**Dla struktury monoclinic (Jednoskośna) (001-Ga2S3-srep06143)**

Struktura pasmowa i przerwa energetyczna to są kluczowe parametry dla półprzewodników chalkogenowych.

Chalkogenki – nieorganiczne związki chemiczne, w których anionami są chalkogeny, tj. siarczki, selenki i telurki.

Ga2S3 – jest członkiem związków III – VI który możliwie posiada najszersza przerwę energetyczną dla tej grupy.

Ea = 3.052, Eb = 3.240, Ec = 3.328 (Przerwa energetyczna w zależności od orientacji)

Ea – prosta przerwa energetyczna dla temperatury pokojowej.

Eb i Ec – skośne przerwy energetyczne w zależności od orientacji

E\_jakas = 3.328 (Skośna przerwa energetycza) (**002-Ga2S3-am4056535** 2-6)

Ga2S3 - jest ważnym członkiem związków III-VI (tj. III: In, Ga i VI: S, Se, Te), które mogą posiadać

najszersza luka w zespole.

Nieścisłość pomiędzy atomami III i VI grup powoduje że związek ma różne stechiometrie, zróżnicowane fazy krystaliczne i różne formy sieci.

Przykłady innych chalkogenków galu są GaSe, Ga2Se3, GaS.

GaSe i GaS mogą krystalizować się w sześciakątnej strukturze warstwowej ale te związki mają różną formułę układania w stos. Odchylenie tego stosu w związkach GaX powoduję że GaSe będzie półprzewodnikiem z prostą przerwą energetyczną wynoszącej około 2 eV. Podczas gdy materiał GaS staje się przewodnikiem ze skośną przerwą energetyczną o wartości 2.53 eV.

Ga2Se3 może posiadać wadliwą strukturę blendy cynkowej, w której 1/3 miejsc kationowych jest pusta (puste miejsca są losowe w siatce) jest to oczywiście zdefektowany półprzewodnik z prostą przerwą energetyczną o wartości 2-2.4eV.

Chalkogenki GaSe, GaS, Ga2Se3 mają wartości przerwy energetycznej poniżej 2.55 eV. które mogą być zakatologowane do materiałów w zakresie widzialnyma nie do zastosowań w zakresie UV.

Ga2S3 jest równierz półprzewodnikiem z defektami z powodu niedopasowania Ga – III i S - VI. Z fazami: jednoskośna, sześciokątna, kubiczna. Najbardziej stabilną i ogólnie znajdowaną strukturę krystaliczną jest faza jednoskośna.

Dla jednoskośnej struktury kryształki są żółtawe, jasnożółte.

Parametry sieci krystalicznej:

a = 1.111 nm, b = 0.958 nm, c = 0.64 nm, y = 141.5 st. (**001-Ga2S3-srep06143**) moniclinic

a = 1.114 nm, b = 0.641 nm, c = 0.703, b = 121.22 st **(004-Ga2S3-281 - Optik Ga2S3 8)**

sześciokątna (zblizona do szesciokątnej)??? monoclinic???

a =0.368nm, c = 0.602 nm – sześciokątna **(10.1007%2Fs11468-016-0357-4)**

a = 0.517 nm - sześcienna **(10.1007%2Fs11468-016-0357-4)**

Stwierdzono, że komórka kryształu Ga2S3 zawiera cztery cząsteczki S, a atomy siarki muszą być niemal sześciokątnie zamknięte w warstwach prostopadłych do osi c

Krystaliczne fazy Ga2S3 znalezione w literaturze mogą być struktury jednoskośne, sześcienne i sześciokątne (Tomas, A., Guymont,M., Pardo, M. P.,Guittard, M.&Flahaut, J. X-ray diffraction

and electron microscopy studies of a- and b-Ga2S3. Phys. Stat. Sol. (a) 107,

775–784 (1988).) (Liu, H. F. et al. Synthesis and phase evolutions in layered structure of Ga2S3

semiconductor thin films on epiready GaAs (111) substrate. ACS Appl. Mater.

Interfaces 6, 3501–3507 (2014).) (Barbouth, N., Berthier, Y., Oudar, J., Moison, J.-M. & Bensoussan, M. The first

steps of the sulfurization of III-V compounds. J. Electrochem. Soc.: Solid-State Sci.

Technol., 1663–1666 (1986).)

