

PACS:76.30, 78.55

MGa₂S₄:5%Er³⁺ KRİSTALLARININ ANTI-STOKS LÜMINESSENSİYA SPEKTRİNƏ HƏYACANLANMA GÜCÜNÜN TƏSİRİ

O.B.TAGIYEV^{*,**}, F.A.KAZIMOVA^{*}, G.S.HACIYEVA^{*}, T.Ş.İBRAHİMOVA^{*}, E.Q.ƏSƏDOV^{*}

*Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Fizika İnstitutu**

AZ1143, Bakı şəh., H.Javid pr., 131

*M.V.Lomonosov adına Moskva Dövlət Universitetinin Bakı filiali***

AZ1143, Bakı şəh., H.Javid pr., 133

kazimova-f@mail.ru

Daxil olub: 07.06.2022
Çapa verilib: 20.09.2022

REFERAT

MGa₂S₄:5% Er³⁺ (M-Eu, Yb) kristallarında anti-Stoks lüminessensiyasının intensivliyi və effektivliyinin həyəcancandırıcı şüanın gücündən (10-10³mVt) asılılığının tədqiqi göstərdi ki, spektrlərin forması və onların maksimumlarının yeri (YbGa₂S₄: 5%Er³⁺ üçün 540nm və EuGa₂S₄:5%Er³⁺ üçün 550nm) bütün göstərilən güc intervalında dəyişmir, lakin şüalanma intensivliyi təqribən 2 dəfə artır. Effektivlik əvvəlcə sabit qalır, sonra işə təqribən 37% azalma baş verir. Müşahidə olunan hadisələri izah etmək üçün anti-Stoks şüalanmanın energetik sxemi verilmişdir.

Açar sözlər: Lüminessensiya, anti-Stoks şüalanma, həyəcancandırıcı şüa, intensivlik.

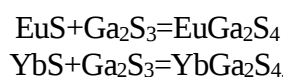
GİRİŞ

MGa₂S₄ (M-Eu, Yb və s.) ümumi düsturu ilə ifadə olunan enlizolaqlı yarımkəçirici materialların (E_g>4eV) foto-, termo- və elektrolüminessensiya xassələri ilə yanaşı, onların anti-Stoks lüminessensiyası, mexanizmi, energetik sxemi, elektron keçidlər bir sıra işlərdə verilmişdir [1-8]. Son bir neçə il ərzində aparılan tədqiqatlar göstərdi ki, nadir torpaq ionlarının (NTİ) məsələn, erbium (Er³⁺) ionlarının materialların matrisinə daxil edilməsi 5s və 5p təbəqələri ilə qorunan 4f elektron səviyyələrinin qismən bir-birini örtməsinə və bunun nəticəsində 4f təbəqəsinin özündə optik keçidlər yaranmasına səbəb olur. Bir çox fosforlarda erbiumun həyəcancandırıcı hallarında baş verən çoxsaylı korperativ enerji köçürmələri və udulma prosesləri sayəsində Stoks lüminessensiyası ilə yanaşı, anti-Stoks lüminessensiya da müşahidə etmək mümkün olmuşdur [9]. Anti-Stoks lüminessensiyasının tədqiqində matrisə iki növ nadir torpaq ionlarını, məsələn, Eu və Er və ya Yb və Er eyni vaxtda daxil etdikdə daha yaxşı nəticələr əldə etmək mümkün olmuşdur [1]. Təqdim etdiyimiz iş

tərkibində iki NTE olan EuGa₂S₄:5%Er³⁺ və YbGa₂S₄:5%Er³⁺ kristallarının praktikada tətbiq imkanlarının daha da genişləndirilməsi məqsədi ilə anti-Stoks lüminessensiyasının spektrinə həyəcancandırıcı gücünün təsirinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur.

