

Ա.Մ. ՍԵԴՐԱԿՅԱՆ

**ԿԵՆՍԱԲԺՇԿՈՒԹՅԱՆ ՄԵՋ ՄԱԿԱԲՈՒՅԾՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ԵՎ ԳՐԱՆՑՄԱՆ ՄԻ ԵՂԱՆԱԿ**

Առաջարկվում է զգայուն մի եղանակ՝ գրանցելու կենդանի օրգանիզմներում հիվանդ բջիջների ֆիզիկական պարամետրերը, որոնք ախտահարվել են միկրոբակտերիաներով և օրգանիզմում հարուցել տարբեր հիվանդություններ: Ճշգրիտ չափումների արդյունքները կարևոր են բարորակ և չարորակ հիվանդությունների բուժման համար, որոնց բուժումը սովորական եղանակներով աշխատատար է կամ էլ՝ անհնար:

Առանցքային բաներ. օպտիկական չափում, ակտիվ միջավայր գիրոտրոպիա, ուժեղացնող միջավայր, կենսաբժշկություն:

А.М. СЕДРАКЯН

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ СВЕРХМАЛЫХ
ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В БИОМЕДИЦИНЕ**

Рассматривается чувствительный метод регистрации больных клеток тканей живых организмов, пораженных микробактериями. На основе точных измерений и регистрации сигнала предлагается простой и эффективный метод для лечения доброкачественных, а также злокачественных опухолей, трудно поддающихся (или не поддающихся) лечению.

Ключевые слова: оптическое измерение, оптическая активность, гиротропия, усиливающаяся среда, биомедицина, офтальмология.

УДК 533.9:621.38

Ж.Р. ПАНОСЯН, А.С. СААКЯН, А.Т. АБРААМЯН

**ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ПРЕЛОМЛЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ТОНКИХ
ПЛЕНОК НА ПОВЕРХНОСТИ ГЕРМАНИЯ**

Кратко изложена технология получения и исследования алмазоподобных углеродных пленок на поверхности Ge. Проведено сравнение экспериментальных данных показателя преломления с теоретическими работами по увеличению дисперсии в различных средах. Сделана попытка объяснения полученных результатов.

Ключевые слова: углеродные пленки, физические основы коэффициента преломления, эллипсометрия, поверхность Ge.

Введение. Современные тенденции в развитии тонкопленочных технологий неизбежно ведут к резкому уменьшению толщин создаваемых наноструктур. Это предъявляет повышенные требования к аналитическим методам контроля параметров тонких слоистых структур в процессе их изготовления, в первую оче-

редь, к толщине слоя. Существует обширный арсенал методов такого контроля, но особое место в этом ряду занимает эллипсометрия [1]. Возникновение метода эллипсометрии восходит к работам Пауля Друде, где были сформулированы ее основные принципы, и отражение поляризованного света использовалось для измерения оптических констант металлов [2]. Суть метода заключается в следующем: на исследуемый образец падает плоско поляризованная волна, которая после отражения становится в общем случае эллиптически поляризованной (рис.1). Параметры эллипса поляризации, т.е. ориентация его осей и эксцентриситет, определяются оптическими свойствами отражающей структуры и углом падения (ϕ) света. В эксперименте измеряется отношение комплексных коэффициентов отражения для двух типов поляризации световой волны: в плоскости падения (P) и перпендикулярно к ней (S). Это отношение принято выражать через эллипсометрические параметры (ψ) и (Δ), которые характеризуют относительное изменение амплитуд для (p) и

