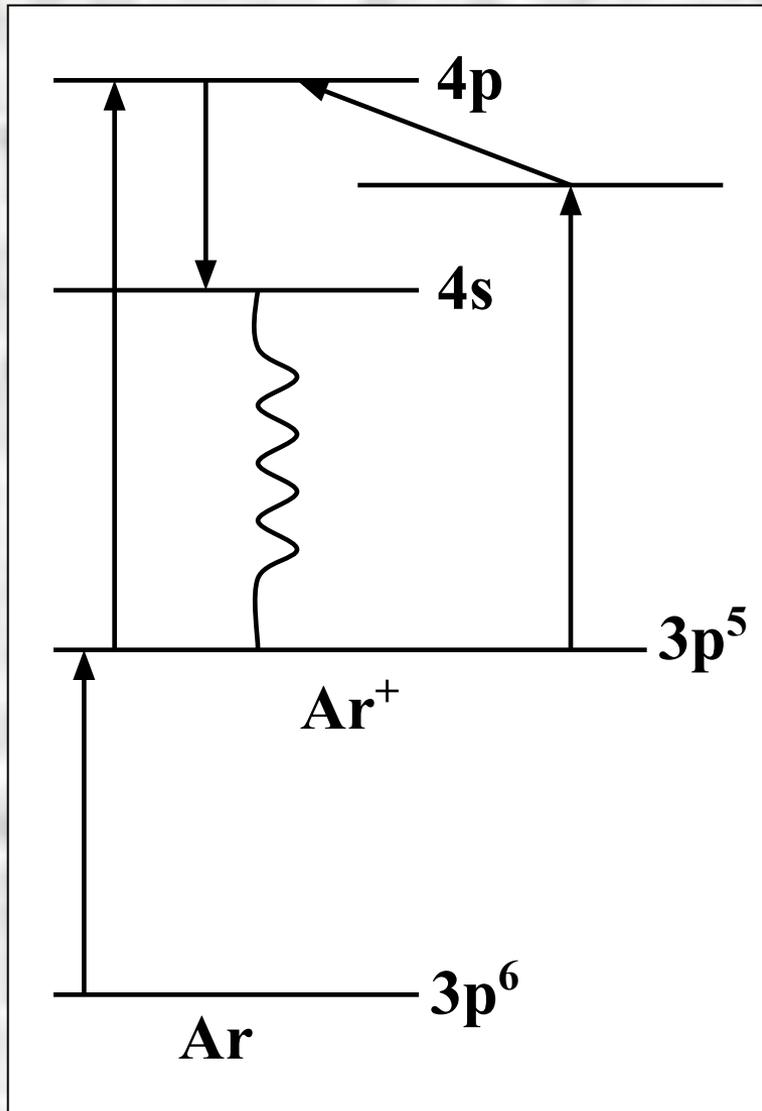


## Газовые лазеры: аргонный лазер



Сначала образуется ион аргона в основном состоянии за счет удаления одного из  $p$ -электронов внешней оболочки при столкновении с электроном разряда:



Далее происходит возбуждение  $Ar^+$  в состояние  $4p$ :



Лазерная генерация осуществляется на переходе  $4p \rightarrow 4s$

Нижний лазерный уровень опустошается с излучением на длине волны 72 нм

Длины волн генерации  $\lambda_1 = 514.5$  нм;  $\lambda_2 = 488$  нм

## **Газовые лазеры: аргоновый лазер**

**Время жизни нижнего лазерного уровня примерно на порядок меньше, чем верхнего. Поэтому аргоновый лазер работает в непрерывном режиме**

**Скорость накачки и выходная мощность зависят от квадрата плотности тока разряда**

**Большие плотности тока позволяют поддерживать высокую степень ионизованности газа**

**Для достижения выходных мощностей порядка десятков ватт требуются токи порядка  $1 \text{ А/см}^2$  при давлениях аргона приблизительно  $0.5 \text{ Торр}$**

**Линия генерации уширена из-за эффекта Доплера, ее ширина составляет порядка  $3.5 \text{ ГГц}$**

**Высокая температура разряда приводит к необходимости обеспечения водяного охлаждения газоразрядной трубки аргонных лазеров**

## Газовые лазеры: аргонный лазер

Электрический разряд происходит в газе низкого давления – оптимальное давление составляет порядка 0.25-0.5 Торр

