

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА НА КИНЕТИКУ ПРОЦЕССА МЕДНЕНИЯ

Практика нестационарного электролиза показала, что импульсный ток из всех форм поляризующего тока оказывает наиболее эффективное воздействие на процесс электроосаждения, структуру и свойства гальванопокрытий [1, 2].

Исследование механизма и кинетических закономерностей процесса меднения в зависимости от параметров и формы униполярного импульсного поляризующего тока: прямоугольный (ПР ИТ), треугольный симметричный (ТР), треугольный с паузой (ТР ИТ) проводилось в сульфатном электролите для меднения печатных плат, содержащем 75 г/л сульфата меди, 175 г/л серной кислоты, 0,05 г/л хлористого натрия и выравнивающую добавку, обладающую высокой рассеивающей способностью (50-70 %) и обеспечивающем получение блестящих пластичных покрытий [3, 4].

Осаждение металла при импульсном электролизе протекает при непрерывном изменении во времени электродного потенциала $E(t)$. Суммарное изменение поляризации катода во времени можно представить как некоторый средний уровень, относительно которого происходят колебания от $E_{\min}$ до $E_{\max}$. В данной работе исследование кинетических закономерностей проводилось путем регистрации электродных потенциалов при различных параметрах поляризующего тока и условиях осаждения. Для снятия катодных поляризационных кривых (КПК) в нестационарных условиях одновременно регистрировались минимальное $E_{\min}$ и максимальное $E_{\max}$ значения катодного потенциала с помощью импульсного потенциостата-гальваностата «Elins P-45X». Значения потенциалов измерялись относительно хлорсеребряного электрода сравнения и пересчитывались на нормальную водородную шкалу, а полученные значения силы тока - на плотность тока. Анод – нерастворимый.

Исследование кинетических закономерностей электрохимического меднения в условиях импульсного электролиза показало, что изменение формы и параметров поляризующего тока приводит к изменению перенапряжения выделения меди и величины предельного тока (рис. 1-3), т.е. дискретный характер прямого тока в

отличие от постоянного позволяет эффективно воздействовать на электродные процессы.