(s) поляризаций и сдвиг фаз между ними [3]:

$$\operatorname{tg} \Psi \cdot \exp(i \Delta) = R_p / R_s. \quad (1)$$

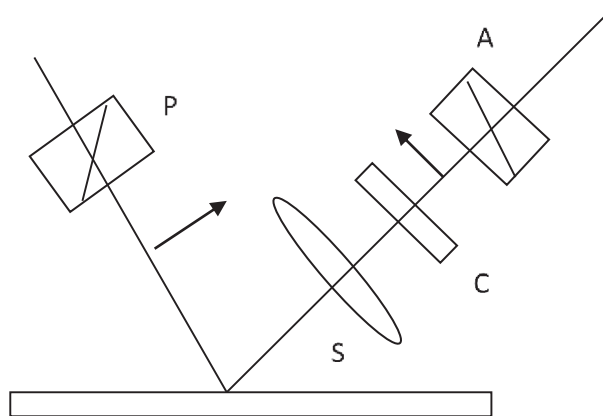


Рис. 1. Схема эллипсометрических измерений: P- поляризатор, S - отражающая пленка, C - компенсатор, A-анализатор

Эллипсометрические измерения оказываются более информативными, чем фотометрические, так как одновременно измеряются сразу две величины: амплитудный (ψ) и фазовый (Δ) параметры. Поэтому из уравнения (1) можно определить два параметра, описывающих коэффициенты отражения R_s и R_p . Эти величины одновременно определяют толщину тонких пленок на поверхности образца, коэффициенты преломления алмазоподобных углеродных пленок (АУП), нанесенных на поверхность Si, а также наноструктурные свойства [4,5].

1. Получение наноструктурных пленок на поверхности Ge и измерения их показателя преломления. В лаборатории “Гелиотехники” НПУА разра-

ботана методика получения и исследования наноструктурных углеродных пленок [6,7]. Полученные АУП обладают уникальными оптическими, механическими и тепловыми свойствами, устойчивы к химическому и радиационному воздействиям.

Разработанная технология получения углеродных пленок позволяет произвести замену Si в устройствах микроэлектроники, в световых фотоэлектрических преобразователях и в производстве других приборов фотоники. Внедрение различных наноструктур в углеродные пленки в зависимости от выбора режима технологии получения создает новые возможности их применения [7]. Данные технологии получения АУП и их многочисленные модификации могут послужить базой для создания новых материалов для полупроводниковых элементов. Получение АУП из газовой фазы при низких температурах описано в многочисленных работах, к примеру, [6-8].

Алмазоподобные углеродные пленки получают в вакуумной камере, в которой установлены линейный ионный и радиально магнетронный источники, которые ответственны за рост и свойства получаемых пленок. Проводился контроль энергии и состава плазмы и толщины пленки в процессе ее роста. Руководство и контроль получения АУП осуществляют при помощи компьютера.

Образованная из дешевых углеводородов и газов Ar и N₂ плазма полностью сосредоточена в вакуумной камере, а получаемые при ее помощи различные нанопленки и устройства полностью безвредны, так как их изготавливают из различных гибридных атомов чистого углерода и безвредных компонентов.

Углерод создает различные аллотропные соединения, как похожие, так и резко отличающиеся друг от друга. К примеру, проводящий графит и графен, или же изоляторы, как алмаз и алмазоподобная пленка.

Разработанная в лаборатории "Гелиотехники" НПУА технология позволяет изменить удельное сопротивление и прозрачность пленок в широком интервале в зависимости от наноструктуры пленок [7]. С помощью этой технологии можно получить многослойные пленки, осаждая их на поверхности полупроводников, металлов, на органических и неорганических стеклах с целью изменения коэффициента отражения, одновременно защищая поверхность от нежелательных воздействий [8]. Осаждение наночастиц серебра позволяет в широких пределах изменять физические свойства полученных пленок [9].

Изменение наноструктуры вещества и, в особенности, углеродных пленок - сложный, а иногда и самопроизвольно протекающий процесс. Разработанный технологический процесс дает возможность получить углеродную пленку с нужной наноструктурой и показателями преломления, а также с другими физическими свойствами.

На рис.2 показаны спектральные зависимости коэффициентов преломления в зависимости от технологических параметров получения углеродных пленок, мощности ионного источника и содержания азота (N₂) в процентном содержа-

нии в смеси газов, подаваемых в ионный источник. Приведенные кривые получены на пленках с различной наноструктурой углерода, осажденных на Ge p-типа проводимости, вырезанных из одной пластины. Из рисунка видно, что зависимость коэффициента преломления n у пленок разная, но при $\lambda=830$ нм коэффициент преломления от $n=1,2$ возрастает до $n=2,8$.

