

Plyonkalarining tuzilishi, xususiyatlarini o'rganishda yarimo'tkazgich moddalarni amaliy ahamiyati

Sharibayev Nosir Yusupjanovich¹.

Fizika–matematika fanlari doktori, Professor

¹*Namangan Muhandislik Texnologiya Instituti*

Baxromov Boxodirjon Mirzaabdulla o'g'li².

²*Milliy universitet huzuridagi yarim o'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy tadqiqot institute maqsadli tayanch doktoranti*

Xolmirzayev Akrom Abduqodirovich³.

Fizika-matematika fanlari nomzodi. Dotsent

³*Namangan davlat universteti.*

Annotatsiya: shishasimon yarimo'tkazgichlar infraqizil o'tkazuvchanligi bilan mashhur. Ular oksidi halid oynalariga nisbatan ancha yuqori to'lqin uzunliklariga teng ravishda kengayadi. Issiqlik uzatish qirradi shisha asosida bo'lgan xalkogen element bilan bog'langan. 20 mkm ga yaqinlashadigan va to'lqin uzunligigacha uzatilishini kuzatish mumkin. Ommaviy shishalar uzun to'lqin va qisqa to'lqinli uzatuvchi qirralari mos ravishda multifonon va elektron yutilish bilan aniqlanadi. Yorug'lik ta'sirida yarimo'tkazgichli pulonkali materiallarida turli xil jismoniy o'zgarishlarni keltirib chiqarish mumkin. Garchi bu o'zgarishlar faqat sulfidli shishaga xos bo'lmasa-da, bu fotoelektr effektlari kuchli va turli xil amaliy qo'llanmalarni taklif qiladi, ularning ba'zilari endigina o'rganilmoqda. Amorf kalkogenidlarda fotoinduktsiyali o'zgarishlarning kamida ettita mexanizmi mavjud, ular optik nurlanishdan so'ng materiallarning xususiyatlarining optik, elektr, kimyoviy, strukturaviy va fizik o'zgarishlariga olib kelishi mumkin.

Kalit so'zlar: fotosensitiv, nanofotonika, metastabil, binar, fotolyuminessent, kalkogenid, selen, tellur, kalkogenid, geteropolyar, homopolyar, spektroskopiya, tellurid, mishyak, trisulfid, tendentsiya, fotoinduktsiya, gomopolyar, geteropolyar, prekursor, modifikatsiya, metastabil, dixroizm, silica, fluorides, sulfides, stexiometriya, tellurides, selenides.

Практическое значение полупроводниковых материалов в изучении структуры и свойств пленок.

Шарибаев Насир Юсупжанович¹.

Доктор физико-математических наук, профессор

¹*Наманганский инженерно-технологический институт*

Бахромов Боходиржон Мирзаабдуллы угли².

²*Аспирант НИИ физики полупроводников и микроэлектроники*

Национального университета им.

Халмирзаев Акром Абукодирович³.

Кандидат физико-математических наук. Доцент

³Наманганский государственный университет.

Аннотация: стеклообразные полупроводники известны своей инфракрасной проводимостью. Они равномерно расширяются до гораздо более высоких длин волн, чем оксидно-галогенные стекла. Край теплопередачи соединен с халькогеновым элементом на основе стекла. Можно наблюдать, что он передается до длин волн, приближающихся к 20 мкм. Объемные стекла имеют длинноволновый и коротковолновый края пропускания, определяемые многофонным и электронным поглощением соответственно. Под воздействием света можно вызывать различные физические изменения в полупроводниковых пленочных материалах. Хотя эти изменения не являются уникальными для сульфидного стекла, эти фотоэлектрические эффекты являются мощными и предлагают множество практических приложений, некоторые из которых только изучаются. Существует не менее семи механизмов фотоиндуцированных изменений в аморфных халькогенидах, которые могут приводить к оптическим, электрическим, химическим, структурным и физическим изменениям свойств материалов после оптического облучения.

Ключевые слова: фоточувствительный, нанофотоника, метастабильный, бинарный, фотолюминесцентный, халькогенид, селен, теллур, халькогенид, гетерополярный, гомополярный, спектроскопия, теллурид, мышьяк, трисульфид, тенденция, фотоиндукция, гомополярный, гетерополярный, прекурсор, модификация, метастабильный, дихроизм, диоксид кремния, фториды, сульфиды, стехиометрия, теллуриды, селениды.

Practical importance of semiconductor materials in studying the structure and properties of films.

Sharibayev Nosir Yusupovich¹.

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

¹*Namangan Engineering technology institute.*

Baxromov Boxodirjon Mirzaabdulla o'g'li².

²*Target support doctoral student at the Semiconductor Physics and Microelectronics Scientific Research Institute at the National University.*

Халмирзаев Акром Абукодирович³.

Fizika-matematika fanlari nomzodi. Dotsent

³Namangan State University

Annotation: glassy semiconductors are known for their infrared conductivity. They extend uniformly to much higher wavelengths than oxide halide glasses. The heat transfer edge is connected to a glass-based chalcogen element. It can be observed to be transmitted up to wavelengths approaching 20 mkm. Bulk

glasses have long-wavelength and short-wavelength transmission edges defined by multiphonon and electron absorption, respectively. Under the influence of light, it is possible to cause various physical changes in semiconductor film materials. Although these changes are not unique to sulfide glass, these photoelectric effects are powerful and offer a variety of practical applications, some of which are just being explored. There are at least seven mechanisms of photoinduced changes in amorphous chalcogenides, which can lead to optical, electrical, chemical, structural, and physical changes in the properties of materials after optical irradiation.

Keywords: photosensitive, nanophotonics, metastable, binary, photoluminescent, chalcogenide, selenium, tellurium, chalcogenide, heteropolar, homopolar, spectroscopy, telluride, arsenic, trisulfide, tendency, photoinduction, homopolar, heteropolar, precursor, modification, metastable, dichroism, silica, fluorides, sulfides, stoichiometry, tellurides, selenides.

