

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н. Г. Чернышевского
Зональная научная библиотека имени В. А. Артисевич
Отдел научной информации*

Тонкие плёнки

**Методы получения,
физические свойства, применение**

**Тонкие плёнки полупроводников,
диэлектриков, металлов**

Виртуальная выставка

**Саратов
2022**

ЧАСТЫ



ИСТОРИЯ



Окружающий нас мир наполнен объектами, имеющими наноразмеры. Из них сложено почти все, попадающее на глаза, включая нас самих.

Физические явления на поверхностях конденсированных сред изучались с древности. Возможно, самое раннее письменное упоминание сведений из этой области, датированное периодом правления Хаммурапи, появилось в клинописной форме в Вавилоне (*см. слайд 5*). Определенная форма гадания, известная сегодня как леканомантия, основывалась на анализе свойств масла, вылитого в чашу с водой. Наблюдая поведение расширяющейся пленки масла, прорицатель предсказывал исход военных кампаний и течение болезней.

Обычно наблюдаемым феноменом в природе, который встречается у разных растений и животных, является интерференция в тонких плёнках. Одно из первых известных исследований этого феномена было проведено Робертом Гуком в **1665** году (в работе «Микрография»). Гук постулировал, что радуга в павлиньих перьях была вызвана тонкими чередующимися слоями пластины и воздуха. За **9** лет до этого Роберт Бойль исследовал цвета тонких плёнок в мыльных пузырях.

Многие исследователи отмечали тот факт, что морские волны можно успокоить, выливая масло в море. В частности, Бенджамин Франклин был знаком с предложенным Плинием объяснением этого факта, когда в **1774** году начал свои эксперименты во время одного из своих многочисленных посещений Англии. Аппаратура Франклина состояла из полой бамбуковой палочки, верхняя часть которой была заполнена маслом. «...Я достал бутылочку с маслом и, вылив несколько его капель на воду, увидел, как оно удивительно быстро растеклось по поверхности... масло, хотя его было не больше чайной ложки, мгновенно успокоило волнение на площади в несколько квадратных ярдов...» (*см. слайд 6*). Интересно, что Франклин не выполнил простейших вычислений, которые привели бы его к заключению, что толщина пленки составляет всего около одного нанометра.

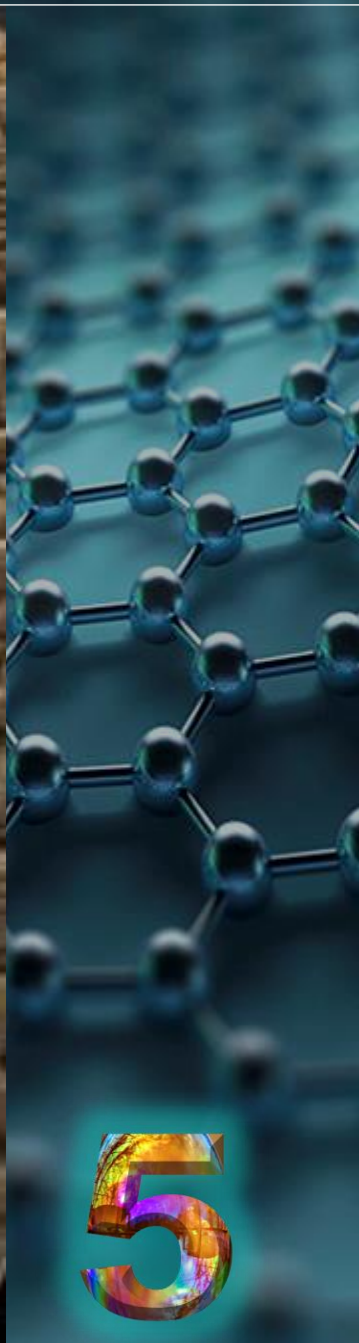
В **1877** году Джозайя Уиллард Гиббс опубликовал в «Трудах Коннектикутской академии» вторую часть своей монументальной работы «Равновесие гетерогенных веществ». Эта работа, которая справедливо рассматривается как выдающееся достижение науки XIX века, заложила математический фундамент термодинамики и статистической механики. Как часть этой программы Гиббс полностью описал термодинамику поверхностных фаз. Все последующие работы в этой области содержали главным образом разъяснение его довольно сложного изложения вопроса.

Несмотря на большое значение этих исследований, только в первые годы прошлого столетия благодаря усилиям Ирвина Лэнгмюра наука о поверхности выделилась в специальную область исследований. Наибольшее внимания заслуживают, конечно, его работы по изучению двумерного мира мономолекулярных пленок, выполненные совместно с Катрин Блоджетт (*см. слайды 9, 10*). В **1932** году Шведская академия наук присудила Лэнгмюру Нобелевскую премию за «Выдающиеся открытия и разработки в области химии поверхности» (*см. слайды 7, 8*). С началом **XXI** века развитие нанотехнологий связывают с новым материалом – графеном. Графен представляет собой лист из атомов углерода с гексагональной упаковкой, а его кристаллическая решётка составлена из двух взаимопроникающих треугольных решёток Бравэ.

Достаточно хорошо изученный графит можно представить как стопку листов графена, соединённых между собой слабыми ван-дер-ваальсовыми силами. В **1970 – 1980-х** годах нескольким группам исследователей удалось провести осаждение одного слоя графита (графена) на поверхности различных материалов. Более перспективный метод получения графена – метод микромеханического отщепления его от графита (техника «клеякой ленты»). Графеновый лист был получен в свободном состоянии в **2004** году Андреем Геймом, Константином Новосёловым и их коллегами.

Нобелевская премия по физике **2010** года присуждена Гейму и Новосёлову «за новаторские эксперименты по исследованию двумерного материала графена» (*см. слайды 11, 12*). Это присуждение является примером бесспорной премии, когда нет сомнений в приоритете исследователей, сделавших открытие, в важности проведённой работы и её значимости для будущих исследований. Весьма вероятно, что за исследования графена будет присуждена ещё не одна Нобелевская премия. Начиная с **2010** года количество работ, посвящённых графену, стало возрастать лавинообразно.





Tabor, D. Babylonian lecanomanancy: An ancient text on the spreading of oil on water / D. Tabor. – DOI: 10.1016/0021-9797(80)90366-5. – Текст : непосредственный // Journal of Colloid and Interface Science. – 1980. – Vol. 75, No 1. – P. 240-245 : 1 Fig. – Bibliogr. P. 245 (4 ref.). – ISSN 0021-9797. – Имеется электронная версия: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0021979780903665> (дата обращения: 20.02.2022). – Режим доступа : по подписке.

Babylonian Lecanomanancy: An Ancient Text on the Spreading of Oil on Water

D. TABOR

Physics and Chemistry of Solids, Cavendish Laboratory, Madingley Road, Cambridge, United Kingdom

Received August 30, 1979; accepted October 16, 1979

I am very glad to add my tribute in this Festschrift to the work of Professor Zettlemoyer. He has long been engaged in the study of adsorption on surfaces and is particularly well known for his investigations of the wetting properties of various (rather messy) liquids. It seems, therefore, not inappropriate to describe here the earliest written record of the spreading of oil on water. It is fairly well known to scholars of antiquity but not, I believe, to scientists or even to historians of science (see, however, the Note added in proof).

BACKGROUND

Between the Tigris and Euphrates lies a fertile area known to orientalists as Babylonia and Assyria so named after the two main capital cities, Babylon in the South (Babylonia) and Ashur in the North (Assyria). The Greeks, who had a word for most things, called it Mesopotamia (meso = between, potamos = river). It retained this name throughout the western world until the end of World War I when it acquired its present name, Iraq.

One of the earliest civilizations of which we have records was that of the Sumerians who flourished in Southern Mesopotamia around 3200 B.C. They are credited with having invented the oldest known written language. They wrote in clay with a suitable stylus and if a permanent record was required the clay could be baked and the inscriptions so preserved. The writing

apparently began in a pictorial form and gradually developed into stylized form consisting of linear incisions made with a wedge-shaped stylus. In this form it is known as cuneiform (Latin *cuneus* = wedge).

Sumerian has no known connections with other linguistic sources. Many of the basic words were monosyllabic: as a result a "sign" could serve both as a word and as a syllable. In this way longer words or words for which specific signs did not exist could be spelled out in terms of existing syllabic signs.

Around 2000 B.C. Sumer was overrun and gradually dominated by the Akkadians who brought with them their spoken, Semitic language but no form of writing. They therefore adopted and adapted the Sumerian cuneiform to suit their own needs. In some cases an "ideogram" might be adopted to mean the same thing as in Sumerian although it would be pronounced as an Akkadian word. This resembles the use, in Japanese, of Chinese characters; the character has the same meaning in both languages but is usually pronounced differently in both. In syllabic writing they took over the sound (or "value") of the Sumerian signs and combined these phonetically to produce the sound of the required Akkadian word.

One of the most famous Akkadian rulers was Hammurabi. He is known to orientalists for his Code (1758 B.C.) which deals largely with the laws of property and of damages.

240

0021-9797/80/050240-06\$02.00/0
Copyright © 1980 by Academic Press, Inc.
All rights of reproduction in any form reserved.

Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 75, No. 1, May 1980



PHILOSOPHICAL
TRANSACTIONS,
GIVING SOME
ACCOUNT

OF THE
Present Undertakings, Studies, and Labours,
OF THE
INGENIOUS,
IN MANY
Considerable Parts of the WORLD.

VOL. LXIV. For the Year 1774.
PART I.

Notes 15 217 wanting p.



[445]

XLIV. Of the stilling of Waves by means of Oil. Extracted from sundry Letters between Benjamin Franklin, LL. D. F. R. S. William Brownrigg, M. D. F. R. S. and the Reverend Mr. Farish.

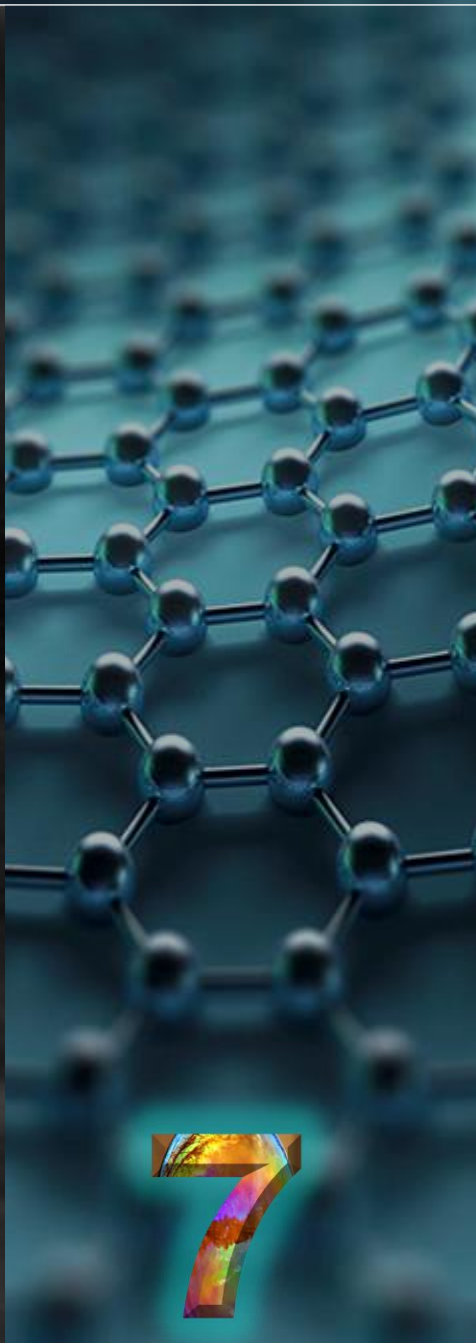
Extract of a Letter from Doctor BROWNRIGG to Dr. FRANKLIN, dated Ormathwait, January 27, 1773.

Redde, June 2, 1774. **B**Y the enclosed from an old friend, a worthy clergyman at Carlisle, whose great learning and extensive knowledge in most sciences would have more distinguished him, had he been placed in a more conspicuous point of view, you will find that he had heard of your experiment on Derwent Lake, and has thrown together what he could collect on that subject; to which I have subjoined one experiment from the relation of another Gentleman.

Extract of a Letter from the Reverend Mr. FARISH, to Dr. BROWNRIGG.

I some time ago met with Mr. Dun, who surprised me with an account of an experiment you had tried upon the Derwent water, in company with Sir

Franklin, B. Of the Stilling of Waves by means of Oil. Extracted from Sundry Letters between Benjamin Franklin, LL. D. F. R. S. William Brownrigg, M. D. F. R. S. and the Reverend Mr. Farish. / B. Franklin, W. Brownrigg, R. Mr. Farish. – Текст : непосредственный // Philosophical Transactions (1683-1775). – 1774. – Vol. 64. – P. 445–460. – Имеется электронная версия: <http://www.jstor.org/stable/106023> (дата обращения: 25.02.2022). – Режим доступа : свободный.



Langmuir, I. Surface Chemistry / I. Langmuir. – DOI: 10.1021/cr60045a001. – Текст : непосредственный // Chemical Reviews. – 1933. – Vol. 13, Iss. 2. – P. 147-191 : 1 Tab., 2 Fig. – Bibliogr.: P. 189-191 (37 ref.). – ISSN 0009-2665 (Print Edition). – ISSN 1520-6890 (Web Edition). – Имеется электронная версия: <https://doi.org/10.1021/cr60045a001> (дата обращения: 17.02.2022). – Режим доступа : по подписке.

SURFACE CHEMISTRY¹

IRVING LANGMUIR

Research Laboratory, General Electric Co., Schenectady, New York

Received August 14, 1933

The phenomenon of adsorption has been known and has been studied for many years. For example, Sir James Dewar found that charcoal cooled in liquid air was capable of taking up very large quantities of such gases as oxygen and nitrogen. This was known to be a surface action depending on the very fine state of division of the charcoal.

The effect of soap in lowering the surface tension of water depends upon the presence of a higher concentration of soap molecules in the surface layer than in the solution.

Willard Gibbs proved thermodynamically that there is a general relation between the surface adsorption, the lowering of the surface tension, and the concentration of the solution. The equation that he deduced can readily be put in the form

$$\frac{dF}{d(\ln p)} = \sigma kT \quad (1)$$

where p is the partial pressure of the vapor of the adsorbed substance in equilibrium with the surface of the liquid, or it may be the partial osmotic pressure of a substance dissolved in the liquid, σ is the number of molecules adsorbed on the surface per unit area, T is the absolute temperature, and k is the Boltzmann constant, 1.37×10^{-16} erg deg.⁻¹, and F , which may be called the spreading force, is given by

$$F = \gamma_0 - \gamma \quad (2)$$

¹ This paper was presented as the Nobel Lecture in Chemistry in Stockholm on December 14, 1932. It is designed to summarize the author's contributions and present views in this field, but does not adequately describe the work of others.

8474^I

51

47.

4617

ПРОБЕЖНО 48 Т.

PROCEEDINGS

OF

THE ROYAL SOCIETY



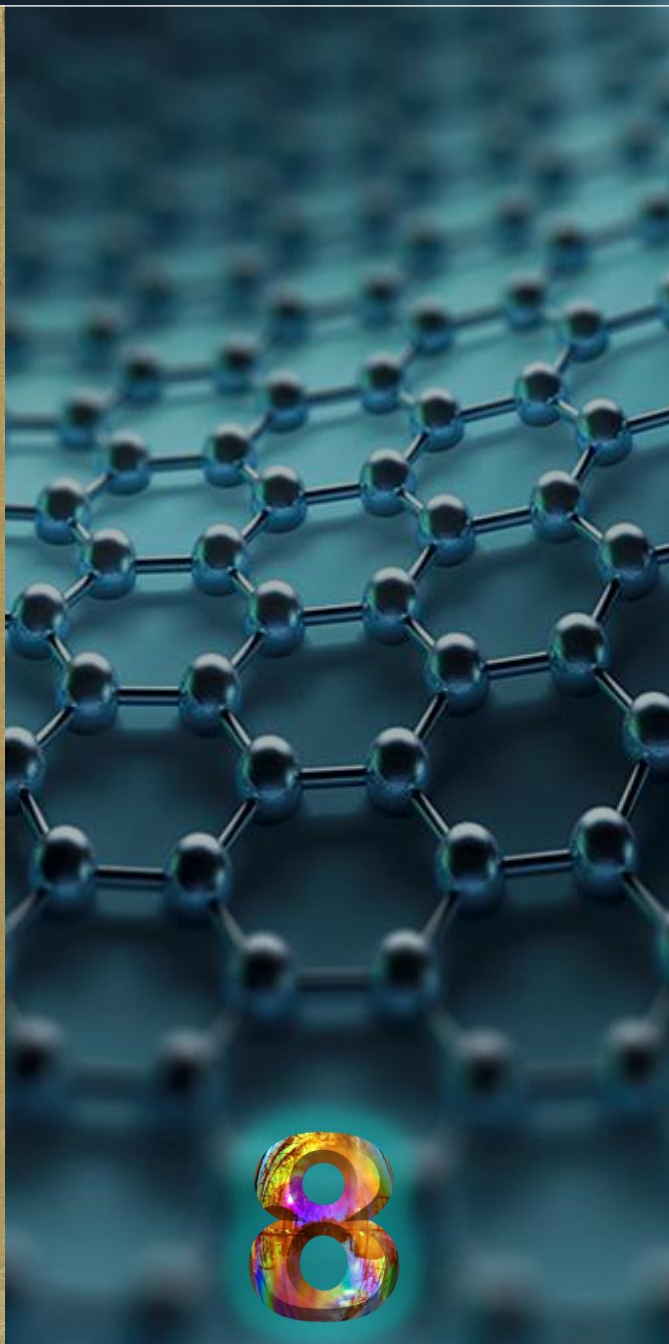
Series A Mathematical and Physical Sciences
 No 940 16 March 1939 Vol 170

LONDON

Printed and published for the Royal Society
 By the Cambridge University Press
 Bentley House, N.W. 1

Price Nine Shillings

708.

Downloaded from <https://royalsocietypublishing.org/> on 16 February 2022

PILGRIM TRUST LECTURE

Molecular layers

BY IRVING LANGMUIR, FOR.MEM.R.S.

(Read 8 December 1938—Received 5 January 1939)

If fragments of camphor are placed upon a clean water surface they move about vigorously and may even be made to propel toy boats. The late Lord Rayleigh (1890*a*, 1890*c*) found that these movements stopped rather abruptly if the surface tension of the water was lowered by 21 dynes/cm. by oily contamination of the surface. The amount of olive oil needed for this purpose was surprisingly small, corresponding to a thickness of only 16 Å (16×10^{-8} cm.).

Miss Pockels (1891) proved that any amount of olive oil less than enough to give a critical thickness of about 10 Å had no effect whatever on the surface tension of water, but above this limit the surface tension decreased rapidly as the amount of oil was increased. Only 5 g. of olive oil would be needed to cover an acre of water surface with a film of this critical thickness.

Miss Pockels also showed that accidental contamination of the surface, which had previously complicated nearly all observations of surface-tension phenomena, could be eliminated by using a trough filled to the brim with water, and sweeping impurities off the surface by the motion of barriers which rested on the edges of the trough. This use of movable barriers to confine films, to compress them or to remove them from the surface, laid the foundation for nearly all the modern work with films on water.

The early theories of surface tension had been developed by physicists (Thomas Young 1805; Laplace, Gauss, etc.) who either treated liquids as continuous fluids between whose elements of volume forces acted, or considered only spherical molecules which exerted upon one another forces that varied as a function of the distance between molecular centres. Such theories naturally could not take into account the wealth of knowledge that had been accumulated by organic chemists regarding the structures of organic molecules.