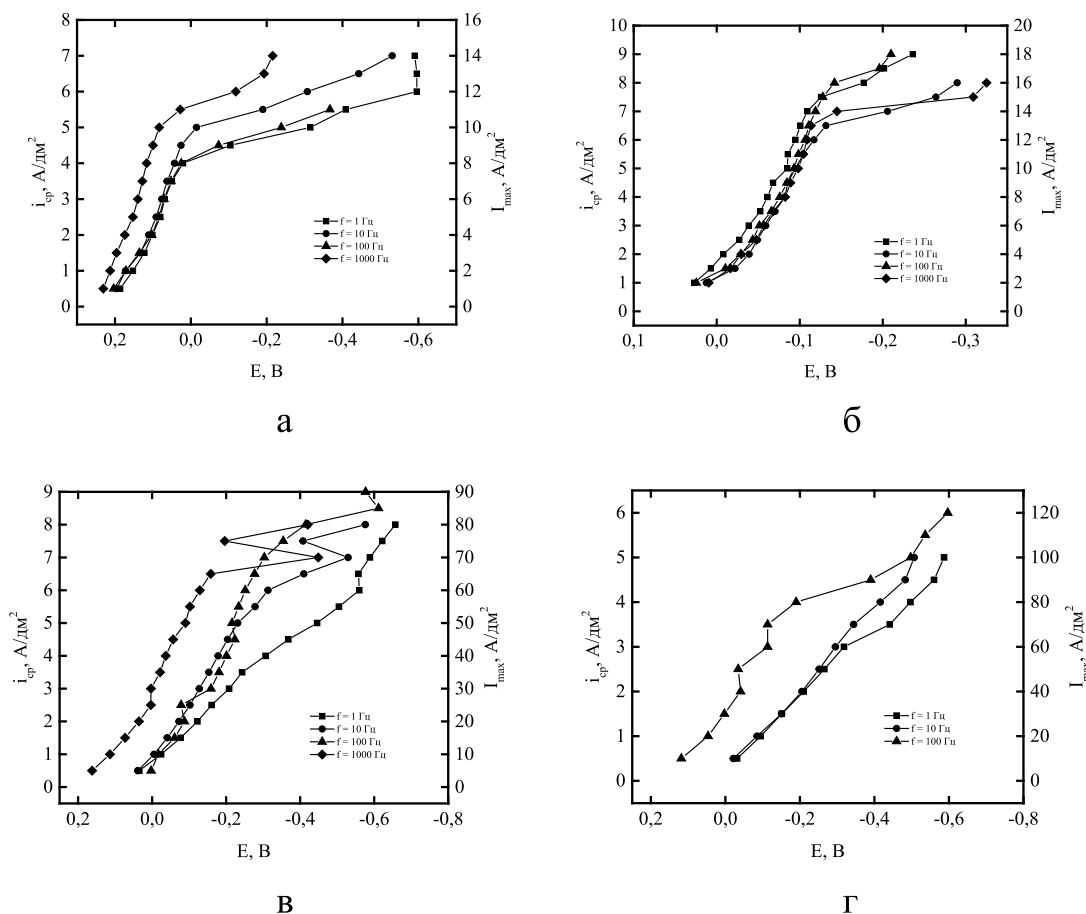


Рис. 1. Поляризационные характеристики медного анода в зависимости от частоты прямоугольного ИТ, $q=2$ (а), треугольного симметричного тока (б), треугольного ИТ, $q=5$ (в), $q=10$ (г)

К общим закономерностям относятся деполяризация катодного процесса и увеличение диффузионного предельного тока по сравнению с осаждением на постоянном токе, который возрастает с увеличением частоты и снижением скважности импульсов (рис. 2).

Деполяризующее действие импульсного тока на катодную поляризацию происходит в связи с тем, что во время короткого импульса тока концентрация ионов металла в прикатодном слое не успевает снизиться до уровня, полученного на постоянном токе при равных энергетических условиях ($i_{\max}=i$).

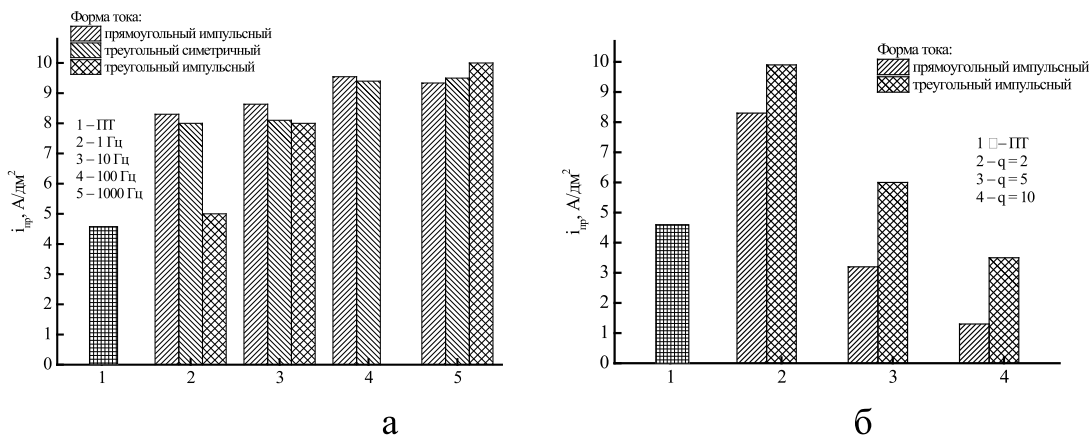


Рис. 2. Влияние частоты, $q=2$ (а) и скважности, $f=10$ Гц (б) импульсного тока на величину предельного тока меднения

Импульсное осаждение происходит при более высоких мгновенных значениях катодных потенциалов, что благоприятствует измельчению структуры осадков и соответственно изменяет физико-механические свойства покрытий. Максимальные значения (амплитуда) плотности тока возрастают с увеличением средней плотности тока и скважности импульсов (рис. 3). I_{max} увеличивается в следующей последовательности: постоянный ток <треугольный симметричный <прямоугольный ИТ <треугольный ИТ.

