бақылау мүмкіндігі табылады, бұл өткізгіштікті дәл бақылауға мүмкіндік береді.

Жұмыстың негізгі мақсаты – кванттық нүктелер туралы ақпарат алу, оптикалық-люминесценттік ерекшеліктерді зерттеу, әр түрлі градустарда синтезделген CdTe кванттық нүктелерінің арасындағы сәулесіз энергия тасымалын зерттеу.

Зерттеу нысаны – CdTe тұқымдастарының коллоидты жартылай өткізгіштік кванттық нүктелеріне негізделген кванттық нанокұрылымдар.

Ферстер (немесе флуоресценттік-резонанстық) энергия тасымалдануы (FRET) флуоресцентті донордан энергиясы төменірек акцепторға ұзақ қашықтықтағы диполь-дипольдың өзара әрекеттесуі арқылы жүретін сәулесіз энергия тасымалдану үрдісі болып табылады. [1,2] Әр түрлі өлшемдегі кванттық нүктелер донор-акцептор жұбын құрайды. Энергия тасымалдануын үрдістер ретілігімен көрсетуге болады: 1) Лазерлі қоздырудан кейін донордың қозған күйге өтуі 2) Донордың қозған күйдегі тербелмелі релаксациясы. 3) Қозған күй энергиясының донордан акцепторға тасымалдануы 4) Акцептордағы тербелмелі релаксация 5) Акцептордан шығатын эмиссия.[3]

Толық үрдіс келесі суретте көрсетілген:



Сурет 1. FRET механизмі бойынша энергия тасымалдануы, мұндағы бағыттар негізгі ауысуларды көрсетеді

Фёрстердің теориясы бойынша энергияның донордан акцепторға тиімді тасымалдануы үшін бір уақытта келесі екі шарт орындалуы керек [4]:

1) Акцептордың жұтылу және донордың люминесценция спектрлері сәйкестендірілген кезде, сәйкесу интегралы нөлге тең болмауы керек:

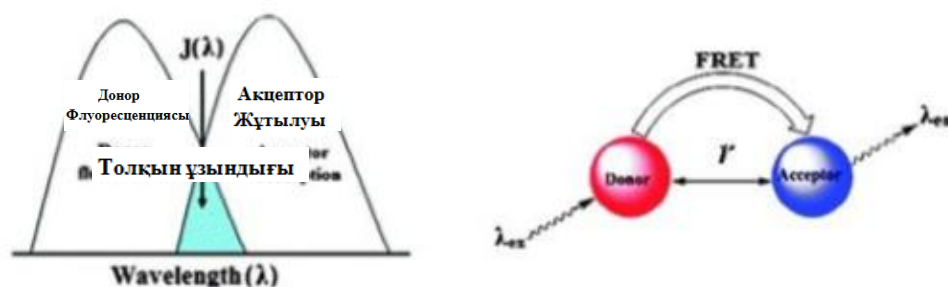
$$I_{ov} = \int I_D^H(\nu) \cdot \epsilon_A(\nu) \cdot \nu^{-4} \cdot d\nu \neq 0$$

2) Донор мен акцептор арасындағы қашықтық энергияны тасымалдау тиімділігі 50% тең болатын Ферстер радиусы R_0 мәнінен аспауы керек, керісінше жағдайда мұндай тасымал тиімсіз болады. Таңдалған қандай да бір донор-акцептор жұбының энергия тасымалдану жылдамдығының константасы келесі өрнекпен анықталады:

$$k_T = \frac{1}{\tau_d} \left(\frac{R_0}{r} \right)^6$$

мұндағы τ_d - акцептор болмаған кездегі донордың қозған күйде болу уақыты, r - донор мен қабылдаушы арасындағы қашықтық, R_0 - Ферстер радиусы. Энергия тасымалдану тиімділігін Фёрстер формуласымен бағалауға болады [5]:

$$E = \frac{R_0^6}{R_0^6 + r^6}$$

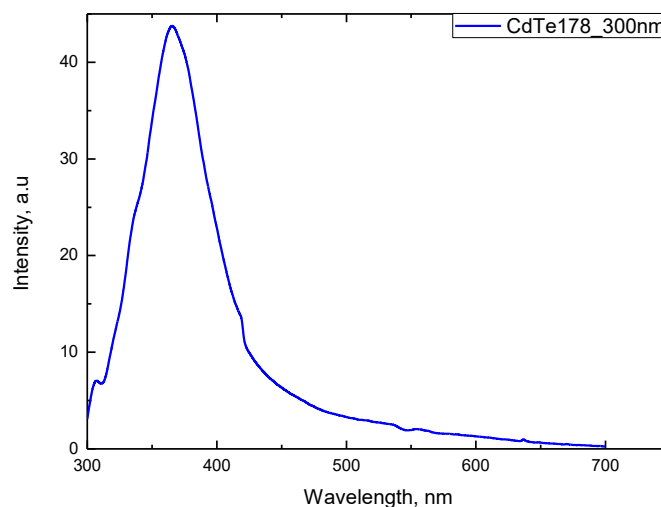


Сурет 2. FRET механизмі арқылы энергияны тасымалдауға қажетті екі жағдайдың кескінделген көрінісі [6]

