

Владимир Александрович Заблудовский
Эдуард Филиппович Штапенко
Валентина Васильевна Титаренко

Программный импульсный электролиз металлов и композиционных материалов

 **LAMBERT**
Academic Publishing

Владимир Александрович Заблудовский
Эдуард Филиппович Штапенко
Валентина Васильевна Титаренко

**Программный импульсный электролиз металлов и
композиционных материалов**

FOR AUTHOR USE ONLY

**Владимир Александрович Заблудовский
Эдуард Филиппович Штапенко
Валентина Васильевна Титаренко**

**Программный импульсный
электролиз металлов и
композиционных материалов**

FOR AUTHOR USE ONLY

LAP LAMBERT Academic Publishing RU

Imprint

Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: www.ingimage.com

Publisher:

LAP LAMBERT Academic Publishing

is a trademark of

International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing Group

17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius

Printed at: see last page

ISBN: 978-3-659-69715-9

Copyright © Владимир Александрович Заблудовский,
Эдуард Филиппович Штапенко, Валентина Васильевна Титаренко

Copyright © 2019 International Book Market Service Ltd., member of
OmniScriptum Publishing Group

FOR AUTHOR USE ONLY

В. А. Заблудовский, Э. Ф. Штапенко, В. В. Титаренко

**Программный импульсный электролиз металлов и
композиционных материалов**

2019

УДК 541.13: 539.2: 669.2

Рекомендовано Ученым советом
Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна,
протокол № 9 от 25 марта 2019 г.

Рецензенты:

В. Ф. Башев, профессор кафедры экспериментальной физики и физики металлов Днепропетровского национального университета им. О. Гончара, доктор физико-математических наук.

А. Б. Лысенко, заведующий кафедры физики конденсированного состояния Днепропетровского государственного технического университета, доктор физико-математических наук, профессор.

Заблудовский В. А., Штаненко Э. Ф., Титаренко В. В. Программный импульсный электролиз металлов и композиционных материалов.

В монографии обобщаются теоретические и экспериментальные результаты исследований перспективного научного направления в области материаловедения и прикладной электрохимии программного импульсного электролиза. Рассмотрены вопросы кинетики электродных процессов при импульсных режимах и влияния параметров поляризующего тока на электрохимические характеристики процесса осаждения. Приведены результаты исследования влияния параметров импульсного тока на структуру и свойства покрытий. Отдельная глава посвящена исследованиям влияния параметров импульсов тока на структуру и свойства композиционных покрытий. Приведены обоснования выбора параметров программных режимов импульсного тока для получения функциональных покрытий металлами и сплавами, а также композиционными покрытиями градиентного по концентрации дисперсных наночастиц состава.

Монография будет полезна для научных работников и специалистов-материаловедов и электрохимиков, занимающихся электроосаждением металлических покрытий, а также преподавателей и студентов соответствующих специальностей.

Ил. 83. Табл. 17. Библиогр.: 260 назв. (с. 222–250).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Перечень условных обозначений	7
Предисловие	10
Глава 1 Теоретико-экспериментальная оценка параметров поляризующих импульсов тока	12
1.1 Методика прогнозирования параметров поляризующих импульсов по заданному свойству покрытия	12
1.2 Оценка величины перенапряжения, ответственного за формирование определенной тонкой структуры покрытий	16
1.3 Оценка величины амплитуды плотности поляризующих импульсов тока	21
1.4 Определение оптимальной длительности импульсов поляризующего тока для получения мелкокристаллической структуры покрытий	27
1.5 Определение оптимальных параметров поляризующих импульсов тока с учетом предельной поляризации	30
Глава 2 Исследование влияния параметров поляризующих импульсов тока (параметров микропрограмм) на электрохимические характеристики катодного процесса, структуру, текстуру и свойства покрытий	38
2.1 Влияние параметров импульсного тока на электродную поляризацию	38
2.2 Влияние параметров поляризующих импульсов на выход металла по току	46
2.3 Влияние импульсного тока на поверхностную структуру покрытий	50
2.3.1 Типы пленочных структур	54
2.3.2 Пленки с глобулярным типом кристаллической структуры	56
2.3.3 Пленки со столбчатым типом кристаллической структуры	60

2.3.4 Пленки со слоистым типом кристаллической структуры	63
2.4 Фазовый состав покрытий, полученных импульсным током	65
2.4.1 Фазовый состав пленок с глобулярным типом кристаллической структуры	69
2.4.2 Фазовый состав пленок со столбчатым типом кристаллической структуры	72
2.4.3 Фазовый состав пленок со слоистым типом кристаллической структуры	74
2.5 Влияние амплитуды плотности импульсного тока на тонкую структуру покрытий	77
2.5.1. Никелевые покрытия	77
2.5.2. Цинковые покрытия	86
2.5.3. Медные покрытия	87
2.5.4. Родиевые покрытия	92
2.6. Влияние частоты импульсного тока на структуру и свойства покрытий	102
2.7. Текстура покрытий, полученных при импульсном электролизе	109
2.8. Влияние параметров импульсного тока на физико-химические свойства покрытий	116
2.9. Коррозионная стойкость и защитная способность покрытий, полученных при импульсном электролизе	120
2.10. Особенности структуры покрытий, полученных при импульсном электролизе	123
Глава 3. Программные режимы импульсного тока для получения прочных, коррозионностойких покрытий	130
3.1. Необходимость применения программных импульсных токов	130
3.2. Обоснование выбора параметров программных режимов импульсного тока для получения прочных коррозионностойких покрытий	131

3.3. Влияние параметров программных режимов импульсного электролиза на субструктуру и текстуру гальванических покрытий	135
3.4. Влияние параметров программных режимов импульсного электролиза на некоторые физико-химические свойства покрытий	148
3.5. Влияние программных режимов импульсного электролиза на пористость и защитные свойства покрытий	151
Глава 4. Программные режимы импульсного тока для получения защитных с малыми внутренними напряжениями покрытий	154
4.1. Обоснование выбора параметров программного режима	154
4.1.1. Обоснование выбора параметров обратных (анодных) импульсов	157
4.1.2. Программный режим электролиза	163
4.2. Влияние параметров программного режима на субструктуру и текстуру родиевых покрытий	167
4.3. Влияние параметров программного режима на некоторые свойства родиевых покрытий	172
Глава 5. Программные режимы импульсного тока для получения функциональных покрытий сплавами	175
5.1. Импульсный электролиз – основа получения функциональных покрытий	175
5.2. Требования, предъявляемые к функциональным покрытиям сплавами	177
5.3. Поляризационные зависимости для сплава золото-никель	179
5.4. Влияние параметров импульсного тока на фазовый состав и выход по току сплава золото-никель	185
5.5. Структура и субструктура покрытий сплавом золото-никель	189
5.6. Влияние параметров импульсного тока на некоторые физико-химические свойства покрытий сплава золото-никель	194
5.7. Выбор параметров программного режима импульсного тока для	196

электроосаждения сплава золото-никель и его влияние на некоторые свойства покрытий	
5.8. Выбор параметров программного режима с широтно-импульсной модуляцией поляризующего тока	201
Глава 6 Исследование влияния параметров импульсов тока на структуру и свойства композиционных покрытий	204
6.1 Влияние импульсного тока на структуру поверхности и поперечного сечения композиционных покрытий	204
6.2 Фазовый состав композиционных покрытий, полученных импульсным током	209
6.3 Влияние амплитуды плотности импульсного тока на тонкую структуру покрытий	211
6.4 Влияние параметров импульсного тока на физико-химические свойства покрытий	213
Глава 7. Программные режимы импульсного тока для получения композиционных покрытий	216
7.1 Обоснование выбора параметров программных режимов импульсного тока	216
7.2 Влияние параметров программного режима на структуру поверхности и поперечного сечения композиционных покрытий	218
7.3 Влияние параметров программного режима на фазовый состав и тонкую структуру композиционных покрытий	219
7.4 Влияние параметров программного режима на некоторые физико-химические свойства композиционных покрытий	221
Литература	222

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

j	–	мгновенное значение плотности тока
$J_{\max}$	–	максимальное значение (амплитуда) плотности униполярного импульсного тока
$J_{\max}^{\text{пр}}, J_{\max}^{\text{обр}}$	–	амплитуда плотности прямых и обратных импульсов тока
$J_{\text{ср}}$	–	среднее значение плотности импульсного тока
j_0	–	плотность тока обмена
$j_{\text{пред}}$	–	предельная плотность тока катодного процесса
t	–	время (текущее значение)
T	–	период колебания импульсного тока или напряжения электролизера; абсолютная температура
f	–	частота импульсного тока $\left(f = \frac{1}{T}\right)$
$t_{\text{и}}$	–	длительность импульса
$t_{\text{п}}$	–	длительность паузы
$t_{\text{пач}}$	–	длительность пачки импульсов
Q	–	скважность импульсов; количество электричества
$t_{\text{пр}}, t_{\text{обр}}$	–	продолжительность протекания пульсирующих прямого и обратного токов ванны
τ	–	относительное время реверсирования; продолжительность электролиза
E	–	электродный потенциал; модуль Юнга
$E_{\text{ст}}$	–	стационарный потенциал электрода («условно равновесный»)
η	–	электродная поляризация, перенапряжение