На рис. 2 также показано, что у одного и того же образца n можно изменять от 1,2 до 2,8 в спектральном интервале 250...830 нм. Такие большие изменения коэффициента преломления в одном и том же образце дают возможность использовать его в фотонике.

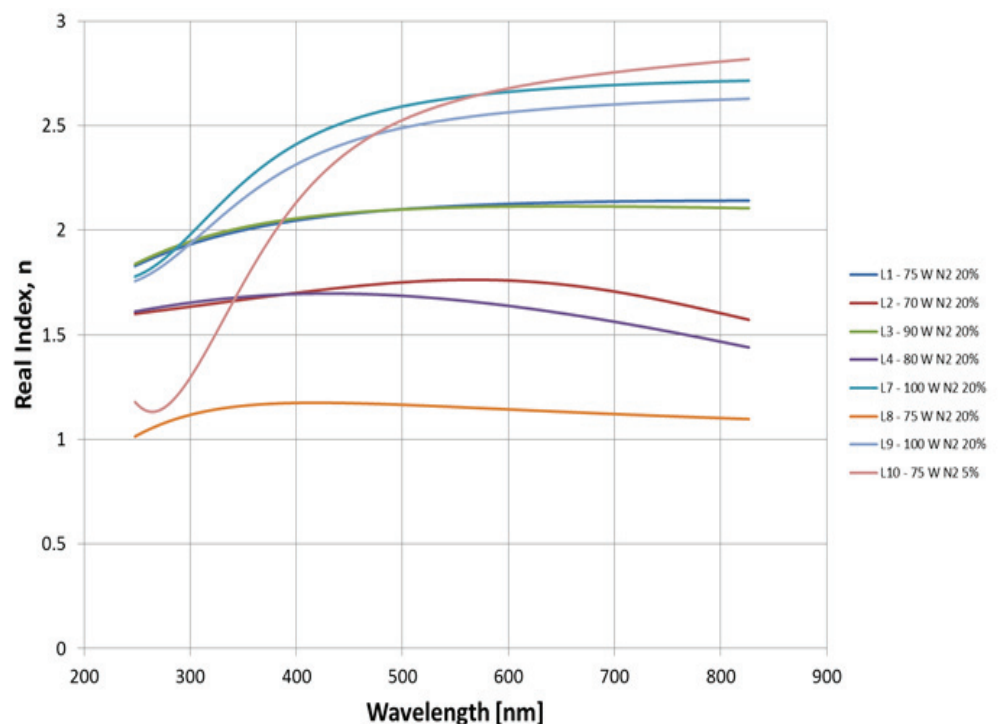


Рис. 2. Спектры коэффициентов преломления n в зависимости от технологических параметров получения углеродных пленок

Наноструктура углеродной пленки, полученная на поверхности (10 x 14 мкм) полупроводника Ge p-типа проводимости, показана на рис.3 для образца L9, имеющего наибольший коэффициент преломления в области спектра от 300 до 500 нм (см. рис. 2). На этой поверхности видны значительные равномерные распределения углеродных наноструктур, имеющие размеры в среднем 10 нм.

