

Копыт Н.Х., Турецкий А.Е., Чемересюк Г.Г., Чернова Е.А.

Одесский национальный университет им. И.И.Мечникова

Влияние гидростатического давления на процесс электрораспыления растворов

Получена экспериментальная зависимость электрического тока распыления раствора от гидростатического давления при электродисперсировании растворов в широком диапазоне изменений потенциалов распыления.

Для исследования процесса электрогидродинамического распыления жидкости была создана экспериментальная установка, блок-схема которой представлена на рис. 1. Установка состояла из распылительного сопла 1, соединенного гибкой трубкой с ёмкостью для распыляемой жидкости 2. В качестве сопел использовались заточенные на конус медицинские иглы. Ёмкость крепилась на препаратоводителе 3, который в свою очередь был закреплен на пластине 4 из диэлектрического материала. Пластины можно плавно перемещать по штанге 5, меняя тем самым в широких пределах величину гидростатического давления на торце сопла. Более точную корректировку давления производили при помощи препаратоводителя 3. Металлический диск 6, являющийся противоэлектродом по отношению к распылительному соплу, был прикреплен к стержню 7 из диэлектрического материала. Диск установлен на препаратоводителе 8, что позволяло с большой точностью и в относительно широких пределах менять длину межэлектродного промежутка сопло – противоэлектрод. Для визуального наблюдения за процессом электродиспергирования жидкости межэлектродный промежуток освещался при помощи осветителя 9, фотографировали процесс фотоаппаратом 10. За поведением мениска жидкости на торце сопла в процессе распыления можно было наблюдать при помощи оптического микроскопа (на рисунке не показан). Аэрозольный режим распыления создавали подачей на сопло электрического потенциала от источника высоких напряжений 11. В зависимости от физико-химических свойств распыляемой жидкости, величины гидростатического давления на конце сопла и расстояния между соплом и противоэлектродом величина приложенного напряжения могла составлять 2-10 кВ. Величину напряжения контролировали киловольтметром, полярность на сопле задавали переключателем Π_1 . Протекающий через межэлектродный промежуток в режиме диспергирования электрический ток создавал на сопротивлении $R_{изм}$ падение напряжения, величину которого регистрировали при помощи измерителя малых токов 12 и микроамперметра 13. Для защиты от электрических помех генератор аэрозоля помещался в заземленный металлический корпус. С помощью данной экспериментальной установки можно было измерять не только вольтамперные характеристики, но и некоторые другие, на-

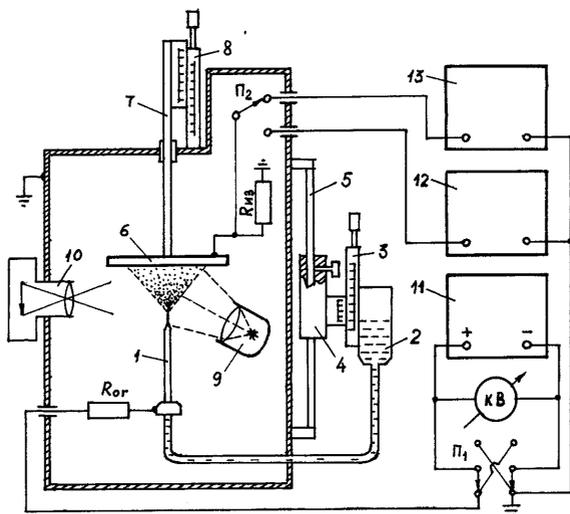


Рис. 1. Схема экспериментальной установки по изучению процесса электрогидродинамического распыления жидкости.

пример зависимости электрического тока распыления от величины гидростатического давления на торце сопла.

Исследовались некоторые особенности электрораспыления спиртового раствора, содержащего ионы кадмия и серы. Раствор использовался для получения полупроводниковых пленок сульфида кадмия методом электропневматического пиролиза [1]. Поставщиком ионов в раствор в нашем случае являлись хлористый кадмий и тиомочевина, взятые в концентрации 0.01-0.06 моль/литр. Растворы такой молярности используются для нанесения пневматическими методами пленок различных соединений. Динамика образования факела униполярно заряженных капель при электродиспергировании раствора, характер их осаждения под действием электрических сил на подложке, температура последней в конечном итоге влияют на формирование микрорельефа и структурно-чувствительных характеристик пленок сульфида кадмия. Было установлено [2], что основными факторами, определяющими характер генерирования аэрозоля, являются коэффициент поверхностного натяжения и электропроводность раствора, электрический потенциал распыления и массовый расход жидкости через распылительный капилляр. Расход в свою очередь зависит не только от выбранного потенциала распыления, но и от величины задаваемого на торце капилляра гидростатического давления.

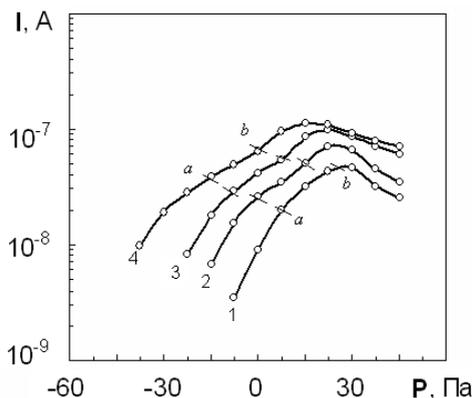


Рис.2. Зависимость тока диспергирования раствора от величины гидростатического давления в распылительном капилляре.