η_e	– перенапряжение перехода
η_d	– перенапряжение диффузии
$\eta_{кр}$	– перенапряжение кристаллизации
η_{max}	– максимальное значение поляризации (перенапряжения) при импульсном электролизе
a	– константа уравнения Тафеля, период кристаллической решетки
B	– константа уравнения Тафеля, вектор Бюргерса
G	– модуль сдвига
D	– коэффициент диффузии; размер блоков мозаики
R	– газовая постоянная; электрическое сопротивление
F	– число Фарадея
BT	– выход металла по току
C	– емкость электрода; постоянная в ряде формул, концентрация; частотный показатель
d	– расстояние между электродами; межплоскостное расстояние
$\bar{e}$	– элементарный заряд
z	– заряд иона
α	– коэффициент переноса реакции восстановления; вероятность образования дефектов упаковки
δ	– толщина диффузионного слоя; толщина осаждаемого слоя покрытия; относительное удлинение
ρ	– плотность дислокаций, удельное электросопротивление
γ	– удельная электропроводность раствора электролита; фактор формы
L	– размер зерен осадка
$v_{ос}$	– скорость осаждения металла
H_μ	– микротвердость покрытия

$\sigma_{I,II}$	–	внутренние напряжения первого и второго рода
σ	–	поверхностное натяжение, поверхностная энергия
σ_B	–	предел прочности, временное сопротивление
κ	–	коэффициент отражения света; постоянные в ряде формул
n	–	пористость
S	–	площадь электрода

Индексы

К	–	катод
М	–	металл
Н	–	водород
пр	–	прямой ток
обр	–	обратный ток
ВЧ	–	высокочастотный ток
НЧ	–	низкочастотный ток

FOR AUTHOR USE ONLY

Литература

1. Озеров А. М., Кривцов А. К., Хамаев В. А., Фомичев В. Т., Саманов В. В., Свердлин И. А. Нестационарный электролиз. – Волгоград: Нижне-Волжское книжное изд-во, 1972. – 160 с.
2. Полукаров Ю. М., Гринина В. В. Электроосаждение металлов с использованием периодических токов и одиночных импульсов / Итоги науки и техники. Серия Электрохимия. – 1985. – Т. 22. – С. 3-62.
3. Костин Н. А., Кублановский В. С., Заблудовский В. А. Импульсный электролиз. – Киев: Наукова думка, 1989. – 168 с.
4. Вене Ю. А., Николаева С. А. Исследование влияния периодического изменения направления тока при электроосаждении меди их сульфатных ванн // Журнал прикладной химии. – 1955. – Т. 29. – С. 811-817.
5. Бахвалов Г. Т. Новая технология электроосаждения металлов. – М.: Металлургия, 1966. – 152 с.
6. Jbl N. Some Theoretical Aspects of Pulse Electrolysis // Surface Technol. – 1980 – Bd. 31 – s.363-364.
7. Knödlar A. Das Pulse-Plating-Verfahren beim Ver-golden Stand and Ausblick // Galvanotechnik – 1981. – V. 22, № 11, – s. 1167-1174.
8. Гурович Р. И., Кривцов А. К. Исследование кинетики разряда никеля при поляризации пульсирующим током // Электрохимия. – 1971. – Т. 6, вып. 10. – С. 1435-1439.
9. Заблудовский В. А., Костин Н. А. Теоретическая оценка параметров импульсного электролиза // Вопросы химии и хим. технологии. – 1989. – Вып. 89. – С. 6-9.
10. Костин Н. А., Заблудовский В. А., Каптановский В. И. Математическое моделирование процессов импульсного электролиза // Тезисы докладов IV-й Украинской Республиканской конференции по электрохимии. – Киев: Наукова думка, 1984. – С. 72-73.

11. Ярошевич В. Д., Рывкина Д. Г. О термоактивационном характере пластической деформации металлов // Физика твердого тела. – 1970. – Т. 12. – С. 464-471.
12. Бернер Р., Кронмюллер Г. Пластическая деформация монокристаллов. – М.: Мир, 1969. – С. 272.
13. Тихинский Г. Ф., Паниров И. И. Пластическая деформация бериллия. – М.: Атомиздат, 1973. – 304 с.
14. Вишняков Я. Д. Современные методы исследования структуры деформированных кристаллов. М.: Металлургия, 1975. – 480 с.
15. Хирш П.Б. Мозаичная структура // Успехи физики металлов. М.: Изд-во литературы по черной и цветной металлургии. – 1960. – Т. 3. – С.283-416.
16. Гиббс Дж. Термодинамические работы. М.–Л.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1950. – 492 с.
17. Милчев А., Стоянов С., Каишев Р. Теоретические аспекты электролитического зародышеобразования при высоких пересыщениях // Электрохимия. – 1977. – Т. 13, вып. 6. – С. 855-860.
18. Данилов А. К., Полукаров Ю. Д. Современные представления о процессах образования и роста зародышей новой фазы в потенциостатических условиях // Успехи химии. – 1967. – Т. VII. Вып. 7. – С. 1082-1104.
19. Vetter K.J., Bachmann K.J. Crystallization overvoltage // Z. Physik. Chem., N. F. – 1967. – Bd 53. – s. 9-28.
20. Fisher H. Elektrolytische Abscheidung und Elektrokrystallisation von Metallen. – Berlin: Springer, 1954. – 2105.
21. Чернов А. А. Слоисто-спиральный рост кристаллов // Успехи физических наук. – 1961. – Т. 73. – С. 277-331.
22. Будевский Е., Бостинов В., Витинов Т. Рост кристаллов. М.: Наука, 1974. – Т. 10. – 230 с.
23. Чернов А. А. Современная кристаллография. Образование кристаллов. – М.: Наука, 1980. – 408 с.

24. Заблудовский В. А., Костин Н. А. Влияние дефектов кристаллической решетки на величину стационарного потенциала никелевых покрытий, полученных при импульсном электролизе // Тез. докл. III-ей Укр. респ. конф. по электрохимии. – Киев: Наукова думка, 1980. – С.59-60.
25. Заблудовский В. А., Костин Н. А. Перенапряжение кристаллизации при электролизе импульсным током сверхвысоких амплитуд // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1985. – № 2. – С.42-45.
26. Воздвиженский Г. С. Электродные потенциалы и кристаллическая структура металлов // Тр. IV совещ. по электрохимии. – К.: Изд-во АН СССР, 1953. – С. 410-413.
27. Мамонтов Е. А. Влияние дефектов структуры металла на величину электродного потенциала // Тр. Кишин. с.-х. ин-та. – 1968. – Т. 54. – С. 5-10.
28. Мамонтов Е. А. О «равновесном» потенциале для реального металлического электрода // Тр. Кишин. с.-х. ин-та. – 1968. – Т. 55. – С.7-11.
29. Петров Ю. Н., Мамонтов Е. А. и др. Влияние термической обработки на электродный потенциал стали // Материалы докладов первой научной конференции. Кишин. политехнический институт. – 1965. – С. 86.
30. Чабан С. Д., Косов В. П. Влияние механической и химико-термической обработки металла на его стационарный потенциал // Тр. Кишин. с.-х. ин-та. – 1976. – Т. 71. – С. 93-96.
31. Феттер К. Электрохимическая кинетика. – М.: Химия, 1967. – 856 с.
32. Schottky W.F. Zur elektrolytischen Keimbildung von Silber an Metallelektroden // Z. Phys. Chem. N. F. – Bd. 31, № ½. – S. 40-70.
33. Гуцов И. Кинетика на электролитно фазообразуване при гальваностатични условия // Изв. Ин-та физикохимия Бълг. АН. – 1964. – Т. 4, № 1. – С. 69-87.

34. Трофименко В. В., Лошкарев Ю. М., Коваленко В. С. О разделении перенапряжения кристаллизации и перехода при электролитическом фазообразовании // Докл. АН СССР. – 1976. – Т. 227, № 5. – С. 1181-1184.
35. Полукаров Ю. М., Данилов А. М. Пересыщение при электролитической нуклеации // Электрохимия. – 1984. – Т. 20, вып. 3. – С. 374-376.
36. Барабошкин А. Н., Исаев В. А., Чеботин В. Н. Зарождение кристаллов в гальваностатическом режиме, математическое моделирование // Электрохимия. – 1961. – Т. 17, вып. 4. – С. 483-487.
37. Трефилов В. И. Пластическая деформация и разрушение металлов // Физические основы прочности и пластичности металлов. М.: Гос. научно-техн. изд-во, 1963. – С. 190-254.
38. Смирнов Б. И. Дислокационная структура и упрочнение кристаллов. – Л.: Наука, 1981. – 236 с.
39. Лоцко Д. В., Трефилов В. И. Субструктура и механические свойства железа // Физическая природа пластической деформации и разрушения металлов. – Киев: Наукова думка, 1969. Вып. 21. – С. 38-60.
40. Кублановский В. С., Литовченко К. И., Никитенко В. Н., Стезярянский О. А., Шваб Н. А. Выбор оптимальных параметров пульсирующего тока при электроосаждении кадмия (II) из трилонатного электролита // Украинский химический журнал. – 1986. – Т. 52, № 1. – С. 32-36.
41. Mayadas A. F., Schatzkes M. Electrical resistivity model for metallie films // Phys. Rev., 1970, B1. – p. 1382-1389.
42. Заблудовский В. А., Костин Н. А. К механизму электрокристаллизации никелевых осадков импульсным током // Вопросы химии и химической технологии. – 1981. – Вып. 65. – С. 12-15.
43. Городынский А. В. О предельных перенапряжениях при протекании электрохимических реакций // Укр. хим. журнал. – 1965. – Т. 31, вып. 12. – С. 1263-1267.
44. Городынский А. В. Усовершенствование вольтамперных измерений. Киев: И-во «Знание», 1980. – 60 с.