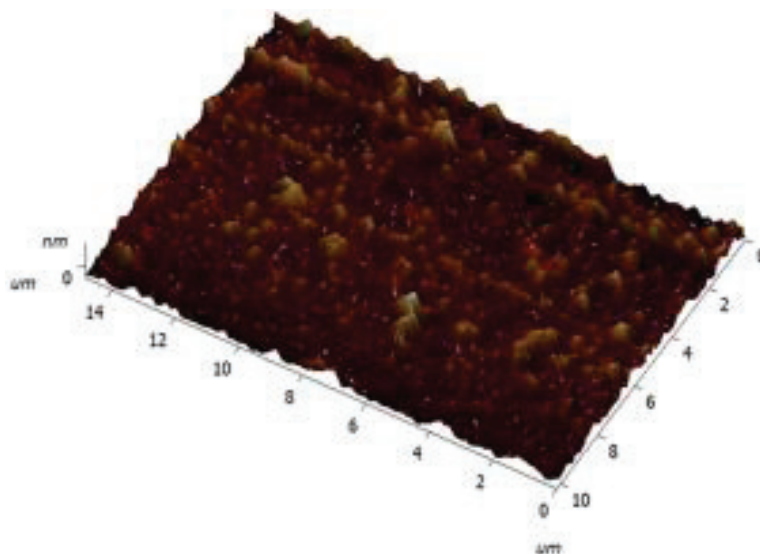


Рис. 3. Вид поверхностной морфологии углеродной пленки образца L9, полученной с помощью атомно-силовой микроскопии

На рис.4 приведены спектральные зависимости 5 пленок АУП, полученных при одинаковых технологических процессах. Их графики спектральной зависимости практически повторяются, различие в пределах 1...2%, что указывает на хорошую воспроизводимость разработанной технологии.

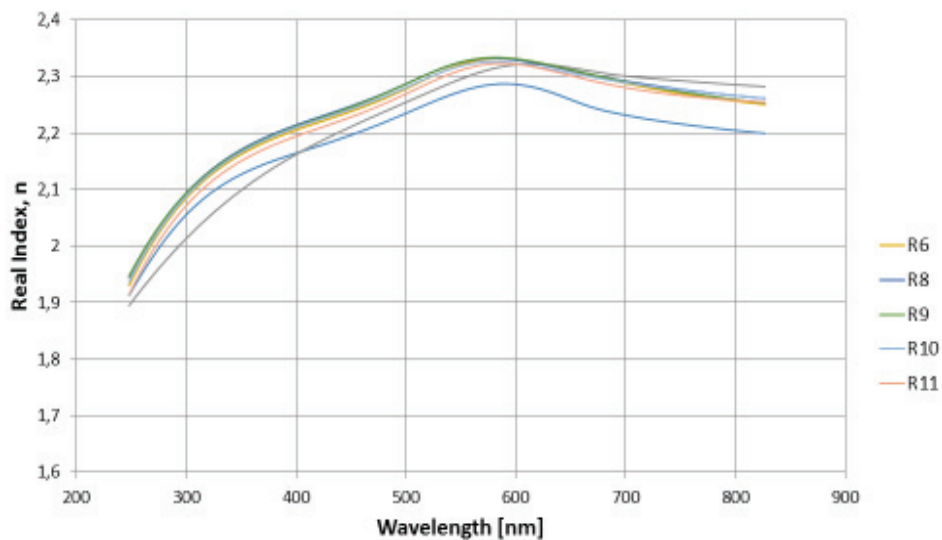


Рис. 4. Спектральные зависимости коэффициентов преломления АУП, осажденных на поверхности Ge при одинаковых технологических процессах

2. Физические основы изменения коэффициента преломления. В настоящее время теоретическая возможность получения высокого показателя преломления рассматривается в работе [10]. Вкратце напомним основные из них.

1. Увеличение показателя преломления при помощи внешнего резонатора.
2. То же, в условиях прозрачности, наведенной электромагнитным полем.
3. Высокий показатель преломления в гетерогенной оптической структуре с металлическими наночастицами.

Анализируя результаты, полученные на рис.2, можно отметить, что рост показателя преломления в основном зависит от мощности плазменного потока и практически не зависит от концентрации азота. Из перечисленных выше условий только второе условие, возможно, объясняет полученные результаты.

В пользу второго условия говорит факт зависимости показателя преломления от частоты падающего света (рис. 3).

Рост показателя преломления от мощности потока плазмы можно объяснить следующим образом. С увеличением мощности увеличивается число микрокристаллов алмаза на поверхности Ge, которые, соединяясь друг с другом, образуют непрерывную пленку. Так как кристаллы имеют разные размеры и ориентацию, то под действием падающей волны некоторые из них попадают в резонанс, создавая тем самым условия для увеличения показателя преломления, как в двухуровневой системе атомов.