Lord Rayleigh (1890*b*) gave a valuable analysis and a criticism of the classical theories of surface tension but with hardly a mention of molecules. He called attention, however, to a remarkable estimate of the range

Vol. CLXX. A. (16 March 1939) [1]

Langmuir, I. Pilgrim Trust Lecture, Molecular layers / I. Langmuir. – Текст : непосредственный // Proceedings of the Royal Society of London A. – 1939. – Vol. 170, Iss. 940. – P. 1-39: 1 Tab., 9 Fig. – Bibliogr.: P. 38-39 (56 ref.). – Имеется электронная версия: <https://royalsocietypublishing.org/toc/rspa1938/1939/170/940> (дата обращения: 16.02.2022). – Режим доступа : по подписке.

Built-Up Films of Barium Stearate and Their Optical Properties

KATHARINE B. BLODGETT AND IRVING LANGMUIR

Research Laboratory, General Electric Company, Schenectady, New York

(Received March 20, 1937)

The technique of depositing successive single layers of molecules of various stearates on a solid surface is described. Films containing 3001 layers have been built of barium-copper stearate. A photograph shows films built in a series of steps having intervals of 2 molecular layers. The contrast of the steps is plainly visible when the slide is illuminated by polarized light at angles near grazing incidence. By measuring the angles at which films containing known numbers of layers reflect minimum intensity of monochromatic light for the first five interference fringes, the thickness per layer and refractive index can be calculated with great accuracy. The thickness per layer of barium stearate was found to be 24.40 Å. The presence of traces of foreign substances in the water affect the spacing by 1 to 3 percent. The films are uniaxial crystals, the optic axis being perpendicular to the surface on which the films are built. The refractive index of the ordinary ray, n_1 , and of the extraordinary ray in a direction perpendicular to the axis, n_2 , are $n_1=1.491$, $n_2=1.551$.

Equations are given which describe the refraction of the extraordinary ray, the intensity of the rays reflected from the upper surface and from the film solid boundary, the phase change at the boundaries, Brewster's angle, and other special properties of birefringent films. The intensity of the light and dark fringes reflected by films built on a series of glasses of known refractive indices is used as a measure of n_1 . *Skeleton films.* Barium stearate films built at $\text{pH} < 7.0$ are composed of a mixture of stearic acid and neutral stearate. The stearic acid can be dissolved by benzene leaving a skeleton of stearate which is birefringent and has refractive indices much lower than those of the normal film. Measurements are given of a skeleton for which $n_1=1.30$, others for which $n_1=1.32$, $n_2=1.39$. Skeletons have been built having $n_1=1.25$ and 1.22. The skeleton for which $n_1=1.30$ had 99.2 percent of the thickness of the original film, although only 63.7 percent of its density.

AMETHOD for depositing many successive single layers of molecules on glass or metal has been described in a previous paper.¹ A monolayer of stearic acid was spread on the surface of water containing barium salts, or salts of other bivalent metals, and was transferred to the solid by a process of dipping, the stearic acid film being kept under suitable 2-dimensional pressure.

Stearic acid spreads on a water surface with the carboxyl group of each stearic acid molecule in contact with the water while the hydrocarbon chain is nearly vertical.² The monolayer therefore consists of a sheet having carboxyl groups on the under surface and CH_3 groups on the upper surface, the thickness of the sheet being determined by the length of the molecular chain and the tilt of the chain with respect to the surface. In the dipping process the first layer attaches itself by its carboxyl groups to a clean solid surface when the solid is raised out of the water, causing the surface to be dry when it emerges. The second layer attaches itself as the solid is lowered into the water, the third layer as it is raised again, and so on. Thus the dipping

process serves to fold the monolayer back and forth on itself so that the molecules in successive layers are oriented in opposite directions.

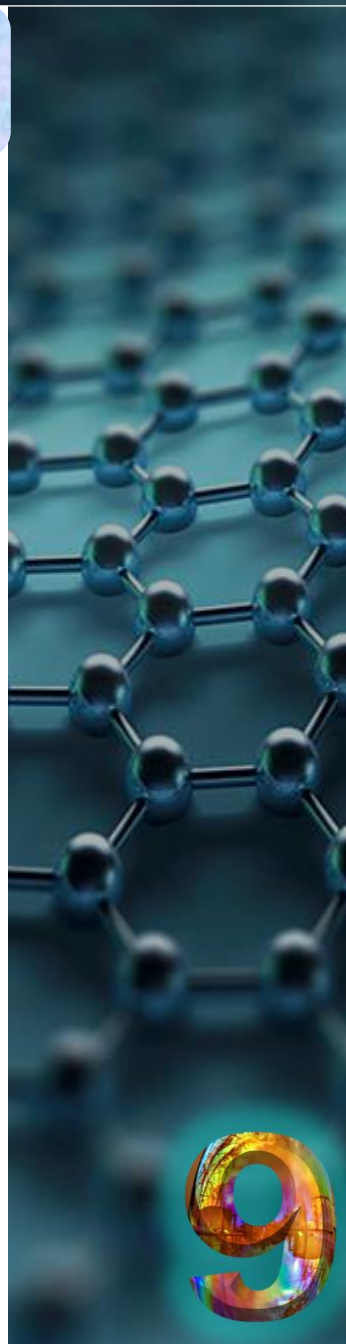
When the water on which the stearic acid spreads contains barium salts, the barium combines with the carboxyl groups of the molecules forming barium stearate. X-ray diffraction studies³ of built-up films of this type have confirmed the evidence that the $(-\text{COO})_2\text{Ba}$ groups lie in planes having a spacing which is twice the length of the molecular chain.

Three methods have been used for measuring the spacing of the molecular layers. (a) An optical method based upon the interference of light from the upper and lower surfaces of the film. This was described in the previous paper and will be further described in this paper. This method employs films having less than 500 layers, and requires a knowledge of the refractive index of the film. (b) A second optical method which has been used by Professor A. H. Compton and C. Holley to measure films built by Dr. Blodgett. A film containing a known number of layers, in the range 1000 to 3000 layers, was built on an optical

¹ K. B. Blodgett, J. Am. Chem. Soc. 57, 1007 (1935).

² I. Langmuir, J. Am. Chem. Soc. 39, 1848 (1917).

³ Clark, Sterrett and Leppla, J. Am. Chem. Soc. 57, 330 (1935); Holley and Bernstein, Phys. Rev. 49, 403 (1936).



JOURNAL

OF THE
AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

ARTHUR B. LAMB, EDITOR

ASSOCIATE EDITORS

L. H. ADAMS
J. R. BAILEY
WALLACE H. CAROTHERS
H. T. CLARKE
FARRINGTON DANIELS

REYNOLD C. FUSON
R. A. GORTNER
J. H. HILDEBRAND
E. P. KOHLER
G. E. F. LUNDELL

JAMES W. MCBAIN
W. A. NOYES
LINUS PAULING
HUGH S. TAYLOR
GEORGE S. WHITBY

CONTENTS

Proceedings.....11-18

GENERAL, PHYSICAL AND INORGANIC

Victor K. La Mer and Joseph Greenspan: An Extraction Method for the Determination of Acids and its Application to <i>p</i> -Hydroxybenzoic Acid.....	969	Katharine B. Blodgett: Films Built by Depositing Successive Monomolecular Layers on a Solid Surface.....	1007
I. M. Kolthoff: The Acidimetric Titration of <i>p</i> -Hydroxybenzoic Acid Alone and in the Presence of Acetic Acid.....	973	Frederick K. Bell: The Infra-red Absorption Spectra of Nitriles.....	1023
E. Roger Washburn and G. W. Berry: The Dimensions of the Sodium Palmitate Molecule from a Study of the Surface Tensions of Dilute Aqueous Solutions.....	975	William V. Medlin: The I-I Bond in Diphenyliodonium Iodide.....	1026
E. L. Baldeeschwieler and L. A. Mikeška: Preparation of Platinum Oxide Catalyst from Spent Material.....	977	J. C. Potts and G. K. Rollefson: The Photosynthesis of Hydrogen Chloride.....	1027
C. P. Smyth and K. B. McAlpine: The Moments and Internal Potential Energies of Two Molecules Containing Movable Dipoles.....	979	S. C. Lind, J. C. Jangera and C. H. Schillett: The Polymerization of Deutero-acetylene by α -Rays.....	1032
J. C. Southard and R. T. Milner: Low Temperature Specific Heats. V. The Heat Capacity of Tricadium Phosphate between 15 and 298°K.....	983	Howard S. Roberts: Polymorphism in the FeS-S Solid Solutions. I. Thermal Study.....	1034
Harold Gershinowitz and Henry Eyring: The Theory of Trimolecular Reactions.....	985	P. M. Ginnings and Mary Dees: Ternary Systems: Water, Allyl Alcohol and Salts at 25°.....	1038
R. W. Blue and W. F. Glaueque: The Heat Capacity and Vapor Pressure of Solid and Liquid Nitrous Oxide. The Entropy from its Band Spectrum.....	991	W. H. Rodebush and M. L. Spelman: The Recombination of Hydrogen Atoms in the Presence of Hydrogen Chloride.....	1040
Ralph C. Young: Amines of Thorium Bromide.....	997	Hallock C. Campbell and O. K. Rice: The Explosion of Ethyl Azide.....	1044
Leigh C. Anderson and C. M. Gooding: The Halochromism of Ketones. II.....	999	S. C. Lind and C. H. Schillett: Chemical Action Produced by α -Particles: The Combination of Deuterium and Oxygen.....	1051
		Notes: Arthur Osol and Martin Kilpatrick: Note on the Titration of <i>p</i> -Hydroxybenzoic Acid.....	1053
		Wendell P. Munro: The Induction Period in the Oxidation of Propane.....	1053

ORGANIC AND BIOLOGICAL

Corliss R. Kinney and Robert G. Larsen: The Behavior of Unaturated Hydrocarbons toward the Grignard Reagent at Elevated Temperatures.....	1054	ganic Compounds by Means of Bases. I. The Removal of Hydrogen Chloride from Aldochlorimines by Sodium Hydroxide. Rates of Reaction in Alcoholic Solution.....	1056
Charles R. Hauser, John W. LeMaistre and A. E. Rainford: The Removal of Hydrogen and Acid Radicals from Or-		Merrill C. Hart and Hans P. Andersen: Some Organic Mercurials.....	1059

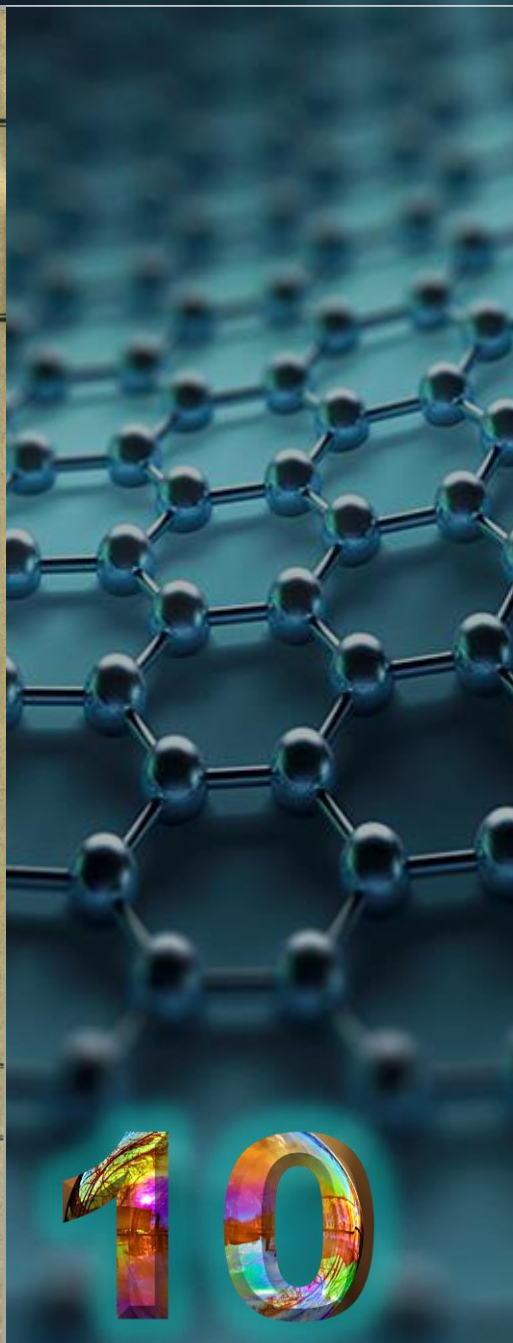
(Continued on second page of cover)

PUBLISHED MONTHLY BY THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, EASTON, PA.

CHARLES L. PARSONS, SECRETARY, MILLS BUILDING, WASHINGTON, D. C.

Manuscripts intended for publication and books suitable for review in the Journal of the American Chemical Society, and all inquiries regarding articles should be sent to the Editor, Arthur B. Lamb, Chemical Laboratory of Harvard University, 12 Oxford Street, Cambridge, Massachusetts

Entered at the Post Office, Easton, Pa., as Second-class Matter
Acceptance for mailing at special rate of postage provided for in Section 1103
Act of October 3, 1917, authorized July 13, 1918



June, 1935

DEPOSITION OF SUCCESSIVE MONOMOLECULAR LAYERS

1007

2. In addition to showing the above change, xanthone and fluorenone possess new bands in sulfuric acid solutions which are believed to be associated with the stabilization of the quinonoid structure for these compounds. Solutions of stannic chloride produce the same changes on the absorption spectrum of xanthone that sulfuric acid does.

3. The production of color with xanthone and

sulfuric acid or stannic chloride is not due to the ether oxygen.

4. The color of ketone chlorides and sulfuric acid or stannic chloride is of a different nature from that of ketones and resembles that of triarylcannabinols and salts of these cannabinols. It is postulated that in such solutions the ketone chlorides exist in a quinonoid modification.

ANN ARBOR, MICH.

RECEIVED MARCH 28, 1935

[CONTRIBUTION FROM THE RESEARCH LABORATORY, GENERAL ELECTRIC COMPANY]

Films Built by Depositing Successive Monomolecular Layers on a Solid Surface

BY KATHARINE B. BLODGETT¹

A previous paper² has described briefly a method of depositing successive monomolecular layers of "stearic acid" on glass. Subsequent experiments,³ which will be discussed in this paper, have shown that the substance deposited on the glass was calcium stearate and not stearic acid. The layers were deposited one at a time; thus a film could be built having a thickness of 1, 2, 3 or more layers of molecules. Further development of the method has made it possible to deposit more than 200 layers on glass and on various metals.

This paper will describe experiments in which the thickness of films containing many layers was measured by means of the interference of monochromatic light reflected by the films. These measurements were made with films of calcium or barium soaps of long-chain fatty acids deposited on glass having a high refractive index. Films can be built with fatty acids⁴ when deposited on a metal, but fatty acids do not adhere readily to glass.

A monomolecular calcium stearate film is formed on water by placing a small amount of stearic acid, dissolved in benzene, on a clean surface of water containing calcium salts. The stearic acid spreads rapidly in a monomolecular film.⁵ If the pH of the water-bath is greater than

5.0, approximately, the Ca ions in the water combine with the carboxyl group of the adsorbed molecules, converting the film to calcium stearate. The film may be neutral soap or an acid soap, depending on the pH of the water. The term "acid soap" is used here in the sense in which it is used by McBain⁶ and other writers to refer to compounds of the fatty acid and the neutral soap. Both types of soap will be called "calcium stearate" in this paper.

The film is transferred from water to glass⁷ by raising a clean glass slide slowly out of the water on which the film is spread. A constant surface pressure is maintained on the film as the glass is raised through the surface. If the water-bath is alkaline (pH > 7.5), the stearate molecules show a ready tendency to attach themselves to glass, so that the surface pressure causes them to be shoved off the water and onto the glass. Langmuir, Adam and others have demonstrated that the fatty acids tend to orient themselves on a water surface with the —COOH "head" of each molecule in contact with the water and the chain tilted at a more or less steep angle with the plane of the water surface. In the present experiments the monomolecular layer of calcium stearate is similarly oriented and the layer is transferred to glass with the (—COO)₂Ca heads attached to the glass, and the paired chains perpendicular to the plane of the glass. The exposed upper surface of the film is composed of closely packed CH₂ groups.

(1) The experiments described in this paper were commenced in collaboration with Dr. Irving Langmuir and were continued while he was traveling in the Orient. The writer is indebted to Dr. Langmuir for urging her to develop further the method described in the previous paper, and for contributing many important suggestions which have been included in this paper.

(2) K. B. Blodgett, *THIS JOURNAL*, **58**, 495 (1934).

(3) I. Langmuir, *J. Franklin Inst.*, **218**, 153 (1934).

(4) G. L. Clark, K. R. Sterrett and P. W. Leppia, *THIS JOURNAL*,

57, 330 (1935).

(5) (a) I. Langmuir, *ibid.*, **39**, 1848 (1917); (b) N. K. Adam,

ibid., **39**, 1850 (1917).

(6) J. W. McBain, M. Taylor and M. E. Laing, *J. Chem. Soc.*, **1911**,

621 (1922), and other papers.

(7) I. Langmuir, *Trans. Faraday Soc.*, **18**, 62 (1920); reprinted in

Blodgett, K. B. Films Built by Depositing Successive Monomolecular Layers on a Solid Surface// K. B. Blodgett. — DOI: 10.1021/ja01309a011. — Текст : непосредственный // Journal of the American Chemical Society. — 1935. — Vol. 57, Iss. 6. — P. 1007-1022 : 3 Tab., 3 Fig. — Библиогр.: в сноках (17 ref.). — ISSN 1536-6065 (online). — Имеется электронная версия: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja01309a011> (дата обращения: 16.02.2022). — Режим доступа : по подписке.

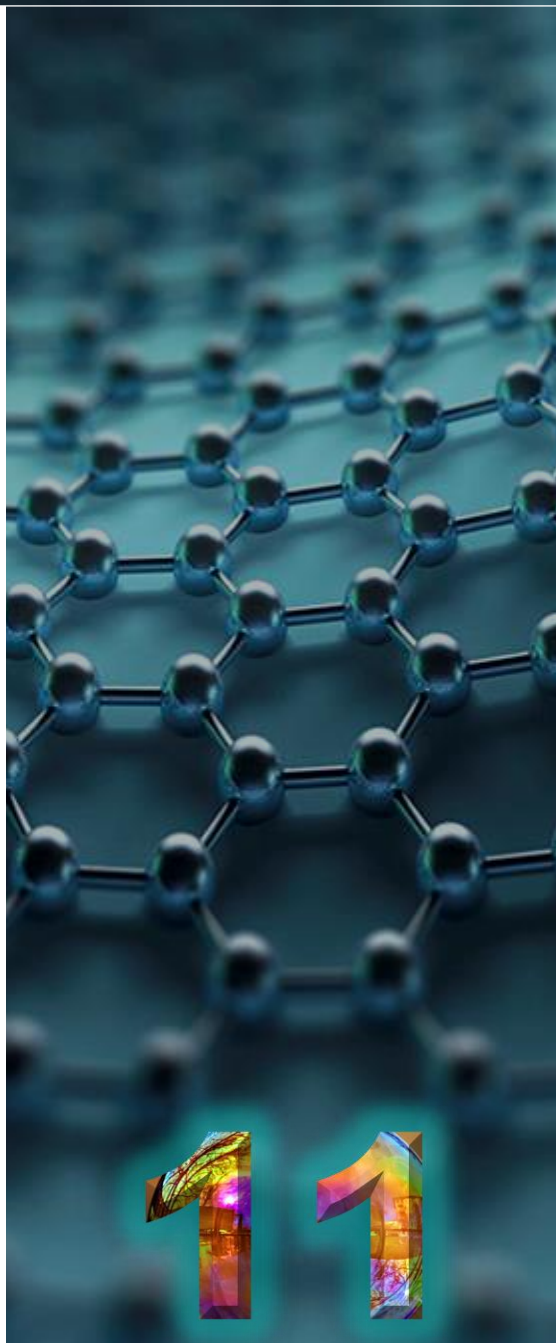
Успехи физических наук

Журнал основан в 1918 г.