В последние годы наблюдается интенсивный рост использования некристаллических твердых тел в фотонике, оптоэлектронике и интегральной оптике. Этот рост начался в конце прошлого века и связан с развитием применения оксидных стекол в оптоволоке и устройствах оптической связи. С другой стороны, с 1950-годов мы можем наблюдать увеличение использования аморфных пленок Se в качестве фоточувствительных элементов в копировальных аппаратах. Кроме того, тонкие пленки неупорядоченных материалов, в том числе на основе системы $\text{TiO}_2\text{-PbTe-PbSe}$, нашли свое применение для записи информации на оптических носителях. Пленки используются в производстве солнечных элементов и тонкопленочных транзисторов для жидкокристаллических мониторов [1]. Материалы представляют большой интерес благодаря своим замечательным структурным, электронным и оптическим свойствам. Было обнаружено, что большинство свойств высокочувствительных солнечных элементов на красителях на основе полупоглотителей чувствительны к излучению на длинах волн, близких к запрещенной зоне. Фотоны могут влиять на оптические, электрические, химические и механические свойства материалов на основе солнечных элементов. Эти изменения могут быть временными или постоянными. На основе светочувствительных свойств тонких аморфных пленок халькогенидов разработаны возможности их применения. Среди них особый интерес представляет разработка высококачественных оптических элементов для всех систем обработки оптических сигналов. Поэтому управление структурой и составом светочувствительных материалов имеет большое значение для рационального проектирования будущей наноэлектроники и нанофотоники.

Так, халькогенидные материалы на основе оксида титана ($\text{TiO}_2\text{-PbTe-PbSe}$) представляют особый интерес, так как имеют широкое окно прозрачности в инфракрасной (ИК) области (0.7-20 мкм), большой показатель преломления (2.5-3.5) имеет низкую энергию фононов по сравнению со стеклами на основе серы и селена. В сочетании с относительно узкой запрещенной зоной эти материалы имеют большой потенциал для применения в ИК-оптоэлектронике и фотонике [2].

Настоящая работа представляла собой исследование влияния различных внешних воздействий на условия получения, состав и последующую структуру и оптические свойства пленок, синтезированных методом PECVD из элементарных компонентов.

Это то, к чему мы стремились в своей работе.

1. Изучить структурно-оптические свойства халькогенидных стеклообразных полупроводниковых пленок, синтезированных из элементарных компонентов методом PECVD, в зависимости от условий получения и состава.

2. Изучить механизмы и методы модификации пленок ХСП, приводящие к изменению структурных и оптических свойств.

3. Изучение фотолюминесцентных свойств пленок ХГС и возможности формирования в них микро/нанокристаллических включений. В качестве новизны произведения. Пленки бинарных систем из таких веществ, как TiO_2 , ZnO , SnO_2 , Ta_2O_5 , CdSe , CdS , а также тройных халькогенидных систем различной стехиометрии, синтезированных методом плазмохимического осаждения из газовой фазы при пониженном давлении в условиях несбалансированной низкотемпературной аргоновой плазмы $\text{TiO}_2\text{-PbTe-(S)}$ с использованием элементарных макрокомпонентов PbSe был получен, инициализирован и изучен во времени.

Нами изучено влияние параметров процесса осаждения на физико-химические и оптические свойства халькогенидных полупроводниковых пленок [3]. Также в зависимости от мощности, подводимой к газовому разряду, наблюдается скорость роста пленки и изменение ее состава. В результате изменяются также структурные и оптические свойства пленок. Результаты исследований, полученные в данной работе, могут быть использованы для выбора оптимальных условий получения требуемых оптических свойств пленок НСР при их использовании для создания элементов интегральной оптики и фотоники среднего ИС-диапазона.

Халькогениды в основном состоят из одного или нескольких халькогеновых элементов: это соединения, образованные из серы, селена и теллура. Хотя они были впервые изучены 50 лет назад, интерес к

халькогенидным стеклам значительно возрос в последнее время, поскольку стекла, кристаллы и сплавы стали новыми возможностями в широком спектре фотонных устройств. Оксидные материалы являются древнейшими стеклообразующими системами, и их традиционно рассматривают отдельно от сравнительно недавно открытых халькогенидных соединений. Научно доказано, что оксидные материалы ведут себя иначе, чем халькогениды. В частности, их очень разные ширины запрещенной зоны приводят к очень разным оптическим и электрическим свойствам.

Модель халькогенида, образующего бинарное стекло, аналогична модели диоксида кремния. Наиболее устойчивыми бинарными халькогенидными стеклами являются соединения халькогена с элементами 4 или 5 группы. Все это дает возможность использовать широкий диапазон атомных соотношений. Тройные стекла могут включать в структуру больше атомов, что дает им еще больше возможностей для изменения своих свойств. Халькогенидные материалы могут существовать в широком диапазоне составов, не все из которых являются стеклообразными. Аморфные халькогенидные материалы можно широко классифицировать по типу атомов, связанных с образованием аморфных систем. В отличие от одноэлементных материалов, структура большинства аморфных халькогенидов до конца не охарактеризована [4]. Анализ AXIN1-хирадиальной функции распределения (ФРП) для любой бинарной системы осложняется трудностью разделения вкладов от связей А-А, В-В и А-В. В многокомпонентных стеклах эта идентификация более неоднозначна. Райт и Лидбеттер проанализировали работу по дифракции рентгеновских лучей. В принципе, при анализе расширенной тонкой структуры рентгеновских спектров поглощения (EXAFS) можно выделить типы связей, но до сих пор из-за проблем с преобразованием и анализом экспериментальных данных, за исключением мало случаев, достоверных результатов не получено не было. Инфракрасная спектроскопия и комбинационное рассеяние света являются наиболее подходящими методами для изучения локальной структуры стекол некоторых систем. Простейшей структурной моделью бинарной системы является непрерывная сеть, в которой выполняется согласование по «правилу 8-N» для обоих компонентов в любом соотношении. Например, в системе $AsXSe_1$ — при любом значении X каждый атом As имеет тройную координацию, а каждый атом Se — двукратную [5] (рисунок 1). Но даже в таких относительно простых сетях возникает вопрос о степени химической упорядоченности. Иными словами, остается неясным, в какой степени гетерополярные связи преобладают над гомополярными.