TƏCRÜBƏNİN METODİKASI VƏ NÜMUNƏLƏRİN ALINMASI

EuGa₂S₄ və YbGa₂S₄ birləşmələrinin sintezi [5]-də təsvir olunan üsula uyğun olaraq iki mərhələ üzrə aparılmışdır. Stexiometrik nisbətlərdə götürülmüş xüsusi təmizliyə malik olan Ga və S elementar komponentləri ~10⁻⁴mm c.süt.təzyiqə qədər havası sorulmuş kvarts ampulada sobaya yerləşdirilmiş və 1100K-də 5 saat müddətində sintez aparılmışdır. Nəticədə alınmış Ga₂S₃-dən və EuS, YbS birləşmələrindən istifadə edərək bərk cisim reaksiyası üsulu ilə aşağıdakı sxemə uyğun olaraq EuGa₂S₄ və YbGa₂S₄ maddələri alınmışdır

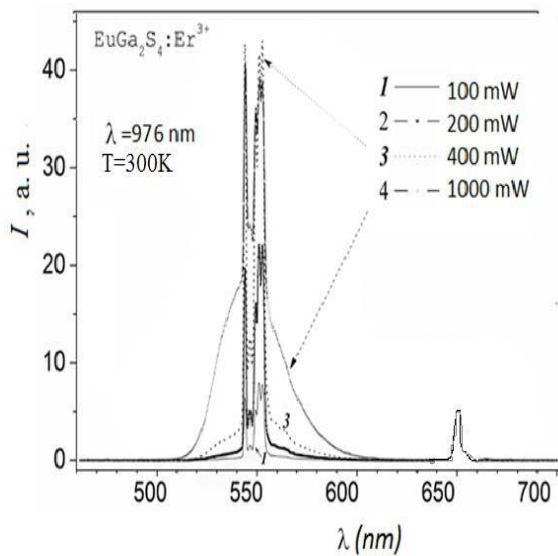


Aşqarlanma 3 valentli erbium (Er³⁺) ionunu sintez prosesində erbium ftorid (ErF₃) şəklində matrisə daxil etməklə həyata keçirilmişdir.

Nümunələr 976nm dalğa uzunluqlu şüalar ilə həyəcanlandırılmışdır. Həyəcanlanma və şüalanma spektrləri Flurolog-3 spektrometrindən istifadə etməklə qeydə alınmışdır.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

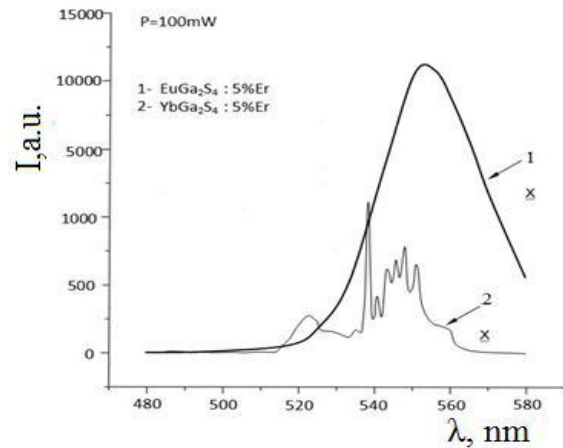
Şəkil 1-də müxtəlif həyəcanlanma güclərində EuGa₂S₄:5%Er³⁺ kristallarının anti-Stoks şüalanma spektrləri göstərilmişdir.



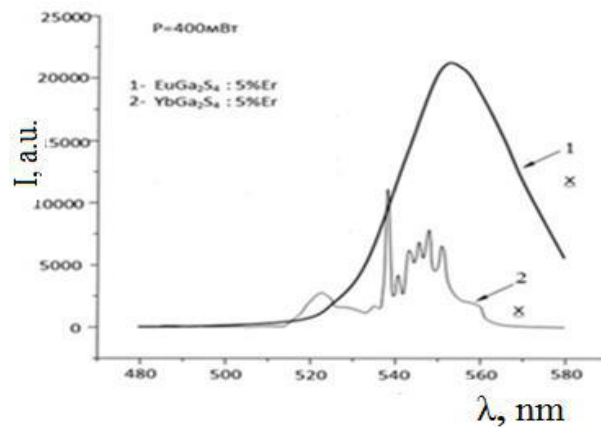
Şəkil 1

EuGa₂S₄:5%Er³⁺ kristallarının həyəcanlandırıcı şüanın güclünün müxtəlif qiymətlərində anti-Stoks şüalanma spektrləri (λ_{həy}=976nm, T=300K).