- 45.Городыский А. В., Карасевский А. И., Панов Э. В. Стохастическая модель электрохимического разряда ионов. Предельное перенапряжение // Укр. хим. журнал. – 1987. – Т. 53, № 1. – С. 32-35.
- 46.Ваграмян А. Т. Электроосаждение металлов. – М.: Изд-во АН СССР. – 1950. – 200 с.
- 47.Костин Н. А., Бондарь И. Л. Исследование нелинейных электрохимических цепей с помощью преобразований Тейлора // Электронное моделирование. – 1980. – № 3. – С.55-58.
- 48.Заблудовский В.А., Костин Н.А. Получение микрослоистых гальванических покрытий программными режимами импульсного электролиза // Электрохимия. – 1987. – Т. 23, вып. 6. – С.734-739.
- 49.Заблудовский В. А. Условия образования пересыщенного твердого раствора внедрения водорода в никеле при импульсном электролизе // Электрохимия. – 1985. – Т. 21, вып. 7. – С. 874-877.
- 50.Абдулин В. С., Черненко В. И. Выход по току и механические свойства никеля, осаждаемого в импульсном режиме // Защита металлов. – 1982. – Т. 18, № 6. – С. 964-967.
- 51.Каптановский В. И., Заблудовский В. А., Костин Н. А. Влияние импульсных режимов электролиза на структуру и свойства родиевых покрытий // Защита металлов. – 1986. – Т. 22, № 1. – С. 110-112.
- 52.Костин Н. А., Абдулин В. С., Заблудовский В. А. О механизме блескообразования никелевых покрытий при импульсном электролизе // Электрохимия. – 1982. – Т. 18, вып. 2. – С.210-214.
- 53.Заблудовский В. А., Костин Н. А., Кривуша Ю. В. Дифрактометрические исследования влияния изотермического отжига на структуру блестящих осадков никеля, полученных в импульсном режиме // Нестационарный электролиз. Материалы Всесоюзного семинара. – Волгоград. – 1978. – С. 16-17.

54. Костин Н. А. Влияние частоты импульсного тока на скорость осаждения, структуру и некоторые свойства осадков // Электрохимия. – 1985. – Т. 21, вып. 4. – С. 444-449.
55. Шалимов Ю. Н., Фаличева А. И., Спиридонов Б. А. Исследование процесса электроосаждения хрома в стационарных режимах // Защита металлов. – 1977. – Т. 13, вып. 5. – С. 623-625.
56. Костин Н. А., Абдулин В. С., Заблудовский В. А. Блестящее никелирование импульсным током // Укр. хим. журнал. 1980. – Т. 46, вып. 5. – С. 497-500.
57. Костин Н. А., Заблудовский В. А., Абдулин В. С. Влияние импульсного тока на электроосаждение меди из этилендиаминового электролита // Современные методы нанесения гальванических и химических покрытий. М.: МДНТП, 1979. – С. 101-105.
58. Заблудовский В. А., Костин Н. А. Электронно-микроскопические исследования структуры блестящих никелевых осадков, полученных в импульсном режиме // Физика и химия обработки материалов. – 1981. – № 4. – С. 62-85.
59. Заблудовский В. А. Механизм электрокристаллизации металлов при образовании микросфероидных структур // Вопр. химии и хим. технологии. – 1988. – Вып. 86. – С. 9-13.
60. Заблудовский В. А., Кривуша Ю. В., Костин Н. А. Получение высокопрочных никелевых покрытий при импульсном электролизе // Изв. АН СССР. Металлы. – 1982. – № 2. – С. 58-61.
61. Горбунова К. М., Данков П. Д. Кристаллохимический и диффузионный механизм электрокристаллизации // Журнал физической химии. – 1949. – Т. 23. – С. 616-624.
62. Заблудовский В. А. Лазерно – стимулированное электроосаждение металлов / В.А. Заблудовский, В. В. Дудкина, Э. Ф. Штапенко. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2014. – 184 с.

63. Барабошкин А.Н. Кинетика образования слоя электродного осадка / А.Н. Барабошкин, В.А. Исаев // Электрохимия. – 1983. – Т. 19. – С. 806–808.
64. Штапенко Э.Ф. Влияние отжига на фазовые превращения в пленках Со и Со – Р, полученных импульсным электролизом / Э.Ф. Штапенко, В.А. Заблудовский, А.Н. Гуливец // Металлофизика и новейшие технологии. – 2001. – т.23, №6. – С.843 – 850.
65. Zabludovsky V.A. Structure, Texture and Properties of Metallic Multilayers Deposited by a Program – controlled Pulse Current Method / V.A. Zabludovsky, N.V. Fedotava, E.F. Shtapenko // Transaction of IMF. – 1996. – V.74, №3. – P.106 – 107.
66. Заблудовский В.А. Влияние скорости изменения пересыщения на формирование структуры электроосажденных пленок / В.А. Заблудовский, Э.Ф. Штапенко, В.С. Грибок, А.Н. Гуливец, Р.Ф. Ганич // IX Международная конференция по росту кристаллов НККР – 2000, октябрь, 16 – 20, 2000, Москва, РФ: сборник тезисов. – Москва, 2000. – С.505.
67. Zabludovsky V.A., Shtapenko E.F. Obtained of cobalt multilayers by Programme-controlled Pulse Current // Transaction of the Institute of Metal Finishing. – 1997. – V. 75, №5. – P. 203-204.
68. Штапенко Э.Ф. Влияние биполярного импульсного тока на структуру и свойства электролитических пленок / Э.Ф. Штапенко, М.С. Прокопчук // 70 – ая Международная конференция «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта», май, 15 – 16, 2010, Днепропетровск, Украина: сборник тезисов. – Днепропетровск, 2010. – С.250 – 251.
69. Заблудовский В.А. Функциональные электролитические покрытия, полученные импульсным током / В.А. Заблудовский, А.Н. Гуливец, Э.Ф. Штапенко, В.С. Краева, Р.Ф. Ганич, А.С. Баскевич, Т.Е. Дорогань, Д.В. Герасименко, В.В. Дудкина // 5 – я Международная конференция «Оборудование и технологии термической обработки металлов и

- сплавов», октябрь, 24 – 28, 2004, Харьков, Украина: сборник тезисов. – Харьков, 2004. – С.314 – 315.
70. Zabludovsky V.A., Shtapenko E.F., Gribok V.S., Ganitsh R.Ph., Gulivets A.N. and Gadgilov M.V. The Application of Program-Controlled Pulsed Current for Obtaining Metallic Coatings With Specific Properties // Transaction of the Institute of Metal Finishing. – 2000. – V. 78, №3. – P. 110-112.
71. Заблудовский В. А., Штапенко Э.Ф., Грибок В.С. Структура, фазовый состав и свойства металлических многослойников, полученных программным током // Металлофизика и новейшие технологии. – 1998. – Т. 20, №1. С. 65-68.
72. Shtapenko E.F., Zabludovsky V.A. Structure and Properties of Cobalt Films Obtained // Transaction of the Institute of Metal Finishing. – 1998. – V. 76, №3. – P. 105-107.
73. Оура К. Введение в физику поверхности / К. Оура, В.Г. Лифшиц, А.А. Саранин, А.В. Зотов, М. Катаяма. – М.: Наука, 2006. – 490с.
74. Жихарев А.И. Ориентированная электрокристаллизация / А.И. Жихарев, И.Г. Жихарева. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1994. – 289 с.
75. Точицкий Т. А. Электролитически осажденные наноструктуры /Т. А. Точицкий, В. М. Федосюк. – Мн.: БГУ, 2002. – 363 с.
76. Заблудовский В.А. Применение программируемого импульсного тока для получения металлических покрытий с заданным комплексом свойств / В.А. Заблудовский, Э.Ф. Штапенко, В.С. Грибок, Р.Ф. Ганич //XII Международный симпозиум “Тонкие пленки в электронике”, апрель, 23 – 27, 2001, Харьков, Украина: сборник тезисов –Харьков, 2001. – С.373 – 376.
77. Заблудовский В.А. Влияние биполярного импульсного тока на формирование структуры и свойств электроосажденных пленок / В.А. Заблудовский, Э.Ф. Штапенко, А.Н. Гуливец, Р.Ф. Ганич, С.А. Гришечкин, В.С. Грибок // XIV Международный симпозиум “Тонкие