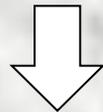
Выражение для скорости накачки верхнего лазерного уровня имеет вид:

$$\frac{dN}{dt} \approx N_e N_A \approx N_e^2$$

$N_e$  и  $N_A$  – плотности электронов и ионов аргона в разряде,  $N_e \approx N_A$

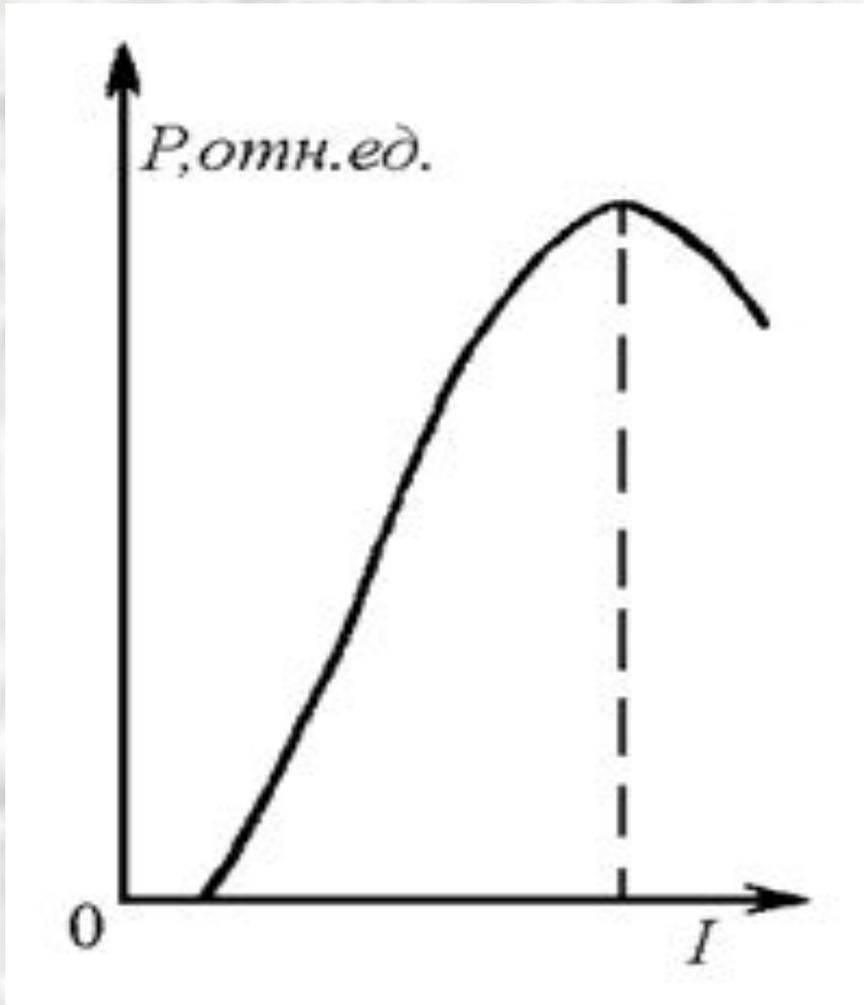
Плотность электронов пропорциональна плотности тока

Использование мощных газовых разрядов требует принятия специальных мер для предохранения от разрушения оболочек и других конструктивных элементов газоразрядных трубок



По конструктивному выполнению ионный аргонный лазер значительно сложнее других газовых лазеров

## Газовые лазеры: аргонный лазер



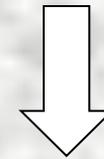
**Зависимость мощности излучения аргонного лазера от плотности тока**