Зерттеу бөлімі

Бұл жұмыста 178°C-та және 240°C-та синтезделген CdTe нанокристалдары зерттеу нысаны ретінде алынды. CdTe нанокристалдары Мюррей ұсынған модификацияланған жоғары температуралы органометаллдық синтез нәтижесінде алынды. Барлық жұмыстар ауасыз стандартты әдістерді қолдану арқылы орындалды. Пайдаланылған химиялық заттар аналитикалық класс және ең жоғары дәрежелі тазалыққа ие.

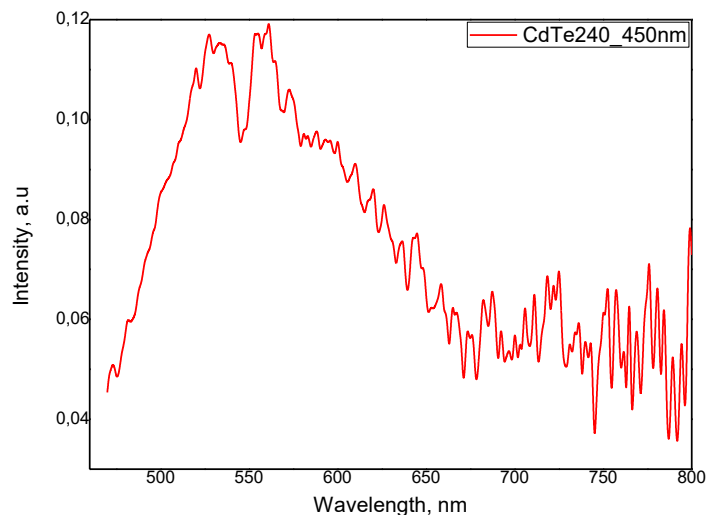
CdTe нанокристалдарының фотолюминесценциясын зерттеу СМ-2203 спектрофлуориметрінде ашық кварц кюветаларында жүргізілді.



Сурет 3. 178°C-та синтезделген CdTe нанокристалының люминесценция спектрі

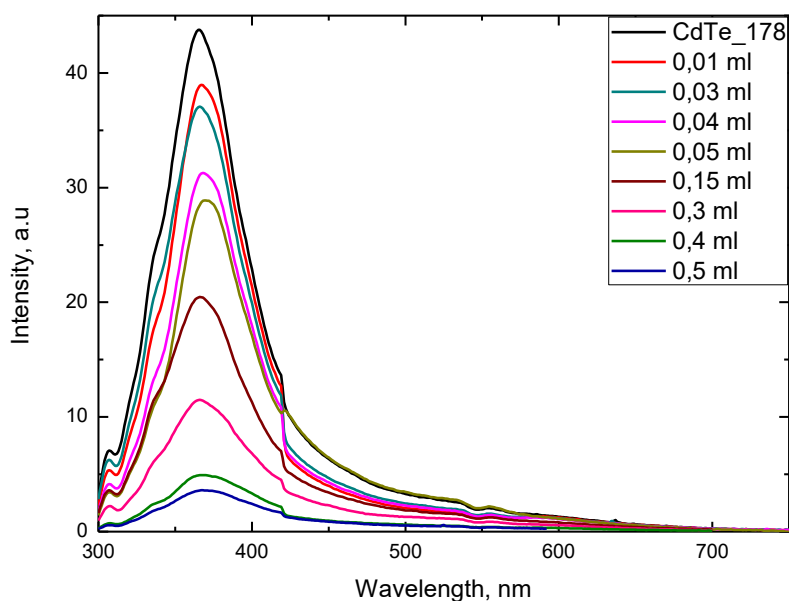
178°C-та синтезделген CdTe нанокристалының үлгісі бөлме температурасында 300нм мен 750нм толқын ұзындығы аралығында, 300нм толқын ұзындығындағы жарықпен сәулелендірілді. Алынған люминесценция спектрінің максимумы 360нм толқын ұзындығына сәйкес келеді, яғни 360нм толқын ұзындығында люминесценцияның жарқырау жолағы бар екендігі байқалды. (Сурет 3).

240°C-та синтезделген CdTe нанокристалының үлгісі бөлме температурасында 400нм мен 800нм толқын ұзындығы аралығында, 450нм толқын ұзындығындағы жарықпен сәулелендірілді. 4-суретте CdTe 240°C-ның 400нм-ден 800нм аймағындағы максимумы 530нм және 570нм толқын ұзындықтарында көрінеді.