Кривые 1–4 измерены при следующих электрических потенциалах:

1 — 2.8 кВ, 2 — 2.9 кВ, 3 — 3.0 кВ, 4 — 3.1 кВ.

Расстояние между капилляром и подложкой — 0.01 м, концентрация раствора 0.02 моль/литр.

Зависимости электрического тока распыления спиртового раствора хлористого кадмия (CdCl_2) и тиомочевины ($(\text{NH}_2)_2\text{CS}$) от давления жидкости в распылительной системе представлены на рис. 2.

Измерения проводились в широком диапазоне изменения давлений — от отрицательных значений (уровень жидкости в отсутствие электрического поля находится ниже торца распылительного капилляра) до положительных (жидкость стекает по капилляру). Кривые измерены при нескольких фиксированных электропотенциалах распыления, выбранных из области существования стабильного факела аэрозольных частиц. Каждому потенциалу соответствует определенный интервал давлений, в котором наблюдается устойчивый режим генерации капель (участки *a, b* на кривых 1-4). Характерно, что с ростом электрического потенциала на капилляре область существования оптимального факела аэрозоля сдвигается в сторону меньших давлений жидкости в системе. Данный сдвиг может быть объяснен, если учесть, что основным условием процесса распыления любой жидкости является выполнение следующего неравенства: $P_q + P_h > P_\eta$ где P_q, P_h, P_η — давления на вершине мениска жидкости, обусловленные, соответственно, силами электрического поля, гидростатического давления и поверхностного натяжения [2]. Наблюдаемый на кривых 1-4 начальный рост тока распыления обусловлен возрастанием суммарного электрического заряда аэрозольного факела за счет увеличения частоты генерации капель с вершины жидкого острья [3]. В области положительных давлений на зависимостях $I = I(P)$ имеет место некоторый спад тока распыления. Это объясняется тем, что величина гидростатического давления на вершине мениска жидкости становится преобладающей по сравнению с давлением, вызванным силами электрического поля ($P_h > P_q$). При этом в результате сглаживания формы мениска падает

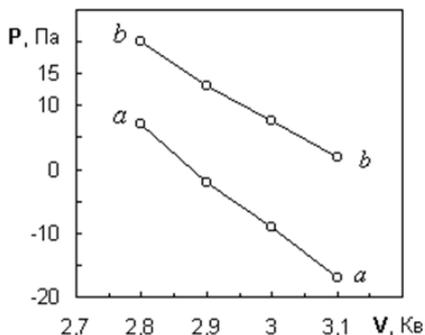


Рис.3. Соотношение электрических потенциалов и гидростатических давлений, обеспечивающих стабильность процесса электрораспыления раствора.

напряженность электрического поля в области его вершины, что приводит к ухудшению условий диспергирования. В эксперименте данному случаю соответствует сильное стекание избыточной жидкости по капилляру, нарушение стабильности процесса электрораспыления и, как следствие, образование отдельных струй жидкости на фоне аэрозольного факела.

Попутно отметим, что зависимости $I(P)$, измеренные при распылении спиртовых растворов других молярных концентраций, практически повторяют ход кривых рис. 2. Это представляется вполне закономерным, поскольку экспериментально было установлено, что растворение в спирте солей хлорида кадмия и тиомочевины (диапазон рабочих концентраций от 0.01 до 0.06 моль/л) не приводит к значительным изменениям электропроводности и коэффициента поверхностного натяжения жидкости раствора. А именно эти два важнейших параметра в первую очередь определяют характер распыления жидкости. Если представить экспериментальные данные рис. 2 в иной иллюстративной форме (Рис. 3), то область, ограниченная отрезками *aa* и *bb*, будет наглядно определять те комбинации электрических полей и гидростатических давлений, при которых реализуется стабильный режим диспергирования раствора.

Таким образом, задавая изначально тот или иной потенциал распыления, можно однозначно определить требуемый интервал давлений, такой, который соответствовал бы условиям формирования оптимального факела аэрозоля. И наоборот, задав величину гидростатического давления можно быстро определить и необходимый потенциал распыления раствора.

Литература:

1. *Turetsky A.Ye.* Production of semiconductor films by means of electrospray with pyrolysis // *J. Aerosol Sci.* – 1999. – V.30. S.1. – P. 689-690.
2. *Турецкий А.Е., Таволжанский В.М., Липатов Г.Н., Чернова Е.А.* Особенности электродиспергирования спиртовых и водных растворов при получении методом пиролиза пленок сульфида кадмия // *Фотоэлектроника.* – 2000. – Вып. 9. – С. 100-102.
3. *Latham J.* Theoretical and experimental studies of the instability of drops and pair of drops subjected to electrical forces // *Planetary electrodynamics.* – 1969. – V.1. – P. 3454-358.

Копит М.Х., Турецький О.Є., Чемересюк Г.Г., Чернова О.О.

Вплив гідростатичного тиску на процес електророзпили розчинів.

АНОТАЦІЯ

Отримано експериментальну залежність електричного струму розпилення розчинів від гідростатичного тиску у при електродиспергуванні розчинів у широкому діапазоні зміну потенціалів розпилення.

Kopyt N. Kh. Turetsky A.Ye., Chemeresyuk G.G., Chernova E.A.

Effect of hydrostatic pressure on the process of electrospray of solutions

SUMMARY

The electric current of the solutions spray is defined experimentally depending on the hydrostatic pressure during electrodispersion in wide range of spraying potentials.