- пленки в электронике”, апрель, 22 – 27, 2002, Харьков, Украина: сборник тезисов – Харьков, 2002. – С.123 – 126.
78. Поветкин В.В. Структура электролитических покрытий/ В.В. Поветкин, И.М. Ковенский. – М.: Металлургия, 1989. – 135с.
79. Budevski E. Electrocrystallization/ E. Budevski . – In: Comprehensive treatise of Electrochemistry. Edited by B.E.Conway, J.O'M.Bockris, E.Yeager, S.U.M.Khan and R.E.White. – New York and London: Plenum Press, 1983. – V. 7. – P. 399 – 450.
80. Staikov G. Electrocrystallization in Nanotechnology/ G. Staikov . – Weinheim: Wiley – VCH, 2007. – 265 p.
81. Заблудовский В. А., Костин Н.А., Каптановский В. И. Прогнозирование параметров импульсного тока для получения мелкокристаллической структуры покрытий // Электрохимия, 1990, 26, вып. 7, с. 861-864.
82. Пат. 70562 Україна, МПК C25D 5/00. Спосіб електролітичного осадження багат шарових сплавів кобальт-фосфор // В.О. Заблудовський, Е.П. Штапенко, О.М. Гуливець, Р.П. Ганич, О.С. Баскевич, В.В. Дудкіна, С.Г. Кайсін; заявник і патентовласник ДНУЗТ. – №20031211219; заявл. 09.12.2003; . опубл. 15.10.2004, Бюл. №10.
83. Заблудовский В.А.. Магнитные многослойные пленки, полученные программным импульсным током / В.А. Заблудовский, Э.Ф. Штапенко, В.С. Грибок, А.Н. Гуливец, Р.Ф. Ганич //XVII Международная школа – семинар «Новые магнитные материалы микроэлектроники», июнь, 20 – 23, 2000, Москва, РФ: сборник тезисов. – Москва, 2000. – С.56 – 58.
84. Заблудовский В.А. Слоистые многокомпонентные пленки/ В.А. Заблудовский, Э.Ф. Штапенко, А.Н. Гуливец, С.А. Гришечкин // VIII Міжнародна конференція з фізики і технології тонких плівок, травень, 15 – 18 2001, Яремча, Україна: збірник тез. – Івано – Франківськ, 2001. – С.174.
85. Заблудовский В.А. Исследования защитных свойств электроосажденных сплавов Co-P и Ni-P/ В.А. Заблудовский, В.В. Дудкина, А.Н. Гуливец,

- Э.Ф. Штапенко // Международная конференция «Физико-химические основы формирования и модификации микро – и наноструктур», октябрь, 21-23, 2009г., Харьков, Украина: сборник тезисов.– Харьков, 2009. – С.320.
- 86.Заблудовский В.А. Прочностные свойства многослойных пленок Cu – Ni/ В.А. Заблудовский, В.С. Краева, А.Н. Гуливец, Э.Ф. Штапенко // XII Национальная конференция по росту кристаллов НККР – 2004, декабрь, 13 – 17, 2004, Москва, РФ: сборник тезисов. – Москва, 2004. – С.410.
- 87.Заблудовский В. А., Абдулин В. С., Костин Н. А. Влияние нестационарных режимов электролиза на наводороживание некоторых металлов // Наводороживание металлов и борьба с водородной хрупкостью. – М.: МДНТП, 1979. -С. 39-43.
- 88.Fukumoto Y., Kawashima Y., Handa K., Hagashi Y. Pulsed current electrodeposition of palladium // Metal Finish, 1984, –82, №9. – p. 77-80.
- 89.Гамбург Ю. Д., Полукаров Ю. М. Структура и физико-механические свойства металлов, электролитически осажденных при сверхвысоких плотностях тока // Тез. докл. VI-ой Всесоюзной конференции по электрохимии. – М. – 1982. – С. 206.
- 90.Шаскольская М.П. Кристаллография/ М.П. Шаскольская–М.: Высш. шк.,1976, – 392 с.
- 91.Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах/Б.С. Бокштейн – М.:Металлургия, 1978. – 248 с.
- 92.Крапивный Н.Г. Диффузия электролитического водорода в подложку при осаждении металлов / Н.Г. Крапивный // Водород в металлах. – Пермь: Перм. ун – т. – 1984. – С.13 – 17.
- 93.Козлов В.М. Влияние водорода на тонкую структуру электролитического никеля/ В.М. Козлов // Водород в металлах. – Пермь: Перм. ун – т. – 1984. – С. 56 – 60.

94. Силохин Ю.В. Об одном источнике ошибок при количественном определении текстур/ Ю.В. Силохин, Т.Я. Морозова // Заводская лаборатория. – 1973. – №6. – С. 705 – 707.
95. Федосюк В.М. Наноструктурные пленки и нанопроволоки / В.М. Федосюк. – Минск, Издательский центр БГУ, 2006. – 312 с.
96. Fedosyuk V. M. Fine structure and Possible Growth Mechanism of Some Electrodeposited CuCo Granular Alloys / V. M. Fedosyuk, T. A. Tochitskii, H. J. Blythe, G. A. Jones // J.Magn. and Magn. Matter.–2001. – V.224. – P.221.
97. Федосюк В. М. Сверхтонкие электролитически осажденные многослойные Co/Cu и CoNi/Cu пленки на арсениде галлия / В. М. Федосюк, В. Шварцатер, О. И. Касютин // Металлофизика и новейшие технологии. – 2000, – Т.22, N4, – С.42 – 47.
98. Nallet P. Interface characterization in electrodeposited Co – Cu multilayers / P. Nallet, E. Chassaing, M.G. Wals, M.I. Hytch // J.Appl.Phys. – 1996. – V.79. – P.6884 – 6889.
99. Заблудовский В.А. Особенности магнитных свойств слоистых пленок Co-P/ В.А. Заблудовский, А.Н. Гуливец, Э.Ф. Штапенко, А.И. Кушнерев, Р.Ф. Ганич, В.С. Грибок, А.С. Баскевич, М.В. Гаджилов // XVII Международная школа – семинар «Новые магнитные материалы микроэлектроники», июнь, 24 – 28, 2002, Москва, РФ: сборник тезисов. – Москва, 2002. – С.50 – 52.
100. Штапенко Э.Ф., Заблудовский В. А. Магнитные свойства кобальтовых пленок, полученных программным импульсным током // Металлофизика и новейшие технологии. – 1998. – Т. 20, №7. С. 45-48.
101. Baibich M.N. Giant magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr magnetic superlattices / M.N. Baibich, J.M. Broto, A. Fert et al. // Phys. Rev. Lett. – 1988. – V.61, № 21. – P. 2472 – 2475.
102. Лобода В.Б. Электропроводность тонких пленок Ni и сплавов Ni-Cu в слабых магнитных полях в интервале температур 100 – 700K / В.Б.

- Лобода, С.Н. Пирогова, Ю.А. Шкурдода // Вісник СумДУ. Сер. Фізика, математика, механіка. – 2003. – №10(56). – С. 89 – 99.
103. Ким П.Д. Аномальная температурная зависимость магнитосопротивления в мультислоях Co/Cu / П.Д. Ким, Д.Л. Халяпин, И.А. Турпанов и др. // ФТТ. – 2000. – Т.42, Вып.9. – С. 1641 – 1643.
 104. Лобода В.Б., Шкурдода Ю.А., Пирогова С.Н. Структура и гальваномагнитные свойства трехслойных пленок Co/Cu/Co / В.Б. Лобода, С.Н. Пирогова, Ю.А. Шкурдода // Вісник СумДУ. Сер. Фізика, математика, механіка. – 2004. – №8(67). – С. 107 – 115.
 105. Чеботкевич Л.А. Структура и магнитные свойства отожженных пленок Co/Cu/Co / Л.А. Чеботкевич и др. // ФММ. – 2002. – Т.89, №3. – С.56 – 61.
 106. Черных П.Н. Исследование магнитомягких плёнок Co-Fe-Ni методом POP и ERD / П.Н. Черных, В.С. Куликаускас, Е.В. Хоменко и др. // Поверхность. – 2006. – №2. – С.70 – 73.
 107. Chechenin N.G. FCC/BCC competition and enhancement of saturation magnetization of nanocrystalline Co-Ni-Fe films / N.G. Chechenin, E.V. Khomenko, J.Th.M. de Hosson // Письма в ЖЭТФ. – 2007. – Т.85, № 4. – С. 251 – 254.
 108. Khomenko E.V. Magnetic properties of thin Co-Fe-Ni films / E.V. Khomenko, E.E. Shalyguina, N.G. Chechenin // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2007. – V. 316, №2. – P. 451 – 453.
 109. Пат. 29691А Україна, МПК 6С25Д5/18, С25Д3/22. Спосіб електроосадження багатошарових металевих покриттів / Заблудовський В.О., Штапенко Е.П., Пічугіна Н.В., Грибок В.С., заявник і патентовласник Заблудовський В.О., Штапенко Е.П., Пічугіна Н.В., Грибок В.С. – №96114379, заяв. 21.11.97, опубл. 15.11.2000. Бюл. №6.
 110. Заблудовський В. А., Костин Н. А., Кривуша Ю. В. Рентгеноструктурное исследование влияния изотермического отжига на структурное состояние блестящих осадков никеля, полученных в