уофон

2011 декабрь
том 181

№ 12



Декабрь 2011 г.

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

Том 181, № 12

НОБЕЛЕВСКИЕ ЛЕКЦИИ ПО ФИЗИКЕ — 2010

Графен — идеальная атомная решётка

PACS number: 01.10.Cr, 01.10.Fv

DOI: 10.3367/UFN.0181.201112d.1283

5 октября 2010 г. по решению Шведской Королевской академии наук Нобелевская премия по физике за 2010 г. была присуждена **Андрею Гейму** (Университет Манчестера, Великобритания) и **Константину Новосёлову** (Университет Манчестера, Великобритания) за новаторские эксперименты по исследованию двумерного материала графена.



Андрей Гейм

Андрей Константинович Гейм — гражданин Нидерландов. Родился в 1938 г. в г. Сочи (Россия). Получил учёную степень в 1987 г. в Институте физики твёрдого тела Академии наук СССР (Черноголовка, Россия). Директор Манчестерского центра мезо-науки и нанотехнологий, в университете Манчестера занимает позицию профессора им. Лэнгфорти и исследовательскую профессорскую позицию, присужденную в 2010 г. в честь юбилея Королевского общества (Великобритания).



Константин Новосёлов

Константин Сергеевич Новосёлов — гражданин Великобритании и России. Родился в 1974 г. в Нижнем Тагиле (Россия). Учёную степень получил в Университете Св. Радбодта (Неймеген, Нидерланды). Профессор и научный сотрудник Королевского общества в Университете Манчестера (Великобритания).

За нобелевской премией 2010 г. по физике скрывается тонкая плёнка обыкновенного углерода толщиной всего в один атом. Андрей Гейм и Константин Новосёлов показали, что углерод в такой плоской форме обладает исключительными свойствами, берущими начало в поразительном мире квантовой физики.

Графен — это разновидность углерода. Это совершенно новый материал — не только самый тонкий, но и самый прочный. Он проводит электрический ток так же хорошо, как медь. А тепло он проводит лучше всех других известных материалов. Он почти полностью прозрачен, но при этом настолько плотен, что через него не может проникнуть даже атом гелия — мельчайшая частица газа. Углерод — основа всей известной нам жизни на Земле — удивил нас в очередной раз.

Гейм и Новосёлов извлекли графен из куска графита, который можно встретить в обычных карандашах. При помощи стандартной клейкой ленты они сумели получить плёнку графена толщиной всего в один атом. При этом многие считали, что такие тонкие кристаллические материалы не могут быть устойчивыми.

Как бы то ни было, теперь на примере графена физики могут изучать класс двумерных материалов с уникальными свойствами. Графен делает возможными эксперименты, открывающие новые горизонты в исследовании явлений квантовой физики. Кроме того, он прокладывает путь к широкому диапазону практических применений, включающих создание новых материалов и производство инновационной электроники. Прогнозируется, что графеновые транзисторы будут значительно быстрее современных кремниевых, а это даст нам более производительные компьютеры.

Будучи практически прозрачным и при этом хорошим проводником, графен хорошо подойдет для производства прозрачных сенсорных экранов, световых табло и, возможно, даже для солнечных батарей.

При смешивании с пластмассами, графен может сделать их электропроводящими, но при этом более прочными и термостойкими. Таким способом можно будет создавать новые сверхпрочные материалы, которые будут одновременно тонкими, лёгкими и упругими. Возможно, в будущем автомобили, самолёты и искусственные спутники будут изготавливаться из таких композитных материалов.

Лауреаты 2010 г. уже долгое время работают вместе. Константин Новосёлов, которому 36 лет, начал работать с Андреем Геймом, которому сейчас 51 год, став его аспирантом в Нидерландах. В дальнейшем он последовал за Геймом в Великобританию. Оба они учились в Московском физико-техническом институте (МФТИ) и начинали свою исследовательскую работу в области физики в России. Сейчас они оба — профессора Университета Манчестера.

Стиль нынешних лауреатов — работать легко, как бы играючи. Но и во время такой "игры" всегда познаётся что-то новое, а иногда (кто знает?) удаётся и выиграть по-крупному, как получилось у них сейчас, когда они благодаря графену вписали свои имена в историю науки.

По материалам пресс-релиза Нобелевского комитета

Графен — идеальная атомная решётка. — DOI: 10.3367/UFN.0181.201112d.1283. — Текст : непосредственный // Успехи физических наук. — 2011. — Т. 181, № 12. — С. 1283 : 2 портр. — ISSN 0042-1294. — eISSN 1996-6652. — Имеется электронная версия: <https://ufn.ru/ru/articles/2011/12/d> (дата обращения: 27.01.2022). — Режим доступа : свободный.

НОБЕЛЕВСКИЕ ЛЕКЦИИ ПО ФИЗИКЕ — 2010

Случайные блуждания: непредсказуемый путь к графену¹

А.К. Гейм

(Нобелевская лекция. Стокгольм, 8 декабря 2010 г.)

PACS numbers: 01.10.Fv, 68.65.Pq, 72.80.Vr

DOI: 10.3367/UFNr.0181.201112e.1284

Содержание

1. Введение (1284).
 2. Особенности в национальной науке (1284).
 3. Что одному мусор, то другому золото (1285).
 4. Голландский комфорт (1285).
 5. Награда за легкомыслие (1286).
 6. Поведемливее начинается в пятницу вечером (1287).
 7. Новые ошибки лучше старого заужива (1287).
 8. Наука по-малочности (1288).
 9. Три мысленных облака (1288).
 10. Легендарна в липкая лента (1289).
 11. "Эврика!" (1290).
 12. Существование вопреки (1291).
 13. Реклам блестящим клею (1292).
 14. Воплощения графена (1293).
 15. Плавуч Графен (1294).
 16. Матри плоского углерода (1295).
 17. Ода одному (1295).
 18. Коллегам и друзьям (1296).
- Список литературы (1297).

1. Введение

Всякий, кто захочет понять красоту физики графена, будет иметь огромный выбор среди множества уже имеющихся научных обзоров и научно-популярной литературы. Я надеюсь, что читатель простит меня, если для этого я отошлю его к своим собственным работам [1–3]. Вместо того чтобы повторяться в этой лекции, я решил описать мой извилистый научный путь, который, в конце концов, привел меня к Нобелевской премии. Большая часть этой истории нигде не излагалась и продолжалась она с 1987 г., когда я защитил кандидатскую диссертацию, и до того момента, как была принята к публикации наша статья 2004 г., впоследствии признанная Нобелевским комитетом. Как и можно ожидать, количество

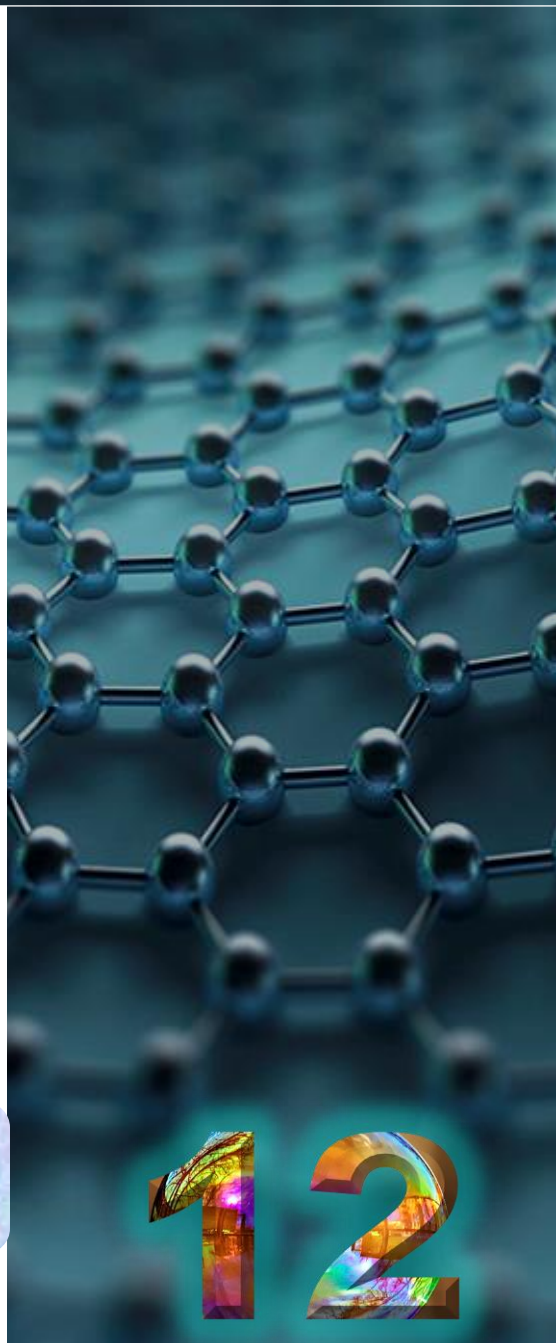
концу. Кроме того, эта лекция включает детальное описание работ, имеющих отношение к графену, но сделанных до 2004 г., и я пытаюсь проанализировать причину того, что графен привлек к себе столько внимания. Насколько это возможно, я старался сделать свой рассказ не просто информативным, но и легко читаемым, даже для людей, далёких от физики.

2. Особенности национальной науки²

Темой моей кандидатской диссертации было "Исследование механизмов транспортной релаксации в металлах методом геликонового резонанса". Всё, что я могу сказать — это то, что и в то время эта тема была столь же "актуальной", сколь "актуальной" звучит она и для сегодняшнего читателя. Я опубликовал в журналах пять статей и уложился с защитой кандидатской диссертации в пять лет — официально отводивший срок на аспирантуру в нашем Институте физики твёрдого тела РАН. *Web of Science* беспристрастно отмечает, что статьи были процитированы дважды, да и то только соавторами. Тема была мертва уже за десять лет до того, как я начал работать над диссертацией. Однако "нет худа без добра", и что я чётко уснил для себя из той истории, это то, что я никогда не буду мучить студентов, навязывая им "мёртвые" проекты.

После защиты диссертации я работал в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН в Черноголовке. Советская система позволяла и даже поощряла молодых сотрудников выбирать свои пути в науке. После года пробных экспериментов в различных направлениях я отошёл от тематики своего бывшего научного руководителя в аспирантуре Виктора Петрашова и начал создавать собственную нишу. Я придумал экспериментальную систему, которая была нова и в тоже время могла быть реально сделана в тогдашних условиях; это, учитывая

Гейм, А. К. Случайные блуждания: непредсказуемый путь к графену / А. К. Гейм. — DOI: 10.3367/UFNr.0181.201112e.1284. — Текст : непосредственный // Успехи физических наук. — 2011. — Т. 181, № 12. — С. 1284-1298 : 4 рис. — Библиогр.: с. 1297-1298 (92 назв.). — ISSN 0042-1294. — eISSN 1996-6652. — Имеется электронная версия: <https://ufn.ru/ru/articles/2011/12/e> (дата обращения: 27.01.2022). — Режим доступа : свободный.



НОБЕЛЕВСКИЕ ЛЕКЦИИ ПО ФИЗИКЕ — 2010

Графен: материалы Флатландии

К.С. Новосёлов

(Нобелевская лекция. Стокгольм, 8 декабря 2010 г.)

PACS numbers: 01.10.Fv, 68.65.Pq, 72.80.Vr

DOI: 10.3367/UFNr.0181.201112f.1299

Содержание

1. Введение (1299).
 2. Графен и его необычные свойства (1299).
 3. Двумерные кристаллы (1300).
3.1. Устойчивость двумерных кристаллов. 3.2. Создание графена. 3.3. Другие двумерные кристаллы. 3.4. Обратно в пространство: гетероструктуры на основе двумерных материалов.
 4. Киральные квазициклы и электронные свойства графена (1303).
4.1. Линейная дисперсионная зависимость и киральность. 4.2. Парадокс Клейна. 4.3. Полуцелый квантовый эффект Холла. 4.4. Влияние механических деформаций. 4.5. Графеновая оптика. 4.6. Двухслойный графен.
 5. Применение графена (1306).
5.1. Графеновая подложка. 5.2. Прозрачные проводящие покрытия. 5.3. Графеновые транзисторы. 5.4. Графеновые композитные материалы. 5.5. Другие применения.
- Список литературы (1310).

*Я пытаюсь наизмучить мир Флатландией...
Э. Эбботт "Флатландия. Роман во многих измерениях"*

1. Введение

Графен является двумерным объектом — почти как мир, описанный во *Флатландии* Эбботта. И так же, как "Флатландия" является "романом во многих измерениях", графен — гораздо большее, чем просто плоский кристалл. Он обладает множеством необычных свойств, часто уникальных и превосходящих свойства других материалов. В этой краткой лекции мне хотелось бы объяснить причины того, что я (как и многие другие) очарован этим материалом, и пригласить читателей разделить хотя бы часть того волнения, которое я испытал при его исследовании.

2. Графен и его необычные свойства

Графен — это двумерный кристалл, состоящий из атомов углерода, выстроенных в гексагональную решётку (рис. 1). Хотя отдельные попытки его изучения

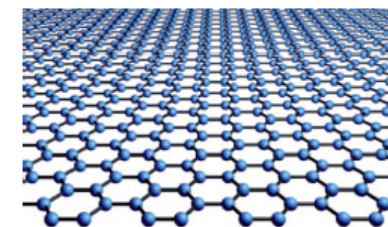


Рис. 1. Кристаллическая структура графена: атомы углерода, выстроенные в решётку "шестиугольные соты".

прослеживаются до 1859 г. [1], активное и целенаправленное исследование этого материала началось всего лишь несколько лет назад, после того как был найден простой и эффективный способ изготовления относительно больших изолированных образцов графена [2, 3]. Первоначальный метод "клеяной ленты" [2, 3] оказалась настолько простым и эффективным, что исследования графена стали развиваться чрезвычайно быстро, и сейчас над разными его аспектами работают сотни лабораторий по всему миру. Метод клейкой ленты, известный также как метод микромеханического расщепления, не требует больших инвестиций или сложного оборудования и поэтому не создаёт серьёзных препятствий для начала исследований, что сильно способствует расширению географии исследований графена.

Другая причина широкой популярности графена заключается в том, что он привлекает исследователей из множества различных областей. Это первый представитель двумерных атомных кристаллов, свойства которых в термодинамическом плане существенно отличаются от свойств трёхмерных объектов. Графен также является новой электронной системой с уникальными характеристиками [4]. Его можно рассматривать как гигантскую

Новосёлов, К. С. Графен: материалы Флатландии / К. С. Новосёлов. — DOI: 10.3367/UFNr.0181.201112f.1299. — Текст : непосредственный // Успехи физических наук. — 2011. — Т. 181, № 12. — С. 1299–1311 : 13 рис. — Библиогр.: с. 1310-1311 (187 назв.). — ISSN 0042-1294. — eISSN 1996-6652. — Имеется электронная версия: <https://ufn.ru/ru/articles/2011/12/f> (дата обращения: 27.01.2022). — Режим доступа : свободный.



КНМТМ



A723156

Л. Н. АЛЕКСАНДРОВ

КИНЕТИКА
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ
И ПЕРЕ-
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ПЛЕНОК



A723156

Александров, Л. Н. Кинетика кристаллизации и перекристаллизации полупроводниковых плёнок / Л. Н. Александров. – Новосибирск : Наука, 1985. – 224 с. : 19 табл., 102 рис. – Библиогр.: с. 203-223 (455 назв.). – Текст : непосредственный.

A163221

Л. Н. АЛЕКСАНДРОВ

КИНЕТИКА
ОБРАЗОВАНИЯ
И СТРУКТУРЫ
ТВЕРДЫХ СЛОЕВ

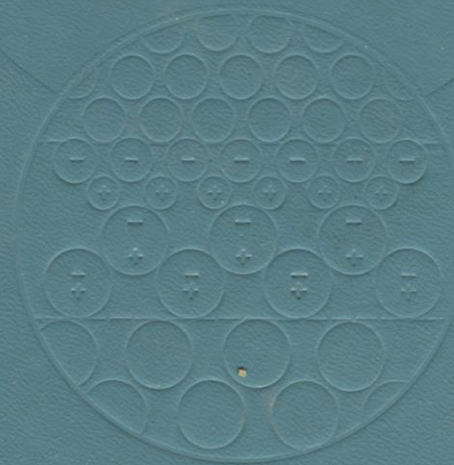
A163221

Александров, Л. Н. Кинетика образования и структуры твёрдых слоёв / Л. Н. Александров. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1972. – 228 с. : 100 рис. – Библиогр.: с. 212-225 (414 назв.). – Текст : непосредственный.



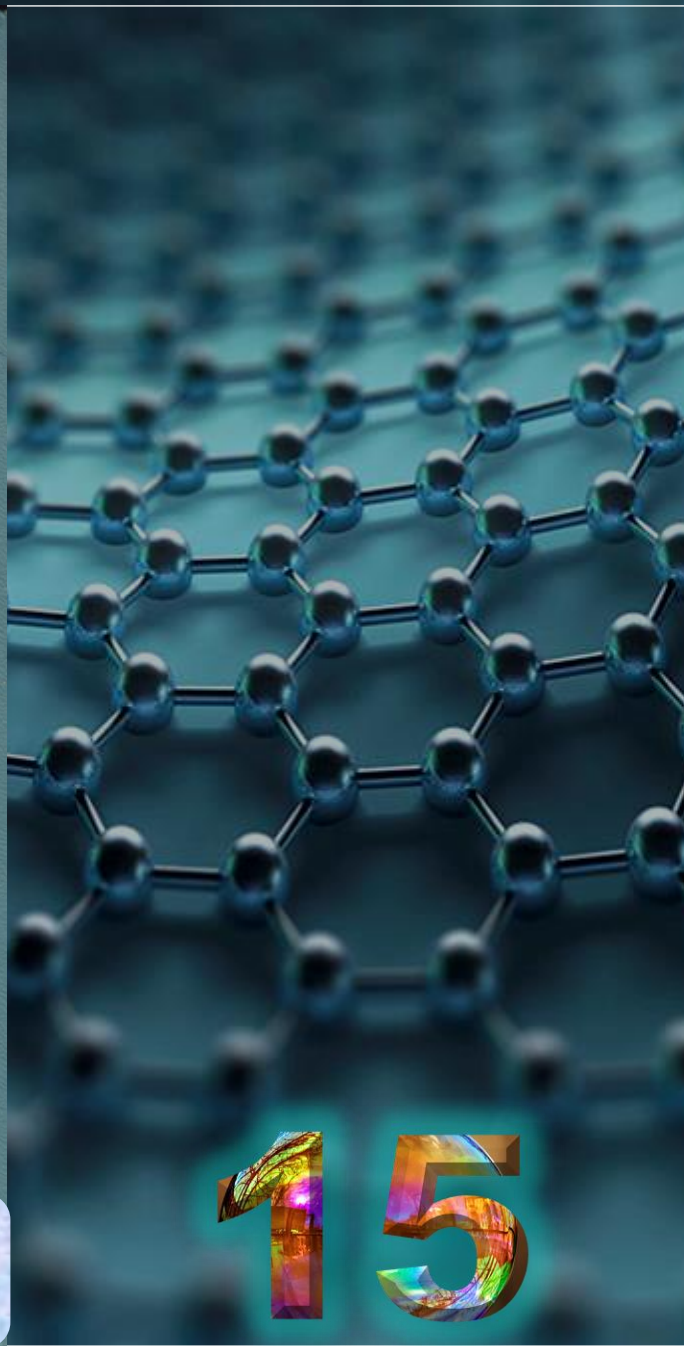
A437294

Л.Н. АЛЕКСАНДРОВ
ПЕРЕХОДНЫЕ
ОБЛАСТИ
ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ПЛЕНОК



A437294

Александров, Л. Н. Переходные области эпитаксиальных полупроводниковых плёнок / Л. Н. Александров. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1978. – 272 с. : 9 таб., 127 рис. – Библиогр.: с. 248-271 (483 назв.). – Текст : непосредственный.