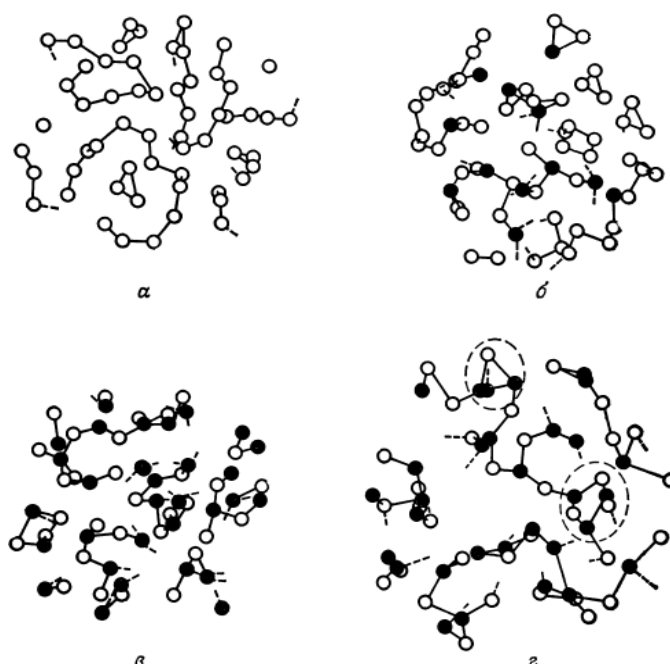


Рисунок 1. Поперечное сечение моделей структуры стекла было создано с помощью компьютерного моделирования. Светлые кружки — атомы Se, черные кружки — атомы As. Пунктирные линии соответствуют связям, направленным к атомам вне слоев, показанных на рисунке, (a)-(b)- $x=0,79$, (c)- $x=0,60$, (d)- $x=0,50$. В составах, относительно обогащенных As 2Se_3 , наблюдается тенденция к образованию колец. Дополнительное ограничение модели может быть связано с наличием в сети молекулярных участков. Характерные колебания, связанные с такими атомными кластерами, можно наблюдать и определять с помощью инфракрасной спектроскопии и комбинационного рассеяния. Кроме того, могут образовываться молекулярные звенья, не связанные с основной решеткой, например, короткие цепи или замкнутые кольца халькогенов в бинарных системах, обогащенных этими элементами [6]. Описание структуры проводится в три этапа:

- 1) Атомная координация каждого структурного элемента;
- 2) Распределение соединений;
- 3) Молекулярная структура групп атомов, образующих решетку.

Халькогениды известны своим пропусканием инфракрасного излучения, которое распространяется на гораздо более длинные волны, чем оксидно-галогенные стекла. Как показано на (рисунок 1) кромка пропускания ИК-излучения соединена с халькогеновым элементом на стеклянной основе. Теллуридные очки могут передавать на длинах волн, приближающихся к 20 мкм. Длинноволновые и коротковолновые края пропускания объемного

стекла определяются многофононным и электронным поглощением соответственно.

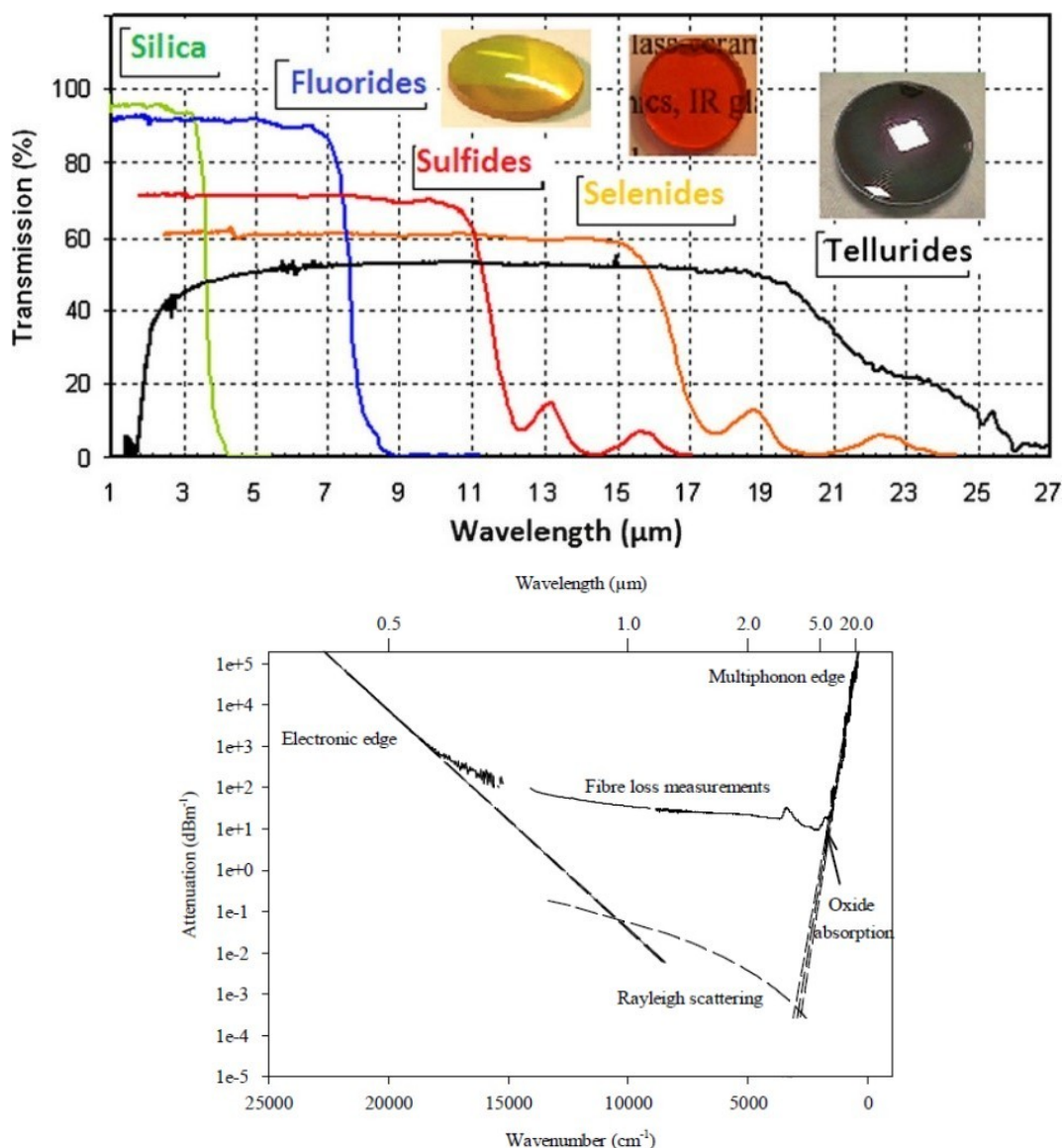


Рисунок 2. ИК-пропускание различных стекол.

Показаны края урбаховского и многофононного поглощения. Показано, что рэлеевское рассеяние из-за флуктуаций содержания стекла примерно на порядок больше, чем рэлеевское рассеяние из-за флуктуаций плотности [7]. Наблюдается разница в несколько порядков между минимальными внутренними потерями и достигаемым на практике пропусканием, остается неясным, можно ли добиться минимальных потерь этих материалов, как это делается для современных оптических волокон на основе диоксида кремния. На практике существует основной механизм неучтенных потерь, который предотвращает теоретическую потерю халькогенидов. Тяжелые металлы, образующие халькогенидные стекла, дают материалы с относительно высоким показателем преломления. Благодаря этому высокому показателю

преломления улучшаются другие сопутствующие эффекты, в основном электрооптические свойства. В видимом и ближнем инфракрасном диапазоне эти материалы обладают сильной нормальной дисперсией. Длина волны с нулевой дисперсией также имеет тенденцию смещаться в сторону более длинных волн по сравнению с обычным стеклом. На рис. 3 показаны показатель преломления и дисперсия для хорошо изученных стекол трисульфида мышьяка.