- импульсном режиме // Физика и химия обработки материалов. – 1980. – № 3. – С.56-59.
111. Полукаров Ю. М., Семенова З. В. О состоянии водорода в электроосажденных слоях никеля по данным магнитных и рентгеноструктурных исследований // Электролитические процессы при электроосаждении и анодном растворении металлов. М.: Наука, 1969. – С. 73-81.
112. Полукаров Ю. М. Образование дефектов кристаллической решетки в электроосажденных металлах // Итоги науки. Электрохимия. М.: ВИНТИ, 1968. – С.72-113.
113. Томпсон М. Дефекты и радиационные повреждения в металлах. М.: Мир, 1971. – 367 с.
114. Лариков Л. Н., Красильников В. С. О моделировании газового набухания // Радиационные дефекты в металлических кристаллах. Алма-Ата: Наука, Каз. ССР, 1978. – С. 211-217.
115. Красильников В. С., Осиповский М. Е. Механизм аномального проникновения примесей в твердые тела при одновременной бомбардировке ионами примеси и водорода // VI Всесоюзная конференция: Взаимодействие атомных частиц с твердым телом. – Минск, 1981. – С. 155-157.
116. Лариков Л. Н., Красильников В.С. О механизме взаимодействия инертных газов с металлами // ДАН УССР, сер. А. – 1981. № 2. – С.85-87.
117. Козлов В. М. О роли выделяющегося водорода в образовании структурных несовершенств при электрокристаллизации никеля // Электрохимия. – 1982. – Т. 18, вып. 10. – С.1353-1358.
118. Козлов В. М. Некогерентное зародышеобразование при электрокристаллизации // Известия СО АН СССР, сер. хим. науки. – 1987. – Вып. 6. – С.22-26.

119. Stoebe T. G., Hammand F.H., Rudee M.L. Transmission electronmicroscope observations of the structure of electrolytically deposited copper and its annealing behavior // *Electrochem. Acta*, 1964, v. 9, p. 925.
120. Полукаров Ю. М., Гамбург Ю. Д. О состоянии кристаллической решетки электролитических осадков меди, полученных из этилендиаминовых растворов. II // *Электрохимия*, 1971. – Т. 7, вып. 5. – С. 717-721.
121. Полукаров Ю. М., Гамбург Ю. Д., Черепина М. И. О состоянии кристаллической решетки электролитических осадков меди, полученных из этилендиаминовых растворов // *Исследования по электроосаждению и растворению металлов*. – М.: Наука, 1971. – С. 146-156.
122. Костин Н. А., Заблудовский В. А., Иругов Б. С., Абдулин В. С., Маренкова Т. М. Меднение печатных плат импульсным реверсированным током // *Защита металлов*. – 1984. – № 2. – С. 329-330.
123. Костин Н. А., Заблудовский В. А., Абдулин В. С., Каптановский В. И. Меднение печатных плат импульсным током. I. Структура и физико-механические свойства осадков // *Вопр. химии и хим. технологии*. – 1983. – Вып. 73. – С. 42-48.
124. Костин Н. А., Заблудовский В. А., Абдулин В. С., Каптановский В. И. Меднение печатных плат импульсным током. Сообщение 2. Технологические характеристики // *Вопр. химии и хим. технологии*. – 1984. – Вып. 74. – С. 7-10.
125. Maksimovič M.D., Popov K.I., Djokič S.S. – 32 nd Meet. Int. Soc. Electrochem. – Dubrovnik, Cavtat, 1981, Extend. Abstr. – vol. 1., s., 1981. – h. 169-172.
126. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов/ Ю.Д. Гамбург. – М.: Янус – К, 1997. – 384 с.
127. Гришенкова О.В. Образование нано – и микрокристаллов при электроосаждении. II. Фоновый расплав / О.В. Гришенкова, В.А. Исаев // *Расплавы*. – 2009. – № 5. – С. 65 – 70.

128. Точицкий, Т.А. О механизме формирования структуры электролитически осажденных пленок / Т.А. Точицкий, Л.Ф. Ильюшенко, А.В.Болтушкин // Вес. АН БССР. Сер. физ. – мат. навук. – 1987. – № 5. – С. 52 – 56.
129. Костин Н. А., Заблудовский В. А., Абдулин В. С. Влияние импульсных токов высокой частоты на электроосаждение никеля // Вопр. химии и хим. технологии. – 1980, вып. 60. – С. 74-77.
130. Костин Н. А. Влияние частоты импульсного тока на скорость осаждения, структуру и некоторые свойства осадков // Электрохимия. – 1985. – Т. 21, вып. 4. – С. 444-449.
131. Sutter B., Mortier F., Laroche M.A., Reby J., Vassenr G. Electrodeposition of nikel, gold and chromium by pulseplating // INTERFINISH'84: 11 th World Congr. Metal Finish, Jerusalem, 21-26. Oct. 1984. Proc. S.L., s.a.p. 201-210.
132. Popov K.J., Maksimovič M.D., Ocokoljič B.M. Fundamental aspects of pulsating currant metal electrodeposition. 1. The effect of the pulsating currant on the surface roughness and the porosity of metal deposits. // Surface Technol, 1980, 11, №2, 99-109.
133. Мамонтов Е. А., Курбатова Л. А., Ожогина Ж. Н., Степанова Т. А. Структура и физико-механические свойства электролитической меди, осажденной методом двухступенчатых катодных импульсов // Электрохимия. – 1981. – Т. 12, вып. 12. – С. 1804-1810.
134. Заблудовский В. А., Костин Н. А., Абдулин В. С., Кривуша Ю. В. Влияние импульсного тока на текстуру и физико-механические свойства, блестящих никелевых покрытий // Структура и механические свойства электролитических покрытий. Тольятти. – 1979. – С. 146-149.
135. Пангаров Н. А. Ориентация кристаллов при электроосаждении металлов // Защита металлов. – 1969. – № 5. – С. 467-471.
136. Pangarov N.A. Preferred orientation in electrodeposited metals // J.Electroanalyt. Chem. – 1965, – 9, №1, – p. 70-85.

137. Заблудовский В. А. Влияние импульсного тока на текстуру и свойства никелевых покрытий // Защита металлов. – 1983. – № 5. – С. 818-820.
138. Костин Н. А., Заблудовский В. А., Абдулин В. С. Коррозионная стойкость блестящих никелевых покрытий, полученных импульсным током // Защита металлов. – 1979. – № 6. – С. 736-737.
139. Петч Н. Д. Разрушение металлов // Успехи физики металлов. Т. 2. М.: Металлургия, 1958. – С. 7.
140. Костин Н. А., Заблудовский В. А., Абдулин В. С. Микротвердость блестящих никелевых покрытий, полученных в импульсном режиме // Вопр. химии и хим. Технологии. – 1979. – Вып. 56. – С. 70-72.
141. Костин Н. А., Абдулин В. С., Заблудовский В. А. Влияние импульсных режимов электролиза на коррозионную стойкость никелевых покрытий // Вторая Республиканская научно-техническая конференция по коррозии и антикоррозионной защите металлов. – Днепропетровск, 1981. – С. 27-28.
142. Каптановский В. И., Заблудовский В. А., Костин Н. А. Защитные свойства родиевых покрытий, электроосажденных импульсным током // Первая Всесоюзная межвузовская конференция: Проблема защиты металлов от коррозии. – Казань, 1985. – С. 7.
143. Колотыркин Я. М., Каспаров О. Б. Влияние дефектов кристаллической решетки на коррозионно-электрохимическое поведение металлов и сплавов // Итоги науки и техники. Коррозия и защита от коррозии. – М., 1981. – Т. 8. – С. 51-101.
144. Райчевски Г., Милушава Т. Влияние текстуры и структуры поверхности электроосажденного никеля на его коррозионно-электрохимическое поведение в кислой среде // Защита металлов. 1975. – № 5. – Т. 11, № 5. – С. 558-565.