Şəkil 2-də EuGa₂S₄:5% Er³⁺ və YbGa₂S₄:5% Er³⁺ kristallarının gücün 100mVt (a) və 400mVt(b) qiymətlərində həyəcanlanma spektrləri göstərilmişdir. Təqdim olunan spektrlərin ətraflı təhlili göstərdi ki, gücün 10-150mVt qiymətlərində yalnız dar şüalanma xətləri, gücün sonrakı artımında isə 550nm-də genişzolaqlı şüalanma spektri yaranır. Şəkildən göründüyü kimi həyəcanlanma gücünün bütün tədqiq olunan oblastında (10÷10³mVt) lüminessensiya spektrlərinin forması və maksimumların yeri (YbGa₂S₄:5% Er³⁺ üçün 540nm və EuGa₂S₄:5% Er³⁺ üçün 550nm) dəyişmir, lakin intensivlik EuGa₂S₄:5% Er³⁺ kristalında təqribən 2 dəfə artır (Şəkil 2 a, b).



a

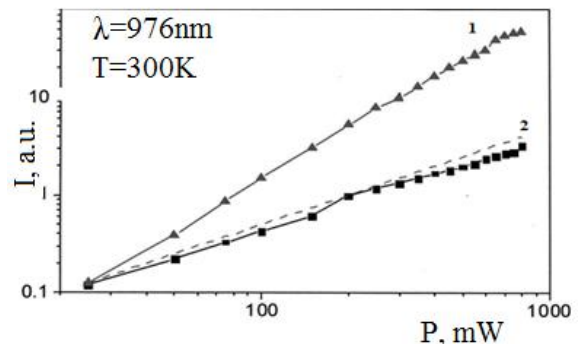


b

Şəkil 2

Həyəcanlanma gücündə MGa₂S₄:5%Er³⁺ (Eu, Yb) kristallarının anti-Stoks lüminessensiya spektri (λ_{həy}=976nm, T=300K): a - P=100mVt; b - P=400mVt.

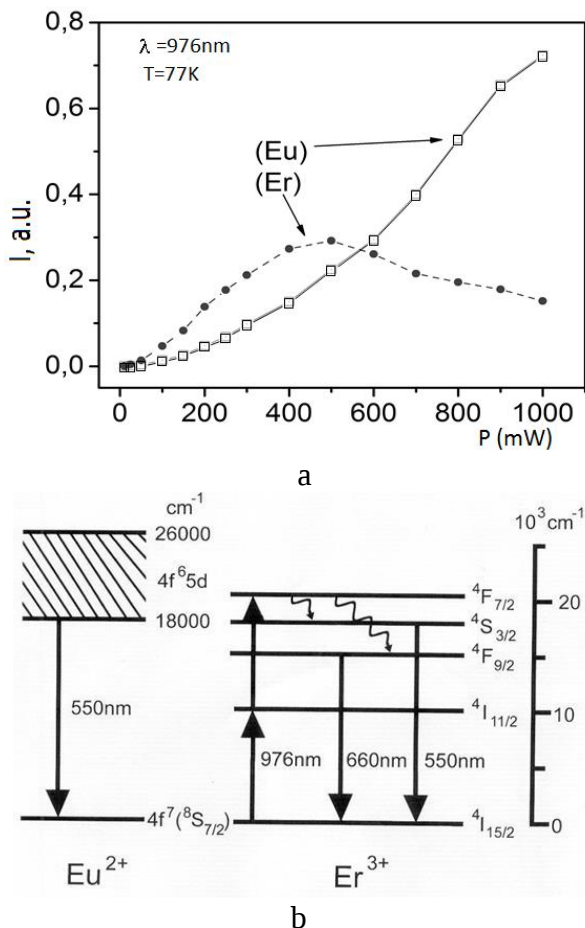
Spektrlərin araşdırılmasından görünür ki, şüalanma intensivliyi həyəcanlandırıcı mənbənin gücündən xətti asılı olaraq artır (Şəkil 3).



Şəkil 3

EuGa₂S₄:5%Er³⁺ (1) və YbGa₂S₄:Er³⁺ (2) kristallarında antistoks və infraqırmızı şüalanma intensivliyinin həyəcanlanma gücündən asılılığı (λ_{həy}=976nm, T=300K).

500mVt-dan yuxarı, Er^{3+} ionunun şüalanma intensivliyi azalır, Eu^{2+} ionunun isə artır (Şəkil 4, a). Təsvir edilən proseslər Şəkil 4,b-də təqdim etdiyimiz sxemin köməyi ilə izah edilir.



