

## Технология создания профилированного анода из поликристаллического CVD-алмаза для рентгеновских трубок

*Представлена технология создания профилированного анода из поликристаллического CVD-алмаза для рентгеновских трубок. Проведены сравнительные испытания работоспособности анодов-мишеней на поликристаллическом CVD-алмазе и мишеней с массивным вольфрамом в условиях воздействия на поверхность мишени лазерного излучения.*

**Ключевые слова:** CVD-алмаз, прострельный анод, термошлифовка алмаза, рентгеновская трубка.

Прострельный анод рентгеновской трубки представляет собой тонкий слой вольфрама, напылённый на внутреннюю сторону окна вывода рентгеновского излучения. Традиционно материалом окна служит тонкая бериллиевая пластина. Окно герметично соединено с корпусом рентгеновской трубки. С поверхности катода эмитируется поток электронов, ускоряется высоким напряжением между анодом и катодом и тормозится веществом анода. В результате генерируется рентгеновское излучение, выводящееся через выходное окно. Интенсивность рентгеновского излучения прямо пропорциональна силе анодного тока, квадрату напряжения на трубке и атомному номеру вещества анода. При этом только малая доля (около 1% при напряжении, близком к 100 кВ) энергии ускоренных в рентгеновской трубке электронов превращается в энергию рентгеновского излучения, а почти 99% преобразуется в тепловую энергию. Анод при этом сильно нагревается. Окно рентгеновской трубки, совмещённое с прострельным анодом, также подвержено сильному нагреву, мощность рентгеновского излучения, напрямую зависит от их материала и конструкции.

В качестве материала окна вывода рентгеновского излучения (анода) трубки было предложено применить поликристаллический CVD-алмаз, для увеличения мощности рентгеновской трубки. В сравнении с традиционными материалами, применяемыми в данном узле, поликристаллический CVD-алмаз обладает стойкостью к рентгеновскому излучению, прозрачностью в необходимой части спектра, лучшей теплопроводностью. Использование CVD-алмаза затруднено рядом технологических проблем, обусловленных свойствами этого материала. В данной работе применены уникальные, разработанные в АО "НПП "Исток" им. Шокина", технологии, позволяющие обрабатывать алмаз с высокой точностью и скоростью при минимальных трудозатратах [1], и создавать высокоадгезионную теплопроводящую металлизацию [2] для обеспечения прочного вакуумплотного соединения алмаз-металл высокотемпературной пайкой.

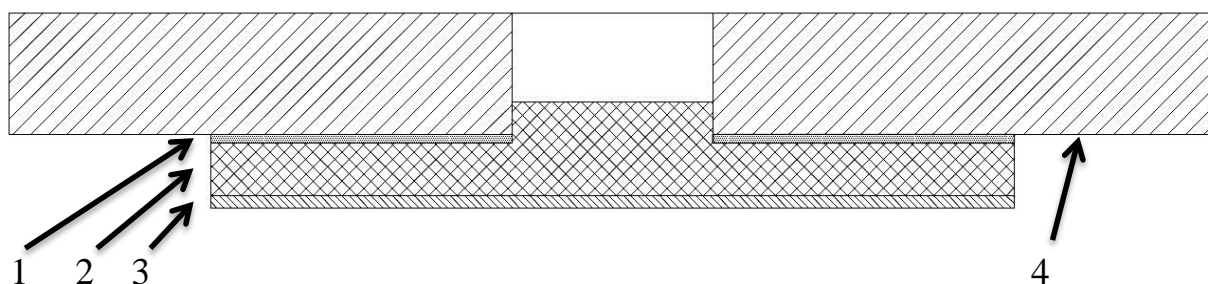


Рис. 1. Схематическое изображение окна вывода рентгеновского излучения с прострельным анодом.

Конструкция окна вывода (Рисунок 1) представляет собой профилированный алмазный диск (2), на одну сторону которого напылён слой вольфрама (3) в качестве анода. На другой стороне в виде кольца нанесена высокоадгезионная теплопроводящая металлизация (1) под герметичную высокотемпературную пайку алмазного диска припоем ПСр72 к молибденовому переходному кольцу (4).

