

(Институт ядерной физики Агентства Республики Казахстан по атомной энергии, Алматы)

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛИТЕЛЯ

Аннотация

Описан разработанный авторами стабилизированный блок питания магнетронного распылителя постоянного тока, который надежно обеспечивает заданную величину тока разряда в магнетроне и этим дает возможность формировать из нескольких компонентов тонкопленочные многослойные материалы высокого качества с заданными физическими свойствами.

Блок питания построен по схеме тиристорного широтно-импульсного регулятора мощности в цепи первичной обмотки сетевого трансформатора с обратной связью по датчику тока в цепи нагрузки. Наличие обратной связи позволяет стабилизировать установленное значение тока магнетрона и автоматически ограничивать его среднее значение в момент перегрузки. Дополнительный слаботочный высоковольтный генератор повышает устойчивость разряда в магнетроне.

Блок питания поддерживает максимальный ток разряда в магнетронном распылителе до 1 А при напряжении до 1 кВ. Достигнутые технические показатели стабилизированного блока питания расширяют область использования магнетронных распылителей и помогают успешному выполнению многих исследовательских задач в области физики твердого тела, а также технологических задач, связанных с получением новых материалов.

Ключевые слова: магнетрон, регулятор мощности, принципиальная схема, генератор, стабилизация тока, обратная связь.

Кілт сөздер: магнетрон, қуатты реттегіш, негізді сұлбе, генератор, токты тұрақтандыру, кері байланыс.

Keywords: magnetron, power stabilizer, principal circuit, generator, current stabilization, feedback.

Магнетронные распылители постоянного тока (МР) используют для формирования тонкопленочных материалов высокого качества, которое определяют однородность

получаемых пленок, равномерность их толщины и отсутствие в них посторонних примесей [1]. Все эти преимущества магнетронного осаждения тонких покрытий реализуют с использованием специализированных источников питания МР.

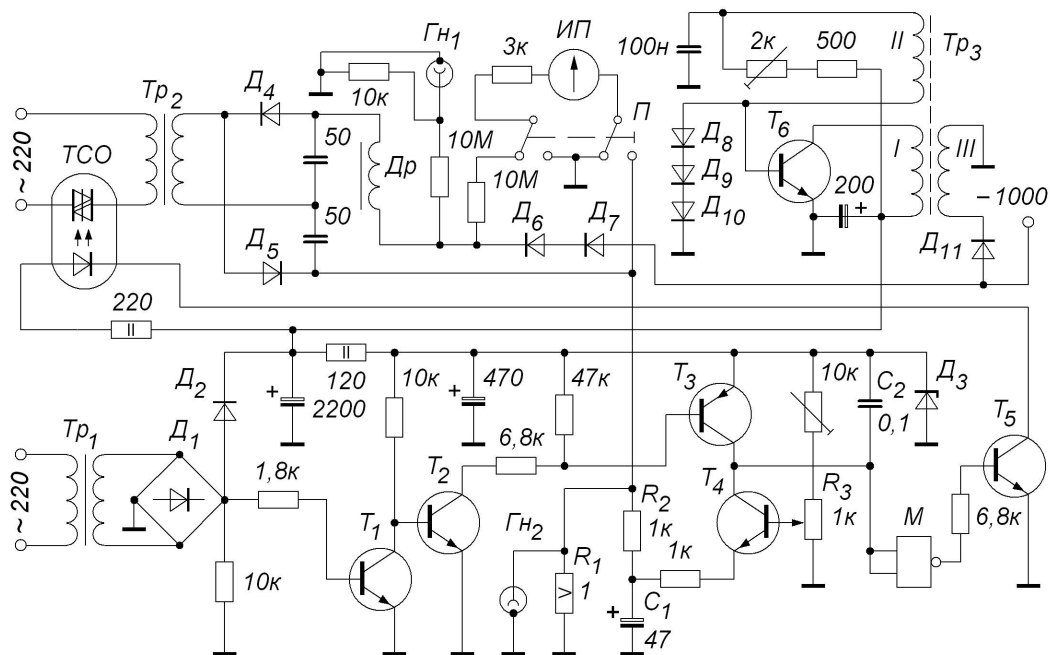
Выполнение многих исследовательских и технологических задач обеспечивают источники питания с сетевым трансформатором, который повышает напряжение до 1 кВ и поддерживает максимальный ток разряда в МР до 1 А. Важным параметром источников питания является воз-можность ограничения тока в нагрузке. Такая защита не только предохраняет источник питания и мишень МР от повреждений, но и сохраняет качество осаждаемых покрытий [2].