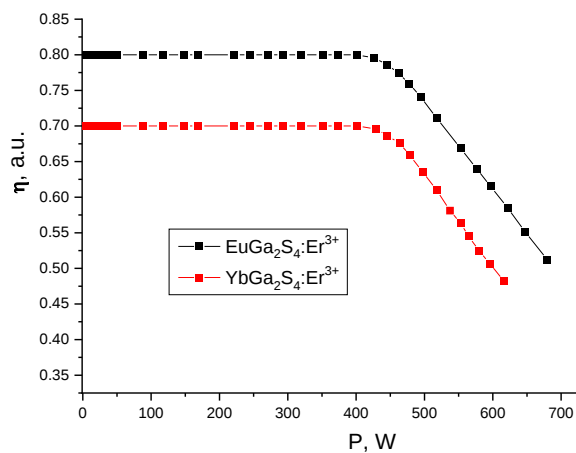
Şəkil 4

a - $\text{EuGa}_2\text{S}_4:5\%\text{Er}^{3+}$ kristalında şüalanma xəttinin intensivliyinin 555nm (Eu xətti), 660nm (Er xətti) həyəcanlanmanın gücündən asılılığı ($\lambda_{\text{həy}}=976\text{nm}$, $T=300\text{K}$);
b - $\text{EuGa}_2\text{S}_4:5\%\text{Er}^{3+}$ kristalında anti-Stoks lüminessensiyasının enerji diaqramı ($\lambda_{\text{həy}}=976\text{nm}$, $T=300\text{K}$).

Erbium ionunun $^4S_{3/2}$, $^4F_{9/2}$ və $^4F_{7/2}$ enerji səviyyələri Eu^{2+} ionunun $4f^65d$ həyəcanlanma səviyyəsinə uyğun gəlir. Buna görə də Er^{3+} ionunun həyəcanlanmış səviyyələri ilə Eu^{2+} ionlarının $4f^65d$ səviyyələri arasında rezonans enerji ötürülməsi baş verir, nəticədə Eu^{2+} ionlarının $4f^65d \rightarrow 4f^7(^8S_{7/2})$

keçidləri ilə əlaqəli 550nm-də müşahidə olunan genişzolaqlı şüalanmanın intensivliyi artır [11]. 650nm-də müşahidə olunan dar xətlər Er^{3+} ionunun $^4S_{3/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$, $^4F_{9/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ keçidləri ilə əlaqədardır.

Anti-Stoks lüminessensiyasının effektivliyinin həyəcanlandırıcı şüanın gücündən asılılığının tədqiqi (Şəkil 5) göstərdi ki, 10-400mVt intervalında lüminessensiyasının effektivliyi praktiki olaraq sabit qalır və gücün sonrakı artımı effektivliyin təqribən 37% azalmasına səbəb olur. Bu azalmanın səbəbi doymanın baş verməsi, həyəcanlanma hallarında udulma, temperatur sönməsi, materialın degradasiyası və s. amillər ola bilər.



Şəkil 5

Anti-Stoks lüminessensiyasının effektivliyinin həyəcanlandırıcı şüanın gücündən asılılığı.

XÜLASƏ

Beləliklə, $\text{MGa}_2\text{S}_4:5\%\text{Er}^{3+}$ kristallarının anti-Stoks lüminessensiyasının spektrinə və effektivliyinə həyəcanlanma gücünün təsirinin öyrənilməsi göstərdi ki, spektrlərin forması və maksimumlarının yeri mənbəyin həyəcanlanma gücündən asılı deyil, lakin gücün artması ilə intensivlik artır. Lüminessensiyanın effektivliyi əvvəlcə sabit qalır və sonra isə təqribən 37% azalır.

1. C.Barthou, P.Benolloul, B.G.Tagiev, O.B.Tagiev, S.A.Abushov, A.N.Georgobiani, F.A.Kazimova. *Energy transfers between Eu^{2+} and Er^{3+} in $\text{EuGa}_2\text{S}_4:\text{Er}^{3+}$* , *J. Phys. condens. Matter.*, №16 (2004) 8075-8084.
2. R.Roques, R.Rimet, J.P.Declercq et G.Germain. *Determinati on de la structure crystalline de EuGa_2S_4* , *Acta. Cryst. B*, 35 (1979) 555-557.
3. A.Н.Георгобиани, Б.Г.Тагиев, О.Б.Тагиев, С.А.Абушов, Ф.А.Казымова. *Люминесценция*

