

ТОКОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБКЛАДОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
КОНДЕНСАТОРОВ

Известно, что эффективность процесса самовосстановления (СВ) электрической прочности импульсных конденсаторов зависит, в частности, и от толщины металлизированных электродов [1]. Чем тоньше напыленный слой металла, тем эффективнее проходит СВ. Однако снижение толщины ведет как к увеличению эквивалентного последовательного сопротивления таких конденсаторов, так и к росту плотности тока, проходящего через электроды, что, в свою очередь, стимулирует такой процесс, как электромиграция [2]. Электромиграция – перенос массы в металле при прохождении постоянного электрического тока большой плотности, обусловленный главным образом взаимодействием электронов проводимости с ионами. Следствием электромиграции может являться обеднение металлических слоев, максимально нагруженных током высокой плотности, что ведет к еще большему увеличению плотности тока и развитию уже электровзрывных процессов. Таким образом, электромиграцию нужно учитывать и рассматривать, как подготовительную стадию к необратимому разрушению металлизированных слоев, то есть прекращению выполнения электродами своей основной функции.

Для исследования процесса электромиграции была собрана экспериментальная установка, позволяющая следить как за электрическими параметрами процесса, так и визуально оценивать степень деградации металла вследствие электромиграции. Схема экспериментальных образцов представлен на рис. 1. Такая форма образца позволяет локализовать область с наибольшей плотностью тока. Изготовлены образцы из металлизированной алюминиием полипропиленовой пленки. Сопротивление квадрата поверхности $R_{\square}=3$ Ом.

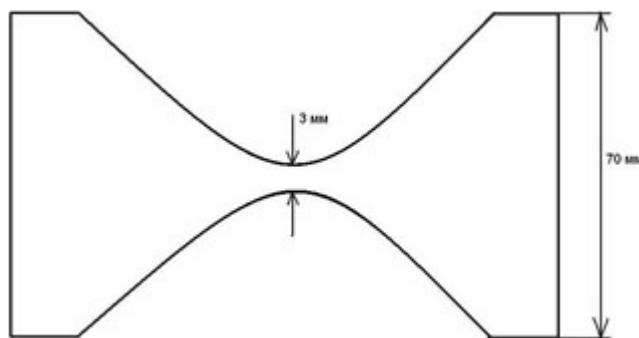


Рис. 1. Экспериментальный образец

Через образцы пропускался постоянный электрический ток разной величины. Было получено, что при плотности тока равной $2 \cdot 10^9$ А/м², электромиграционные следы проступают за время от нескольких единиц до нескольких десятков минут. Наиболее характерная картина проявляющихся трещин представлена на рис. 2.

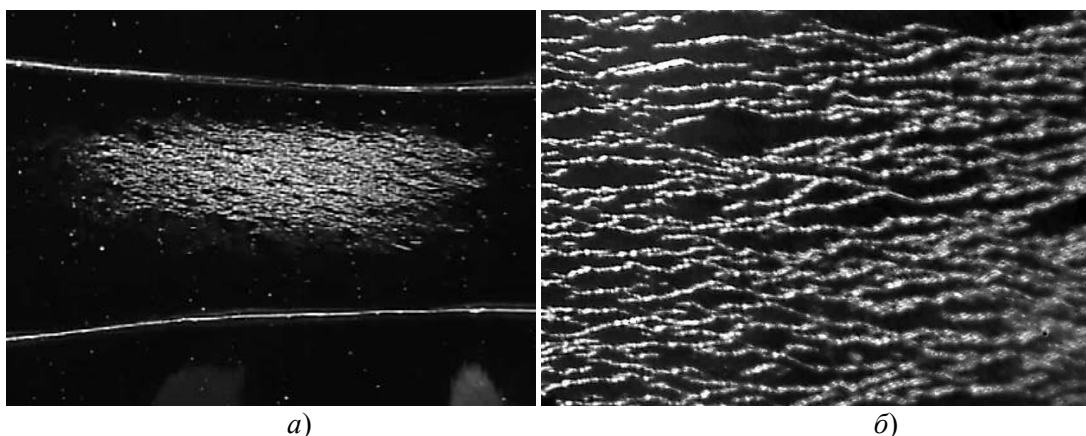


Рис. 2. Следы электромиграции (*a* – увеличение 20х, *б* – увеличение 80х)

При меньших значениях тока следов электромиграции не наблюдается вплоть до нескольких часов. При больших – быстрое локальное обеднение металла переходит в электровзрывное разрушение (см. рис. 3).

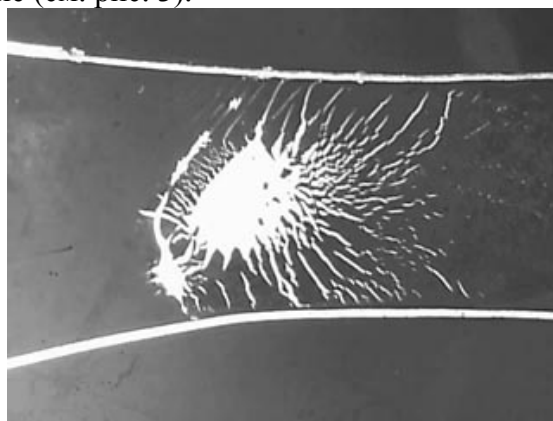


Рис. 3. Электровзрывное разрушение пленки

Полученные значения плотности тока хорошо согласуются с литературными данными, посвященными этому вопросу [3]. Дальнейшее исследование предполагает накопление экспериментальных данных для построения зависимости средней наработки на отказ от плотности тока, а также оценку количественного влияния процесса электромиграции, как подготовительного, на электротепловое разрушение металлизации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Белько В.О., Бондаренко П.Н., Емельянов О.А. Электротехника, 2007, № 3. С. 33-38.
2. Горлов М.И., Емельянов В.А., Строгонов А.В. Геронтология кремниевых интегральных схем. М.:Наука, 2004. – 240 с.
3. Tu K.N. Journal of applied physics, 2003, Vol. 94. pp. 5451-5473.