Алмазный диск диаметром 6 мм вырезан лазером из пластины поликристаллического CVD-алмаза толщиной 300 мкм. Профилирование диска проводилось по технологии термошлифовки алмаза. Диск помещался на шлифованную железную пластину с отверстием заданного диаметра соосно. Обработка производилась при импульсном нагреве в течение трёх минут при температуре 1250°C. После обработки в центре алмазного диска был получен выступ необходимой высоты и диаметром, заданным отверстием в железной пластине.

Затем на плоскую сторону профилированного алмазного диска методом магнетронного напыления в вакууме был нанесён слой вольфрама толщиной 1,1 мкм, являющийся прострельным анодом рентгеновской трубки.

На профилированную сторону алмазного диска тем же методом последовательно напылены слои вольфрама и никеля таким образом, чтобы не запылить выступающую центральную часть, которая станет окном вывода рентгеновского излучения трубки.

Металлизированный профилированный алмазный диск припаивается к молибденовому кольцу. Выступающая часть на поверхности диска упрощает центровку с кольцом. Пайка производилась при температуре 810°C припоем ПСр72 в водородной печи. Полученное герметичное паяное соединение позволяет монтировать данный узел в рентгеновскую трубку с помощью лазерной сварки.

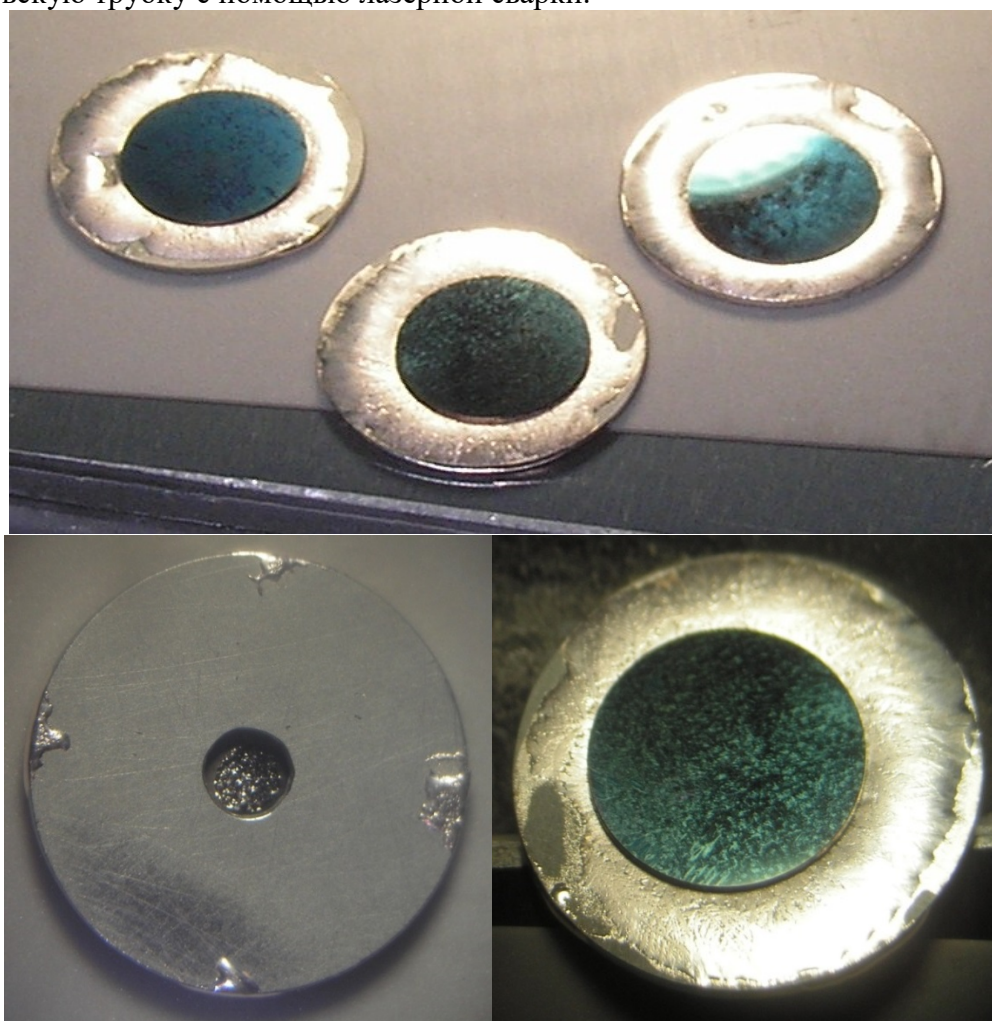


Рис. 2. Макеты окна вывода рентгеновского излучения с прострельным анодом.

По аналогичной технологии с применением термошлифовки, высокоадгезионной теплопроводящей металлизации и высокотемпературной пайки были изготовлены аноды-мишени рентгеновской трубки. Пластина поликристаллического CVD-алмаза квадратной формы припаивалась к медному цилиндру.

