

разные технологические варианты формирования, контроля и создания паровой фазы заданного состава, установить чувствительность последней к изменению макропараметров. Полученные данные позволили обосновать возможность создания гетеро- и наноструктур соединений III–V на основе тройных растворов $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ и $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ в прямоточных горизонтальных реакторах.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Алферов Ж. И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур // ФТП.— 1998.— Т. 32, N 1.— С. 3—18
2. Seki H., Koukitu A., Nishisawa J. New methods of vapor phase epitaxial growth of GaAs // Jap. J. Appl. Phys.— 1986.— N 19.— P. 81–88.
3. Губа С. К. Низкотемпературный изотермический метод хлоридной эпитаксии InGaAs // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 1998.— № 2.— С. 40–42.
4. Мильвидский М. Г. Полупроводниковые материалы в современной электронике.— М.: Наука, 1986.
5. Воронин В. А., Голиусов В. А., Чучмарев С. К. Исследование химического равновесия в системах InP-HCl , GaP-HCl // Изв. АН СРСР. Неорганические материалы.— 1983.— Т. 26, №10.— С. 1158–1162.
6. Воронин В. А., Прохоров В. А., Голиусов В. А., Чучмарев С. К. Исследование равновесных характеристик газовой фазы син-

теза полупроводниковых соединений // Электронная техника. Сер. 6. Материалы.— 1984.— Вып. 10.— С. 48–53.

7. Karlicek R. F., A. Blamke. Remote optical monitoring of reactions in vapor phase epitaxial reactor // J. Cryst. Growth.— 1985.— Vol. 73, N 2.— P. 364–369.

8. Губа С. К., Воронин В. А., Рибачук В. Г. Діагностика складу газової фази хлоридних систем методом абсорбційної УФ-спектроскопії // Збірник наукових праць НАНУ. Сер. Фіз. методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів.— 2002.— Вип. № 7.— С. 216–222.

9. Kockes A., Koukitu A., Schonherr E. Growth of GaP doping super-lattices by isothermal vapor phase epitaxy // Crystal Properties and Preparation.— 1991.— Vol. 32–34.— P. 520–525.

10. Guba S. K., Kurilo I. V. Gas-phase formation at the low-temperature isothermal growing of Bi-doped GaAs layers // Functional materials.— 2001.— Vol. 8, N 2.— P. 234–239.

11. Антонов И. И., Губа С. К., Жилиев Ю. В. и др. Кинетика формирования изотермической пересыщенной газовой фазы в системе $\text{GaAs-GaP-AsCl}_3\text{-H}_2$ // Неорганические материалы.— 1993.— Т. 29, № 2.— С. 174–176.

12. Voronin V. O., Guba S. K., Litvin M. O. Precipitation mechanism of the GaAsP/GaAs in the isothermal CVD-method // SPIE.— 1999.— Vol. 3890.— P. 491–496.

13. Voronin V. O., Guba S. K., Litvin M. O. In-kinetics study of gas phase formation in the system $\text{Ga/In-AsCl}_3\text{-HCl-H}_2$ by UV-spectroscopy // SPIE.— 2001.— Vol. 4355.— P. 386–293.

Н. Е. ЖИТНИК, Ю. Л. МИРОПОЛЬСКИЙ, д. ф.-м. н. С. В. ПЛАКСИН,
Л. М. ПОГОРЕЛАЯ, к. ф.-м. н. И. И. СОКОЛОВСКИЙ

Украина, г. Днепродзержинск, Институт транспортных систем
и технологий НАНУ «Трансмаг»
E-mail: plm@westa-inter.com

Дата поступления в редакцию
10.04 2008 г.

Оппонент к. т. н. Б. А. ДЕМЬЯНЧУК
(ОНУ им. И. И. Мечникова, г. Одесса)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АДАПТИВНОЙ ЗАРЯДКИ ВТОРИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Предложен набор параметров, необходимых для программирования режима адаптивной зарядки, получаемых методом хронопотенциометрического анализа отклика конкретного источника на импульсное воздействие.

