

**УДК 621.793.182**

## **АНАЛИЗ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ МАГНЕТРОНОВ НМСА-52 И МАК 2” И ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЛАВЛЕНИЯ МИШЕНЕЙ**

Мария Владимировна Макарова<sup>(1)</sup>, Денис Дмитриевич Васильев<sup>(2)</sup>

*Студент 4 курса<sup>(1)</sup>, аспирант 1 года<sup>(2)</sup>,*

*кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: К.М. Моисеев,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Одним из способов нанесения покрытий является метод ионного распыления в магнетронных системах с жидкой мишенью. Этот метод отличается высокой скоростью осаждения, которая на порядок выше, чем у магнетронов с твердой мишенью, высокой энергетической эффективностью, а также высокими показателями чистоты и адгезии [1].

В отличие от обычного магнетрона, в жидкофазном магнетроне в качестве мишени используется металл в тигле, изолированный от системы охлаждения и нагреваемый до температуры плавления под воздействием ионов плазмы. Скорость осаждения в данном случае складывается из двух факторов: испарения и распыления. При высоких температурах процесс испарения становится доминирующим. Энергию, идущую на нагрев мишени, не нужно отводить из катодного узла системой охлаждения, что позволяет значительно увеличить мощность, вкладываемую в разряд.

Для реализации данного метода нанесения на вакуумной установке МВТУ-11-1 в лаборатории кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана совместно с ОАО «НИИТМ» разработан и изготовлен жидкофазный магнетрон НМСА-52.

Однако при реализации данного метода возникли проблемы с достижением магнетроном жидкофазного режима. Для выхода на жидкофазный режим крайне важна величина ионного тока, от которой зависит мощность, вкладываемая в разряд [1]. От величины передаваемой мощности напрямую зависит скорость перехода мишени в жидкую фазу. Встает вопрос о поиске магнитной системы, которая обеспечивала бы большую степень ионизации.

Цель данной работы – анализ различных магнитных систем двух магнетронов: НМСА-52, который разрабатывался как жидкофазный, и МАК 2”, который разрабатывался как обычный магнетрон, с последующим выявлением наиболее эффективной магнитной системы, обеспечивающей лучшие показатели ВАХ при работе, как с жидким, так и с твердым катодом.

### **1. Сравнение остаточной магнитной индукции, обеспечивающейся магнитными системами**

Для определения магнетрона, который бы обеспечивал большую величину ионного тока, было проведено измерение магнитных полей обоих магнетронов, а также их моделирования. После чего было проведено сравнение магнитных систем по этому параметру.

### **2. Проведение экспериментов по запуску магнетронов. Экспериментальный анализ систем**

Для подтверждения или опровержения результатов, полученных путем моделирования и измерения магнитных полей, были проведены эксперименты по запуску магнетронов с различными толщинами мишеней.

#### **Результаты**

Несмотря на превосходство величины остаточной магнитной индукции лучевой системы магнитов, принадлежащей магнетрону НМСА-52 над кольцевой магнитной системой

магнетрона МАК 2” эксперименты показали, что для работы с охлаждаемыми мишенями, т.е. для работы магнетронов с твердым катодом, годятся обе магнитные системы. Однако, для работы с магнетроном с жидкой мишенью, явное превосходство демонстрирует кольцевая магнитная система.

Величина ионного тока зависит от величины магнитного поля [2], а именно, чем больше магнитное поле, тем больше должна быть величина ионного тока. Из-за различия конструкции магнитных систем у имеющихся магнетронов, они имеют различную конфигурацию магнитного поля. Вероятно, поэтому предсказать, у какого магнетрона будет выше ВАХ, исходя только из величины магнитной индукции, нельзя.

Вблизи магнетронов, исходя из экспериментов, видно, что величина ионного тока достигает одинаковых значений, но в силу различия местоположения экстремумов силовых линий, при разных напряжениях. Также, видимо, конфигурация магнитного поля НМСА-52 не годится для плавления толстых мишеней. Как видно из модели (рис. 3), магнитное поле НМСА-52 падает с высотой быстрее МАК2”, как следствие это может быть связано с тем, что величины ионного тока, возникающего у НМСА-52, недостаточно для плавления мишени. На краях модели НМСА-52 на уровне мишени поля можно видеть голубой цвет, в то время как у МАК2” в том же месте еще несколько миллиметров желтого цвета.

### Литература

1. Магнетронные распылительные системы / А. И. Кузьмичёв — М.: Из-во «Аверс», 2008;
2. Исследование и оптимизация характеристик ионного источника URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/230165.html> ,