Główne pozycje pików dla każdej z faz znajdują się w tych samych pozycjach i różnią się względną intensywnością. To oznacza że nawet w fazie jednoskośnej Ga2S3 może mieć również typ warstwowy z cieńką warstwą heksagonalną. W rzeczywistości III-VI Ga2S3 jest półprzewodnikiem o naturalnym defekcie z jedną trzecią pustych miejsc kationowych (wolne miejsca w Ga), podobne do z c-In2Se3.

**(Fajne rysunki z strukturą**)

Raman: 7 szczytów funkcji **234**, 282, **309**, **331**, **348**, **387**, 427 (monoclinic)

(117 143 149 **235** **309** **330** **345** **389**) – moje piki z doskonałego pomiaru

Właściwości fizyczne, fazy:

Ga2S3 temperatura topnienia 1120st. 3 dobrze znane modyfikacje Ga2S3:

Białe kryształki kubiczna struktura grupa F-43m

Żółtawe kryształki sześciokątna struktura po podgrzaniu do 550 – 600st grupa P63mc

Przezroczyste kryształki po podgrzaniu do 1020st struktura jednoskośna.

Struktury trzech faz są podobne i prototypem tych faz jest struktura blendy cynkowej ZnS z luką na miejscu Ga na co trzeciej pozycji. Ale jednak w publikowanych danych nie ma jednoznacznie określonych zakresów stabilności struktur. Naprzykład niektóre źródła podają informację że uzyskano w temperaturze pokojowej strukturę jednoskośną Ga, S i małe dodatki jodu.

*(Stosunkowo duży SHG Efekty, odpowiednio, około 0,5 i 0,7 razy większy od KTP obserwowany, a także próg wywołany światłem wynosi 30 razy w stosunku do AGS.)*

**Tutaj rysunek Raman shift**

**(005-Ga2S3-1-s2.0-S0025540816307498-main)**

Pułapki elektronowe które, które znajdują się 0.8 – 0.9 eV powyżej maximum pasma walencyjnego tworzy podsieć defektów. A światło żółte ma energię 2.10 – 2.23eV. (Tłumaczenie dla czego żółte dla 3,1eV przerwy enrgetycznej).

**(008-Ga2S3-ECS Solid State Lett.-2014-Liu-P131-5)**

Grupa III-VI beta-Ga2O3 parametry:

a = 1.223 b = 0.304 c = 0.58 beta = 103.7 st

**(009-Ga2S3-11671\_2015\_Article\_1016)**

Zastosowanie spektroskopii Ramana do identyfikacji gazów.

Rozproszone fotony co mają określone przesunięcie energetyczne są parametrami do stwierdzenia jaki to jest gaz. Aktywne przejścia Ramana inne niz przejscia w podczerwieni. Wszystkie dwuatomowe gazy homonuklearne są niewidoczne w IR widmie (O2, N2, H2, Cl2), a w widmie Ramana są widoczne. Dodatkową zaletow dla Ramana jest to ze mozna identyfikować wielogazowy gaz. Na podstawie tego zastosowanie: w wykrywaniu paliwa gazowego dla elektrowni naturalnych lub biogazowych, w których CH4, CO2, O2, N2 i H2 są istotne dla monitorowania, w procesach w przemysle gdzie ma miejsce H2O, dla tego że czujniki Ramana są słabo uszkadzane wodą. Pomiar odbywa się na bieżąco. Dalsze zalety czujników gazowych Ramana są w stanie tolerować wysokie stężenia gazu i mieć wysoki zakres dynamiczny, ponieważ nie cierpią z powodu efektów nasycenia. Objętość pomiaru może być bardzo mała w spektroskopii Ramana. Pomiar w mikroreaktorach dla chemii kombinatorycznej. Główną wadą spektroskopii Ramana jest to, że Raman proces rozpraszania jest dość słaby, co oznacza, że jest trudny w celu uzyskania akceptowalnej czułości. Jako takie, większość Ramana oparte spektrometry są zbudowane do wykrywania w ciałach stałych lub płynach, gdzie wyższa gęstość materiału zwiększa sygnał znacząco. W ciałach stałych Do wykrywania jednego konkretnego związku chemicznego.

