

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ МАГНЕТРОН-РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НАНЕСЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК

А.С. Золкин, С.В. Семенов

Научный руководитель к.ф.-м.н., доцент А.С. Золкин  
Новосибирский национальный исследовательский государственный Университет  
Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, 630090  
E-mail: [gb2semenov@gmail.com](mailto:gb2semenov@gmail.com)

Для реализации технологии магнетронного распыления требуется специализированный ИП, который во много определяет возможности МРС и успех всей технологии. Опыт показывает, что для получения покрытий с заданными свойствами следует использовать различные источники питания: источники напряжения или тока. Многое зависит от материала распыляемой поверхности. Например, для распыления графита и получения пленок углерода предпочтительно использовать источники тока. В любом случае требуется специальная настройка источника, включая характеристики импульса.

Основными параметрами импульсного источника питания для МРС являются: диапазон амплитуд напряжения и тока выходного сигнала, частотный диапазон следования импульсов, диапазон регулирования коэффициента заполнения, время реакции на пробой и возможность поджига.

Диапазоны амплитуд напряжения и токов определяются характеристиками МРС: рабочее напряжение, как правило, находится в диапазоне от 300 до 1100В [1], что определяется, например материалом мишени и ожидаемыми свойствами покрытий, а значение токов определяется параметрами необходимой мощности.

Преимущество импульсного магнетронного распыления на повышенной частоте, определяющим высокую эффективность использования этого вида питания в технологиях магнетронного распыления, является возможность снижения вероятности возникновения электрических дуг на катоде магнетрона и ограничение её энергии [2]. Ключевыми параметрами следования импульсов являются частота и скважность (коэффициент заполнения).

Также для подавления дуг используют временное отключение питающего напряжения с помощью ключевых элементов. При этом энергия горения дуги определяется скоростью реакции ИП и величиной энергии, запасаемой в выходных цепях. Благодаря использованию современных полупроводниковых приборов (IGBT, MOSFET) [3] удастся уменьшить время отключения выходного напряжения до нескольких мкс (1мкс для IGBT рис.1), что соответствует уменьшению энергии дуги до десятков или даже единиц мДж, при средней выходной мощности несколько кВт.

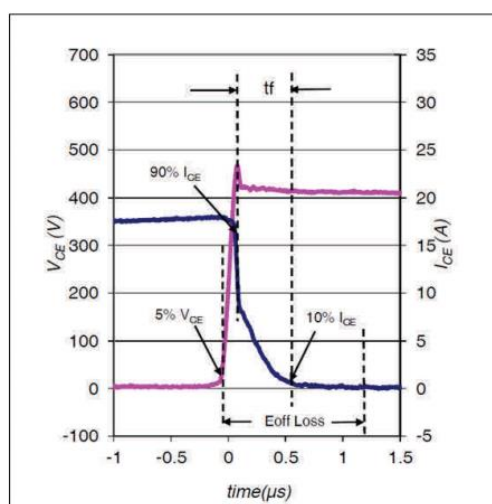


Рис.1. Форма сигнала при отключении IGBT-транзистора. Время спада тока ( $E_{off Loss}$ ) составляет около 1 мкс [3]

В реальных процессах можно наблюдать следующую картину (рис. 2), Возникновение дуг (пробоя) сопровождается возрастанием тока и резким падением напряжения разряда Электронное устройство в

схеме ИП фиксирует падение напряжения ниже заданного уровня и, если при этом ток разряда не равен нулю, дает команду на снятие питающего напряжения. В тех же условиях скорость нарастания тока при пробое имеет определенную постоянную величину, определяемую индуктивностью выходных цепей ИП. Благодаря этому, задавая различные значения предельного тока, можно менять момент срабатывания схемы защиты.

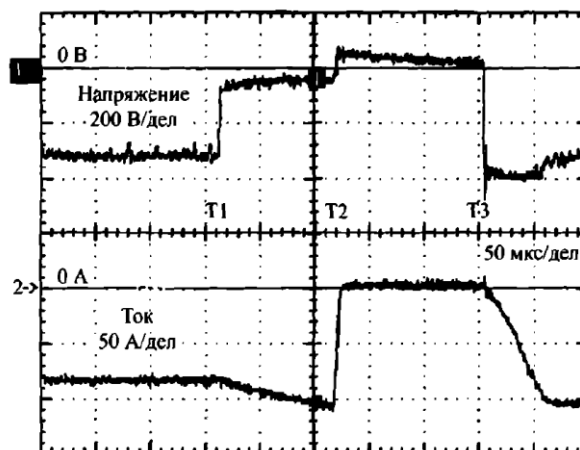


Рис.2. Форма импульсов напряжения и тока во время процесса подавления дуги в импульсном ИП постоянного тока [1].(T1 – момент обнаружения дуги, T1-T2 – регулируемое время задержки, T2 – момент выключения ИП или подачи реверсного импульса, T3 – момент включения ИП и начала восстановления процесса)

Импульсные режимы питания магнетронов позволяют снизить тепловые нагрузки на подложку и мишень, за счет увеличения скважности импульсов, а также наносить многокомпонентные покрытия путем поочередного распыления нескольких мишеней. В результате получают покрытия практически однородного состава. Кроме того, в импульсном режиме можно увеличить плотность разрядного тока и повысить степень ионизации распыленного вещества до 40% и выше [4].

В докладе проведено сравнение источников питания двух типов: источника тока и источника напряжения и влияние их характеристик на свойства покрытий.

*Работа выполнена по Проекту «Развитие учебно-научного практикума «Лаборатория экспериментальной физики ФФ НГУ» в рамках Программы САЕ НГУ-2017: «Нелинейная фотоника и квантовые технологии».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлин Е.В. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии / Е.В. Берлин, Л.А. Сейдман // М.: Техносфера. – 2010. – 544 с.
2. Тимаков С.В. Импульсный источник питания для магнетронного распылителя./ «Надежность и качество». Труды Международного симпозиума. В 2-х т. Пенза: Издательство ПТУ, 2010. т.2 Стр. 192-194.
3. . IGBT Characteristics. Application Note AN-983. IR, 2012.
4. Работкин С.В. Нанесение прозрачных проводящих покрытий на основе оксида цинка методом магнетронного распыления канд. физ.-мат. наук. – Томск, 2009.