15

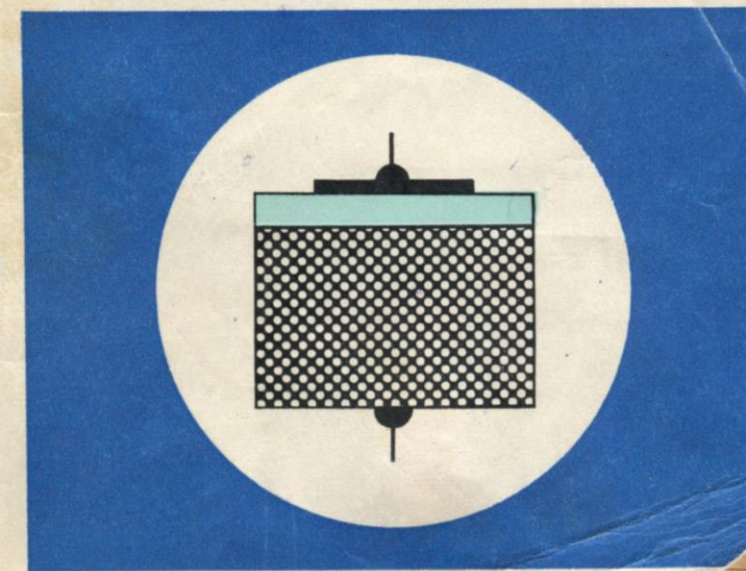
A 440763

ISSN0201-9701

**АНОДНЫЕ
ОКИСНЫЕ
ПЛЕНКИ**

A440763

Анодные окисные плёнки : межвузовский сборник / ответственный редактор Л. Л. Одынец. – Петрозаводск : Петрозаводский государственный университет им. О. В. Куусинена, 1978. – 204 (8) с. : таб., рис. – Библиогр. в статьях. – Текст : непосредственный.



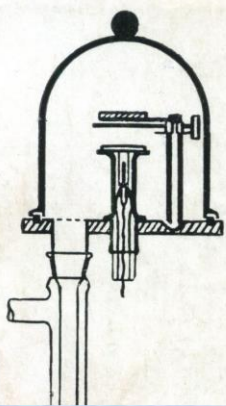
Библиотека

№ 943425

И. А. Апокин

А
В
Т
О
М
А
Т
И

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНОК



A973425, A995154, A995155

Апокин, И. А. Технология изготовления ферромагнитных плёнок / И. А. Апокин. – Москва ; Ленинград : Энергия, 1966. – 80 с. (Библиотека по автоматике, вып. 176) : 10 таб., 32 рис. – Библиогр.: с. 73-77 (88 назв.) – Текст : непосредственный.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

Е.В. Берлин, Л.А. Сейдман

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК РЕАКТИВНЫМ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

Берлин, Б. В. Получение тонких плёнок реактивным магнетронным распылением / Б. В. Берлин, Л. А. Сейдман. – Москва : Техносфера, 2014. – 256 с. : 13 таб., 198 рис. – Библиогр.: с. 242-255 (261 назв.) – ISBN 978-5-94836-369-1. – Имеется электронная версия: <https://www.iprbookshop.ru/31877.html> (дата обращения: 01.03.2022). – Режим доступа : для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.



A753472



ОБЗОРЫ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ
ТЕХНИКЕ

A753472

Богомолов, Б. К. Эпитаксиальный рост тонких плёнок силицидов (по материалам отечественной и зарубежной печати за 1965-1966 годы) / Б. К. Богомолов. – Москва : ЦНИИ «Электроника», 1986. – 58 с. : 6 таб., 16 рис. – Библиогр.: с. 52-57 (67 назв.). – (Обзоры по электронной технике. Серия 6. Материалы, выпуск 5 (1208)). – Текст : непосредственный.

Серия 6

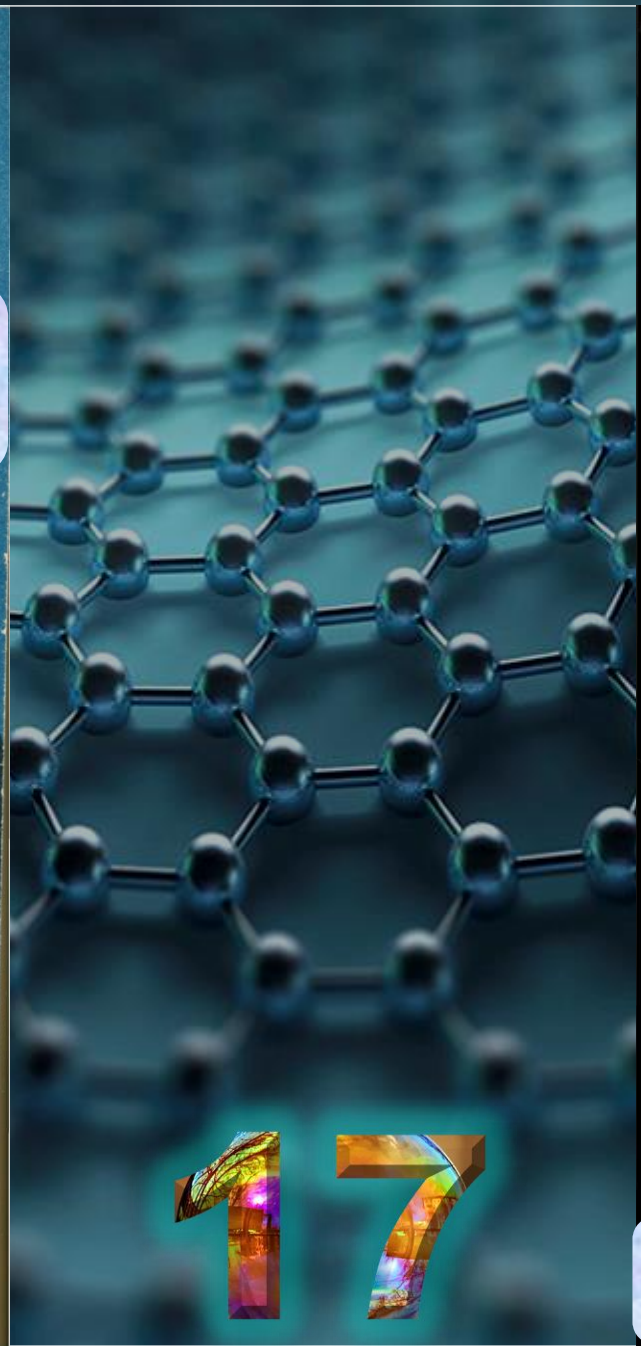
МАТЕРИАЛЫ

ВЫПУСК 5(1208)

Б. К. Богомолов

ЭПИТАКСИАЛЬНЫЙ РОСТ
ТОНКИХ ПЛЕНОК СИЛИЦИДОВ

1986



A 542385

Э. И. БОЛВАНОВИЧ

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ
ПЛЕНКИ
И МИНИАТЮРНЫЕ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ



A542385

Болванович, Э. И. Полупроводниковые плёнки и миниатюрные измерительные преобразователи / Э. И. Болванович. – Минск : Наука и техника, 1981. – 214 с. : 74 рис. – Библиогр.: с. 199-212 (277 назв.). – Текст : непосредственный.

Борухович, А. С. Полупроводник и ферромагнетик монооксид европия в спинтронике : научное издание / А. С. Борухович, А. В. Трошин. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 288 с. : 12 таб., 96 рис. – Библиогр.: с. 268-279 (328 назв.). – ISBN 978-5-8114-2479-5. – Имеется электронная версия: <https://e.lanbook.com/book/90864> (дата обращения: 01.03.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

А.С. Борухович, А.В. Трошин

ПОЛУПРОВОДНИК И ФЕРРОМАГНТИК МОНООКСИД ЕВРОПИЯ В СПИНТРОНИКЕ



EuO

18

A771261

Г.И. Брагинский, Е.Н. Тимофеев

ТЕХНОЛОГИЯ МАГНИТНЫХ ЛЕНТ

A325052

Вакуумное нанесение плёнок в квазизамкнутом объеме / Ю. З. Бубнов, М. С. Лурье, Ф. Г. Старов, Г. А. Филаретов. – Москва : Советское радио, 1975. – 160 с. : 12 таб., 73 рис. – Библиогр.: с. 153-159 (133 назв.). – Текст : непосредственный.

A325052

**ВАКУУМНОЕ
НАНЕСЕНИЕ ПЛЕНОК
В КВАЗИЗАМКНУТОМ
ОБЪЕМЕ**



A325052

Вакуумное нанесение плёнок в квазизамкнутом объеме / Ю. З. Бубнов, М. С. Лурье, Ф. Г. Старов, Г. А. Филаретов. – Москва : Советское радио, 1975. – 160 с. : 12 таб., 73 рис. – Библиогр.: с. 153-159 (133 назв.). – Текст : непосредственный.

A784707



A784707
Вапнэ, Г. М. Тонкослойные магнитотвердые материалы для миниатюрных постоянных магнитов / Г. М. Вапнэ. – Москва : ЦНИИ «Электроника», 1988. – 72 с. : 4 (+4) таб., 15 рис. – Библиогр.: с. 60-72 (174 назв.). – (Обзоры по электронной технике. Серия 6. Материалы, Выпуск 6 (1382)). – Текст : непосредственный.

**ОБЗОРЫ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ
ТЕХНИКЕ**

С е р и я 6
МАТЕРИАЛЫ
выпуск 6 (1382)

Г.М.Вапнэ
ТОНКОСЛОЙНЫЕ МАГНИТОТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ МИНИАТЮРНЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

1988



Васильев В.Ю.

Технология тонких пленок для микро- и нанозлектроники

учебное пособие

Васильев, В. Ю. Технология тонких плёнок для микро- и нанозлектроники : учебное пособие / В. Ю. Васильев. – Новосибирск : НГТУ, 2019. – 107 с. : 8 таб., 47 рис. – Библиогр. в конце глав. – ISBN 978-5-7782-3915-9. – Имеется электронная версия: <https://e.lanbook.com/book/152159> ; <https://www.iprbookshop.ru/98748.html> (дата обращения: 18.02.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

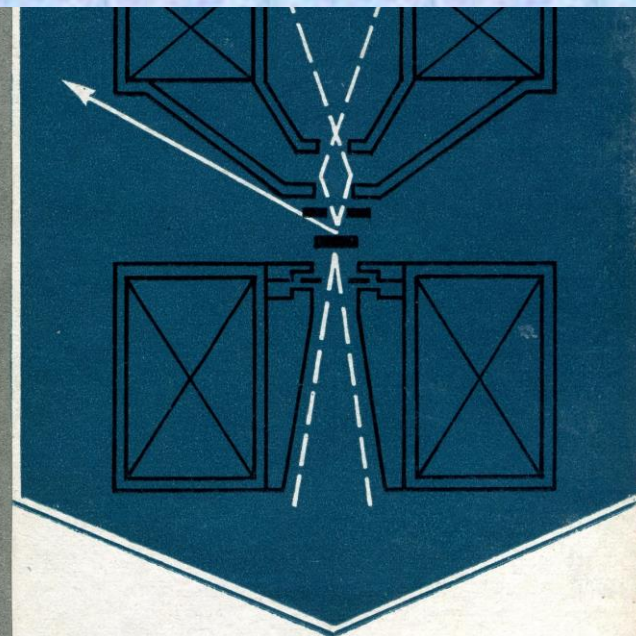
2019

20

A407048

A407048

Васичев, Б. Н. Электронно-зондовый микроанализ тонких плёнок / Б. Н. Васичев. – Москва : Металлургия, 1977. – 240 с. : 17 таб., 63 рис. – Библиогр. с. 236-239 (109 назв.). – Текст : непосредственный.



Б. Н. ВАСИЧЕВ
ЭЛЕКТРОННО-
ЗОНДОВЫЙ
МИКРОАНАЛИЗ
ТОНКИХ ПЛЕНОК

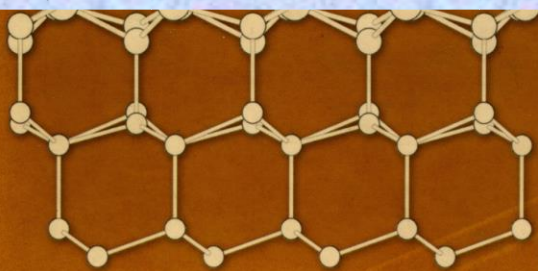
A911637

К. Оура В.Г. Лифшиц
А.А. Саранин А.В. Зотов
М. Катаяма

Введение в физику поверхности

A911637

Введение в физику поверхности = Surface Science an Introduction / К. Оура [и др.] ; ответственный редактор В. И. Сергиенко ; Российская академия наук, Дальневосточное отделение, Институт автоматки и процессов управления. – Москва : Наука, 2006. – 490, [6] с. : 17 таб., 370 рис. – Библиогр.: с. 464-481 (по главам). – Предметный указатель: с. 482-490. – ISBN 5-02-034355-2. – Текст : непосредственный.



НАУКА



A918752

Владимиров, Г. Г. Физика поверхности твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2016. – 348, [4] с. : 17 таб., 370 рис. – Библиогр.: с. 328-345 (366 назв.). – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-1997-5. – Имеется электронная версия: <https://e.lanbook.com/book/168884> (дата обращения: 18.02.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

Г. Г. Владимиров

ФИЗИКА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

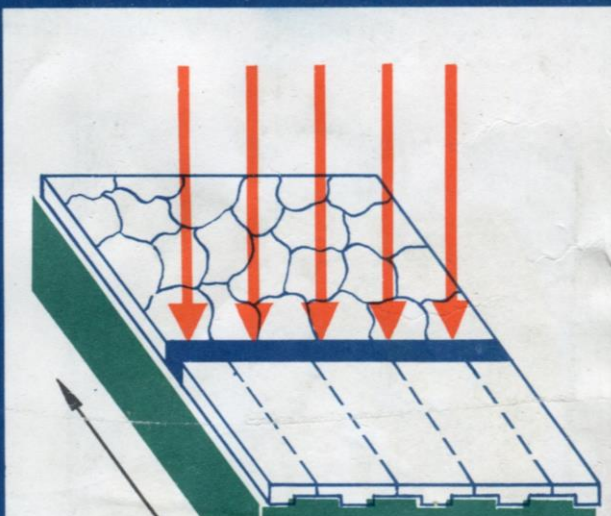


АНТ

A780777

Е. И. ГИВАРГИЗОВ

ИСКУССТВЕННАЯ ЭПИТАКСИЯ



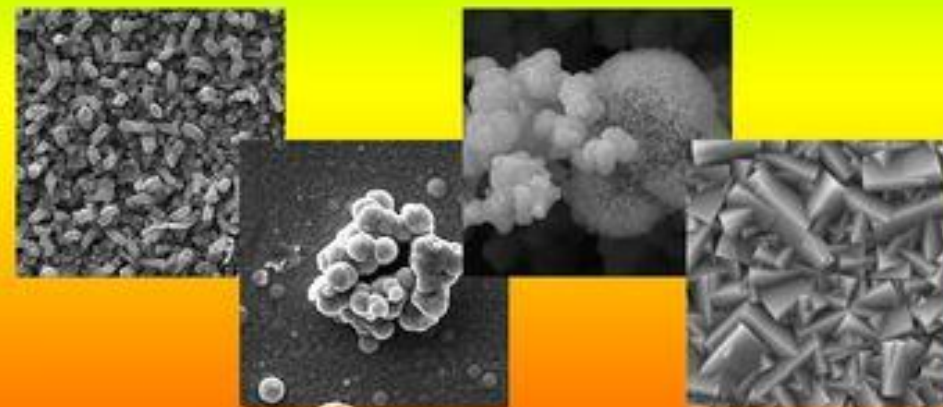
A780777

Гиваргизов, Е. И. Искусственная эпитаксия – перспективная технология элементной базы микроэлектроники / Е. И. Гиваргизов. – Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1988. – 176 с. : 60 рис. – Библиогр.: с. 158-176 (по главам).– (Проблемы науки и технического прогресса). – ISBN 5-02-013845-2. – Текст : непосредственный.



Гидрохимическое осаждение тонких плёнок халькогенидов металлов : практикум / Л. Н. Маскаева, В. Ф. Марков, С. С. Туленин [и др.] – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2017. – 284 с. : 19 таб., 54 рис. – Библиогр.: с. 276-277 (20 назв.). – ISBN 978-5-7996-2141-4. – Имеется электронная версия: <https://www.iprbookshop.ru/106357.html> (дата обращения: 16.02.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ХАЛЬКОГЕНИДОВ МЕТАЛЛОВ

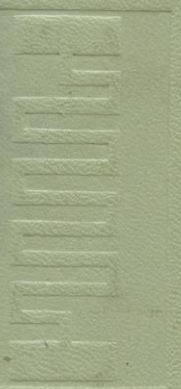


22

524.382
Д-18
А 12843

Б.С. Данилин

ВАКУУМНОЕ НАНЕСЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК



ЭНЕРГИЯ

A11689, A12341, A12843
Данилин, Б. С. Вакуумное нанесение тонких плёнок / Б. С. Данилин. – Москва : Энергия, 1967. – 312 с. : 21 таб., 158 рис. – Библиогр.: с. 304-311 (166 назв.) – Текст : непосредственный.



A795688

Б.С.Данилин

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКО- ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ для нанесения ТОНКИХ ПЛЕНОК



A795688
Данилин, Б. С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких плёнок / Б. С. Данилин. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 328 с. : 55 таб., 97 рис. – Библиогр.: с. 316-324 (182 назв.) – ISBN 5-283-03939-0. – Текст : непосредственный.

ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ

A772268

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

УЖГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

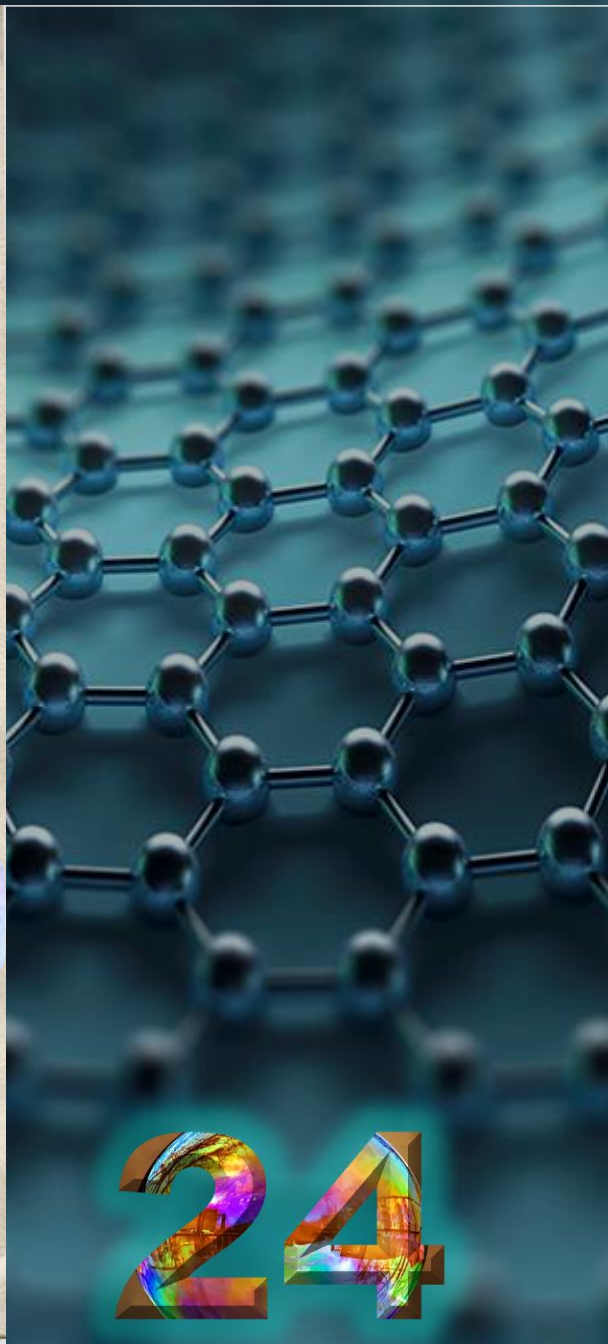
Н. И. ДОВГОШЕЙ

**КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ И АМОРФНЫЕ ПЛЕНКИ
НОВЫХ СЛОЖНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

A772268

Довгошей, Н. И. Кристаллические и аморфные плёнки новых сложных полупроводников / Н. И. Довгошей. – Ужгород : Ужгородский госуниверситет, 1986. – 110 с. : 7 таб., 30 рис. – Библиогр.: с. 88-108 (180 назв.). – Текст : непосредственный.