Скорость осаждения пленочных материалов определяется в основном током мишени МР, который зависит также и от износа мишени, от давления плазмообразующего газа, от колебаний напряжения сети, поэтому возникает необходимость стабилизации тока разряда в МР. Значение стабилизации тока МР существенно возрастает при формировании покрытий из нескольких химических элементов: в этом случае концентрации совместно распыляемых компонентов должны соответствовать стехиометрическому составу материала покрытий.

Предлагаемый стабилизированный блок питания МР постоянного тока успешно использовали при плазмохимическом синтезе и осаждении многокомпонентных и многослойных образцов сверхпроводящих материалов на основе соединений ниобия с оловом, азотом, алюминием, Гер-манием и др., а также фотоэлементов на основе аморфного кремния, легированного наночастицами серебра.

Блок питания МР построен по схеме тиристорного широтно-импульсного регулятора мощности в цепи первичной обмотки сетевого трансформатора с обратной связью по датчику тока в цепи нагрузки. Наличие обратной связи позволяет стабилизировать установленное значение тока МР, а также ограничить среднее значение максимального тока в нагрузке. Формирователь импульсов уп-равления оптосимистором содержит детектор нуля сети и генератор тока, в котором реализованы функции регулирования и стабилизации тока МР. Повышенное напряжение дополнительного слаботочного высоковольтного генератора обеспечивает устойчивость разряда в МР в момент его включения, а также при понижении давления газа в вакуумной камере.

Схема источника питания магнетронного распылителя приведена на рисунке. Формирователь импульсов управления оптосимистором выполнен на транзисторах $T_1 \div T_5$, триггере Шмидта M (ТШ M) и питается от понижающего (до 15 В) сетевого трансформатора Tr_1 . Переменная составляющая сети с частотой пульсаций 100 Гц поступает с разделительного диода D_2 на базу транзистора T_1 и открывает его. При переходе сетевого напряжения через нуль транзистор T_1 закрывается, транзисторы T_2 и T_3 открываются, при этом происходит быстрый разряд конденсатора C_2 , который является компонентом генератора тока на транзисторе T_4 . Потенциометром R_3 в базе транзистора T_4 регулируют время зарядки конденсатора C_2 . При увеличении напряжения на конденсаторе C_2 ТШ M переключается и открывает транзистор T_5 , в цепь которого включен светодиод оптосимистора $ТСО$. Наличие ТШ M повышает помехоустойчивость цепи формирования импульсов управления оптосимистором.



Принципиальная схема стабилизированного блока питания МР:

T_1, T_2, T_4 – КТ315; T_3 – КТ361; T_5 – КТ630; T_6 – КТ838; D_1 – КЦ405; D_2 – ДЗ10; D_3 – Д814Д;
 $D_4 \div D_7$ – КД203Д;

$D_8 \div D_{10}$ – КД212; D_{11} – КЦ106; M – К561ТЛ1; $ТСО$ – ТСО142-40-12; $ИП$ – 100 мкА; $Др$ – 0,6 Гн;

Tr_3 – У1-46 М2000Т, Tr_{3-I} – 1 мГн, Tr_{3-II} – 0,1 мГн, Tr_{3-III} – 6 Гн

В цепь эмиттера T_4 включен датчик тока R_1 для введения в генератор тока отрицательной обратной связи по току нагрузки, а также для измерения величины этого тока. Ток МР, установленный резистором R_3 , может измениться при уменьшении толщины мишени МР, при изменении параметров плазмы в МР, а также при колебаниях напряжения сети. Если по этим причинам ток нагрузки возрастет, то произойдет увеличение падения напряжения на резисторе R_1 , уменьшение тока базы T_4 , увеличение времени заряда конденсатора C_2 и угла отсечки оптоси-мистора $ТСО$. При этом ток нагрузки понизится и восстановит свое прежнее значение. Аналогичный процесс стабилизации тока нагрузки происходит при возможном его уменьшении.

Цепь эмиттера T_4 содержит конденсатор C_1 в составе интегральной цепочки R_2, C_1 с большой постоянной времени. Напряжение на конденсаторе C_1 пропорционально среднему значению тока в МР. При резком увеличении тока в нагрузке транзистор T_4 закрывается на время разряда конденсатора C_1 ($\sim 0,1$ с). При этом среднее значение тока в МР сравнимо с тем значением, которое установлено потенциометром R_3 . Таким образом, наличие интегральной цепочки R_2, C_1 способствует ограничению тока в нагрузке, а также защите генератора тока от помех со стороны сети и со стороны разряда в МР.