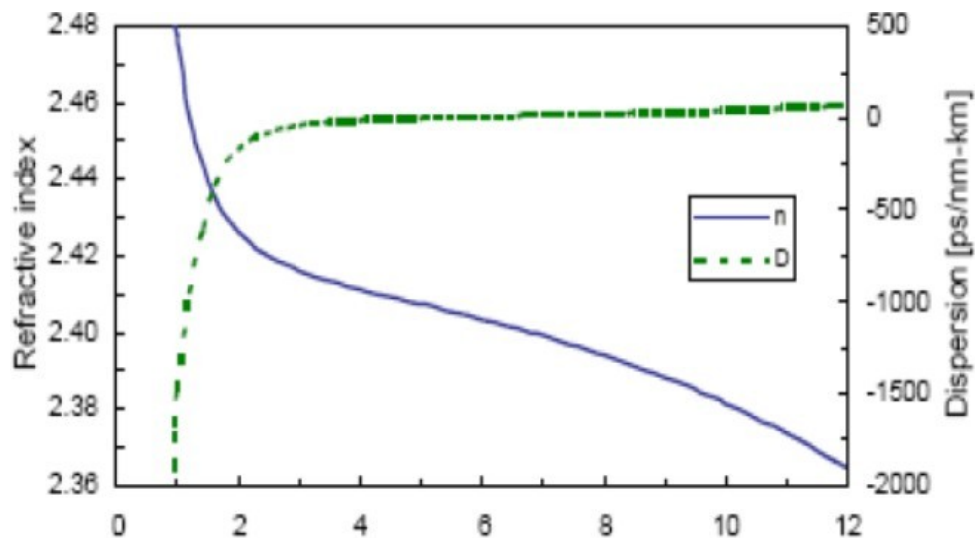
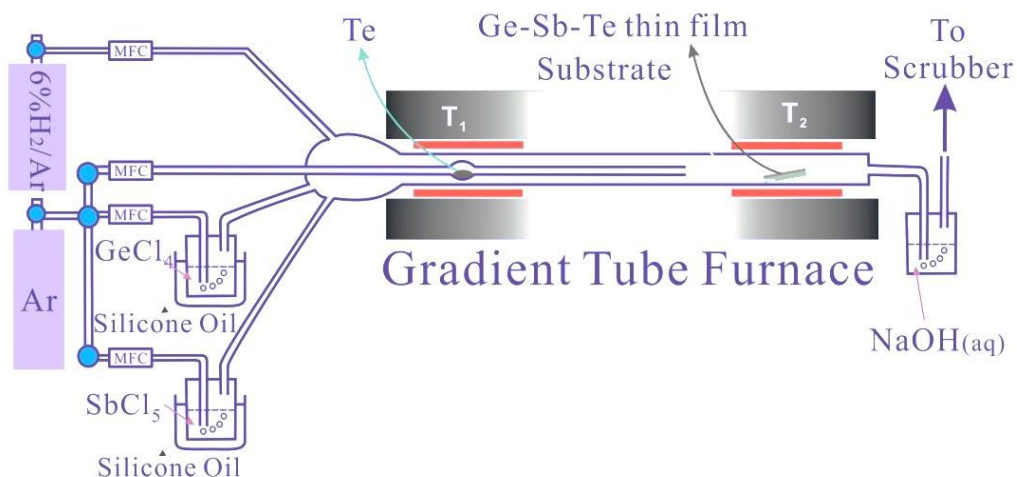


Рисунок 3. Распределение показателя преломления и прозрачности мышьяковисто-трисульфидных стекол во всем диапазоне. При обработке и применении халькогенидных стекол важную роль играют их термические свойства и, в частности, следующие характерные температуры: температура стеклования.

Температура начала кристаллизации равна T_x , а максимальная температура кристаллизации равна T_p . Эти величины удобно измерять с помощью дифференциального термического анализа (ДТА), как описано Mairaj [8]. Можно отметить преимущества и недостатки метода термического испарения по сравнению с другими методами осаждения пленок. Преимущества метода термического испарения заключаются в следующем:

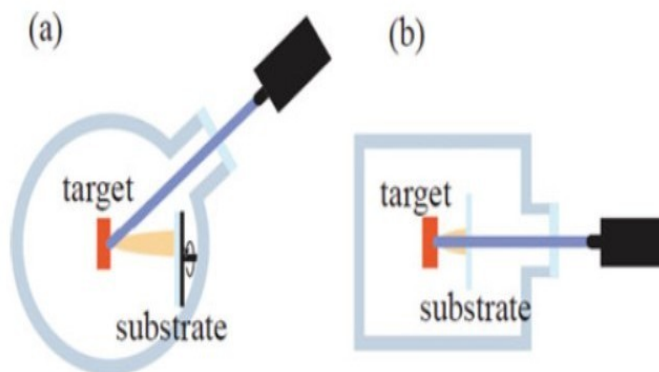
- 1) высокая скорость испарения веществ и возможность регулировать ее в широких пределах путем изменения мощности, подводимой к испарителю;
 - 2) высокая производительность при пакетной загрузке и обработке подложек.
- Недостатки метода термического испарения:
- 3) низкая повторяемость свойств пленки;
 - 4) трудность испарения тугоплавких материалов и материалов сложного состава (кроме электронно-лучевого испарения);

- 5) ремонтпригодность и высокая инерционность кратковременных испарителей;
- 6) загрязнение пленки материалом испарителей;
- 7) низкая адгезия пленок к подложке.



Другим часто тестируемым методом получения халькогеновых пленок является химическое осаждение из газовой фазы, которое широко используется в полупроводниковой промышленности для получения тонких пленок. Одним из важных преимуществ этого метода является возможность равномерного покрытия поверхностей с усиленным рельефом. Например, это оптимальная технология для таких объектов, когда в различных чипах необходимо полностью заполнить отверстия диаметром несколько десятков нанометров [9]. С помощью системы, показанной на Рисунок 4, можно наносить тонкие пленки на различные подложки [10-11]. Основные преимущества газофазного химического осаждения: - универсальность (практически любой состав пленки); - гибкость процесса; - возможность нанесения одно- и двусторонних пленок на детали сложной формы и большой площади; - возможность достижения высокой скорости осаждения (до нескольких миллиметров в час) при сохранении высокого качества пленки; - переход от высоковакуумного оборудования к проточной установке, простота и дешевизна оборудования. Недостатки: - "симбиотическая" проблема выбора субстратов, - контроль катионной и анионной стехиометрии пленки (Т, РO₂, РСО₂, другой) несколько источников, подача аэрозоля, ленточный испаритель...); - целенаправленный поиск веществ с высокой и многократной летучестью; - создание оптимальной морфологии пленки; - загрязнение пленки летучими

компонентами прекурсоров (Н, Р и другой). Принципиальная схема чека представлена на (рисунок 5).



