

Резюмета на
основните резултати и научните приноси в научните трудове
на гл. ас. д-р инж. Йорданка Трифонова

I. Основни резултати от фундаментални изследвания на нови материали.

1. Проведени са структурни изследвания на стъкла от системата Ge-Se-Ga чрез използване на съвременни методи – рентгенова дифракция и инфрачервена спектроскопия.
 - 1.1. Определена е основната структурна единица $\text{GeSe}_{4/2}$ на стъклата от системата Ge-Se-Ga и възможните връзки: Ge-Se, Ga-Se и Se-Se. Структурата е изградена от мрежа, съставена от структурни единици тетраедричен $\text{GeSe}_{4/2}$ и пирамидален $\text{GaSe}_{3/2}$, свързани с допълнителни атоми Se, а останалите атоми Se са свързани в спирални вериги $\text{SeSe}_{2/2}$ и осематомни пръстени Se_8 . (публ. 5)
2. Определени са физико-химични свойства на германиеви селенидни и телуридни стъкла с добавка на елемент от III група на периодичната система – Ga, In и Tl, и арсенови телуридни стъкла с добавка от Ag и AgI - средно координационно число, плътност, компактност, моларен обем, микротвърдост, брой атоми на връзка и пълна средна енергия на връзките, и е установена корелация между физико-химичните свойства на стъклата и техния състав.
 - 2.1. С увеличаване на съдържанието на Ga, In и Tl в Ge-Se и Ge-Te матриците стойностите на средното координационно число нарастват, което е свързано с протичащите структурни промени в основната халкогенидна матрица, а в хода на зависимостта на плътността, компактността, моларния обем и микротвърдостта от състава настъпва промяна. Потвърждава се теорията на Thorpe за преход в структурата на ковалентните халкогенидни стъкла от “по-подвижно” към “по-стационарно” състояние при средно координационно число 2,4. С увеличаване на съдържанието на елемента от III група броят атоми на връзка се увеличава, но остава близък до 3, което е критерий за стабилност на стъклата. Пълната средна енергия на връзките също се увеличава, т. е. връзките между атомите, участващи в състава на стъклата, стават по-здрави. (публ. 3, 13, 15, 16, 24)
 - 2.2. Увеличаването на съдържанието на Ag в системата Ge-Te-Ag води до нарастване на средното координационно число, докато това на AgI в системата Ge-Te-AgI – до намаляване. Ag и AgI оказват еднакво влияние върху изменението на плътността, компактността и моларния обем. (публ. 22, 23)

3. Получени са тънки слоеве без тримерни нарушения от многокомпонентни халкогенидни и халкохалидни системи чрез вакуумно-термично изпарение.
- 3.1. Изследвана е структурата на тънки слоеве от системата Ge-Te-In чрез рентгенова дифракция, сканираща електронна микроскопия и атомно-силова микроскопия преди и след програмируемо термично третиране на слоевете при различни температури. (публ. 14)
- 3.1.1. След термично третиране рентгенографски са идентифицирани три фази – кристален Te, GeTe и In_2Te_3 .
- 3.1.2. Резултатите от сканиращата електронна микроскопия потвърждават тези от рентгеновата дифракция.
- 3.1.3. In оказва влияние върху грапавостта на тънките слоеве, но зависимостта на структурата на слоевете от термичното третиране се запазва независимо от съдържанието на In.
- 3.2. Изследвани са процесите на изпарение и кондензация в системите Ge-Se-B, Ge-Se-Ga и Ge-Se-In, за да се подберат такива условия на изпарение, при които съставът на парите слабо да се променя с времето и да се получат хомогенни аморфни слоеве. Определени са скоростта на изпарение и нейната зависимост от температурата на изпарение и от състава, скоростта на кондензация и зависимостта ѝ от температурата на подложката и от състава и енергията на изпарение и кондензация и тяхната зависимост от състава. Установено е, че увеличаването на съдържанието на третия компонент – B, Ga и In, елемент от III група на периодичната система, води до намаляване на скоростта на изпарение и кондензация и увеличаване на енергията на изпарение и кондензация. (публ. 1, 12, 17)
- 3.3. Определени са механичното напрежение в тънки слоеве от системите Ge-Se, Ge-Se-B, Ge-Se-Ga, Ge-Se-Tl и Ge-Te-Ga и неговата релаксация. Механичното напрежение в тънки слоеве на основата на немодифицирани халкогенидни стъкла е минимално. В слоевете с добавка от Ga и Tl в матрицата Ge-Se се наблюдава свиващо механично напрежение, а в тези с добавка от B – механично напрежение на опън поради по-малкия радиус на борните атоми. Добавянето на Ga в матрицата Ge-Te води до формиране на механично напрежение на опън. Увеличаването на съдържанието на елемента от III група на периодичната система води до увеличаване на механичното напрежение. То показва редуциране с времето в резултат на самопроизволна релаксация. Изяснена е

причината за механичното напрежение в слоевете, когато влиянието на външните фактори е елиминирано. Механичното напрежение в слоевете не се променя по вид, а само намалява с течение на времето, т. е. причината за него в изследваните тънки слоеве е тяхната структура. Структурните единици, изграждащи стъклата, остават стабилни с времето, докато релаксацията е свързана с тяхното пренареждане, дължащо се на термичната предистория (условия на изпарение) на слоевете и съхранението им след това при стайна температура. (публ. 4, 7, 19)

3.4. Определена е електронната структура на тънки слоеве от сложни аморфни полупроводници на основата на Общата теория на Христов за инжектирани токови носители в системата метал-вакуум-метал.