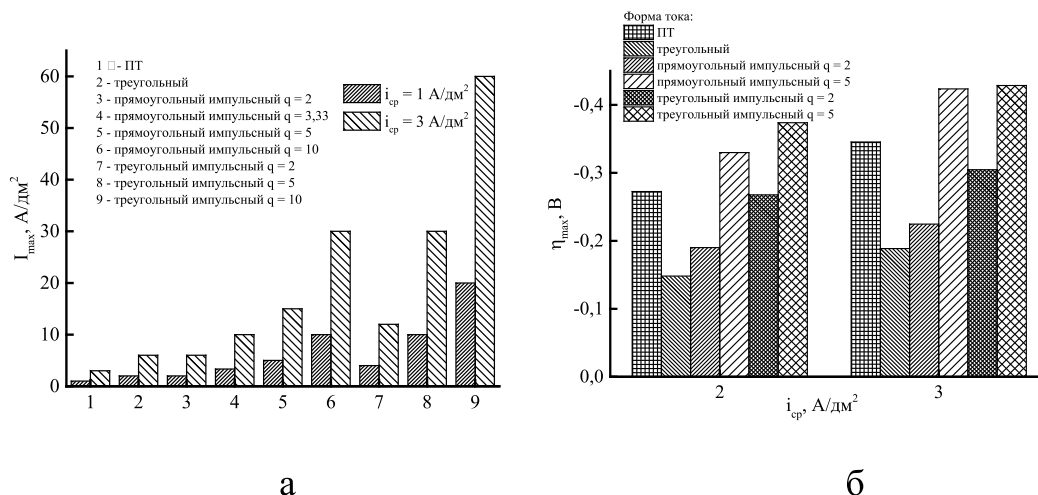


Рис. 3. Зависимость максимального значения (амплитуды) плотности тока (а) и поляризации (б) от скважности импульсного тока, $f=10$ Гц

Наименьшие значения максимальной поляризации получены на треугольном симметричном токе. По-видимому, линейный рост электродного потенциала от минимального значения до максимального и такой же спад не приводит к резкому истощению прикатодного слоя и не вызывает увеличения размаха потенциала. При низкой скважности

(≤ 2) прямоугольного и треугольного импульсного тока максимальная поляризация также ниже, чем на постоянном токе. При увеличении скважности и снижении частоты наблюдается рост $\eta_{\max}$. Чем короче был импульс, тем ближе фронт диффузии к поверхности катода и тем быстрее происходит выравнивание концентрации разряжающихся ионов. Как следует из полученных результатов, эти закономерности являются общими для всех форм импульсного тока.

Как показали проведенные исследования, изменение формы, плотности, частоты и скважности импульсного тока позволяет активно воздействовать на электродные процессы и обеспечивать получение осадков с требуемой структурой и физико-механическими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Контактно-барьерные структуры субмикронной электроники / А. П. Достанко [и др.] ; под ред. А. П. Достанко, В. Л. Ланина ; Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск : Бестпринт, 2021. – 270 с.
2. Kushner, L.K. Nanocomposite nickel plating under non-stationary electrolysis / L.K. Kushner, I.I. Kuzmar, A.A. Khmyl, N.V. Dezkunov // Nanoscience and Technology: An International Journal. Special Issue: Fullerenes and Nanostructures in Condensed Matter, Volume 10, Issue 4, 2019. – P. 355-363.
3. Кушнер, Л.К. Влияние ультразвука на закономерности электроосаждения медных покрытий / Кушнер Л.К., Кузьмар И.И., Гульпа Д.Ю., Дежкунов Н.В. // Техническая акустика: разработки, проблемы, перспективы: материалы IV МНК. / под ред. В.В. Рубаника - Минск : ИВЦ Минфина, 2023. - С. 135-137. ISBN 978-985-880-312-4.
4. Кушнер, Л.К. Влияние режима электролиза на закономерности процесса меднения / Л.К. Кушнер, Т.В. Богдашич, Д.Ю. Гульпа, И.И. Кузьмар, Н.В. Дежкунов // Современные электрохимические технологии и оборудование/ Белорус. гос. технол. ун-т ; отв. за изд. И.В. Войтов [Электронный ресурс]. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 162-165. ISBN 978-985-897-111-3.