На рисунк 5 представлена схема производства пленок CGS методом PLD.

Этот метод имеет следующие преимущества: - создание непрерывного потока частиц осаждаемого материала; - возможность изменения механизма абляции с теплового на электростатический; создание единой однородной фазы в удаленном цикле; высокая точность переноса целевой композиции на пленку. Основными недостатками этого метода съемки являются: - сложность выбора параметров лазерного источника, связанных с характеристиками материала мишени; - возможность загрязнения твердыми частицами пленки и каплями материала мишени; - низкая производительность способа, ограничивающая толщину получаемых пленок; - стоимость пико - и фемтосекундных лазеров относительно высока. Также существуют такие способы получения халькогеновых пленок, спин-коутинг [12] и различные способы напыления, которые имеют ряд преимуществ и недостатков, ограничивающих их применение в различных областях оптоэлектроники. Различные физические изменения могут быть вызваны в халькогенидных материалах под воздействием света. Хотя эти изменения не уникальны для сульфидного стекла, эти фотоэлектрические эффекты являются мощными и предлагают множество практических приложений, некоторые из которых только начинают изучаться и пониматься. Известно не менее семи механизмов фотоиндуцированных изменений аморфных халькогенидов [13], которые могут приводить к оптическим, электрическим, химическим, структурным и физическим изменениям свойств материалов после оптического облучения. Эти изменения можно классифицировать как необратимые и обратимые. Описаны наиболее распространенные и полезные формы фотоиндуцированной модификации халькогенидов. Ряд процессов, вызывающих оптические изменения в халькогенидах, фотокристаллизация [14] - халькогенидная пленка кристаллизуется под действием оптического излучения за счет эффекта нагрева. Особенно это

относится к халькогенидам с низкими температурами стеклования. Этот процесс можно обратить вспять путем нагрева закристаллизовавшегося объема до температуры плавления стекла и быстрого охлаждения. Фотокристаллизация была получена для α -Se и всесторонне изучена Дрезнером и Стрингфеллоу в 1968 г. [15]. Другие CSP показывают аналогичные явления. Спектроскопия комбинационного рассеяния, которая более чувствительна, чем прямые наблюдения под микроскопом, использовалась для изучения поведения фотокристаллизации в GeSe и As-Se. Следует также отметить, что процессы фотокристаллизации, происходящие в белках, наблюдаются также как общие для одномерных молекулярных систем. Фотокристаллизация связана с фототермическим фазовым превращением в теллуридных пленках. Полимеризация — это процесс объединения двух или более молекул с образованием более сложной, непрерывно связанной молекулы. В некоторых халькогенидах такие процессы могут быть термическими и фотоиндуцированными. Для хорошо изученного стекла была предложена модель полимеризации As_2S_3 , согласно которой полимеры образуются в материале после термического отжига при температуре стеклования. Пленка показывает красный сдвиг границы оптического поглощения на $\sim 0,1$ эВ (Рисунок 6а), увеличение показателя преломления на $\sim 0,1$, уменьшение толщины на ~ 1 % и усиление на ~ 20 % [16]. Кроме того, резко меняются скорости резки пленок щелочными растворами и плазмой. Фотополимеризация является основным механизмом, приводящим к этим изменениям. Пленки, по-видимому, состоят из молекулярных комплексов, таких как As_2S_3 , полученный вакуумным испарением, подвергается кросс-полимеризации, что приводит к образованию сетки As.

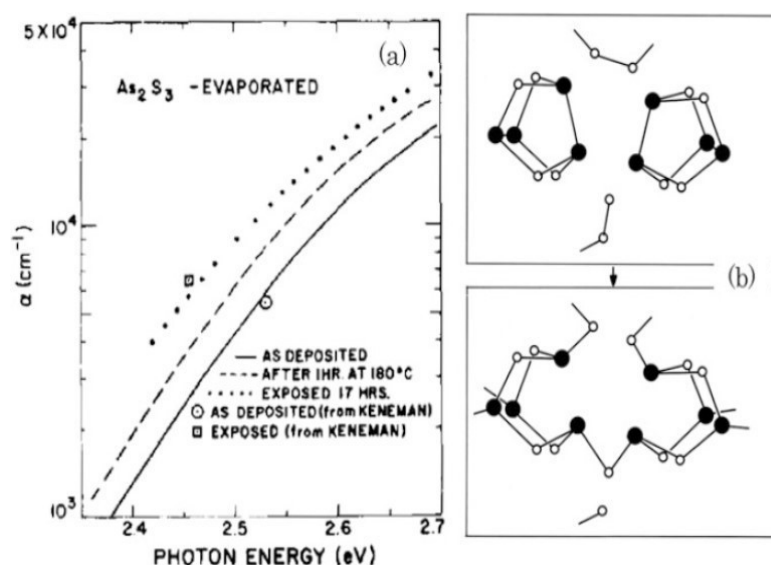


Рис. 6 (а) предел оптического поглощения и (б) необратимые изменения модели атома, вновь сохраненной в виде фильма.

Фотодиссоциация металлов [17]. Металлический слой, находящийся в контакте с халькогенидом, может быть расплавлен облучением светом с энергией, сравнимой с шириной запрещенной зоны халькогенида. Этот процесс будет возвращен без применения силы. Фотокомпрессия. Было обнаружено, что несколько халькогенидов подвергаются фото- или радиационному восстановлению [18-19].

После фотозатемнения оптическое поглощение халькогенида увеличивается в основном за счет смещения границы поглощения в область меньших энергий. Эффект максимален при низких температурах, а при более высоких температурах, близких к температуре стеклования, эффект не может быть измерен, поскольку стекло отжигается быстрее, поскольку изменяется под воздействием света. Фотопотемнение иногда связано с другими структурными изменениями в халькогениде.