3.4.1. Определени са ефективната маса на електрона в зоната на проводимост и отделителната работа на електрона на граничната повърхност метал/полупроводник от областта на термоемисия и термо-полева емисия за системите Ge-Se-Ga и $(As_2S_3)_{1-x}(AgI)_x$. Увеличаването на съдържанието на третия компонент, Ga и AgI, в халкогенидната матрица води до увеличаване на ефективната маса на електрона, докато стойностите на отделителната работа на електрона не се влияят от третия компонент. Стойностите на отделителната работа на електрона, определени от областта на термоемисия и термо-полева емисия са в добро съответствие. (публ. 9, 21)

3.4.2. Изследвана е обемно-контролираната проводимост в системата метал- Ge-Se-Ga-метал. На основата на метода на Manfredotti е сондирана забранената зона. Получени са данни за дълбочината на залагане на уловките и концентрацията на токови носители в тях. Увеличаването на съдържанието на Ga води до увеличаване на дълбочината на залагане на уловките, а концентрацията на токови носители в тях достига до $10^{26} m^{-3}$ при концентрация на Ga 20 mol%. (публ. 20)

3.5. Изследвани са оптичните свойства на тънки слоеве от системите Ge-Se-Ga, Ge-Se-In, , Ge-Te-In и $GeSe_2-Sb_2Se_3-ZnSe$. (публ. 2, 6, 10, 26)

3.5.1. Получени са спектрите на пропускане и на отражение на тънките слоеве. Определена е областта на прозрачност.

3.5.2. От спектрите на пропускане са определени основните оптични константи-показател на пречупване и коефициент на екстинкция, и техните зависимости от дължината на вълната и състава.

- 3.5.3. Определени са коефициентът на поглъщане и оптичната ширина на забранената зона при коефициент на поглъщане $2 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-1}$ и чрез процедурата на Таус.
- 3.6. Разгледани са фотоиндуцирани явления в тънки слоеве от системата Ge-Te-In, получени след облъчване на тънките слоеве. (публ. 11)
- 3.6.1. Получени са спектрите на пропускане и на отражение на тънките слоеве преди и след облъчване. Абсорбционният ръб след облъчване се премества към по-големите дължини на вълната.
- 3.6.2. Определени са основните оптични константи - показател на пречупване и коефициент на екстинкция, преди и след облъчване. Показателят на пречупване се увеличава след облъчването, а коефициентът на екстинкция – намалява. Зависимостите на основните оптични константи от състава запазват хода си след облъчване.
- 3.6.3. Определени са коефициентът на поглъщане и оптичната ширина на забранената зона чрез процедурата на Таус преди и след облъчване. Коефициентът на поглъщане след облъчване намалява, а оптичната ширина на забранената зона – се увеличава. Зависимостите на коефициента на поглъщане и оптичната ширина на забранената зона от състава се запазват след облъчване.

II. Основни резултати от приложни изследвания на материалите.

1. Осъществен е холографски запис в тънки слоеве от чист Se, двукомпонентната система Ge-Se и трикомпонентните системи Ge-Se-Ga, Ge-Se-In и Ge-Se-Tl по стандартна интерферометрична схема.
- 1.1. Дифракционната ефективност на записа в тънки слоеве от чист Se е доста ниска, под $0,5 \cdot 10^{-4}\%$. Добавянето на Ge до 20 м.ч.% води до нарастване на дифракционната ефективност, $0,70 \cdot 10^{-2}\%$, а над 20 м.ч.% - до намаляването ѝ, което се дължи на увеличаване броя на връзките Ge-Se, което затруднява възникването на фотоиндуцирани изменения поради по-високата температура на кристализация на германиевите селениди в сравнение с тази на чистия Se. Добавянето на елемент от III група на периодичната система – Ga, In и Tl, води до нарастване на дифракционната ефективност, като тя е най-висока при добавянето на елемента с най-голям атомен номер. Дифракционната

ефективност на записа в тънки слоеве с добавка на елемент от III група на периодичната система - Ga In и Tl, е съответно – 0,61%, 0,74% и 3,5%. Предложени са оптимални състави от горепосочените тройни системи, които могат да се използват като среда за оптичен запис на информация. (публ. 12, 19)

2. Изследвана е възможността за приложение на тънък филм от системата Ge-S-AgI чрез отлагането му върху кантилевърен газов сензор и обдухването му с пари на вода, ацетон и амоняк. При първите два химични агента сензорът играе роля на „резонансна микровезна”, показваща най-висока чувствителност към химичния агент с по-голяма молекулна маса, тоест по отношение на ацетона. Излагането на амоняк води до модификация на повърхността на чувствителния слой чрез хемисорбция на анализираните молекули върху него. В резултат чувствителността към водни пари е повишена няколко пъти поради създаване на нови позиции (от хемисорбираните молекули) за взаимодействие с анализираните молекули. (публ. 8)