Оптосимистор T_{CO} включен в сетевую обмотку повышающего (до 380 В) трансформатора Tr_2 . МР подключен через дроссель Dr с большой индуктивностью к выпрямителю, который выполнен по схеме удвоения напряжения. Дроссель Dr демпфирует ток в нагрузке при возможных сильных пульсациях напряжения и способствует устойчивости разряда в МР. Напряжение на катоде МР (до – 1000 В) и ток в МР (до 1 А) контролируют встроенным индикатором $ИП$ или более точно мультиметром через измерительные гнезда $Г_{н1}$ и $Г_{н2}$. На транзисторе T_6 с использованием трансформатора Tr_3 с ферритовым сердечником собран дополнительный генератор по схеме с самовозбуждением, который поддерживает вспомогательный разряд в МР с током 5-10 мА при напряжении 1,5 кВ.

Разработанный стабилизированный блок питания МР является законченным устройством, несложен в изготовлении, удобен в эксплуатации и позволяет стабилизировать и ограничивать ток, установленный в МР, что повышает качество формируемых тонкопленочных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 328 с.

2 Кузьмичёв А.И. Бестрансформаторное и импульсно-модулированное питание магнетронных распылителей от сети переменного тока // ПТЭ. – 1997. – № 6. – С. 121-124.

REFERENCES

1 Danilin B.S. *Primenenie nizkotemperaturnoj plazmy dlja nanesenija tonkih plenok*. M, Jenergoatomizdat, **1989**, 328 p. (in Russ.).

2 Kuz'michjov A.I. *Instruments and Experimental Techniques*, **1997**, 6, 121-124. (in Russ.).

Резюме

В. Н. Лисицын, А. Б. Асанов

(Қазақстан Республикасы Атом энергиясы агенттігінің Ядролық физика институты,
Алматы)

МАГНЕТРОНДЫҚ ТОЗАҢДАТҚЫШТЫҢ ТҰРАҚТАНДЫРУШЫ ҚОРЕКТЕҢДІРУ БЛОГЫ

Авторлармен әзірленген магнетрондық тозаңдатқышының тұрақты токты тұрақтандырушы қоректендіру блогы сипатталды, ол магнетронда разрядталу тогының берілген шамасын сенімді қамтамасыз етеді және бұл берілген физикалық қасиеттермен бірнеше құрауыштардан тұратын жоғары сапалы жұқа пленкалы көп қабатты материалдардың қалыптасуына мүмкіндік береді.

Қоректендіру блогы жүктеме тізбегінде ток бергіші бойынша кері байланысы бар желілік трансформатордың бірінші реттік орамасы тізбегіндегі тиристорлық ендік-импульстік қуат реттегішінің сұлбесі бойынша жасалды. Кері байланыстың болуы магнетрон тогының белгіленген мәнін тұрақтандыруға және асқын жүктеме кезінде оның орташа мәнін автоматты түрде шектеуге мүмкіндік береді. Қосымша әлсіз токты жоғарғы вольтты генератор магнетронда разрядтың орнықтылығын жоғарылатады.

Қоректендіру блогы магнетрондық тозаңдатқышта ең жоғары разрядталу тогын 1 кВ дейінгі кернеуде 1 А-ге дейін ұстап тұрады. Тұрақтандырушы қоректендіру блогының қол жеткізген техникалық көрсеткіштері магнетрондық тозаңдатқыштардың қолдану аясын кеңейтеді және қатты дененің физикасы саласындағы көптеген зерттеу мәселелерін, сонымен бірге жаңа материалдарды алуға қатысты технологиялық мәселелерді табысты орындауға көмектеседі.

Кілт сөздер: магнетрон, қуатты реттегіш, негізді сұлбе, генератор, токты тұрақтандыру, кері байланыс.

Summary

V. N. Lisitsyn, A. B. Asanov

(Institute of Nuclear Physics of Kazakhstan Agency of Atomic Energy, Almaty)

STABILIZED POWER UNIT FOR MAGNETRON SPRAYER

The paper provides description of the stabilized DC power unit for magnetron sprayer developed by the authors that reliably maintains the pre-set value of discharge current in the

magnetron and makes it possible to form the thin film multilayer material of high quality with the specified physical properties from several components.

The power unit is designed according to the circuit of thyristor pulse-width power control in the circuit of power transformer primary winding with current sensor feedback in the load circuit. The feedback stabilizes the set value of magnetron current and automatically limits its average value at the time of overload. The additional low-current high-voltage generator provides stability of discharge in magnetron.

The power unit maintains the maximum discharge current in the magnetron sprayer up to 1 A at 1 kV voltage. The achieved technical factors of the stabilized power unit broaden the scope of magnetron sprayers' application and support the successful implementation of many research challenges in the field of solid state physics, as well as the technological challenges associated with production of new materials.

Keywords: magnetron, power stabilizer, principal circuit, generator, current stabilization, feedback.

Поступила 29.04.2013