Фотопросветление – Эффект фотопросветления проявляется смещением края оптического поглощения в сторону более коротких длин волн. Это обычный эффект в халькогенидных пленках. Подобно фотообесцвечиванию, обесцвечивание происходит из-за структурных изменений в сети стекла. Направление движения края поглощения может зависеть от способа укладки пленки и ее параметров. Например, термически осажденные пленки на основе сульфида мышьяка в зависимости от условий осаждения могут иметь фотопокрытие или чернение. Фотоанизотропия [20] – в некоторых аморфных халькогенидах экспериментально наблюдались дихроизм и двойное лучепреломление. При освещении линейно поляризованным светом. Для объяснения этого эффекта были предложены различные теоретические модели, включая разрыв связи и кручение.

Фотомеханический эффект. Фото - или оптомеханический эффект был впервые обнаружен в аморфных халькогенидных пленках, нанесенных на разрезанные кантилеверы СТМ, Эллиоттом и др. Структура устройства показана на (Рисунок 7). Свет, падающий на халькогенидную пленку и линейно поляризованный, параллельный или перпендикулярный оси кантилевера, вызывает обратное сжатие или расширение халькогенидного слоя, что приводит к перемещению свободного конца кантилевера. Этот эффект не тепловой по происхождению, а электронный.

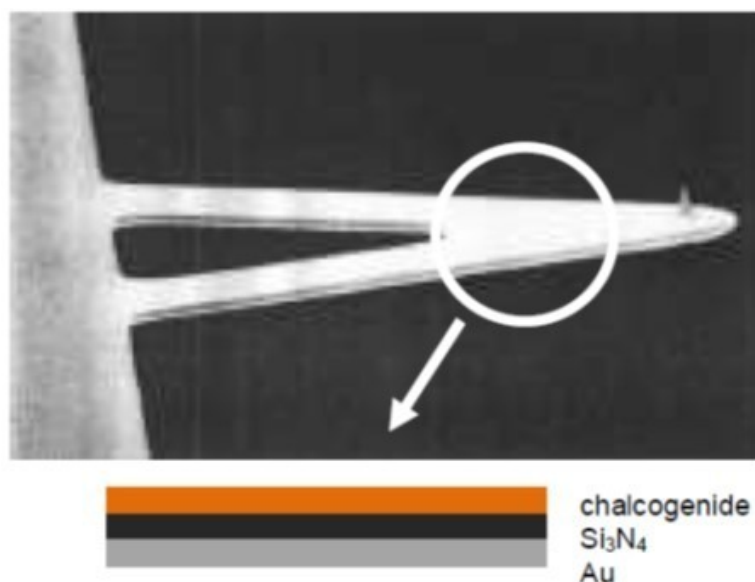


Рисунок 7, серебряная консоль, уложенная сверху.

Например, в нашем подробном обзоре эффекта фотозатемнения на основе системы AsSe были рассмотрены два типа модификации структуры [21]: фотозатемнение при лазерном освещении. $\lambda = 632,8$ нм, мощность 40 мВт и фотообесцвечивание термическим отжигом при 350 и 370 К в течение 4 ч. Фотозатемнение вызвало сдвиг кривой пропускания в длинноволновую область спектра на 0,14 эВ; Отжиг при 370 К восстанавливает исходный спектр. Термический отжиг при 350 К привел к частичному фотообесцвечиванию. Основной целью работы является исследование температурной зависимости дрейфовой подвижности носителей заряда в пленках As-Se. Получено обратимое фотоиндуцированное изменение подвижности и энергии ее активации [22]. Также было установлено, что энергии активации и значения дрейфовой подвижности зависят от условий термического отжига (рисунок 8).

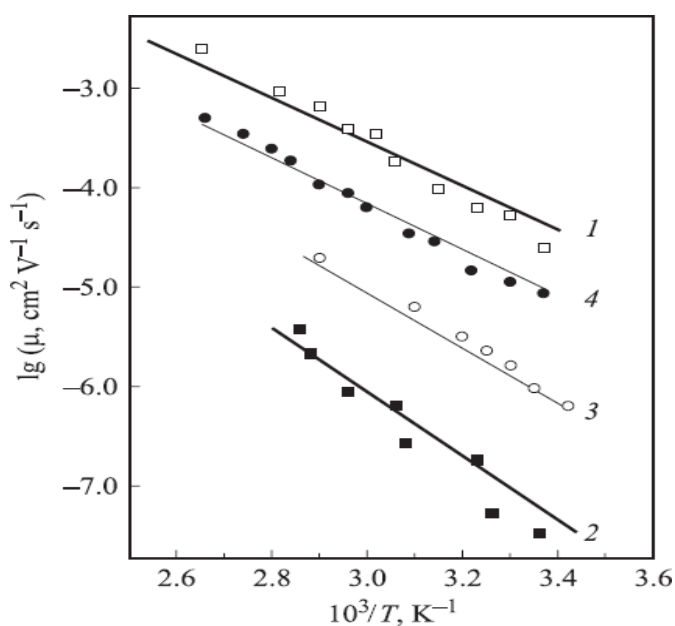


Рисунок 8. Температурная зависимость дрейфовой подвижности дырок в пленках As-Se в аррениусовских координатах: 1 – . перед облучением; 2 - после облучения; 3, 4 – после отжига излучением. $T=350$ К, 4 - $daT=370$ К. Толщина пленки 3,5 мкм [80].

Полученные данные [23] показывают возможность управления основными параметрами ловушек для носителей заряда в пленках As-Se. Под влиянием исследований $\lambda=532$ нм имеет мощность 35 мВт. В частности, они получили зависимость оптической ширины запрещенной зоны (рисунок 9) и показателя преломления от времени экспозиции (рисунок 10).

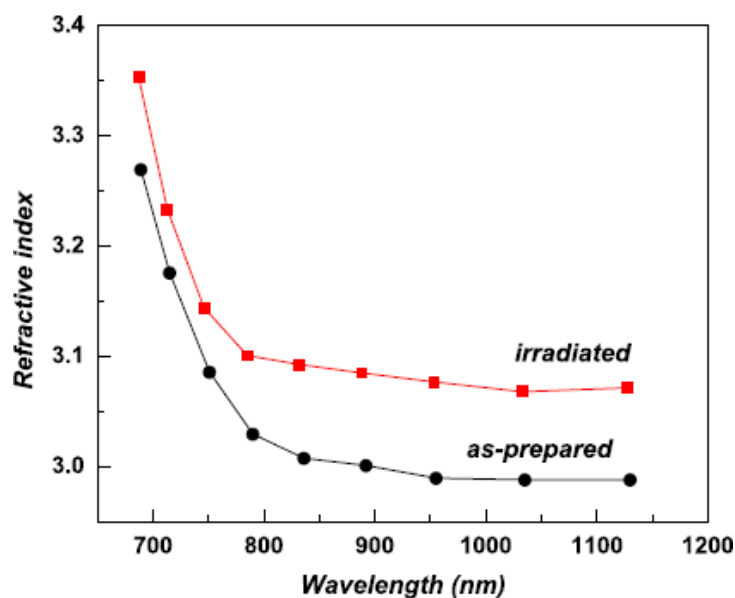


Рисунок 9. Зависимость от оптической ширины запрещенной зоны и параметра Тауца (освещенная вставка) во время экспозиции.