Ужгород — 1986



24

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА

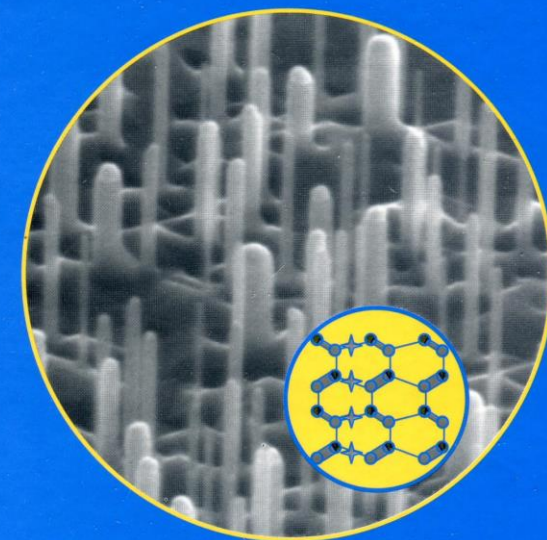
A982497

**ТЕОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ
НАНОСТРУКТУР**

В.Г. ДУБРОВСКИЙ

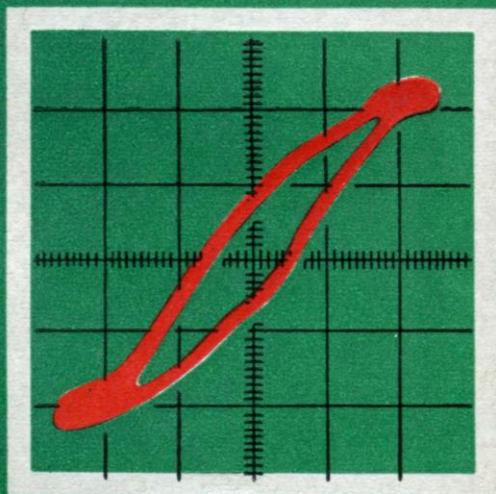
A982497

Дубровский, В. Г. Теория формирования эпитаксиальных наноструктур / В. Г. Дубровский. – Москва : Физматлит, 2009. – 350, [2] с. : 17 таб., 156 рис. – (Фундаментальная и прикладная физика). – Библиогр.: с. 338-350 (350 назв.). – ISBN 978-5-9221-1069-3. – Текст : непосредственный.



А449766 ¹¹ В.П. Дудкевич, Е.Т. Фесенко

ФИЗИКА СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК



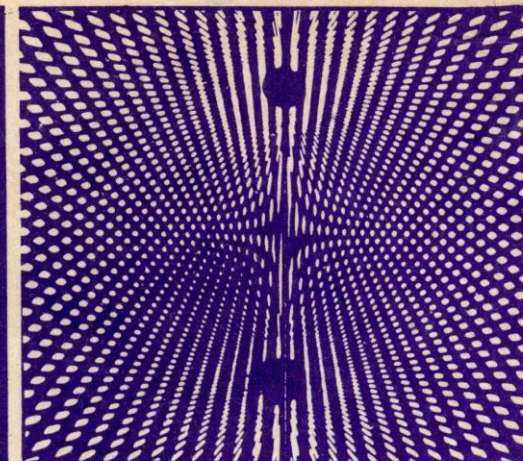
А449766
Дудкевич, В. П. Физика сегнетоэлектрических плёнок / В. П. Дудкевич, Е.Т. Фесенко.
– Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1979. – 192 с. : 15 таб., 61
рис. – Библиогр.: с. 175-190 (360 назв.). – Текст : непосредственный.

25

А846414

С. С. ЕЛОВИКОВ

Издательство
Московского
университета



ФИЗИКА

ЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ТОНКИХ ПЛЕНОК



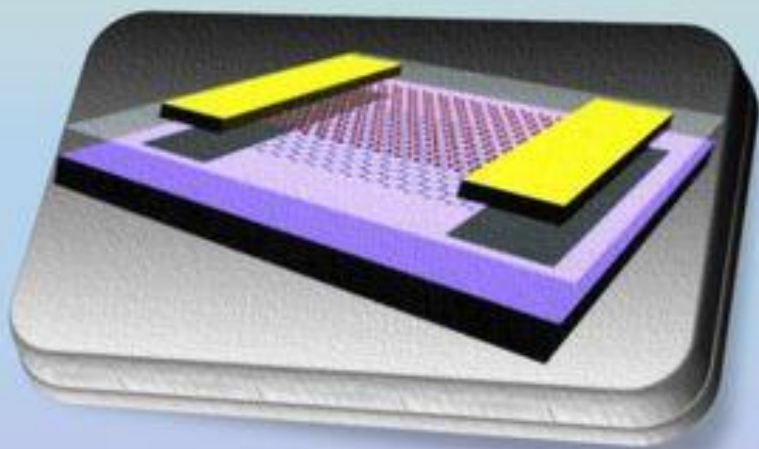
1992

А846414
Еловиков, С. С. Электронная спектроскопия поверхности и тонких плёнок :
учебное пособие / С. С. Еловиков. – Москва : Издательство Московского
университета, 1992. – 94 с. : 1 таб., 64 рис. – (Физика). – Библиогр. : с. 90-91 (22
назв.) – ISBN 5-211-02904-6. – Текст : непосредственный.

Ершов, И. В. Введение в физику и технологию планарных наноструктур : учебное пособие / И. В. Ершов, В. В. Илясов – Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2018. – 100 с. : 1 таб., 43 рис. – Библиогр. : с. 98 (10 назв.). – ISBN 978-5-7890-1539-1. – Имеется электронная версия: <https://www.iprbookshop.ru/118028.html> (дата обращения: 16.02.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

И.В. Ершов, В.В. Илясов

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ И ТЕХНОЛОГИЮ ПЛАНАРНЫХ НАНОСТРУКТУР



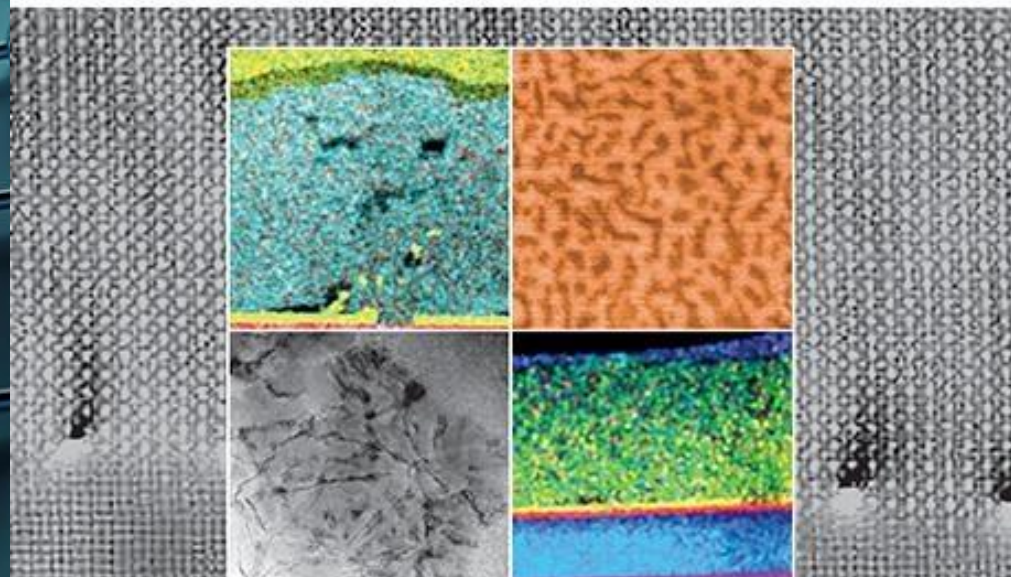
Ростов-на-Дону
2018

26

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

О.М. Жигалина

МАТЕРИАЛЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ: тонкие пленки для интегрированных устройств



Жигалина, О. М. Материалы микроэлектроники: тонкие плёнки для интегрированных устройств / О. М. Жигалина. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 121, [3] с. : 9 таб., 100 рис. – Библиогр.: с. 104-108 (по главам). – ISBN 978-5-7038-4743-5. – Имеется электронная версия: <https://bmstu.press/catalog/item/5060> (дата обращения: 01.03.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

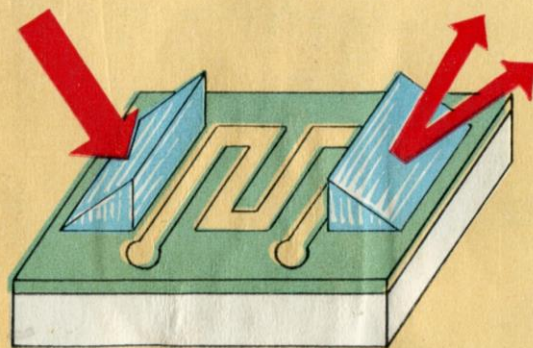
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

A776019

ОНТП

А.К. ЗВЕЗДИН
В.А. КОТОВ

МАГНИТООПТИКА ТОНКИХ ПЛЕНОК



A776019

Звездин, А. К. Магнитооптика тонких плёнок / А. К. Звездин, В. А. Котов. – Москва : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1988. – 192 с. : 4 таб., 94 рис. – Библиогр.: с. 186-190 (136 назв.). – (Проблемы науки и технического прогресса). – ISBN 5-02-013846-0. – Текст : непосредственный.

A838085

В. Ю. Ибрагимов,
В. М. Рубинов

ФОТОРЕЗИСТИВНЫЕ СВОЙСТВА

АМОРФНЫХ
И ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
ПЛЕНОК
ШИРОКОЗОННЫХ
ПОЛУПРОВОДНИКОВ

A838085

Ибрагимов, В. Ю. Фоторезистивные свойства аморфных и поликристаллических плёнок широкозонных полупроводников / В. Ю. Ибрагимов, В. М. Рубинов. – Ташкент : Фан, 1991. – 140 с. : 1 таб., 41 рис. – Библиогр. в конце глав (82 назв.). – Текст : непосредственный.



Иванов Н.Б., Покалохин Н.А.

Нанотехнологии материалов и покрытий

учебное пособие

2019

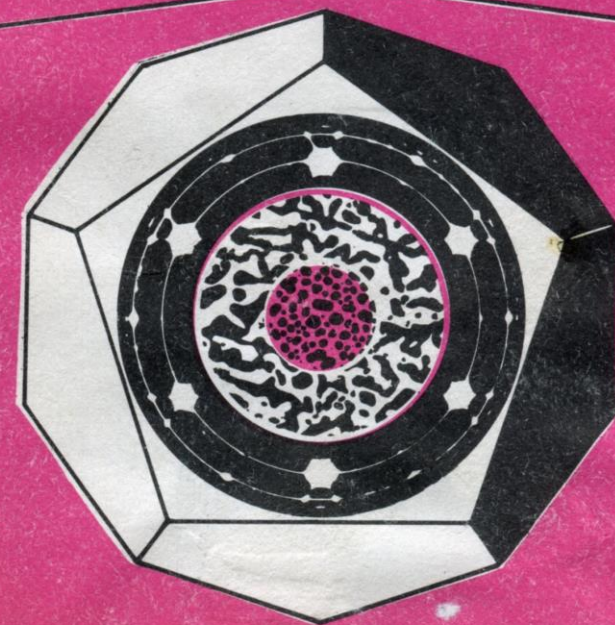
Иванов, Н. Б. Нанотехнологии материалов и покрытий : учебное пособие / Н. Б. Иванов, Н. А. Покалохин – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2019. – 236 с. : 1 таб., 92 рис. – Библиогр.: с. 234 (12 назв.). – ISBN 978-5-7882-2538-8. – Имеется электронная версия: <http://www.iprbookshop.ru/100567.html> (дата обращения: 01.03.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

28

А780814

ИЕВЛЕВ, Л. И. ТРУСОВ,
В. А. ХОЛМЯНСКИЙ

СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ



А780814

Иевлев, В. М. Структурные превращения в тонких плёнках / В. М. Иевлев, Л. И. Трусов, В. А. Холмянский. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Металлургия, 1988. – 326 с. : 14 таб., 90 рис. – Библиогр.: с. 306-325 (655 назв.). – Текст : непосредственный.

A174105

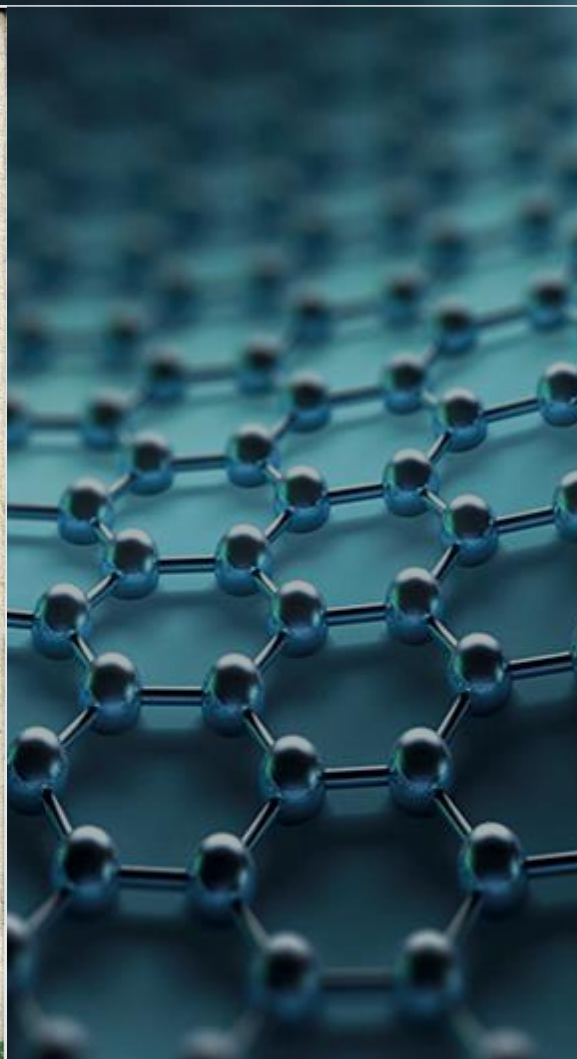
Л. Ф. ИЛЬЮШЕНКО



ЭЛЕКТРО- ЛИТИЧЕСКИ ОСАЖДЕННЫЕ МАГНИТНЫЕ ПЛЕНКИ

A174105

Ильюшенко, Л. Ф. Электролитически осаждённые магнитные плёнки / Л. Ф. Ильюшенко. – Минск : Наука и техника, 1972. – 264 с. : 13 таб., 140 рис. – Библиогр.: с. 249-264 (625 назв. – по главам). – Текст : непосредственный.



29

А.А. Ищенко, Г.В. Фетисов, Л.А. Асланов

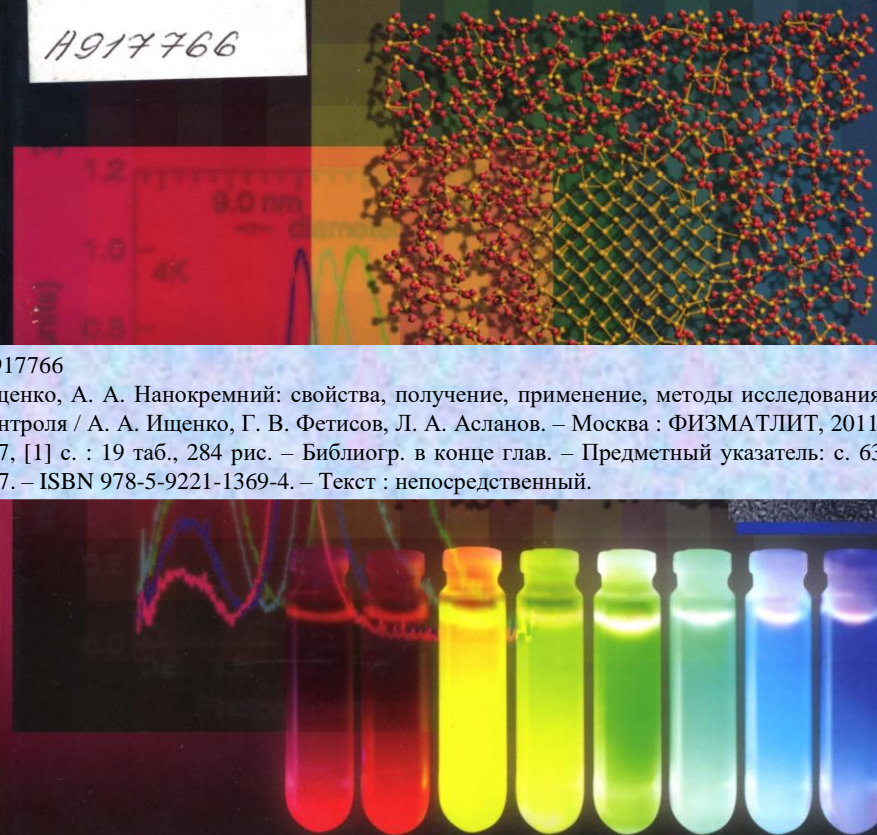
НАНОКРЕМНИЙ:

свойства, получение, применение,
методы исследования и контроля

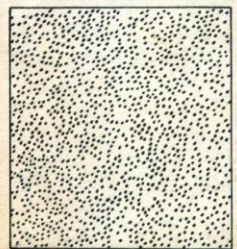
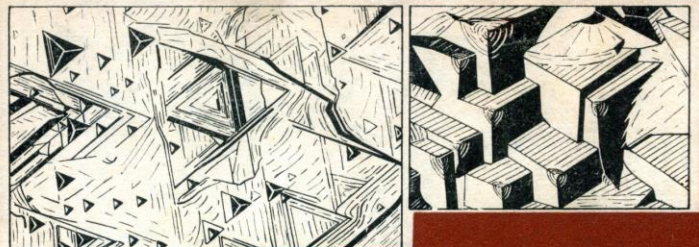
A917766

A917766

Ищенко, А. А. Нанокремний: свойства, получение, применение, методы исследования и контроля / А. А. Ищенко, Г. В. Фетисов, Л. А. Асланов. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 647, [1] с. : 19 таб., 284 рис. – Библиогр. в конце глав. – Предметный указатель: с. 638-647. – ISBN 978-5-9221-1369-4. – Текст : непосредственный.



A396638



И. П. КАЛИНКИН
В. Б. АЛЕСКОВСКИЙ
А. В. СИМАШКЕВИЧ

ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ ПЛЕНКИ СОЕДИНЕНИЙ $A^{II}B^{VI}$

A396638

Калинкин, И. П. Эпитаксиальные плёнки соединений $A^{II}B^{VI}$ / И. П. Калинкин, В. Б. Алесковский, А. В. Симашкевич. – Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1978. 310 с. : 49 таб., 132 рис. – Библиогр.: с. 292-308 (735 назв.) – Текст : непосредственный.