Одним из основных факторов, влияющих на срок эксплуатации химического источника тока (ХИТ), является режим его зарядки. В настоящее время широкое распространение получают нестационарные методы, которые обеспечивают ускоренную зарядку, снижение энергозатрат, уменьшение разогрева ХИТ в процессе зарядки, а следовательно, существенное увеличение срока их службы. Однако при этом возрастает количество контролируемых и регулируемых параметров, по сравнению с традиционными методами зарядки постоянным током.

Наличие широкого набора регулируемых параметров при нестационарных методах проведения зарядки ХИТ импульсными асимметричными реверсивны-

ми токами позволяет использовать различные режимы зарядки и их комбинации, но, как правило, подбор параметров зарядных и деполяризующих импульсов, продолжительности пауз между ними осуществляется эмпирически без полного учета состояния конкретного ХИТ. Задача усложняется при использовании адаптивных методов зарядки, которые все более привлекают внимание разработчиков зарядных устройств, поскольку позволяют производить зарядку ХИТ в наиболее рациональном режиме с учетом особенностей конкретного заряжаемого источника тока. При адаптивной зарядке важным требованием является обеспечение необходимых параметров зарядных импульсов в соответствии с динамикой изменения состояния ХИТ.

Известные методы адаптивной зарядки, например [1], основаны на анализе переходных процессов, происходящих в ХИТ при подаче на него импульса зарядного тока, с использованием эквивалентной схемы, что неприемлемо при практической реализации. Информационные параметры ХИТ, как правило, измеряются в аналоговой форме, затем преобразуются

в цифровую и вводятся в управляющую систему, что усложняет систему зарядки в целом. Поэтому практический интерес представляют такие методы, которые позволяют упростить процедуру измерения параметров при сохранении требуемой точности и процедуру обработки информации в цифровой форме.

Целью настоящей работы является получение набора информационных параметров ХИТ для практической реализации программированного режима адаптивной зарядки. Задача решается путем анализа отклика ХИТ на зарядный импульс хронопотенциометрическим методом, позволяющим одновременно получать необходимые информационные параметры в цифровой форме и контролировать динамику процесса зарядки.

При реализации метода адаптивной зарядки необходимо оперировать как конкретными значениями параметров зарядных импульсов и пауз между ними, так и параметрами, характеризующими состояние его заряженности. При этом все параметры, в зависимости от их роли в процессе зарядки, условно могут быть разделены на три группы:

- параметры, на которые накладываются жесткие ограничения;
- начальные установочные параметры, которые оцениваются управляющей системой и могут быть изменены в процессе зарядки;
- логические установочные параметры, определяющие характер реагирования управляющей системы на динамику реакции ХИТ на зарядный импульс.

К первой группе относятся максимально допустимые значения зарядного тока, зарядного напряжения, температуры аккумуляторной батареи (АБ), а также параметры, определяющие момент отключения заряжаемой батареи от зарядного устройства.

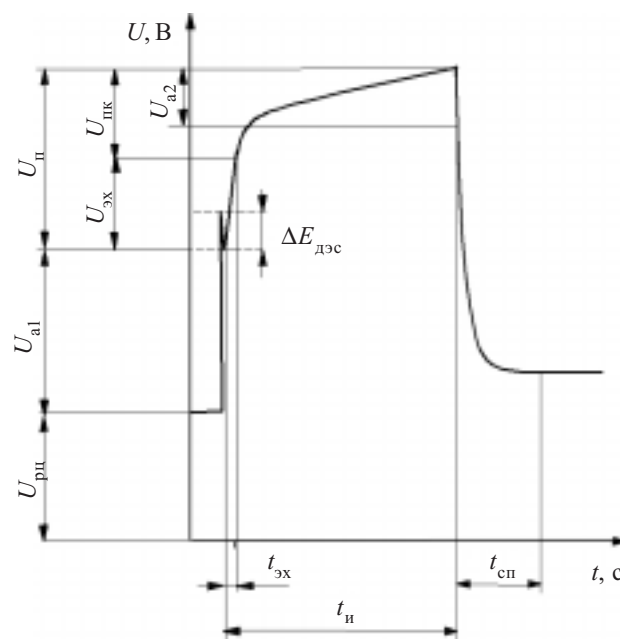
Параметры, относящиеся ко второй группе, отражают динамические характеристики процесса зарядки и определяют требования к управляющей системе. Это, например, начальные значения величин зарядных и деполяризующих токов и напряжений, пауз между ними и т. д. Определение значений этих параметров в начале процесса зарядки не очень критично, поскольку управляющая система благодаря наличию обратной связи с АБ сама приводит их в соответствие данному состоянию заряженности АБ. Тем не менее, предварительная подгонка начальных значений необходима, чтобы не нарушить динамическую устойчивость управляющей системы. При этом необходимо исходить из состояния конкретной заряжаемой АБ и не допускать больших отклонений параметров от оптимальных значений.