145. Райчевски Г. Влияние текстуры и структуры поверхности электроосажденного никеля на его анодное поведение в кислой среде // Защита металлов. – 1981. – Т. 17, № 6. – С. 719-721.
146. Заблудовский В. А., Костин Н. А., Еременко Т. Я., Каптановский В. И. Электроосаждение сплава олово-свинец на печатные платы с помощью импульсного реверсированного тока // Технология и организация производства. – 1985. – № 2. – С. 47-48.
147. Заблудовский В. А., Крапивной А. В., Каптановский В. И. Электроосаждение сплава золото-никель импульсным током // Защита металлов. – 1987. – Т. 23. – № 6. – С. 1038-1041.
148. Матулис Ю. Ю. Физико-химические основы осаждения блестящих электролитических покрытий // Блестящие электролитические покрытия. – Вильнюс: Минтис, 1969. – С. 9-131.
149. Кайкарис В. А. Двухфакторная теория блескообразования // Электрохимия. – 1967. – Т. 3, № 10. – С. 1273-1279.
150. Аджиев Б. У., Соловьева З. А. О механизме электрокристаллизации хрома разной фазовой структуры // ДАН СССР, сер. Химия. – 1963. – Т. 273, № 1. – С. 116-119.
151. Халдеев Г. В., Тимофеева Л. А., Кузнецов В. В. Начальные стадии электрокристаллизации на монокристаллах меди и никеля, активированных наводороживанием // Поверхность. Физика, химия, механика. – 1984. № 3. – С. 119-124.
152. Тимофеева Л. А., Халдеев Г. В., Кузнецов В. В. Начальные стадий электрокристаллизации на монокристаллах меди и никеля, активированных наводороживанием // Тез. докл. VI-ой Всесоюзной конференций по электрохимии. – М., 1982. – Т. 1. – С. 311.
153. Штапенко Э.Ф., Заблудовский В.А. Скорость зародышеобразования при импульсном электролизе // Физика и химия обработки материалов. – 2001, №2, с. 59-62.

154. Кудрявцев Н. Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Химия, 1979. – 352 с.
155. Горбунова К. М., Ивановская Т. В., Попова О. С. Электронно-микроскопическое исследование поверхности электролитических осадков // Труды совещания по электрохимии. М.: Изд-во АН СССР, 1953. – С. 396-399.
156. Cohen U., Koch F.B./ Sard R. Electroplating of Cyclic Multilayered Alloy (CMA) Coatings // J. Electrochem. Soc.: Electrochem. Science and Technology. 1983. – v. 130, №10, –p. 1987-1992.
157. Палатник Л. С., Ильинский А. И. Механические свойства металлических пленок // Успехи физ. наук. – 1968. – Т. 95, вып. 4. – С. 613.
158. Кузьменко П. П., Копань В. С. О получении волокнистых и слоистых проволок // Механизм разрушения металлов. – Киев: Наук. думка, 1966. – С. 91-97.
159. Заблудовский В. А., Костин Н. А., Каптановский В. И., Еременко Т. Я. Структура и коррозионная стойкость никелевых покрытий, полученных при электроосаждении чередующимися пачками импульсов поляризующего тока // Вопр. химии и хим. технологии. – 1985, вып.78. – С.21-25.
160. Заблудовский В. А. Электроосаждение микрослоистых покрытий программными режимами импульсного электролиза // Тез. докл. 10 зональной конференции: Современные высокопроизводительные нетоксичные электролиты в гальванопроизводстве. – Пенза: ПДНТП, 1985. – С. 58.
161. Заблудовский В. А., Костин Н. А., Каптановский В. И. Коррозионная стойкость микрослоистых покрытий, полученных программными режимами импульсного электролиза // Тез. докл. I-ой Всесоюзной межвузовской конференции: Проблемы защиты металлов от коррозии. – Казань, 1985. – С. 70.

162. Заблудовский В. А., Каптановский В. И., Крапивный А. В. Электроосаждение металлических покрытий программными режимами импульсного тока // Тез. докл. IX-ой Всесоюзной конференции по электрохимической технологии. – Казань, 1987. – С. 278.
163. Заблудовский В. А. Получение высокопрочных никелевых покрытий при электроосаждении металлов с использованием импульсного тока // Изв. АН СССР. Металлы. – 1986. № 1. – С. 195-197.
164. Гиндин И. А., Стародубов Я. Д., Аксенов В. К. Структура и прочностные свойства металлов с предельно искаженной кристаллической решеткой // Металлофизика. – 1980. – Т. 2, № 2. – С. 49-61.
165. А. с. № 1110825 (СССР). Способ нанесения никелевых покрытий / В. А. Заблудовский, Н. А. Костин, В. И. Каптановский. – Оpubл. Б. И., 1984, № 32. – С. 80.
166. А. с. № 1094869 (СССР). Устройство для питания гальванических ванн импульсным током / В. И. Каптановский, Н. А. Костин, В. А. Заблудовский. – Оpubл. Б. И. – 1984, № 20. – С. 62.
167. Буров Л. М., Трофименко В. В., Житник В. П., Лошкарев Ю. М. Влияние добавок полиакриламида и акриловой кислоты на физико-механические свойства осадков меди // Укр. хим. журнал. – 1984. – Т. 50, № 9. – С. 962.
168. Пангаров Н. А. Ориентация кристаллитов при электроосаждении металлов // Рост кристаллов. М.: Наука, 1974. – Т. 10. – С. 71-97.
169. Пат. 91558 Україна, МПК C25D 21/00. Пристрій для живлення гальванічних ванн пульсуючим струмом // В.А. Зубенко, В.О. Заблудовський, Е.П. Штапенко, В.В. Дудкіна, Р.П. Ганіч; заявник і патентовласник ДНУЗТ. – № u201400950, заявл. 03.02.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13.

170. Gaigher H.L. The fcc – hcp Phase Transition in Electrodeposited Epitaxial Cobalt Films / H.L. Gaigher, Van der Berg // *Electrochimica Acta*. – 1976. – V.21. – P. 45 – 49.
171. Точицкий Т.А. О механизме формирования ГПУ и ГЦК фаз в электролитически осажденных пленках кобальта и сплавов на его основе / Т.А. Точицкий, А.В. Болтушкин, В.Г. Шадров // *Электрохимия*. – 1995. – Т. 31, №2. – С. 197 – 200.
172. Заблудовский В.А., Каптановский В.И., Заблудовский А.А., Каган В.И. Получение защитных цинковых покрытий программируемым импульсным током // *Защита металлов*. – 1992, т. 28, №4, с. 669-674.
173. Пат. 93060680 Україна, МПК 5С25Д5/18, С25Д3/22. Спосіб електроосадження металевих покриттів / Заблудовський В.О., Балашов Б.М., Каптановський В.І., заявник і патентовласник ДІПТ, опубл. 06.04.1993. Бюл. №3, с.19.
174. Заблудовский В. А., Костин Н. А., Каптановский В. И. Технология электроосаждения металлов и сплавов импульсным током // Тез. Докладов конференции, 30 марта 1993, г.Киев, 1993. – С. 1-24.
175. Заблудовский В. А., Балашов Б.М., Пичугина Н.В. Особенности структуры покрытий, полученных при высоких катодных пересыщениях при импульсном электролизе // *Физика и химия обработки материалов*. – 1995, №3, с. 73-76.
176. Заблудовский В. А., Федотова Н.В., Штапенко Э.Ф. Структура и текстура гальванических покрытий, полученных при импульсном электролизе // *Защита металлов*. – 1997. – Т. 33, №6. – С. 639-642.
177. Заблудовский В. А., Штапенко Э.Ф., Пичерина Н.В. Фазовый состав кобальтовых пленок, полученных при импульсном электролизе // *Физика и химия обработки материалов*. – 1998, №1. С. 70-72.
178. Gribok V.S. and Zabloudovsky V.A. Structure and Properties of Electrolytic Copper Coatings Deposited in Pulse Modes // *Met. Phys. Adv. Tech.* – 2000. – V. 18. – P. 1043-1094.

179. Заблудовский В. А., Костин Н. А., Каптановский В. И., Крапивной А. В. Прочность и коррозионная стойкость металлических покрытий, полученных программными режимами импульсного электролиза // Защитные покрытия на металлах. – 1988. – Вып. 22. – С. 47-50.
180. Заблудовский В. А., Костин Н. А., Каптановский В. И. Получение защитных металлических покрытий программными режимами импульсного электролиза // Тез. докл. Всесоюзной научно-технической конференции: Прогрессивные методы и средства защиты металлов и изделий от коррозии. – М., 1988. – С. 183.
181. Электроосаждение благородных и редких металлов / Под ред. Л. И. Каданера. – Киев: Техника, 1974. – 162 с.
182. Прохоров Н. В. Современные методы электролитического палладирования и родирования. – М.: 1961. – 11 с.
183. Osero N. M. Pulse plating // Metal Finish, 1987, 85, №1 A, p. 672, 674-675.
184. Каданер Л. И. Электроосаждение металлов платиновой группы // Итоги науки и техники, серия Электрохимия. – М.: ВИНТИ, 1984. – Т. 21.– С. 44-62.
185. Min W. S., Fung Y.S. Pulsed current electrodeposition of rhodium // Plat and Surface Finish, 1986, 73, №3, p. 58-61.
186. Weisberg A.M. Rodium // Metal Finish, 1987, 85, №1 A, p. 268-274.
187. Горталова Т. А., Березина С. И., Воздвиженский Г. С. Сорбция катодного водорода и ее влияние на структуру родиевых покрытий // Защита металлов. – 1972. – Т.,8, № 12. – С. 301-304.
188. Нечаева Н. Е., Лукашевич М. А. Електроосадження родію і властивості родієвих покриттів // Вісник АН УРСР. – 1976. – № 5. – С. 34-40.
189. Каптановский В. И., Костин Н. А., Заблудовский В. А. Нанесение родиевых покрытий с применением импульсного тока // Технология и организация производства. – 1988. – № 1. – С. 41-42.