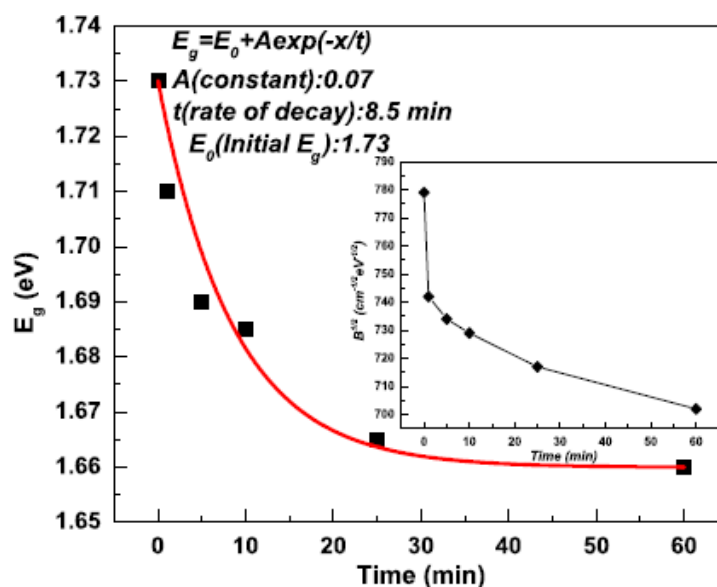
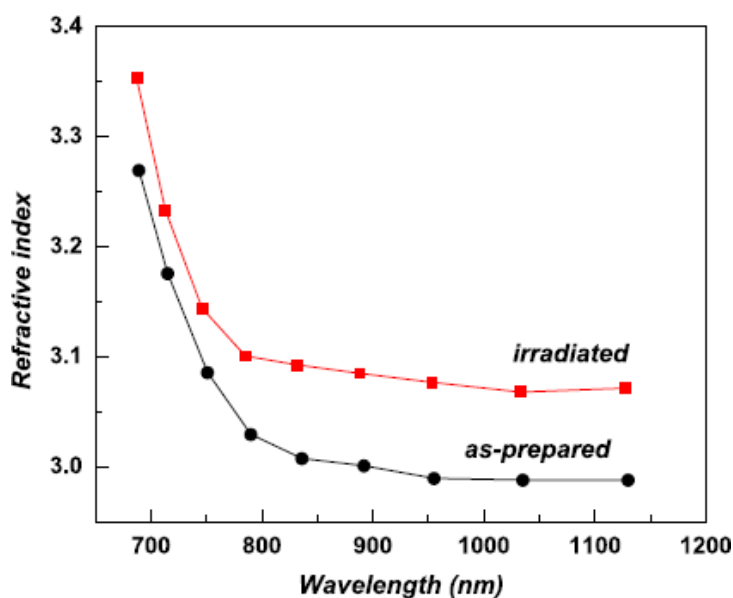


Рисунок 10. Зависимость показателя преломления от времени экспозиции.



Вид зависимостей, представленный на Рисунок 9 и 10, свидетельствует о существовании двух устойчивых состояний стеклообразной структуры As-Se, различающихся, по крайней мере, величиной оптической ширины запрещенной зоны и показателя преломления. Это означает, что эти зависимости насыщены экспозицией в течение длительного времени. Однако в рецензируемой работе наблюдались изменения не только оптических свойств.

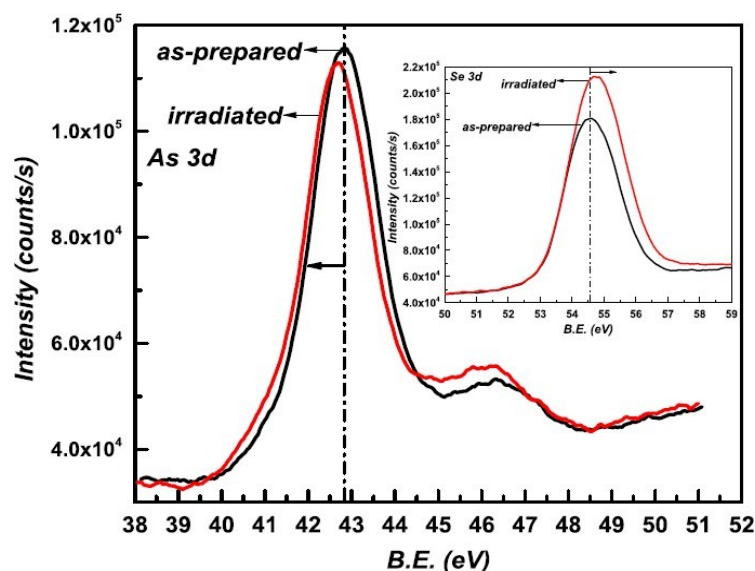


Рисунок 11. Электронные линии As 3d и Se 3d до и после облучения [69].

В результате анализа ХПС-спектров было установлено, что химические связи в пленке перестраиваются по следующей схеме при облучении: то есть увеличивается процент гомополярных связей за счет распада гетерополярных. Кроме того, было обнаружено, что воздействие света с длиной волны 532 нм способствует окислению поверхности [24]. Это видно по росту пика мышьяка в структуре As, соответствующему химическому сдвигу линии [25].

Краткое содержание.

Таким образом, на основании обзора литературных данных, мы можем контролировать качественные ХГС без таких недостатков, как загрязнение летучими компонентами прекурсоров, возможность загрязнения пленки твердыми частицами и каплями, малая толщина материала мишени, низкая скорость роста пленки и др. Показана необходимость и актуальность поиска новых подходов к получению пленок. последующие внешние воздействия. Изменение состава пленок ХСП достигалось изменением типа плазменного разряда и подводимой энергии, а также температуры прекурсора. Температура источников элементарных веществ варьировалась в следующих пределах: $\text{TiO}_2 = 370\text{--}410^\circ \text{C}$, $\text{PbTe} = 500\text{--}590^\circ \text{C}$, $\text{T (Se)} = 300\text{--}385^\circ \text{C}$, $\text{PbSe} = 160\text{--}180^\circ \text{C}$ и плазмы мощность от 0 до 50 Вт.

Использованная литература:

1. O.O. Mamatkarimov, B.H. Kuchkarov, N.Yu. Sharibaev, A.A. Abdulkhayev “Influence Of The Ultrasonic Irradiation On Characteristic Of The Structures Metal-Glass-Semiconductor” European Journal of Molecular & Clinical Medicine 2021/1/1 8/01 str 610-618.