Параметры третьей группы определяют характер поведения управляющей системы в зависимости от реакции аккумуляторной батареи на зарядный импульс. Например, если от заряжаемой АБ поступает сигнал о прогрессирующем повышении напряжения, управляющая система либо уменьшает амплитуду зарядного импульса, либо изменяет его длительность или длительность пауз, либо увеличивает амплитуду деполяризующего импульса — в зависимости от состояния других измеряемых параметров аккумуля-

ляторной батареи. Также управляющая система определяет момент отключения батареи от зарядного устройства при достижении конечных значений нескольких параметров АБ.

Очевидно, что параметры второй и третьей групп находятся в тесной взаимосвязи, которая поддерживается в соответствии со специально разработанным алгоритмом.

Отмеченным выше требованиям отвечает процесс адаптивной зарядки вторичных химических источников тока, сопровождаемый хронопотенциометрическим анализом отклика конкретного источника на импульсное воздействие, который оказался весьма эффективным при оценке состояния свинцово-кислотных аккумуляторов [2]. Хронопотенциограмма (ХПГ), общий вид которой приведен на рисунке, регистрирует реакцию АБ на импульс зарядного тока в виде изменения напряжения на ее клеммах и отображает кинетику протекающих в АБ электрохимических процессов. При подаче на АБ тестового импульса тока амплитудой $I_T = 0,1 C_{20}$ А (C_{20} — величина емкости АБ в ампер-часах при ее разряде в течение 20 ч [3]) путем анализа ХПГ конкретной АБ можно получить следующие параметры: U_{pc} — напряжение разомкнутой цепи; U_{a1} — падение напряжения на активном внутреннем сопротивлении в момент подачи тестового импульса; U_{a2} — падение напряжения на активном сопротивлении в момент снятия тестового импульса тока; U_{pk} — концентрационную составляющую напряжения поляризации; U_{ex} — электрохимическую составляющую напряжения поляризации; $U_{\Pi} = U_{ex} + U_{pk}$ — полное напряжение поляризации; $\Delta E_{дэс}$ — напряжение зарядки двойного электрического слоя; t_{ex} — время протекания электрохимической стадии процесса; t_{Π} — длительность тестового импульса тока; $t_{сп}$ — длительность спада потенциала с момента снятия тестового импульса тока.



Общий вид хронопотенциограммы

Проведенное в [4] обоснование связи между параметрами аккумуляторной батареи и кинетикой процесса показало, что $t_{\text{эх}}$ характеризует скорость протекания электрохимической реакции (фарадеевский процесс), $t_{\text{сп}}$ пропорциональна величине накопленной в ХИТ химической энергии, $\Delta E_{\text{дэс}}$ соответствует плотности электролита (с повышением плотности электролита величина $\Delta E_{\text{дэс}}$ уменьшается), $U_{\text{а2}}$ отображает падение напряжения на активном сопротивлении ХИТ в момент отключения зарядного импульса — по изменению этой величины можно судить о химической активности электролита и активных масс электродов (уменьшение величины $U_{\text{а2}}$ соответствует увеличению химической активности), отношение $U_{\text{п}}/U_{\text{а1}}$ отображает характер протекания электрохимического процесса в активных массах электродов, а именно, при $U_{\text{п}}/U_{\text{а1}} < 1$ процесс имеет преимущественно поверхностный характер, при $U_{\text{п}}/U_{\text{а1}} > 1$ — объемный, при $U_{\text{п}}/U_{\text{а1}} \approx 1$ — смешанный.