A707548

С. Х. Карпенков

A707548

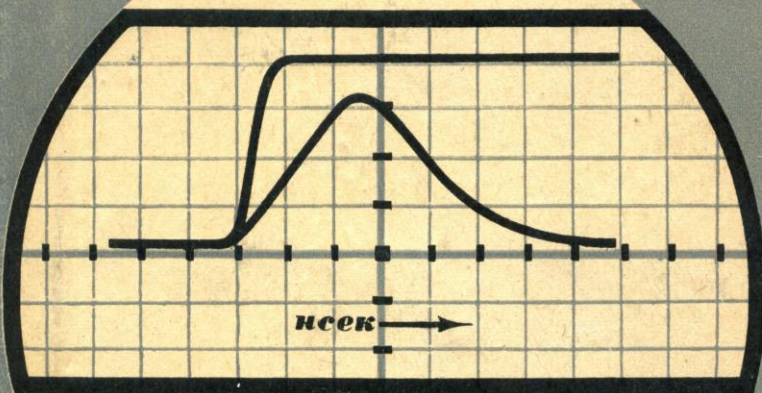
Карпенков, С. Х. Тонкоплёночные магнитные преобразователи / С. Х. Карпенков. – Москва : Радио и связь, 1985. – 208 с. : 8 таб., 101 рис. – Библиогр.: с. 200-206 (135 назв.). – Текст : непосредственный.

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ МАГНИТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

30

A105039

О. С. КОЛОТОВ
В. А. ПОГОЖЕВ Р. В. ТЕЛЕСНИН



**методы и аппаратура
для исследования
импульсных свойств
тонких магнитных пленок**

A105039, A105951, A106317

Колотов, О. С. Методы и аппаратура для исследования импульсных свойств тонких магнитных плёнок / О. С. Колотов, В. А. Погожев, Р. В. Телеснин. – Москва : Издательство Московского Университета, 1970. – 192 с. : 4 таб., 96 рис. – Библиогр. в конце глав. – Текст : непосредственный.

A448549

Ю. Ф. Комник

**ФИЗИКА
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
ПЛЕНОК**



A448549

Комник, Ю. Ф. Физика металлических плёнок. Размерные и структурные эффекты / Ю. Ф. Комник. – Москва : Атомиздат, 1979, 264 с. : 8 таб., 84 рис. – Библиогр.: с. 217-260 (1056 назв.). – Текст : непосредственный.





МОСКОВСКИЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

СПОНТАННЫЕ И ФОТОИНДУЦИРОВАННЫЕ РЕЗИСТИВНЫЕ СОСТОЯНИЯ В УЗКИХ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ NbN ПОЛОСКАХ

Спонтанные и фотоиндуцированные резистивные состояния в узких сверхпроводящих NbN полосках : монография / А. А. Корнеев, О. В. Окунев, Г. М. Чулкова [и др.] – Москва : Московский педагогический государственный университет, 2015. – 108 с. : 6 таб., 26 рис. – Библиогр.: с. 103-107 (64 назв.). – ISBN 978-5-4263-0269-3. – Имеется электронная версия: <https://www.iprbookshop.ru/70150.html> (дата обращения: 15.03.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

Москва 2015

32

A449597

А.Ф. КРАВЧЕНКО - В.В. МИТИН - Э.М. СКОК

ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА В ПОЛУ- ПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНКАХ

A449597, A449598, A449599, A500215

Кравченко, А. Ф. Явления переноса в полупроводниковых плёнках / А. Ф. Кравченко, В. В. Митин, Э. М. Скок. – Новосибирск : Наука, 1979. – 256 с. : 5 таб., 90 рис. – Библиогр.: с. 237-252 (262 назв.). – Текст : непосредственный.

A796286

А. М. Красовский
Е. М. Толстопятов

**ПОЛУЧЕНИЕ
ТОНКИХ
ПЛЕНОК
РАСПЫЛЕНИЕМ
ПОЛИМЕРОВ
В ВАКУУМЕ**



A796286

Красовский, А. М. Получение тонких плёнок распылением полимеров в вакууме / А. М. Красовский, Е. М. Толстопятов ; под редакцией В. А. Белого. – Минск : Наука и техника, 1989. – 181 с. : 13 таб., 75 рис. – Библиогр.: с. 170-180 (309 назв.). – ISBN 5-343-00050-9. – Текст : непосредственный.



612

A552612



A784707

Лазебная, Л. М. Поликристаллические ферритовые плёнки для техники СВЧ / Л. М. Лазебная, А. П. Сафантиевский. – Москва : ЦНИИ «Электроника», 1981. – 30 с. : 12 таб., 13 рис. – Библиогр. : с. 28-30 (38 назв.) (Обзоры по электронной технике. Серия 6. Материалы, Выпуск 6 (826)). – Текст : непосредственный.

**ОБЗОРЫ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ
ТЕХНИКЕ**

Л.М.Лазебная, А.П.Сафантиевский

**ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ
ФЕРРИТОВЫЕ ПЛЕНКИ
ДЛЯ ТЕХНИКИ СВЧ**

1981

A 561758

А. С. ЛЮТОВИЧ

Ионно-активированная кристаллизация пленок



A561758

Лютович, А. С. Ионно-активированная кристаллизация плёнок / А. С. Лютович. – Ташкент : Фан, 1982. – 148 с. : 1 таб., 57 рис. – Библиогр.: с. 143-147 (137 назв.). – Текст : непосредственный.

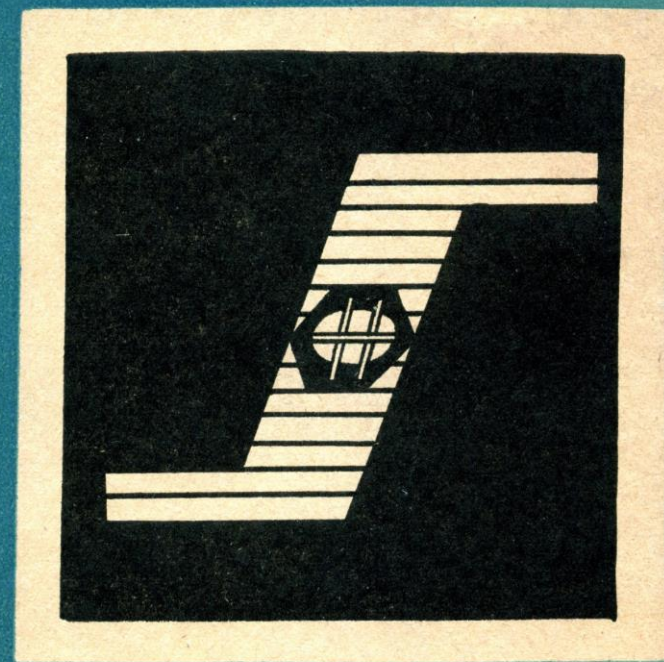
34

МАГНИТНЫЕ ПЛЕНКИ

A316249

A3161249

Магнитные плёнки. Труды VI Международного colloквиума по тонким магнитным плёнкам, 29–31 августа 1973 г. / редактор Н. Н. Сирота. – Минск : Издательство «Вышэйшая школа», 1974. – 411 с. : таб., рис. – Текст : непосредственный.



Издательство «Вышэйшая школа»

53

206

10 12 92
ISSN 0233-9390

РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК

Институт
общей физики

ТРУДЫ ИОФАН

Том 35

Магнитооптические пленки феррит-гранатов и их применение

Магнитооптические плёнки феррит-гранатов и их применение / ответственные редакторы тома: Ю. Г. Воронько, В. В. Рандошкин. – Москва : Наука, 1992. – (Тр. ИОФАН; Т. 35). – ISBN 5-02-006754-7. – 167 с. : таб., рис. – Текст : непосредственный.

Москва

НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
САРАТОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

«Наука»

A749424

В. П. МАСЛОВ

В. М. ЧЕТВЕРИКОВ

A749424

Маслов, В. П. Теория доменных структур в магнитных плёнках с большой перпендикулярной анизотропией / В. П. Маслов, В. М. Четвериков. – Москва : МИЭМ, 1986. – 89 с. : 19 рис. – Библиогр.: с. 82-88 (98 назв.). – Текст : непосредственный.

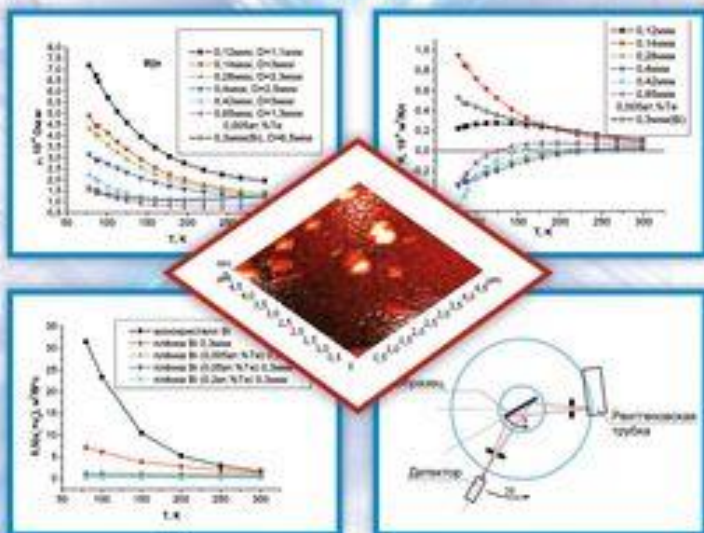
*Теория доменных структур
в магнитных пленках
с большой перпендикулярной
анизотропией*

35

Д.Ю. МАТВЕЕВ

Матвеев, Д. Ю. Гальваномагнитные свойства блочных и монокристаллических легированных плёнок висмута : монография / Д. Ю. Матвеев. – Астрахань : Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2019. – 121 с. : 7 таб., 48 рис. – Библиогр.: с. 108-120 (129 назв.). – ISBN 978-5-9926-1105-2. – Имеется электронная версия: <http://www.iprbookshop.ru/99494.html> (дата обращения: 16.02.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА БЛОЧНЫХ И МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕГИРОВАННЫХ ПЛЁНОК ВИСМУТА



36

809741

С. МЕТФЕССЕЛЬ

ТОНКИЕ ПЛЁНКИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ

809741, 810442, A566776

Метфессель, С. Тонкие плёнки, их изготовление и измерение = Dünne Schichten (Ihre Herstellung und Messung) / С. Метфессель ; сокращённый перевод с немецкого А. Е. Меламида ; под общей редакцией Н. С. Хлебникова. – Москва ; Ленинград : Госэнергоиздат, 1963. – 272 с. : 7 таб., 132 рис. – Библиогр. в конце глав. – Текст : непосредственный.

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

A837840

Моделирование роста
и легирования
полупроводниковых пленок
методом
Монте-Карло

Моделирование роста и легирования полупроводниковых плёнок методом Монте-Карло / Л. Н. Александров, Р. В. Бочкова, А. Н. Коган, Н. П. Тихонова. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1991. – 168 с. : 1 таб., 90 рис. – Библиогр.: с. 150-162 (257 назв.). – ISBN 5-02-029696-1. – Текст : непосредственный.

A 963708

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА
И
ПЛЕНКИ
ЛЕНГМЮРА-БЛОДЖЕТТ**

A963708

Молекулярная электроника и плёнки Ленгмюра-Блоджетт: учебное пособие для студентов химических и физических факультетов / Б. Н. Климов, С. Н. Штыков, Г. Ю. Науменко [и др.] ; под общей редакцией Б. Н. Климова и С. Н. Штыкова. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 2004. – Часть 1. – 116 с. : 14 таб., 58 рис. – Библиогр. с. 108-110 (73 назв.). – ISBN 5-292-03329-4. – Текст : непосредственный.

37

A 558021

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ТУРКМЕНСКОЙ ССР

Г. МЯЛИКГУЛЫЕВ, Д. ХОДЖАГУЛЫЕВ

**М Е Т О Д Ы
ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ
ТОНКИХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНОК**

A558021

Мяликгулыев, Г. Методы получения и исследования тонких магнитных плёнок (учебное пособие) / Г. Мяликгулыев, Д. Ходжагулыев. – Ашхабад : Издательство ТГУ, 1982. – 146 с. : 6 таб., 62 рис. – Библиогр. с. 139-143 (69 назв.). – Текст : непосредственный.

АШХАБАД — 1982



A373738



**ОБЗОРЫ ПО ЭЛЕКТРОННОЙ
ТЕХНИКЕ**

Б.А.Осадин

**ИМПУЛЬСНОЕ НАНЕСЕНИЕ
ПЛЕНОК**

A373738

Осадин, Б. А. Импульсное нанесение плёнок / Б. А. Осадин. – Москва : ЦНИИ «Электроника», 1976. – 76 с. : 4 таб., 15 рис. – Библиогр. с. 69-75 (117 назв.) (Обзоры по электронной технике, Серия 3 «Микроэлектроника», Выпуск 4 (408)). – Текст : непосредственный.

1976

38

A203068

К. А. ОСИПОВ, Г. Э. ФОЛМАНИС

ОСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК
ИЗ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
ПЛАЗМЫ
И ИОННЫХ ПУЧКОВ

A203068

Осипов, К. А. Осаждение плёнок из низкотемпературной плазмы и ионных пучков / К. А. Осипов, Г. Э. Фолманис. – Москва : Наука, 1973. – 88 с. : 6 таб., 24 рис. – Библиогр. с. 82-85 (116 назв.). – Текст : непосредственный.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

A203508

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ
И СУБСТРУКТУРА
КОНДЕНСИРОВАННЫХ
ПЛЕНОК

Л.С.ПАЛАТНИК
М.Я.ФУКС
В.М.КОСЕВИЧ



A171943, A203507, A203508

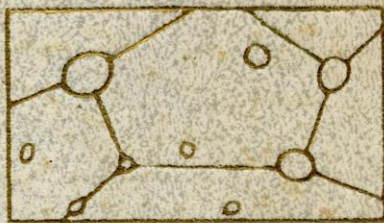
Палатник, Л. С. Механизм образования и субструктура конденсированных плёнок / Л. С. Палатник, М. Я. Фукс, В. М. Косевич. – Москва : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1972. – 320 с. : 47 таб., 174 рис. – Библиогр. с. 306-316 (323 назв.). – Текст : непосредственный.

39

8569926

Л. С. ПАЛАТНИК
П. Г. ЧЕРЕМСКОЙ
М. Я. ФУКС

ПОРЫ в пленках



A569926

Палатник, Л. С. Поры в плёнках / Л. С. Палатник, П. Г. Черемской, М. Я. Фукс. – Москва : Энергоиздат, 1982. – 216 с. : 14 таб., 78 рис. – Библиогр.: с. 199-209 (390 назв.). – Текст : непосредственный.

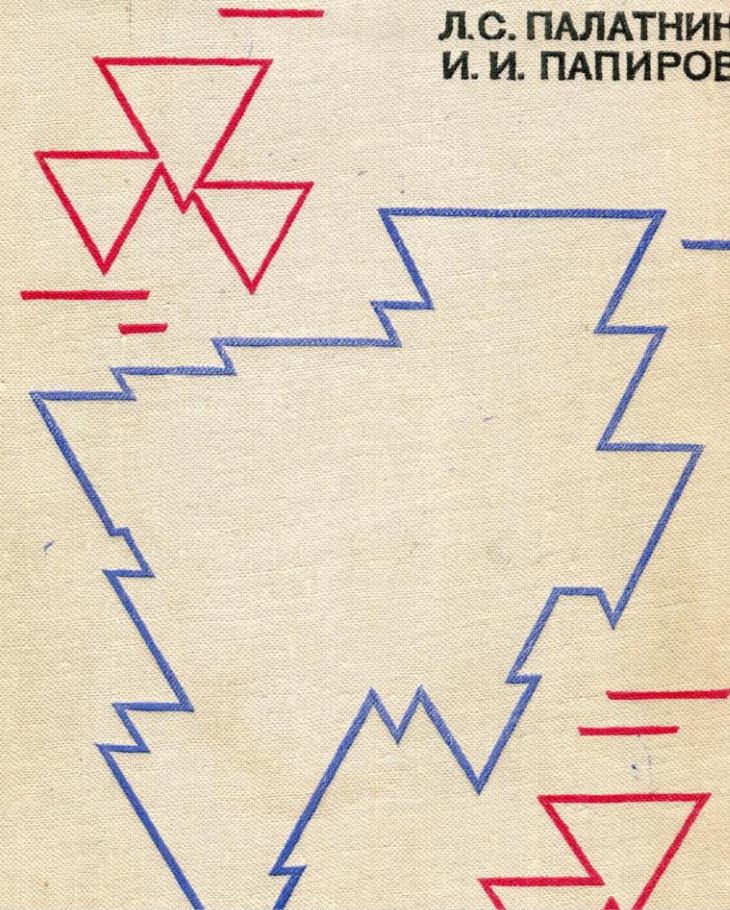
ЭНЕРГОИЗДАТ

40

A111169

ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ ПЛЕНКИ

Л. С. ПАЛАТНИК
И. И. ПАПИРОВ



A110823, A1110024, A111167, A111168, A111169

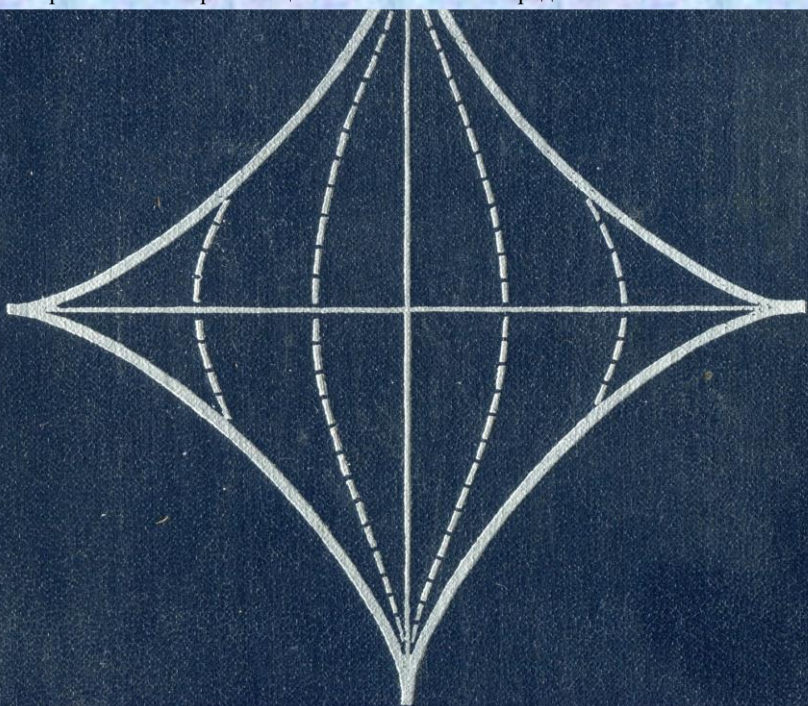
Палатник, Л. С. Эпитаксиальные плёнки / Л. С. Палатник, И. И. Папиров. – Москва : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1971. – 480 с. : 79 таб., 167 рис. – Библиогр. с. 452-480 (по главам, 1282 назв.). – Текст : непосредственный.

М. ПРАТТОН

ТОНКИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ПЛЕНКИ

A09680

Праттон, М. Тонкие ферромагнитные плёнки = Thin Ferromagnetic Films / М. Праттон ; перевод с английского Е. О. Брянской, Н. Н. Калинина, О. Г. Мартыненко под редакцией Е. О. Брянской, Н. Н. Калинина. – Ленинград : Судостроение, 1967. – 268 с. : 190 рис. – Библиогр. в конце глав. – Текст : непосредственный.



A169551

ПРОБЛЕМЫ ЭПИТАКСИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК

A169551

Проблемы эпитаксии полупроводниковых плёнок / ответственный редактор Л. Н. Александров. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1972. – 227 с. : 11 таб., 116 рис. – Библиогр. в конце глав. – Текст : непосредственный.