190. Каданер Л. И., Дик Т. А. Новый метод приготовления электролитов для осаждения металлов платиновой группы // Журн. прикл. Химии. – 1962. – Т. 35, № 4. – С. 196-197.
191. Дамаскин Б. Б., Петрий О. А. Введение в электрохимическую кинетику. – М.: Высшая школа, 1975. – 416 с.
192. А. с. № 1216256 (СССР). Способ осаждения покрытий из благородных металлов / В. А. Заблудовский, Н. А. Костин, В. И. Каптановский, В. И. Ковалев. Опубл. в Б. И., 1986, № 9. – С. 121.
193. Заблудовский В. А., Каптановский В. И., Костин Н. А. Структура и защитные свойства, родиевых покрытий, полученных программным импульсным током // Защита металлов. – 1988. – Т. 24, № 2. – С. 255-257.
194. А. с. № 1184875 (СССР). Устройство для питания гальванических ванн импульсным током / В. И. Каптановский, В. А. Заблудовский, Н. А. Костин, А. М. Авидон. – Опубл. в Б. И. – 1985, № 38. – С. 90.
195. Zabloudovsky V. A. and Gribok V.S. Physical properties of Ni-Cu microlayer films obtained by pulse electrolysis // Transaction of the Institute of Metal Finishing. – 1999. – V. 77, №2. – P. 89-90.
196. Грибок В. С., Заблудовский В. А. Расчет и экспериментальная проверка прочностных свойств металлических многослойных пленок Cu-Ni // Металлофизика и новейшие технологии. – 2000. – Т. 22, № 6. – С. 50-55.
197. Hill R.T. The future of gold and silver plating // Transaction of the Institute of Metal Finishing. – 1981. – V. 59, №4. – P. 135-141.
198. Becker H., Schiff K.L., Schnabl R. Prüfung der Kontaktverhaltens von galvanisch abgeschiedenen Schichten (II) // Metalloberfläche. – 1978. – 32, №11. – S. 495-502.
199. R. T. Hill and K. J. Whitlaw, Proc 9th Internat Conf Electric Contact Phenomena, Chicago, 1978.
200. Богоншютц А. Ф., Георге У. Электролитическое покрытие сплавами. Методы анализа. М.: Metallургия, 1980. – 192 с.

201. Вячеславов П. М. Электролитическое осаждение сплавов. Л.: Машиностроение, 1977. – С. 84-88.
202. Федотьев Н. П. Вячеславов П. М., Локштанова О. Г. Технология электроосаждения и физико-механические свойства сплава Au-Ni // Журн. прикл. химии. – 1967. – Т. 40. № 10. – С. 2253.
203. Вячеславов П. М. Новые электрохимические покрытия. Л.: Лениздат, 1972. – 264 с.
204. Raub C.J., Knödler A. Pulse-plated gold // Plat. And Surface Finish. – 1978. 65, № 9. – P. 32.
205. Schlegel H. Elektrolytische Abscheidung von Edelmetallen in der Gold- und Silver warenindustrie // Jahrb. Oberflächentechn. 1980. Bd 36: Berlin. S.a. 77-98.
206. Burkhardt Werner. Galvanisch abgeschiedene Legierungsschichten. Literaturrecherche ZU Entwicklung, Eigenschaften, Anwendung und Aspekten, Teil 3 // Galvanotechnick. – 1983. – 74, № 11. – s. 1301-1309.
207. Baker R.G., Palumbo T.A. Contact materials – a science in transition // Plat and Surface Finish. – 1983. – 70, №12. – p. 63-66.
208. Балашова Н. Н., Смирнова Т. А., Смагунова Н. А., Юдина А. К. Электроосаждение сплава золото-никель их триполифосфатного электролита // Журн. прикл. химии. – 1977. – Т. 50, № 12. – С. 2698-2701.
209. Hill Ron Plating for electronics // Plat and Surface Finish. – 1982. – 69, №7. – p. 18-45.
210. Hill R.T. Electronic engineering-which gold // Plad. Finish. – 1981. – 34, №11. – p. 44-46.
211. Kubota T., Sato E. Киндзоку хэмэн гидзюцу // J. Metal Finish. Soc. Тар. – 1984. – 35, №5. – p. 236-241.
212. Osuma Муёсу. Корё пэа мэмару // Ind. Rare Metals. – 1979, №70. – p. 90-92.
213. Окинака Ютака. Киндзоку хэмэн гидзюцу // J. Metal Finish. Soc. Тар. – 1981. – 32, №10. – p. 500-508.

214. Bielinski T., Ibl N., Angerer H. Die Porosität von Hartgoldüberzügen // Oberfläche Surface. – 1979. – 20, №1. – S. 2-4.
215. Schlegel H. Elektrolytische Abscheidung von Edelmetallen in der gold- und Silberwarenindustrie // Jahrb. Oberflächentechn. – 1977, Bd 33: Berlin. – 1977. S. 102-113.
216. Crossmann H. Die elektrolytische Abscheidung von Silber, Gold und Platingmetallen für technische Anwendungen // Jahrb. Oberflächentechn. – 1977, Bd 33: Berlin. – 1977. S. 156-162.
217. Стаменова Л. Б., Рапчев Б. С. Нанасяне на сплавно покритие злато-никел върху контактуващи повърхности // Електро-пром-ст и приборостр. – 1983. – 18, № 6. – С. 26-27.
218. Михаси Сэйдзи, Ситидзун Токэй К. К. Электроосаждение золота и сплавов золота. Заявка 58-96890. Япония. Заявлено 04.12.81, № 56-195490. Оpubл. 09.06.83 МКС C25Д 3/48, C25Д 5/50.
219. Вячеслав П. М. Гальванотехника благородных и редких металлов. Л.: Машиностроение. – 1970. – 248 с.
220. Frumkin A.N., Petry O.A., Schchigorev I.G., Safonow W.A. Die Beeinflussung der Wasserstoffadsorption an Platin durch anorganische Kationen // Z. Phys. Chem. – 1970. – 243, №5-6. – S. 261-266.
221. Хансен М., Андерко К. Структура двойных сплавов. М.: Металлургиздат, 1962. – Т. 1. – С. 240-243.
222. Эллиот Р. П. Структура двойных сплавов. М.: Металлургия, 1970. – Т. 1. – С. 121-122.
223. Крапивной А. В., Заблудовский В. А., Костин Н. А. Особенности строения гальванических Au-Ni покрытий, полученных при нестационарных режимах электролиза // Вопр. химии и хим. технологий. – 1989. – Вып. 90. – С. 3-5.
224. Вячеслав П. М., Локиштанова О. Г., Смородина Т. П. Фазовая структура и «структурочувствительные» свойства электролитических

- сплавов золота с металлами группы железа // Журн. прикл. химии. – 1972. – Т. 45, № 8. – С. 1755-1758.
225. Socha J., Raub E., Knödler A. Electrodeposition of metals and alloys from electrolytes containing ethylenediaminetetraacetic acid and citric acid. // Metalloberfläche. – 1973. – 27, №1. – S. 1-7.
226. А. с. № 1420078 (СССР). Способ электроосаждения никельсодержащих покрытий / В. А. Заблудовский, Н. А. Костин, В. И. Каптановский, А. В. Крапивной, Т. Я. Еременко и В. М. Замурников. Опубл. в Б. И., 1988, № 32.
227. Заблудовский В. А. Структура и физико-механические свойства сплава олово-никель, полученного программными режимами импульсного электролиза // Вопр. химии и хим. технологии. – 1986. – Вып. 82. – С. 50-53.
228. Крапивной А. В., Заблудовский В. А., Костин Н. А. Получение качественных золото-никелевых покрытий для электрических контактов программным режимом импульсного тока // Тез. докл. Всесоюзной конференции: Пути повышения качества надежности скользящих электрических контактов. – Симферополь, 1988. – Ч. 2. – С. 48-49.
229. Крапивной А. В., Заблудовский В. А. Экономия благородных и металлов при электроосаждении сплавов программными режимами импульсного электролиза // Тез. докл. Республиканской конференции: Ресурсосберегающие технологии в электрохимических производствах. – Харьков, 1987. – С. 58-59.
230. Каптановский В. И., Заблудовский В. А., Еременко Т. Я. Экономия благородных металлов при их электроосаждении программным импульсным током // Тез. докл. Республиканской конференции: Ресурсосберегающие технологии в электрохимических производствах. – Харьков, 1987. – С. 64-65.