*(Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) can give greatly increased sensitivity for species adsorbed to a nano-structured surface) – Należy przetlumaczyc*

**(Raman-gas-1177-5860-1-PB)**

Ga2S3 rysunek polozenia atomow dla fazy monoclinik??? a = 1.114 nm, b = 0.641 nm, c = 0.703, b = 121.22 st

Przerwy energetyczne dla Ga2S3:

1. alfa-Ga2S3, prosta E = 3.05 eV; skosna E = 3.4 eV (monoclinic)
2. beta-Ga2S3, prosta E = 2.48 eV (heksagonal)
3. gama-Ga2S3, prosta E = 2.96 eV (cubic)

Asymetryczne pasmo walencyjne dla fazy alfa daje powód spodziewać się anizotropii optycznej w tym materiale

(tutaj ponizej cos sie mowi o anizotropii optycznej na podstawie pasma walencyjnego)

It is also worth notifying that, the analysis of the derivative

Lorentzian line-shape fits of the PTR spectra (polarizedthermoreflectance)

on Ga2S3 revealed three energy band transitions

known as EA = 3.052 eV, EB = 3.240 eV, and

EC1 = 3.328 eV at 300 K [12]. These band-edge transitions

EA, EB, and EC1 are accepted to be coming from different

origins. In addition to that, an asymmetric valence-band top

may have accounted for the observed optical-anisotropic effects

of the monoclinic Ga2S3. For the α− Ga2S3 the highest

valence band is composed of mainly S (3p) and some Ga (4p)

orbitals. These p-states are observed to exhibit a strongly axial

dependent distribution. On the opposite side, the lowest

conduction-band portion of Ga2S3, are mainly composed of

Ga (4 s) and a some of the S (3p) with distribution of density of

states over a rage of 1.7–3.4 eV

**(10.1007%2Fs11468-016-0357-4)**

Rysunek jak wyglada alfa-Ga2S3 na GaAs pod SEM

**(cm9905040)**

**---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------**

Badania domieszkowany (Cr i Fe) i niedomieszkowany Ga2S3 może być materiałem luminescencyjnym z emisją fal o długości od bliskiej podczerwieni do UV.

Szkło chalkogenowe domieszkowane złotem zawierające nanokryształy Ga2S3 można zastosować w nieliniowej optyce III rzędu. Dla półprzewodnika Ga2S3 przerwa energetyczna ma wartość w zakresie 2.5 – 3.4 eV. Wynik ten wynika z niepewności co do jakości kryształu i braku wiedzy do optycznie rozłożonej eksperymentalnej struktury brzegowej Ga2S3.

Właściwości Ga2S3:

- Wysoki próg uszkodzenia wywołane laserem. Ga2S3 próg 20 razy wyższy od GaS pików absorbcji Nie obserwuje się pików absorpcji fononów w zakresie THz poniżej 100cm-1 **(005-Ga2S3-1-s2.0-S0025540816307498-main)**

- Duża wydajność generowania drugiej harmonicznej

- Wykorzystuje się w materialach do generowania trzeciej harmonicznej np. Ti2S-Ga2S3-GeS2**(Tl2S-Ga2S3-GeS2\_glasses)**

- Przezroczystość dla THz 0.44 – 25 mkm **(005-Ga2S3-1-s2.0-S0025540816307498-main) (? co to znaczy)**

GaS długi czas zajmował wysoką pozycję wśród materiałów do aplikacji THz. Ma bardzo szerokie okna dla 0.62 – 20 mm i od 50 mm – do THz. Ale jego warstwowa struktura i wynikające z tego słabe właściwości mechaniczne ograniczają możliwości zastosowania tego materiału.

Zastosowania ze względu na te właściwości:

- zastosowania optyczne i optoelektroniczne (diody elektroluminescencyjne (LED), absorber UV w fotowoltaicznych urządzeniach, ze względu na swoją skośną i szeroką przerwę energetyczną). (duże czyli bulk kryształy) Ga2S3/In/Ga2S3 thin films as microwave resonator

- pasywacja powierzchni półprzewdnikowej III – V tj. do utworzenia "natywnej" warstwy siarczkowej na GaAs lub InP poprzez siarkowanie na powierzchni; tak, że rekombinacja powierzchni GaAs lub InP można radykalnie stłumić, co z kolei znacząco poprawia wydajność urządzenia. (ultra ciękie warstwy cięższe niż kilka nanometrów)

(ciękie warstwy na powierzchniach hetero-strukturalnych) . W dziedzinie nauki o materiałach i technologii brakuje skutecznych warstw pasywacji powierzchniowej dla GaAs. I bramy izolatory dla tranzystorów GaAs.