A113499

АКАДЕМИЯ НАУК СССР · СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ПРОЦЕССЫ РОСТА КРИСТАЛЛОВ И ПЛЕНОК ПОЛУПРОВОДНИКОВ

НОВОСИБИРСК
1970

A113499

Процессы роста кристаллов и плёнок полупроводников. Труды симпозиума / ответственные редакторы Л. Н. Александров, Л. А. Борисова. – Новосибирск : 1970. – 683 с., рис., табл. – Библиогр. в статьях. – Текст : непосредственный.

42

A231520

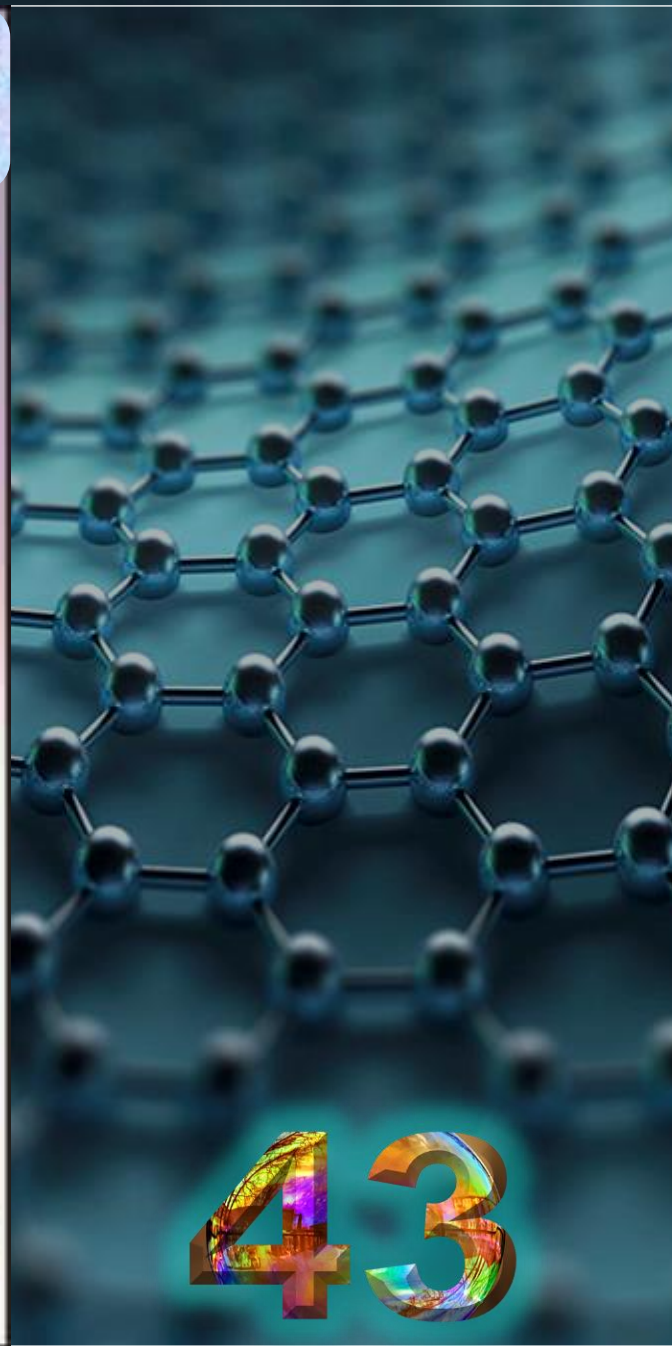
В.А. ПУЗЫРЁВ

ТОНКИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ПЛЁНКИ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

A231520

Пузырёв, В. А. Тонкие ферромагнитные плёнки в радиотехнических цепях / В. А. Пузырёв. – Москва : Советское радио, 1974. – 160 с. : 6 табл., 81 рис. – Библ.: с. 157-159 (47 назв.). – Текст : непосредственный.

Путилин, Э. С. Оптические покрытия : учебник / Э. С. Путилин, Л. А. Губанова. – 1-е издание. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 268 с. : 107 рис. – Библиогр.: с. 265 (10 назв.). – ISBN 978-5-8114-2005-6. – Имеется электронная версия: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72995 (дата обращения: 01.03.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.



43

538
A357046
с-16

Н. М. САЛАНСКИЙ
М. Ш. ЕРУХИМОВ

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПЛЕНОК

A357046, A357047

Саланский, Н. М. Физические свойства и применение магнитных плёнок / Н. М. Саланский, М. Ш. Ерухимов. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1975. – 223 с. : 4 таб., 97 рис. – Библиогр. с. 200-220 (508 назв.). – Текст : непосредственный.

ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

A 833062

**А.М.СВЕРДЛОВА
В.Ф. КАБАНОВ
В.Ю. БУРОВ**

A833062

Свердлова, А. Л. Магнитные плёнки окислов редкоземельных элементов / А. Л. Свердлова, В. Ф. Кабанов, В. Ю. Буров. – Саратов: Издательство Саратовского университета, 1991. – 48 с. : 1 таб., 23 рис. – Библиогр.: с. 45-47 (34 назв.). – Текст : непосредственный.

**Магнитные пленки
ОКИСЛОВ
редкоземельных
ЭЛЕМЕНТОВ**



A847841

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

A847841

Сверхпроводниковая электроника : указатель отечественной и иностранной научной литературы. – Санкт-Петербург : [б. и.]. – Вып. 2: Тонкие плёнки, получение, свойства, применение. Июль 1989-июнь 1991. – 1992. – 466 с. – Текст : непосредственный.

**СВЕРХПРОВОДНИКОВАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА**

**№ 2: ТОНКИЕ ПЛЕНКИ,
ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ**

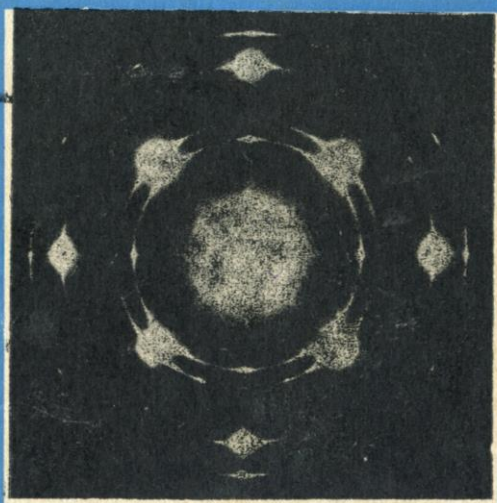
Июль 1989 — июнь 1991

— САНКТ-ПЕТЕРБУРГ · 1992 —

А 50827

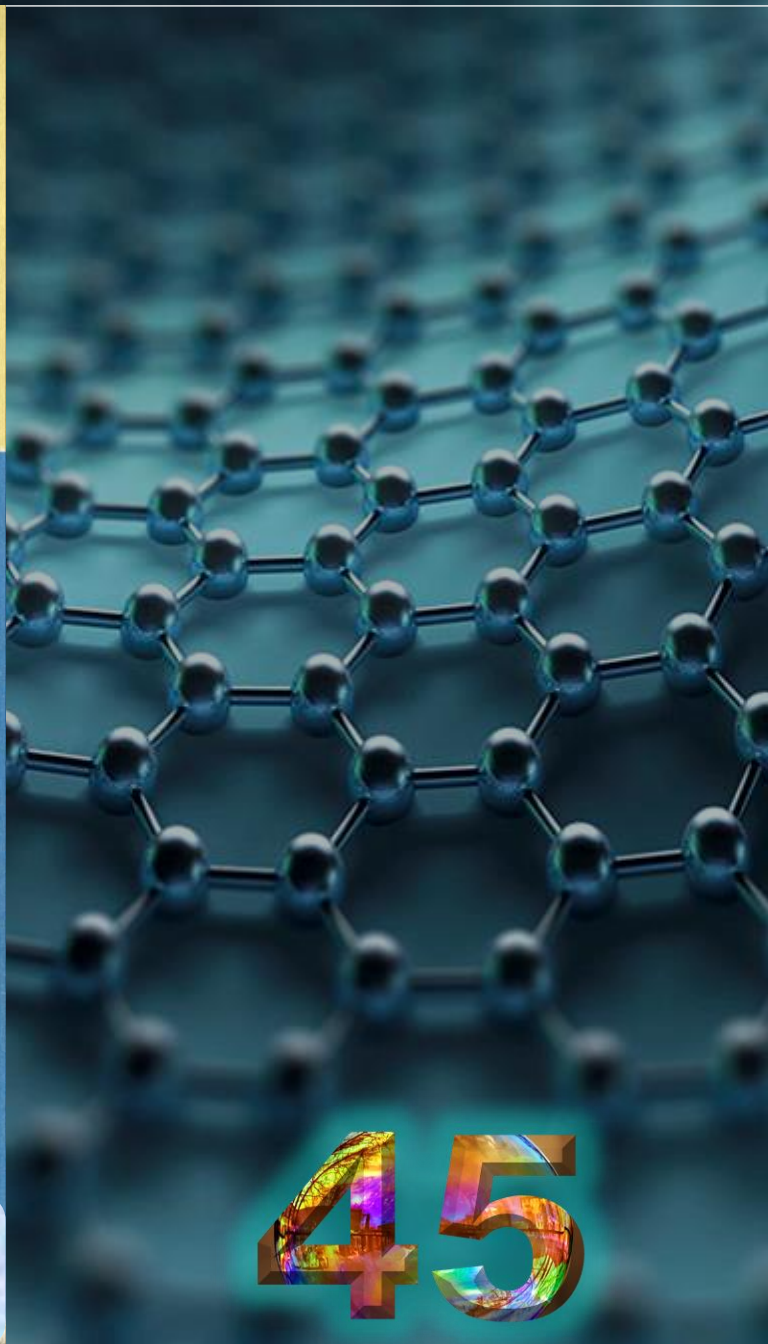
В. П. СЕВЕРДЕНКО, Э. И. ТОЧИЦКИЙ

Структура тонких МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК



A50827

Северденко, В. П. Структура тонких металлических плёнок / В. П. Северденко, Э. И. Точицкий. – Минск : Наука и техника, 1968. – 212 с. : 6 таб., 11 рис. (+ 52 в Приложении) – Библиогр. с. 155-160 (248 назв.). – Текст : непосредственный.



45



Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ



Смирнов, Ю. А. Физические основы электроники : монография / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. – 2-е издание, исправленное – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 560 с. : 8 таб., 272 рис. – Библиогр. в конце глав. – ISBN 978-5-8114-1369-0. – Имеется электронная версия: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5856 (дата обращения: 01.03.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

A918074

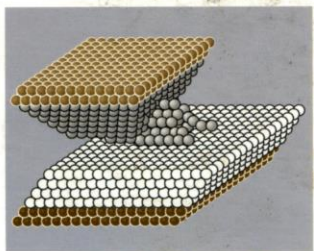
A917730-СБО, A918074

Справочник Шпрингера по нанотехнологиям : в 3 томах. Том 2. / Федеральное государственное учреждение Научно-производственный комплекс «Технологический центр» Московского государственного института электронной техники ; под редакцией Б. Бхушана ; перевод с английского под общей редакцией А. Н. Саурова. – 2-е издание – Москва : Техносфера, 2010. – 1040 с. : 53 таб., 644 рис. – Библиогр. в конце глав. – (Мир материалов и технологий ; 6 ; 30). – ISBN 978-5-94836-261-8. – ISBN 978-5-94836-263-2 (т. II). – Текст : непосредственный.

материалов и технологий

Справочник
Шпрингера по
нанотехнологиям
(в 3-х томах)

ПОД РЕД. Б. БХУШАНА
ТОМ II



 ТЕХНОСФЕРА

A161517

ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Н. В. Суйковская

получения
тонких
прозрачных
пленок

470177

A161517

Суйковская, Н. В. Химические методы получения тонких прозрачных плёнок / Н. В. Суйковская. – Ленинград : Химия, 1971. – 200 с., : 47 таб., 56 рис. – Библиогр.: с. 178-187 (388 назв.). – Текст : непосредственный.

46



A314692

С. В. СУХВАЛО

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА
МАГНИТНЫХ ПЛЕНОК
ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЬ-КОБАЛЬТОВЫХ
СПЛАВОВ

МИНСК-1974

A314692

Сухвало, С. В. Структура и свойства магнитных плёнок железо-никель-кобальтовых сплавов / С. В. Сухвало. – Минск : Наука и техника, 1974. – 336 с. : 10 таб., 119 рис. – Библиогр.: с. 320-332 (493 назв.). – Текст : непосредственный.

47

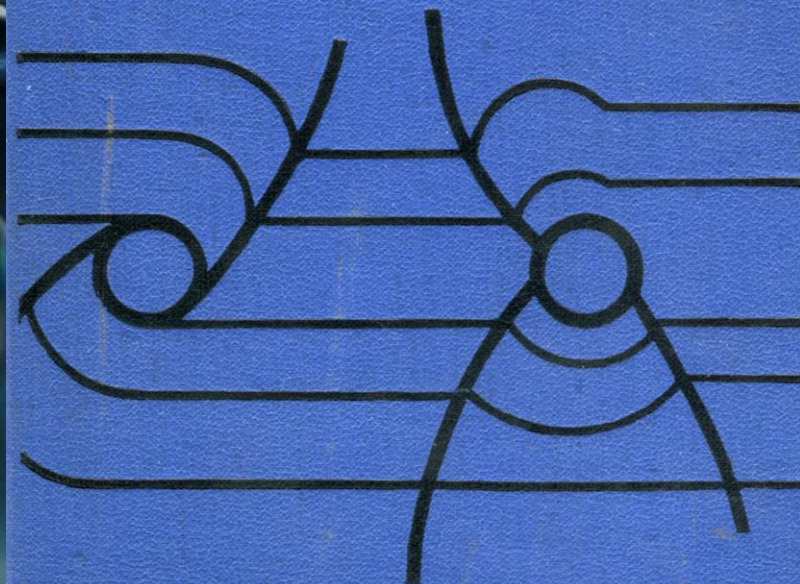
A13663

Р. СУХУ

Магнитные
тонкие
пленки

A13663

Суху, Р. Магнитные тонкие плёнки = Magnetic Thin Films / Р. Суху ; перевод с английского под редакцией Р. В. Телеснина. – Москва : Мир, 1967. – 423 с. : 2 таб., 116 рис. – Библиогр.: с. 330-366 (по главам) + с. 418 (22 назв.). – Текст : непосредственный.



Твердохлеб П.Е., Пономарева М.А.

Оптические свойства тонких диэлектрических пленок

учебное пособие

Твердохлеб, П. Е. Оптические свойства тонких диэлектрических плёнок : учебное пособие / П. Е. Твердохлеб, М. А. Пономарева. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 87 с. : 5 таб., 20 рис. – Библиогр. с. 82 (14 назв.) – ISBN 978-5-7782-3974-6. – Имеется электронная версия: <https://www.iprbookshop.ru/98799.html> (дата обращения: 13.02.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

2019

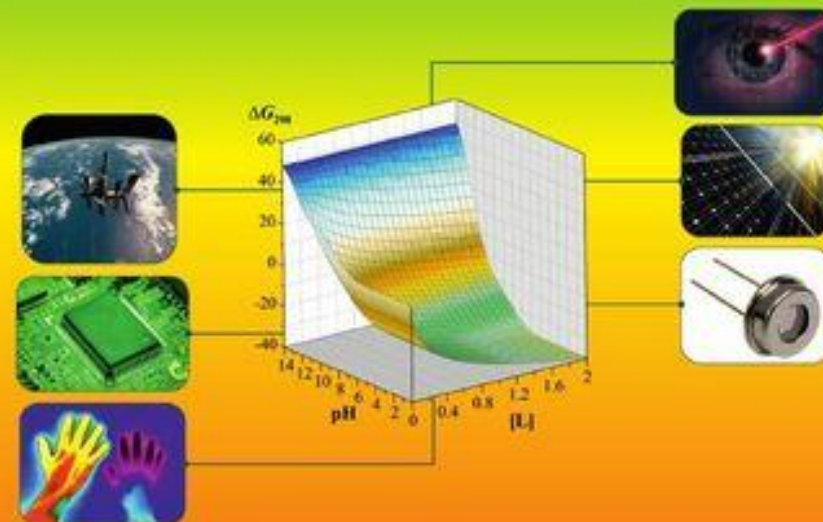
48



Технология химического осаждения плёнок халькогенидов металлов : учебное пособие / Л. Н. Маскаева, В. Ф. Марков, Н. А. Форостяная [и др.]. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018. – 136 с. : 25 таб., 27 рис. – Библиогр.: с. 131-132 (22 назв.). – ISBN 978-5-7996-2411-8. – Имеется электронная версия: <https://www.iprbookshop.ru/106532.html> (дата обращения: 16.02.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

ТЕХНОЛОГИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ПЛЕНОК ХАЛЬКОГЕНИДОВ МЕТАЛЛОВ

Учебное пособие



1

Технология тонких пленок

A 804577

A401340, A401725, A401861, A401862, A401863, A401864, A722797, A804577
Технология тонких плёнок (справочник) = Handbook of Thin Film Technology / под редакцией Л. Майссела, Р. Глэнга ; перевод с английского под редакцией М. И. Елинсона, Г. Г. Смолко. – Москва : Советское радио, 1977. – Т. 1. – 664 с. : 78 табл., 287 рис. – Библиогр. в конце глав. – Текст : непосредственный.

Справочник

A804578

2

Технология тонких пленок

A400886, A405002, A516818, A722798, A804578
Технология тонких плёнок (справочник) = Handbook of Thin Film Technology / под редакцией Л. Майссела, Р. Глэнга ; перевод с английского под редакцией М. И. Елинсона, Г. Г. Смолко. – Москва : Советское радио, 1977. – Т. 2. – 768 с. : 56 табл., 417 рис. – Библиогр. в конце глав. – Текст : непосредственный.

Справочник

49

A379207

Б. В. ТКАЧУК, В. М. КОЛОТЫРКИН

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ
ПОЛИМЕРНЫХ
ПЛЕНОК
ИЗ
ГАЗОВОЙ
ФАЗЫ

A379207

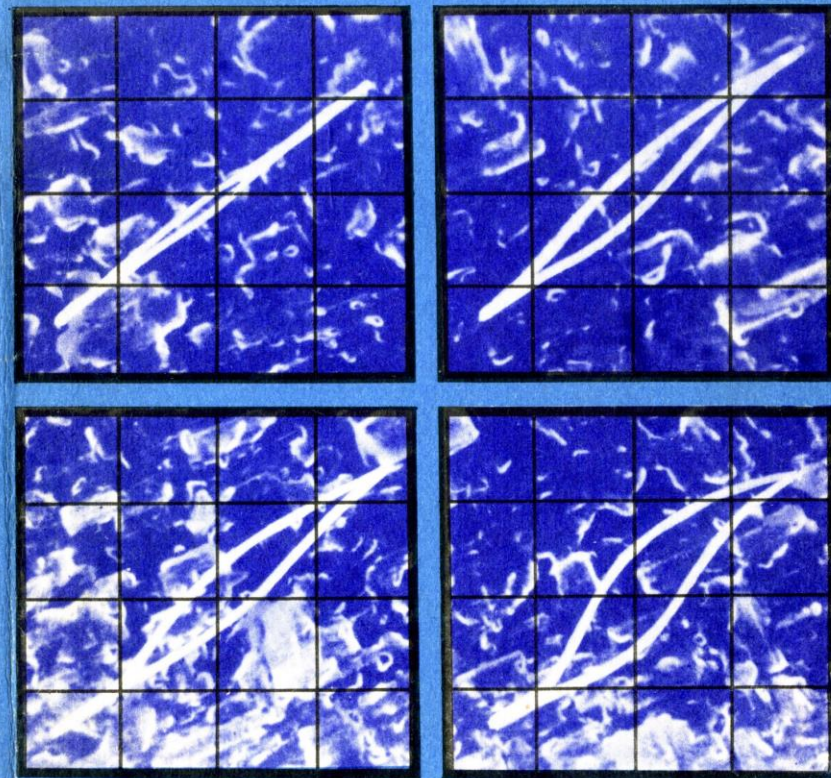
Ткачук, Б. В. Получение тонких полимерных плёнок из газовой фазы / Б. В. Ткачук, В. М. Колотыркин. – Москва : Химия, 1977. – 216 с. : 28 табл., 91 рис. – Библиогр.: с. 212-216 (396 назв.). – Текст : непосредственный.