231. А. с. № 1458445 (СССР). Устройство для питания гальванических ванн импульсным реверсированным током / В. И. Каптановский, В. А. Заблудовский, Н. А. Костин и др. Опубл. в Б. И., 1989, № 6.
232. Заблудовский В. А., Крапивной А. В., Каптановский В. И. и др. Получение функциональных гальванических покрытий программируемым импульсным током // Электрохимия. – 1989. – Т. 25. – С. 1258-1260.
233. Заблудовский В. А., Балашов Б. М., Пичугина Н. В., Попова В. И. Структура и свойства никельсодержащих функциональных гальванических покрытий, полученных программируемым импульсным током // Физика и химия обработки материалов. – 1993. – № 2. – С.107-110.
234. Заблудовский В. А., Дудкина В. В. Моделирование структуры цинковых покрытий, полученных лазерно-стимулированным электроосаждением, с помощью программируемого импульсного тока // Металлофизика, новейшие технологии. – 2008, Т. 30, № 4. – С. 537-548.
235. Целуйкин В. Н., Корешкова А. А., Неверная О. Г. и др. Электроосаждение и свойства цинковых композиционных покрытий, модифицированных углеродными нанотрубками. Конденсированные среды и межфазные границы, 2013, т.15, № 4, с. 466 – 469.
236. Кубрак П. Б., Дроздович В. Б., Жарский И. М., Чаевский В. В. Электролитическое осаждение и свойства композиционных никелевых покрытий, содержащих углеродные наноматериалы. Гальванотехника и обработка поверхности, 2012, т. 20, № 2, с. 43 – 49.
237. Захаров В. Д., Нефедов В. Г., Королянчук Д. Г. и др. Композиционные электролитические покрытия на основе меди с углеродными наноматериалами. Физика и химия обработки материалов, 2012, № 1, с. 18 – 25.
238. Головин Ю. И., Литовка Ю. В., Шуклинов А. В. и др. Никелевое гальваническое покрытие, модифицированное углеродными

- нанотрубками. Деформация и разрушение материалов, 2011, № 1, с. 31 – 37.
239. Gheorghies C., Rusu D. E., Bund A., Condurache-Bota S., Georgescu L. P. Synthesis and characterization of nickel–diamond nanocomposite layers. *Appl Nanosci*, 2014, 4, pp. 1021–1033.
240. Буркат Г. К., Долматов В. Ю. Получение и свойства композиционных электрохимических покрытий цинк-алмаз из цинкатного электролита. Гальванотехника и обработка поверхности, 2001, № 2, с. 35 – 38.
241. Долматов В.Ю., Буркат Г.К. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза как основа нового класса композиционных метал-алмазных гальванических покрытий // *Сверхтв. Материалы*, 2000, №1, с. 84-95.
242. Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза. Получение, свойства, применение.-СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003.- 344 с.
243. Burkat G.K., Fujimura T., Dolmatov V.Yu., Orlova E.A., Veretennikova M.V. Preparation of composite electrochemical nickel–diamond and iron–diamond coatings in the presence of detonation synthesis nanodiamonds. *Diamond and related materials*, 2005, Vol. 14, No. 8, pp. 1761-1764.
244. Буркат Г.К., Долматов В.Ю., Osawa E., Орлова Е.А. Исследование свойств хром-алмазных покрытий на основе детонационных наноалмазов различных производителей // *Сверхтвердые материалы*, 2010, т.43, №2, с.43-59.
245. He Xiangzhu, Wang Yongxiu, Sun Xin, Huang Liyong Preparation and Investigation of Ni-Diamond Composite Coatings by Electrodeposition // *Nanosci. Nanotechnol. Lett*, 2012, vol. 4, no. 1, pp.48-52.
246. Liping Wang, Yan Gao, Qunji Xue, Huiwen Liu, Tao Xu Effects of nano-diamond particles on the structure and tribological property of Ni-matrix nanocomposite coatings. *Materials Science and Engineering A* 390, 2005, pp. 313-318.

247. Tytarenko, V.V., Zabudovs'Ky, V.A. The effect of superdispersed diamond particles on the structure and properties of electrolytic nickel coatings // *Metallofizika I Noveishie Tekhnologii*, 2016, vol. 38, no. 4, pp.519-529.
248. Пат. 87842, Україна, C25D 15/00 «Спосіб отримання нікелевих гальванічних покриттів, модифікованих наноалмазами» / Забудовський В.О., Штапенко Е.П., Дудкіна В.В., Терещенко О.С.; заявник і патентовласник ДНУЗТ. – № заявки у 2013 09097, C25D 5/20 від 21.11.2013. Дата публікації 2014/2/25, бюл. №4.
249. В.О. Забудовський, В.В. Титаренко Електроосадження нікелевих покриттів, модифікованих частинками ультрадисперсного алмазу // *Фізика і хімія твердого тіла*, 2016, т. 17, № 3, с. 435-440.
250. Пат. 88647, Україна, C25D 15/00 «Спосіб отримання металевих покриттів, модифікованих наноалмазами»/ Забудовський В.О., Штапенко Е.П., Дудкіна В.В., Зражевський О.В.; заявник і патентовласник ДНУЗТ. – № заявки у 2013 12234. Дата публікації 2014/3/25, бюл. №6.
251. Dudkina, V.V., Zabudovskiy, V.A., Shtapenko, E.F. The structure and properties of electrolytic nickel composite coatings fabricated by pulse current // *Metallofizika I Noveishie Tekhnologii*, 2015, vol. 37, no. 5, pp.713-721.
252. Пат. 106392, Україна, C25D 5/00, C25D 15/00, B82B 1/00. Спосіб осадження композиційних електролітичних покриттів із заданою структурою / Забудовський В.О., Титаренко В.В., Штапенко Е.П., заявник і патентовласник ДНУЗТ. – № заявки у 2015 10375 від 23.10.2015; опубл. 25.04.2016, бюл. №8.
253. Hiroshi Matsubara, Yoshihiro Abe, Yoshiyuki Chiba, Hiroshi Nishiyama, Nobuo Saito, Kazunori Hodouchi, Yasunobu Inoue Co-deposition mechanism of nanodiamond with electrolessly plated nickel films// *Electrochimica Acta*, 2007, 52, pp.3047-3052.

254. Г. К. Буркат, В.Ю. Долматов, Е. Osawa, Е.А. Орлова Исследование свойств хром-алмазных покрытий на основе детонационных наноалмазов различных производителей // Сверхтвердые материалы, 2010, 2, с.43-59.
255. В.В. Дудкина, В.А. Заблудовский, Э.Ф. Штапенко Структура и свойства композиционных электролитических никелевых покрытий, полученных импульсным током // Металлофизика и новейшие технологии, 2015, 37, 5, с. 713 721.
256. В.А. Заблудовский, В.В. Титаренко, Э.Ф. Штапенко Структура и свойства композиционных никелевых покрытий, полученных с помощью программируемого импульсного тока // Металлофизика и новейшие технологии, 2017, т. 39, № 1, с. 93-104.
257. Пат. 101121, Україна, C25D 15/00, B82B 1/00. Спосіб осадження композиційних електролітичних покриттів / Заблудовський В.О., Штапенко Е.П., Дудкіна В.В., заявник і патентовласник ДНУЗТ. – № заявки u 2015 02454 від 19.03.2015; опубл. 25.08.2015, бюл. №16.
258. В. В. Титаренко, В. А. Заблудовский, Э. Ф. Штапенко Физико-химические свойства углеродсодержащих электролитических никелевых покрытий // Сборник научных статей «Наноструктуры в конденсированных средах», Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, 2018, с. 226-231.
259. В.В. Титаренко, В.А. Заблудовский, Э.Ф. Штапенко Структура и свойства композиционных никелевых покрытий, полученные с помощью программируемого импульсного тока при лазерном облучении // Физика и химия обработки материалов, 2018, № 3, с. 34-42.
260. Пат. 116605, Україна, C25D 15/00, C25D 5/20, , B82B 1/00. Спосіб осадження композиційних електролітичних нікелевих покриттів / Заблудовський В.О., Титаренко В.В., Штапенко Е.П., заявник і патентовласник ДНУЗТ. – № заявки u201613005 від 20.12.2016; опубл. 25.05.2017, бюл. №10.

В монографии обобщаются теоретические и экспериментальные результаты исследований перспективного научного направления в области материаловедения и прикладной электрохимии — программного импульсного электролиза. Рассмотрены вопросы кинетики электродных процессов при импульсных режимах и влияния параметров поляризующего тока на электрохимические характеристики процесса осаждения. Приведены результаты исследования влияния параметров импульсного тока на структуру и свойства покрытий. Отдельная глава посвящена исследованиям влияния параметров импульсов тока на структуру и свойства композиционных покрытий. Приведены обоснования выбора параметров программных режимов импульсного тока для получения функциональных покрытий металлами и сплавами, а также композиционными покрытиями градиентного по концентрации дисперсных наночастиц состава. Монография будет полезна для научных работников и специалистов-материаловедов и электрохимиков, занимающихся электроосаждением металлических покрытий, а также преподавателей и студентов соответствующих специальностей.



Заблудовский Владимир Александрович - доктор технических наук, профессор кафедры физики Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна. Автор свыше 400 научных публикаций, 30 патентов, 2 монографий. Направление научной работы – исследования в области физики твердого тела и электрохимии.



978-3-659-69715-9

FOR AUT