Таким образом, использование данных хронопотенциограммы позволяет при одновременном измерении ряда параметров АБ контролировать динамику процессов, происходящих в батарее при ее зарядке. Поскольку значения измеряемых параметров могут быть представлены непосредственно в цифровой форме, это облегчает их обработку компьютерными системами по заданной программе.

Максимально допустимые значения параметров первой группы зависят от типа электрохимической системы и определяются заводом-изготовителем в виде паспортных данных. Начальные значения параметров второй группы определяются из ХПГ конкретного экземпляра заряжаемого ХИТ. В частности, амплитуда импульса зарядного тока определяется выражением

$$I_3 = \frac{U_{\text{макс}} - U_{\text{рц}}}{R_{\text{а1}}} = \frac{(U_{\text{макс}} - U_{\text{рц}}) I_{\text{т}}}{U_{\text{а1}}},$$

где $U_{\text{макс}}$ — максимально допустимое зарядное напряжение для АБ данного типа;

$R_{\text{а1}} = U_{\text{а1}}/I_{\text{т}}$ — активное сопротивление АБ.

Длительность зарядного импульса выбирается в диапазоне

$$10t_{\text{эх}} \geq t_3 \geq 2t_{\text{эх}},$$

причем в начале процесса зарядки $t_3 = 10t_{\text{эх}}$, а в конце $t_3 = 2t_{\text{эх}}$.

Длительность пауз между зарядными импульсами $t_{\text{п}} \approx t_{\text{сп}}$, и величина ее увеличивается в процессе зарядки.

По данным ХПГ также устанавливаются начальные значения остальных параметров второй группы. В процессе зарядки управляющей системой отслеживается динамика их изменений и производится их корректировка по специально разработанному алгоритму, который является предметом отдельной публикации.

Зарядка АБ прекращается при достижении установленных предельных значений параметров $t_{\text{эх}}$, $U_{\text{а1}}$, $U_{\text{а2}}$, $\Delta E_{\text{дэс}}$, $t_{\text{сп}}$, соответствующих максимальным значениям химической активности активных масс электродов, плотности электролита и запаса химической энергии АБ, эквивалентной ее электрической емкости.

Апробация адаптивного метода зарядки аккумуляторной батареи с использованием информационных параметров, полученных путем хронопотенциометрического анализа отклика АБ на тестовый импульс, подтвердила возможность одновременного контроля состояния заряжаемой батареи, кинетики электрохимического процесса зарядки и поддержания режима зарядки, адекватного ее динамике. При этом значения набора информационных параметров получают в цифровой форме по результатам компьютерного анализа и обработки сигнала реакции АБ на тестовый импульс тока, исключается процедура многократных сложных измерений этих параметров приборами (отметим, что некоторые параметры непосредственными измерениями определить трудно или вообще невозможно, а такой параметр как плотность электролита не является электрической величиной) с последующей их обработкой перед вводом в управляющую систему. Это позволяет рекомендовать полученный таким методом набор информационных параметров для использования в автоматизированных системах зарядки вторичных химических источников тока.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Волківський В. Б. Адаптивний метод заряду акумуляторних батарей // Технічна електродинаміка. Тем. вип. «Силова електроніка та енергоефективність». — 2005. — Ч. 2. — С. 40—43.
2. Патент 78327 України. Спосіб контролю стану свинцевого акумулятора / В. О. Дзензерський, М. Я. Житник, С. В. Плаксін та ін. — 2004. — Бюл. № 3.
3. ДСТУ ГОСТ 959: 2006. Батареї акумуляторні свинцеві стартерні для автотракторної техніки.
4. Дзензерський В. А., Житник Н. Е., Плаксін С. В., Соколовський І. І. Контроль стану стартерних свинцевих акумуляторів хронопотенціометричним методом // Електротехніка та електроенергетика. — 2005. — № 1. — С. 13—18.