Недостатком двухуровневой системы является тот факт, что при максимальном показателе преломления наблюдается максимальное поглощение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аззам Р., Башара Н.** Эллипсометрия и поляризованный свет. - М.: Мир, 1981.
2. **Drude P.** // Ann. Physiks. - 1889-. В 36.- S.532.
3. **Швец В.А., Спесивцев Е.В., Рыхлицкий С.В., Михайлов Н.Н.** // Российские нанотехнологии. – 2009. – Т.4.
4. **Gharibyan A., Hayrapetyan D., Panosyan Zh., Yengibaryan Ye.** Preparation of wide range refractive index diamond –like films by means of plasma- enhanced chemical vapor deposition // Applied Optics. - 2011.- V.50, N 31.- P.69.
5. **Швец В.А., Спесивцев Е.В.** Эллипсометрия: Учебно-методическое пособие.- 2012.
6. **Panosyan Zh.R., Meliksetyan A.V., Voskanyan S. S., Yengibaryan Y.V., Sahakyan A.A., Darbasyan A.T.** // Diamond & Related Materials.- 2006. - V.15.- P. 394.
7. **Panosyan Zh.R., Darbasyan A.T., Voskanyan S.S., Yengibaryan Y.V.** // Journal of contemporary physics.-2014.-V.-49.- P. 425.
8. **Panosyan Zh.R., Khachatryan A.Zh., Hayrapetyan D.B., Voskanyan S.S., Yengibaryan Y.V.** // Journal of contemporary physics.-2015.-V.50.- P. 96.
9. **Айрапетян Д.Б., Паносян Ж.Р., Тулешов Ю.Ж.** Исследование комбинационного рассеяния излучения тонкопленочным аморфным кремнием, легированным наночастицами серебра // Вестник НПУА.-2015.- Ч.1.- С.40.

10. **Займидорога О.А., Самойлов В.Н.** Проблема получения высокого показателя преломления и оптические свойства гетерогенных сред // Физика элементарных частиц и атомного ядра. - 2002.- Т.33, вып.1- С.101-144.

Ժ.Ռ.ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Ա.Ս.ՍԱՀԱԿՅԱՆ, Ա.Թ.ԱԲՐԱՀԱՄՅԱՆ

**ԳԵՐՄԱՆԻՈՒՄԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻՆ ՆԱՆՈԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ
ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ԲԱՐԱԿ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ ԲԵԿՄԱՆ ՑՈՒՑԻՉՆԵՐԻ
ԷԼԻՊՍԱՄԵՏՐԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

Աշխատանքում հակիրճ շարադրված է գերմանիումի ադամանդանման ածխածնային բարակ թաղանթի ստացման և հետազոտման տեխնոլոգիան: Կատարված է բեկման ցուցչի փորձարարական տվյալների տարբեր միջավայրերում դիսպերսիայի մեծացման համեմատությունը տեսական աշխատություններում նկարագրված դրույթների հետ: Փորձ է արվում բացատրել ստացված արդյունքները:

Առանցքային բառեր. ածխածնային թաղանթներ, բեկման ցուցիչ, էլիպսամետրական հետազոտություններ, գերմանիումի մակերևույթ:

J.R. PANOSYAN, A.S. SAHAKYAN, A.T. ABRAHAMYAN

**THE ELIPSOMETRICAL INVESTIGATIONS OF THE REFRACTIVE
INDICES OF NANOSTRUCTURED CARBON THIN FILMS ON THE
SURFACE OF GERMANIUM**

The technology of production and research of diamond-like carbon coating are compared films on the surface of Ge is briefly stated. The experimental data for refractive index are compared with the theoretical works on the increase of dispersion in various media. An attempt to explain the obtained results is made.

Keywords: carbon films, refraction index, elipsometrical investigations, germanium surface.