- кристалла EuGa₂S₄: Er, Неорган. Материалы, **42** (2006) 1304-1307.
4. А.М.Пашаев, Б.Г.Тагиев, З.А.Ибрагимов, О.Б.Тагиев, С.А.Абушов, Ф.А.Казымова. Спектр излучения, возбуждения и кинетика люминесценции кристаллов YbGa₂S₄:5%Er³⁺, *Fizika*, **XIV** №3 (2008) 162-165.
 5. А.Н.Георгобиани, Б.Г.Тагиев, О.Б.Тагиев, Р.Б.Джаббаров, С.А.Абушов, Ф.А.Казымова. Люминесценция кристаллов M^{II}Ga₂S₄:Er³⁺ (M^{II}-Eu, Yb, Ca), *Журнал прикладной спектроскопии*, **74** (2007) 332-335.
 6. А.Н.Георгобиани, Б.Г.Тагиев, Б.Г.Тагиев, С.А.Абушов, Ф.А.Казымова, Т.Ш.Гашимова, Ху Хуронг С.Сююнь. Температурные зависимости фотолюминесценции и времени жизни возбужденных состояний ионов Eu²⁺ в EuGa₂S₄ и EuGa₂S₄:Er³⁺, *Неорган. Материалы*, **45** (2009) 152-158.
 7. О.Б.Тагиев, Ф.А.Казымова, Г.С.Гаджиева, Т.Ш.Ибрагимова. Электролюминесценция в кристаллах EuGa₂S₄:Er³⁺, *Transactions of National Academy of Science of Azerbaijan, series of physics-mathematical and technical sciences, Physics and Astronomy*, **XXXIX** №5 (2019) 65-70.
 8. Г.С.Гаджиева, Ф.А.Казымова, Т.Ш.Ибрагимова, О.Б.Тагиев. Расчет параметров метода термического высвечивания и ловушечных уровней в кристаллах EuGa₂S₄:Er³⁺, *XIV меж.конф., Наука России: Цели и задачи, Екатеринбург*, (2019) 20-24.
 9. Н.М.Кожевникова. Синтез ап-конверсионного люминофора в системе K₂MoO₄-BaMoO₄-Lu₂(MoO₄)₃, легированного эрбием, *Неорган. Материалы*, **57** (2021) 181-188.
 10. R.Rimet, R.Raques, J.V.Zancheffa. et.all. *Struc. crystaline et propoities magnetiques de EuGa₂S₄*, *Rev. Chim. Miner.*, **18** (1981) 277-285.
 11. P.Dorenbos. *Energy of the first 4f⁷→4f⁶5d transition of Eu²⁺ in inorganic compounds*, *J. Luminescence*, **104** (2003) 239-260.

EFFECT OF EXCITATION POWER ON THE ANTI-STOKES LUMINESCENCE SPECTRUM OF MGA₂S₄:5%ER³⁺ CRYSTALS

O.B.TAGIEV, F.A.KAZIMOVA, G.S.HAJIYEVA, T.Sh.IBRAGIMOVA, E.G.ASADOV

A study of the dependence of the intensity and efficiency of anti-Stokes luminescence in MGA₂S₄:5% Er³⁺ (M-Eu,Yb) crystals on the level of excitation radiation (10-103mW) has been shown that the shape and position of the spectral maxima (540nm for YbGa₂S₄: 5% Er³⁺ and 550nm for EuGa₂S₄:5%Er³⁺) has not changed over the entire indicated power interval, and the radiation intensity has increased by almost a factor of 2 times. The radiation efficiency remained constant at first, then there was a decrease in efficiency by ~37% reduction in work. An energy scheme of anti-Stokes radiation was proposed to explain the observed phenomena.

ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ ВОЗБУЖДЕНИЯ НА СПЕКТР АНТИСТОКСОВОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ MGA₂S₄:5%ER³⁺

О.Б.ТАГИЕВ, Ф.А.КАЗЫМОВА, Г.С.ГАДЖИЕВА, Т.Ш.ИБРАГИМОВА, Е.Г.АСАДОВ

Исследованием зависимости интенсивности и эффективности антистоксовой люминесценции в кристаллах MGA₂S₄:5%Er³⁺(M- Eu,Yb) от мощности возбуждающего излучения (10-10³мВт) показано, что форма и положение максимумов спектров (540нм для YbGa₂S₄:5%Er³⁺ и 550нм для EuGa₂S₄:5%Er³⁺) во всем указанном интервале мощности не меняются, а интенсивность излучения увеличивается почти в 2 раза.

Эффективность излучения сначала остается постоянной, а затем происходит снижение эффективности на ~ 37%. Для объяснения наблюдаемых явлений предложена энергетическая схема антистоксового излучения.