*(Stosunkowo duży SHG Efekty, odpowiednio, około 0,5 i 0,7 razy większy od KTP obserwowany, a także próg wywołany światłem wynosi 30 razy w stosunku do AGS.)*

**(005-Ga2S3-1-s2.0-S0025540816307498-main)**

Ze względu na szeroką przerwę energetyczną jest materiałem, który można zastosować w urządzeniach fotoelektrycznych czujniki elektryczne i nieliniowe urządzenia optyczne.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

Ostre pasma przy 119, 135 i 148 cm-1 (są głównie spowodowane nożycami Ga-S2 are mainly due to the Ga-S2 scissoring) (*nie wiem co to znaczy*)

the band at 238 cm-1 is due to the ring out plane bending of (alfa-Ga2S3). The presence of Ga-S

symmetric starching is clearly identified with the large intense spectral band at 392.4 cm-1.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

***TU RYSUNEK!!! DOKLADNIE JAK MOJ!!!!!!***

**(006-Ga2S3-10-1-1-667-6026)**

Jednym z najważniejszych problemów materiałów półprzewodnikowych stosowanych w fotoelektronice jest opracowanie związków o stabilnych właściwościach pod wpływem promieniowania UV, promieniowania rentgenowskiego i γ, a także opracowanie detektorów promieniowania jonizującego w oparciu o te materiały. Strukturalne defekty w materiale wywoływane są pod wpływem promieni UV, promieniowania rentgenowskiego i γ. Koncentracja i rodzaj tych defektów zależy zarówno od dawki promieniowania, jak i rodzaju materiału. Detektory promieniowania rentgenowskiego i promieniowania UV oparte na tych materiałach muszą spełniać warunek, że koncentracja ich własnych defektów jest znacznie wyższe niż stężenie defektów wywołanych promieniowaniem . Materiały takie jak A2IIIB3VI, szczególnie Ga2S3, spełniają to wymaganie. 1/3 węzłów to wakaty w sieci krystalicznej tych materiałów [3]. Stężenie własnych defektów w tych materiałach wynosi około 1022 cm-3. Ga2S3 jest związkiem z szerokopasmową przerwą (Eg = 3,3 eV) [4]. Przewodność elektryczna pojedynczych kryształów Ga2S3 w normalnej temperaturze wynosi około 10-12Ω-1cm-1. Wśród czynników determinujących próg wrażliwości fotoreceptorów jest wewnętrzna rezystancja szeregowa detektora

Przewodność elektryczna Ga2S3 wzrasta 3 razy z domieszką Cd.

Czyli struktura alfa – jednoskośna. A beta – sześcioątna. Odpowiednio gamma – szesciena.

**(007-Ga2S3-27\_Caraman)**

Zastosowania do czujników tlenu.

Jedna z głównych przyczyn braku zastosowań kryształów Ga2S3 jest to że nie są wystarczająco czyste do drugiej połowy 2017.

beta-In2S3 układ trygonalny a = 0.761 nm c = 3.233 nm

Spektroskopia rozpraszania Raman może dostarczyć informacji o trybach drgań charakterystycznych dla fazy kryształu

Częstotliwości drgań i szerokości linii modów Ramana są zależne od lokalnego układu atomowego, w tym względnej oscylacji atomowej, defektów i strukturalnego porządku

**(rysunek, widmo ramanowskie z kierunkami drgań!!! i opis co znaczy każdy pik). troche inna struktura!!!**

**(010-Ga2S3-main)**

Ga2S3 ma potencjał zastosowanie w pasywacji GaAs. Pozatym z tym materiałem są pokrewne materiały CuInxGaySe2 i CuInxGayS2 które mają wysokie znaczenie dla ogniw słonecznych.

rysunek struktury alfa-Ga2S3 pod mikroskopem SEM.

**(Optical pr008-Ga2-S3-operties of compounds with submicron points obtained through Ga2S3 intercalation with Cd)**

Jego dwójłomność 0,025 jest większa niż CdSe która pozwala dopasować fazę SHG dla długości fali dłuższej niż 1910 μm, Posiada bardzo wysoki próg uszkodzenia indukowanego laserem(30 razy większy niż AGS).

***Rysunek absorpcji, przezroczysty dla niektorych fal THz***

**(FS - 3133828 - Ga2S3- Optical Properties And Perspectives For THz Applications)**

PIKI 119, 135, 148, 238, 309, 331, 392 **dla alfa Ga2S3**