50

A702633

Ю. Я. Томашпольский

Пленочные
сегнетоэлектрики



A702633

Томашпольский, Ю. Я. Пленочные сегнетоэлектрики / Ю. Я. Томашпольский. – Москва : Радио и связь, 1984. – 192 с. : 22 табл., 47 рис. – Библиогр.: с. 185-191 (127 назв.). – Текст : непосредственный.

821532

821532

A821532

Тонкие магнитные плёнки : сборник статей / перевод с английского и немецкого под редакцией В. М. Глушкова и Л. В. Корейского. – Киев : Государственное издательство технической литературы УССР, 1963. – 378 с. : рис. – Библиогр.: в статьях. – Текст : непосредственный.

Тонкие магнитные плёнки

51

A792454

ТОНКИЕ ПЛЕНКИ АНТИМОНИДА ИНДИЯ



A792454

Тонкие плёнки антимионида индия. Получение, свойства, применение / В. А. Касьян, П. И. Кетруш, Ю. А. Никольский, Ф. И. Пасечник ; под редакцией Н. Н. Сырбу. – Кишинев : Штиинца, 1989. – 164 с. : 22 табл., 78 рис. – Библиогр.: с. 146-160 (208 назв.). – Текст : непосредственный.

721195

A721195

Тонкие плёнки в оптоэлектронике / редактор Г. А. Цинцадзе. – Тбилиси : Мецниереба, 1985. – 124 с. : табл., рис. – Библиогр. в статьях. – Текст : непосредственный.

ТОНКИЕ ПЛЕНКИ
В
ОПТОЭЛЕКТРОНИКЕ

«МЕЦНИЕРЕБА»

52

621
T-37
A565163
2014

ТОНКИЕ
ПЛЕНКИ
Взаимная
диффузия
и реакции

A565163

Тонкие плёнки. Взаимная диффузия и реакции = Thin Films – Interdiffusion and Reactions / под редакцией Дж. Поута, К. Ту, Дж. Мейера ; перевод с английского под редакцией В. Ф. Киселёва и В. В. Поспелова. – Москва : Мир, 1982. – 576 с. : рис., библиогр. в статьях. – Текст : непосредственный.

827800



ТОНКИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ПЛЕНКИ

827800, 832400

Тонкие ферромагнитные плёнки = Ferromagnetische Dünne Schichten / перевод с немецкого А. С. Пахомова и Р. В. Телеснина ; под общей редакцией Р. В. Телеснина. – Москва : Мир, 1964. – 360 с. : таб., рис. – Библиогр. – в статьях. – Текст : непосредственный.

A377928

Э. И. ТОЧИЦКИЙ

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ И ТЕРМООБРАБОТКА ТОНКИХ ПЛЕНОК

A377928

Точицкий, Э. И. Кристаллизация и термообработка тонких плёнок / Э. И. Точицкий. – Минск : Наука и техника, 1976. – 376 с. : 8 таб., 102 рис. – Библиогр.: с. 298-312 (619 назв.). – Текст : непосредственный.

53

Издательство «Наука и техника»

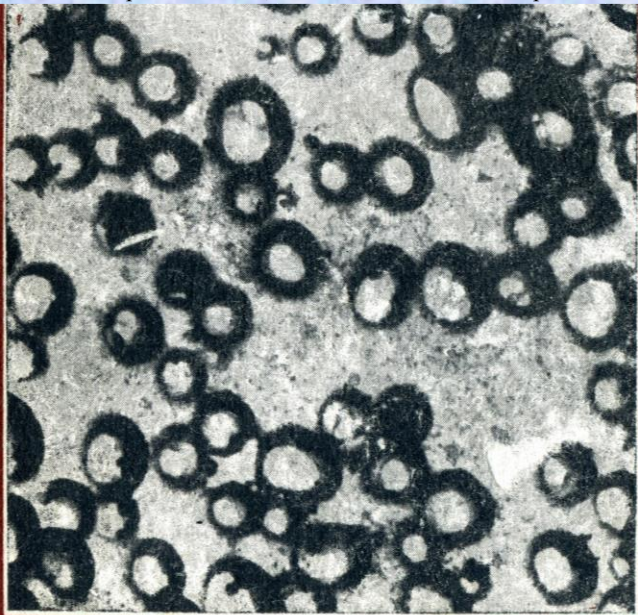
Л.И. ТРУСОВ, В.А. ХОЛМЯНСКИЙ

A225209

ОСТРОВКОВЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ

A225209

Трусов, Л. И. Островковые металлические плёнки / Л. И. Трусов, В. А. Холмянский. – Москва : Металлургия, 1973. – 320 с. : 2 таб., 99 рис. – Библиогр. с. 309-321 (370 назв.). – Текст : непосредственный.



54

A807622 Л.Фелдман, Д.Майер

ОСНОВЫ АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ И ТОНКИХ ПЛЕНОК

A807622

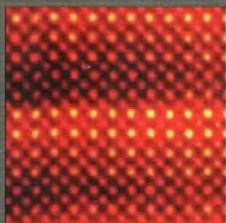
Фелдман, Л. Основы анализа поверхности и тонких плёнок = Fundamentals of Surface and Thin Film Analysis / Л. Фелдман, Д. Майер ; перевод с английского. – Москва : Мир, 1989. – 344 с. : 23 таб., 175 рис. – Библиогр. в конце глав. – ISBN 5-03-001017-3. – Текст : непосредственный.

Издательство «Мир»

A930342

ФИЗИКА СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД



A916395, A930342

Физика сегнетоэлектриков. Современный взгляд = Physics of Ferroelectrics / под редакцией К. М. Рабе, Ч. Г. Ана, Ж.-М. Трискона ; перевод с английского Б. А. Струкова, А. И. Лебедева. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 440 с. : 24 таб., 129 рис. – Библиогр. в конце глав. – ISBN 978-5-9963-0302-1. – Текст : непосредственный.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
БИНОМ

55

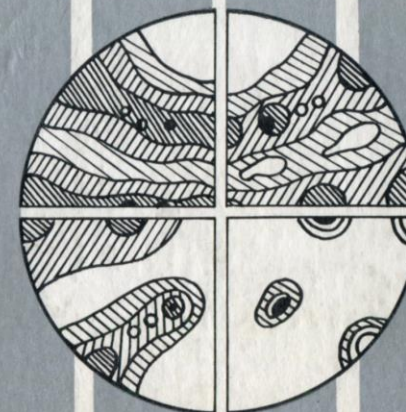
A777197

Д. М. ФРЕЙК, М. А. ГАЛУЩАК, Л. И. МЕЖИЛОВСКАЯ

ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК

A777197

Фреик, Д. М. Физика и технология полупроводниковых плёнок / Д. М. Фреик, М. А. Галушак, Л. И. Межиловская. – Львов: Вища школа, 1988. – 152 с. : 39 таб., 94 рис. – Библиогр.: с. 143-150 (179 назв.). – Текст : непосредственный.



621
A972699
Ф-91

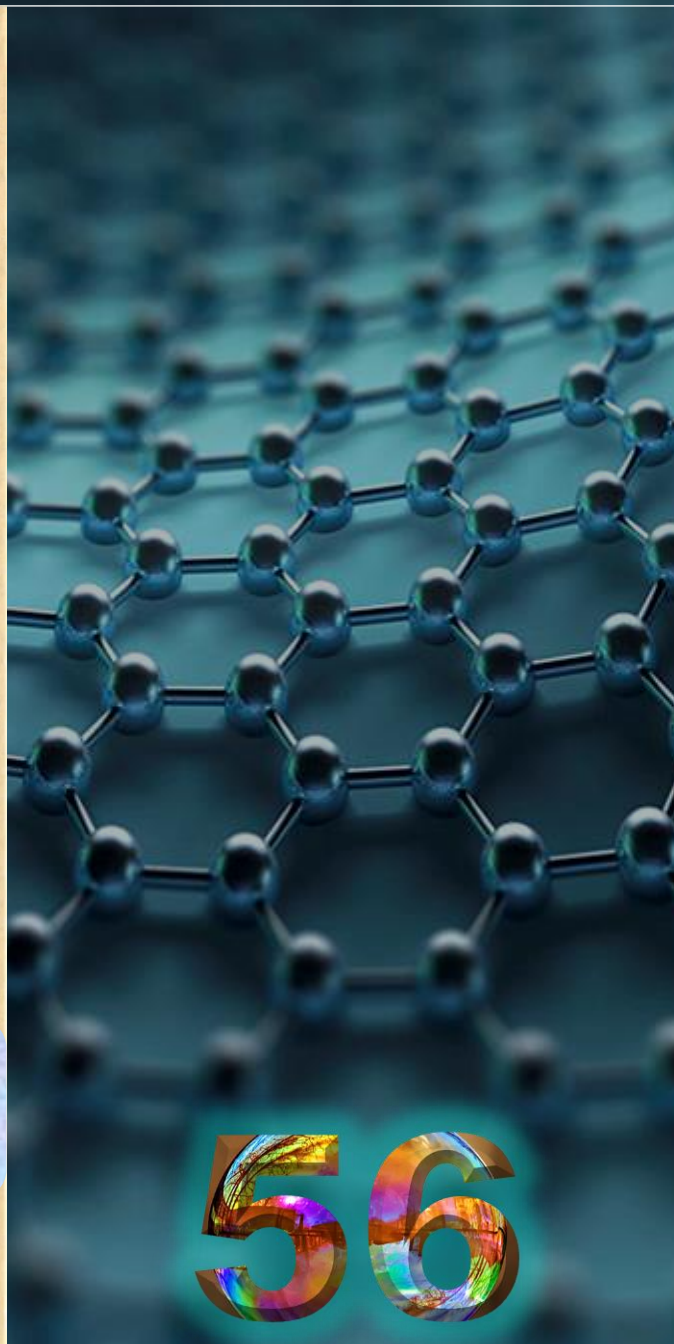
Г. И. ФРОЛОВ
В. С. ЖИГАЛОВ

**ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
И ПРИМЕНЕНИЕ
МАГНИТОПЛЕНОЧНЫХ
НАНОКОМПОЗИТОВ**

A972699

Фролов, Г. И. Физические свойства и применение магнитоплёночных наноконпозитов / Г. И. Фролов, В. С. Жигалов ; ответственный редактор В. Ф. Шабанов. – Новосибирск : Издательство СО РАН, 2006. – 187, [1] с. : 13 таб., 107 рис. – Библиогр.: с. 174-184 (199 назв.). – ISBN5-7692-0855-4. – Текст : непосредственный.

2006

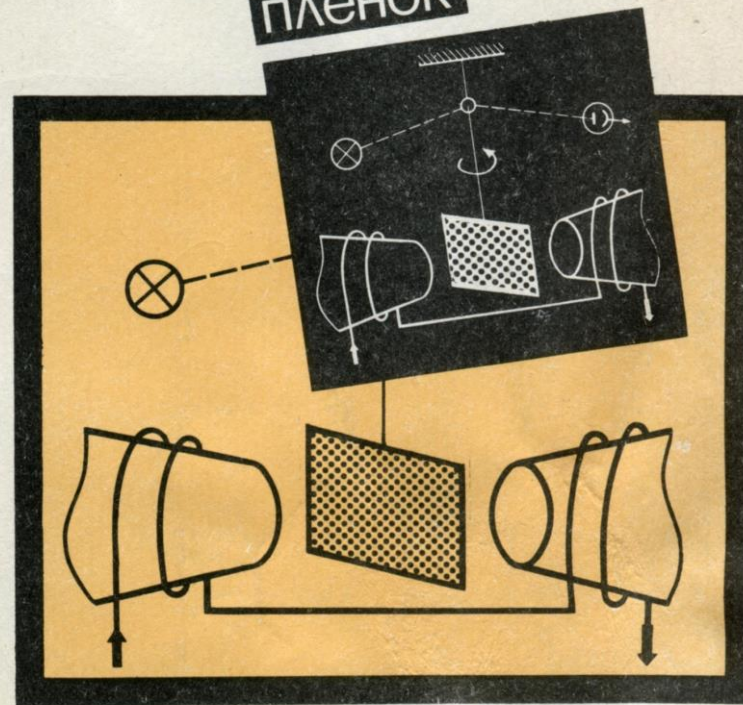


56

A819504

**Методы
и средства
измерений**

**МАГНИТНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК
ПЛЕНОК**



A819504

Червинский, М. М. Методы и средства измерений магнитных характеристик плёнок / М. М. Червинский, С. Ф. Глаголев, В. Б. Архангельский. – Ленинград : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1990. – 208 с. : 4 таб., 47 рис. – Библиогр.: с. 202-208 (121 назв.). – ISBN 5-283-04422-X. – Текст : непосредственный.

539
4-75
A160331

К. Л. ЧОПРА

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
ЯВЛЕНИЯ
В ТОНКИХ
ПЛЕНКАХ



A160329, A160330, A160331, A162023

Чопра, К. Л. Электрические явления в тонких плёнках (Избранные главы из книги Thin Film Phenomena) / К. Л. Чопра ; перевод с английского А. Ф. Волкова, Е. И. Гиваргизова, П. И. Перова и В. И. Покалякина ; под редакцией Т. Д. Шермергора. – Москва : Мир, 1972. – 436 с. : 21 таб., 107 рис. – Библиогр. с. 380-410 (по главам) + с. 421-424 (130 назв.). – Текст : непосредственный.

A597433

Р.Б.ШАФИЗАДЕ



АЗО
ОБРАЗОВАНИЕ
И КИНЕТИКА
ФАЗОВЫХ
ПРЕВРАЩЕНИЙ
В ТОНКИХ
ПЛЕНКАХ А'-В''

57

A597433

Шафизаде, Р. Б. Фазообразование и кинетика фазовых превращений в тонких плёнках АI – ВVI / Р. Б. Шафизаде. – Баку: Элм, 1983. – 168 с. : 8 таб., 96 рис. – Библиогр.: с. 160-167 (298 назв.). – Текст : непосредственный.

A739963

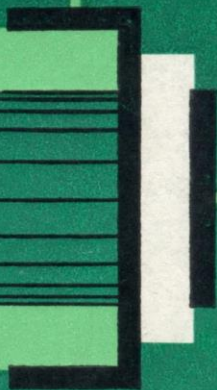
Т. Д. ШЕРМЕРГОР
Н. Н. СТРЕЛЬЦОВА

ПЛЕНОЧНЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКИ



A739963

Шермергор, Т. Д. Плёночные пьезоэлектрики / Т. Д. Шермергор, Н. Н. Стрельцова. – Москва : Радио и связь, 1986. – 138 с. : 13 таб., 75 рис. – Библиогр. с. 132-137 (113 назв.) – Текст : непосредственный.



58

В. В. ЮДИН

СТОХАСТИЧЕСКАЯ МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА

A768128



A768128

Юдин, В. В. Стохастическая магнитная структура плёнок с микропоровой системой / В. В. Юдин. – Москва : Наука, 1987. – 216 с. : 6 таб., 56 рис. (+24 фототаблиц). – Библиогр.: с. 188-211 (375 назв.). – Текст : непосредственный.

ПЛЕНОК С МИКРОПОРОВОЙ СИСТЕМОЙ

« НАУКА »

Д44 954

Л. ЮНГ

АНОДНЫЕ ОКСИДНЫЕ ПЛЕНКИ



A44954

Юнг, Л. Анодные оксидные плёнки = Anodic Oxide Films / Л. Юнг ; перевод с английского под редакцией Л. Н. Закгейма и Л. Л. Одынца. – Ленинград : Энергия, Ленинградское отделение, 1967. – 232 с. : 12 таб., 94 рис. – Библиогр. с. 227-228 (36 назв.) + в конце глав. – Текст : непосредственный.

59

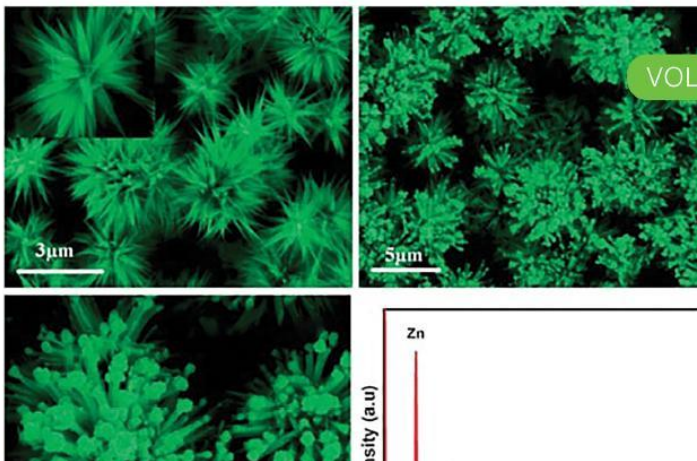


Московский педагогический
государственный университет

ОСОБЕННОСТИ РАЗОГРЕВА И РЕЛАКСАЦИИ ГОРЯЧИХ ЭЛЕКТРОНОВ В ТОНКОПЛЕНЧНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫХ НАНОСТРУКТУРАХ И 2D ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ ПРИ ПОГЛОЩЕНИИ ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО И ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНОВ

Особенности разогрева и релаксации горячих электронов в тонкопленочных сверхпроводниковых наноструктурах и 2D полупроводниковых гетероструктурах при поглощении излучения инфракрасного и терагерцового диапазонов : монография / К. В. Смирнов, Г. М. Чулкова, Ю. Б. Вахтомин [и др.]. – Москва : Московский педагогический государственный университет, 2014. – 240 с. : 14 таб., 74 рис. – Библиогр.: с. 213-239 (381 назв.). – ISBN 978-5-4263-0145-0. – Имеется электронная версия: <https://www.iprbookshop.ru/70140.html> (дата обращения: 14.03.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей. – Текст : непосредственный.

Москва
2014



VOLUME FOUR

21st Century Nanoscience – A Handbook: Low-Dimensional Materials and Morphologies (Volume Four) / K. D. Sattler Editor. – DOI: 10.1201/9780429347290. – Boca Raton, Florida : CRC Press, 2020. – 484 pages : 17 Tab., 411 Fig. – Bibliogr. в конце глав. – ISBN 9781108488877. – Имеется электронная версия: <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9780429347290/21st-century-nanoscience-handbook-klaus-sattler> (дата обращения: 31.01.2022). – Режим доступа: по подписке СГУ. – Текст : непосредственный.

21st Century Nanoscience A Handbook

Low-Dimensional Materials
and Morphologies

edited by

Klaus D. Sattler

CRC CRC Press
Taylor & Francis Group

60

Amra, C. Electromagnetic Optics of Thin-Film Coatings. Light Scattering, Giant Field Enhancement, and Planar Microcavities / C. Amra, M. Lequime, M. Zerrad. – DOI: 10.1017/9781108772372. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – 392 pages (xv + 377) : 5 Tab., 128 Fig. – Bibliogr.: p. 371-373 (39). – ISBN 9781108488877 (Print). – ISBN 9781108809757 (OnLine). – Имеется электронная версия: <https://www.cambridge.org/ru/academic/subjects/physics/optics-optoelectronics-and-photonics/electromagnetic-optics-thin-film-coatings-light-scattering-giant-field-enhancement-and-planar-microcavities?format=AR> (дата обращения: 02.10.2021). – Режим доступа: по подписке СГУ. – Текст : непосредственный.

ELECTROMAGNETIC OPTICS of Thin-Film Coatings

Claude Amra,
Michel Lequime, and Myriam Zerrad



© Стольниц, М. М., Шишкина, В. Н., виртуальная выставка, 2022