Сурет 4. 240°C-та синтезделген CdTe нанокристалының люминесценция спектрі

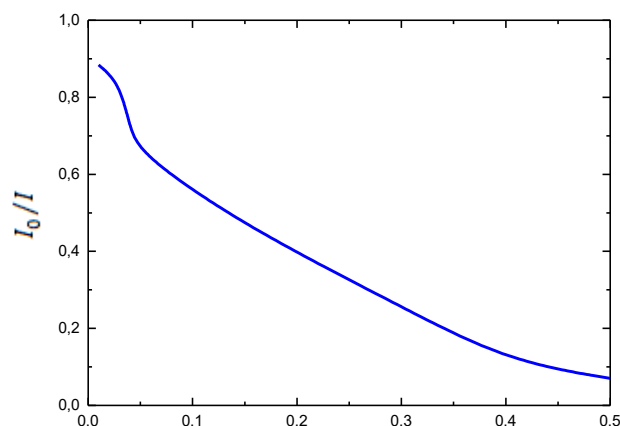
Жұмыстағы негізгі мақсатымыз екі жартылай өткізгіш кванттық нүктелер арасындағы флуоресценттік-резонанстық энергия тасымалын көрсету. 178°C-та синтезделген CdTe нанокристалының үлгісі донор, ал 240°C-та синтезделген CdTe нанокристалының үлгісі акцептор ретінде алынды. Донорға акцептор ең аз мөлшерден бастап қосылды. Алынған қоспа кварц кюветаға құйылып, СМ-2203 құрылғысының көмегімен 300nm толқын ұзындығындағы жарықпен сәулелендірілді. Дәл осы ретпен, қоспадағы акцептордың мөлшерін арттыра отырып, зерттеу бірнеше рет жасалынды.



Сурет 5. 178°C-та синтезделген CdTe нанокристалының үлгісіне 240°C-та синтезделген CdTe нанокристалының үлгісін қосқан кездегі люминесценция спектрінің өзгеруі

5- суретте донорға акцепторды қосып, оның мөлшерін арттырған сайын, донор үшін люминесценция спектрінің сөнуі байқалады. Яғни, энергия тасымалының нәтижесінде донордың қозған молекуласы негізгі (қозбаған) күйге, ал қозбаған күйдегі акцептор молекуласы қозған күйге өтеді.

Жоғарыда алынған люминесценция спектрінің сөну уақыты жылдамдығының графигі 6-суретте көрсетілген. Бұл график I_0/I қатынасының 240°C-та синтезделген CdTe ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігін көрсетеді.



CdTe_240

Сурет 6. Люминесценция спектрінің сөну уақытының жылдамдығы графигі

Қорытынды

Бұл жұмыста FRET механизмі бойынша 178°C-та және 240°C-та синтезделген CdTe нанокристалының арасындағы сәулесіз энергия тасымалдануы зерттелді. Донорға акцептор ерітіндісін қосқан сайын, донорлық кванттық нүктелердің люминесценция спектрлерінің сөнуін байқадық.

Энергияның тасымалдану құбылысы макромолекулалардың құрылысын зерттеуге, молекулааралық өзара әрекеттесуді және биохимиялық реакциялардың жылдамдығын бағалауға мүмкіндік береді. Қазіргі кезде ол биохимияда, молекулалық биологияда, биотехнологияда және медицинада белсенді қолданылуда.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Förster, T. Zwischenmolekulare Energiewanderung und Fluoreszenz. Ann. Phys. 1948, 437, 55–75.
2. Lakowicz, J.R. Principles of Fluorescence Spectroscopy, 3rd ed.; Springer: New York, NY, USA, 2006; pp. 1–954.
3. Tatiana Vorsina Energy transfer in the system of PbS quantum dots// School of Electrical Engineering – 2016 – p.13 – 14
4. Förster T. Energy transfer with special reference to biological systems. 10th spiens memorial lecture transfer mechanisms of electronic excitation // Discuss. of the Faraday Soc. – 1959 – Vol. 27, № 27. P. 1 – 29.
5. Rogach A.L., Klar T.A., Lupton J.M., Meijerink A. et al. Energy transfer with semiconductor nanocrystals // Mater. Chem. – 2009. – Vol. 19, № 9. – P. 1208 –1221.
6. Tabassum S., Al-Asbahy W.M., Afzal M., Arjmand F. et al. Interaction and photo-induced cleavage studies of a copper based chemotherapeutic drug with human serum albumin: spectroscopic and molecular docking study // Mol. BioSystems. – 2012. – № 8. – P. 2424 – 2433.