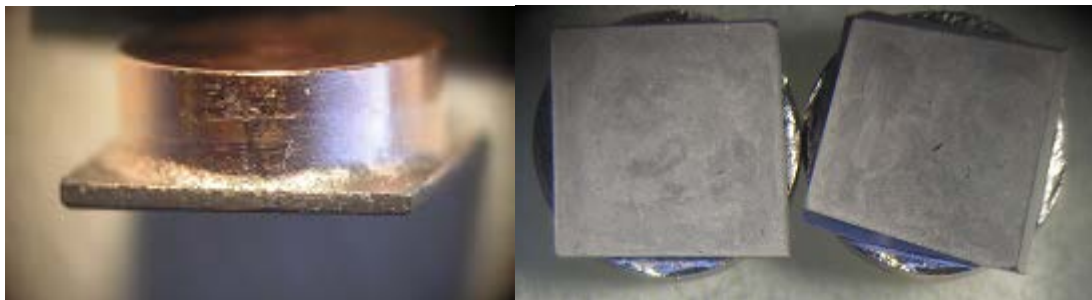


Рис. 3. Аноды-мишени на поликристаллическом CVD-алмазе на медном цилиндре.

С целью изучения устойчивости к локальному энергетическому воздействию, образцы анодов-мишеней были подвергнуты воздействию лазерного излучения различной мощности. Для сравнения аналогичное воздействие было выполнено на массивном вольфраме. При этих испытаниях диаметр пятна лазерного луча составляет  $0,3 \div 0,5$  мм, энергия излучения изменяется от 0,1 Дж до уровня, при котором наблюдалось оплавление поверхности.

В ходе исследований было установлено, что оплавление поверхности анодов-мишеней на алмазной пластине наблюдается при значительно больших энергиях лазерного излучения по сравнению с массивным вольфрамом. Это позволит значительно увеличить мощность излучения рентгеновской трубки.

Авторы выражают благодарность Масленникову О.Ю., Ильину В.Н. и Крылову А.В. за проведённые сравнительные испытания работоспособности анодов-мишеней на поликристаллическом CVD-алмазе и мишеней с массивным вольфрамом в условиях воздействия на поверхность мишени лазерного излучения.

#### Библиографический список

1. Духновский М.П., Ратникова А.К., Федоров Ю.Ю., Кудряшов О.Ю., Леонтьев И.А. Термическая обработка поликристаллического CVD-алмаза с целью формирования гладкой поверхности. Электронная техника. Сер. 1. СВЧ-техника, 2008. Вып. 2 (495).С.41-46.
2. Ратникова А.К. создание высокоэффективных теплоотводов на основе поликристаллического алмаза для мощных полупроводниковых приборов: Дис. ... канд. техн. наук. Фрязино. 2012. - 66 с.