2. B.Kh.Kuchkarov, O.O.Mamatkarimov. “Influence of ultrasonic action on the rate of charge formation of the inversion layer in metal-glass-semiconductor structures” Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki 2019 y 29/4 str 125-134.
3. S.I. Vlasov, A.V. Ovsyannikov, B. Kh. Kuchkarov “Influence of thermo cyclic treatments on SiO₂-Si interface properties in Al-SiO₂-n-Si structures” Uzbekiston Fizika Zhurnali 2012 y 14/1 str 20-22.
4. Б.Х. Кучкаров “Влияние ультразвукового воздействия на скорость формирования заряда инверсионного слоя в структурах металл-стекло-полупроводник Вестник КРАУНЦ” Физико-математические науки 2019y 29/4 стр 125-134.
5. B.Kh. Kuchkarov, O.O Mamatkarimov, A.A. Abdulkhayev “Relaxation dependence of the capacity of a three-layer structure in the process of charge formation of an inversion layer” Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology 2019 y 1/6 str 26-33.
6. S. Zaynobiddinov, B.Kuchqarov “Development of effective methods of teaching theoretical electrotechnics Web of Scientist” International Scientific Research Journal 14/4/2022 y 3/4 str 431-437.
7. B. Kuchkarov, A. Abdulkhayev “Factors providing the efficiency of semiconductor lasers” Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology 2022 y 3/5 str 48-52.
8. SI Vlasov, FA Saparov, B Kh Kuchkarov “ Effect of the semiconductor-insulator interface on the characteristics of the metal-insulator-semiconductor structures ” Uzbekiston Fizika Zhurnali 2009 y 11/3 str 203-206.
9. B.H. Kuchkarov, O.O. Mamatkarimov, A.A. Abdurkarimov, A. Khalmirzayev, and D.M. Mirtojdiyeva “Influence of All-Round Compression on Formation of the Mobile Charge in Lead-Borosilicate Glass Structure” AIP Conference Proceedings 2432, 030039 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0089980> 2432, 030039 © 2022 Author(s)..
10. Б.Х. Кучкаров, М. Кахаров “МДП-структура и ультразвук” Экономика и социум 2019 г. 12/ (67) стр 623-626.
11. D.E. Nazirov, S.I. Vlasov, B. Kh. Kuchkarov, K.U. Bobokhuzhaev “Influence of gadolinium on the electric properties on the interphase boundary of silicon-silicon oxide” Science and world 9/2013y 12/88 str 26-28.
12. О.О. Маматкаримов, Р.Х. Хамидов, Р.Г. Жабборов, У.А. Туйчиев, Б.Х. Кучкаров “Релаксационные изменения подвижности и концентрации носителей заряда в Si с глубокими примесными уровнями при воздействии импульсного давления” Физическая инженерия поверхности 2012.
13. B. X. Qo'chqarov, A. Nishonov, X.O. Qo'chqarov “The effect of tunneling current on the speed surface generation of charge carriers” Scientific Bulletin of Namangan State University 2019y 1/7 str 3-6.
14. B.Kuchkarov. O. Mamatkarimov, A. Abdulkhayev, ICECAE IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 012027 “Influence of the ultrasonic irradiation on characteristic of the structures metal-glass-semiconductor”, (2020) y. Paper ID 116.
15. B.X. Qo'chqarov, A.Nishonov, X.O. Qochqarov, Scientific bulletin of Namangan State University, “The effect of tunneling current on the speedd surface generation of charge garries”, (2020)y. 1(7), 3-6.

16. S. I. Vlasov, D. N. Nazirov, B.K. Kuchkarov, K.U. Bobokhujayev, "Influence of all-round compression on formation of the mobile charge in lead-borosilicate glass structure". "Uzbekiston Fizika Zhurnali", (2014) y. 3(16), 231-233.
17. B.Kh. Kuchkarov, O.O. Mamatkarimov, "Influence of ultrasonic action on the rate of charge formation of the inversion layer in metal-glass-semiconductor structures" Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki, (2019) y. 4(29), 125-134.
18. S.I. Vlasov, A.V. Ovsyannikov, B.K. Ismailov, B.H. Kuchkarov, Effect of pressure on the properties of Al-SiO₂-n-Si<Ni> structures. "Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics", (2012) y. 2(15), 166-169.
19. S.I. Vlasov, D.E. Nazirov, B. Kh. Kuchkarov, K.U. Bobokhujayev "Influence of all-round compression on formation of the mobile charge in lead-borosilicate glass structure" Uzbekiston Fizika Zhurnali 16/3 стр 231-233.
20. S.I. Vlasov, F.A. Saparov, B. Kh. Kuchkarov "Effect of the semiconductor-insulator interface on the characteristics of the metal-insulator-semiconductor structures" Uzbekiston Fizika Zhurnali 2009 y. 11/3 str. 203-206.
21. B.T.Abdulazizov, G.Gulyamov, P. J. Baymatov, Sh. T. Inoyatov, M. S. Tokhirjonov and Kh. N. Juraev//Peculiarities of the Temperature Dependence of the Chemical Potential of a Two-dimensional Electron Gas in Magnetic Field// SPIN Vol. 13, No. 1 (2022) .pp (2-7), <https://doi.org/10.1142/S2010324722500023>.
22. B.T. Abdulazizov/Cyclotron mass of an electron in strong magnetic fields in a wide InAs quantum well/ *Eurasian Journal of Physics and Functional Materials* (2022), 6(1), pp 32-37, doi.org/10.32523/ejpfm.2022060103.
23. G.Gulyamov, B.T.Abdulazizov, P.J.Baymatov.Three-band simulation of the g-factor of an electron in an InAs quantum well in strong magnetic fields .Journal of Nanomaterials ,Volume (2021), Article ID pp (559-563), <https://doi.org/10.1155/2021/5542559>.
24. P.J. Baymatov, B.T. Abdulazizov. Concentration dependences of the electron effective mass , Fermi energy, and filling of subbands in doped InAs/AlSb quantum wells.Украинский Физический Журнал. Ukr. J. Phys.2017. Vol. 62, No. 1, стр 46-50 , <https://doi.org/10.15407/ujpe62.01.0046>.
25. G Gulyamov, BT Abdulazizov. On the thermodynamics of a two-dimensional electron gas with non-parabolic dispersion. World Journal of Condensed Matter Physics.pp 294-299. doi: [10.4236/wjcmp.2016.64028](https://doi.org/10.4236/wjcmp.2016.64028).