### Причины спада мощности при увеличении тока

Девозбуждение электронами верхних лазерных уровней

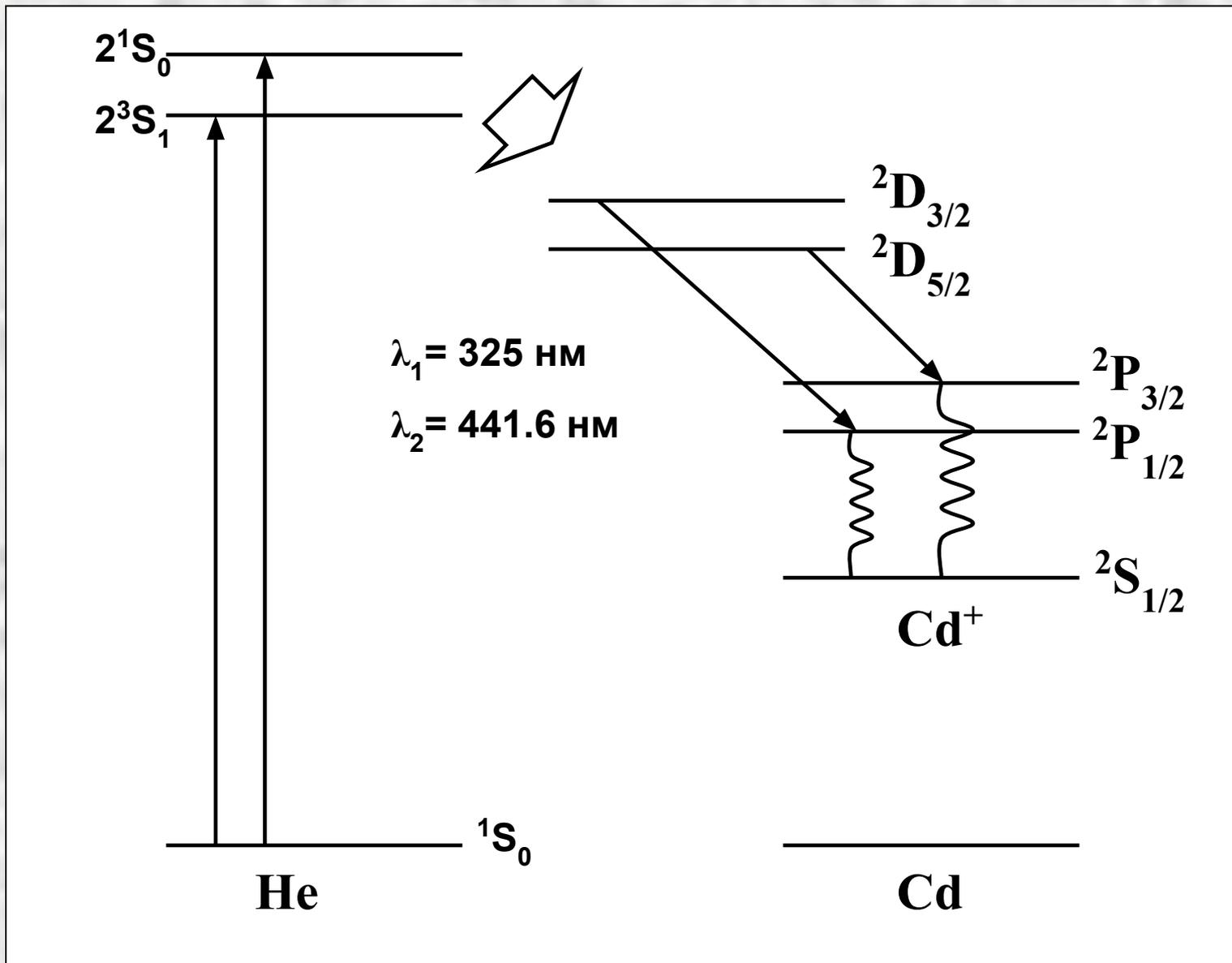
Пленение УФ излучения на длине волны 72 нм

100% ионизация



**С ростом тока мощность начинает уменьшаться вплоть до исчезновения генерации**

# Газовые лазеры: гелий-кадмиевый лазер



## Газовые лазеры: гелий-кадмиевый лазер

Генерация происходит на переходах иона кадмия

Для накачки верхних лазерных уровней используется гелий

Сначала при столкновении с электроном происходит возбуждение гелия в одно из метастабильных состояний  $2^1S_0$  или  $2^3S^1$

Далее происходит реакция Пеннинга:  $He^* + Cd \rightarrow He + (Cd^+)^* + e$

Для ее эффективного прохождения несущественным является выполнение условия резонанса для состояний, между которыми происходит энергообмен – избыток энергии передается в кинетическую энергию электрона

Результатом этой реакции является не только ионизация кадмия, но и возбуждение образовавшегося иона

В реакции Пеннинга могут заселяться как состояния  $^2D$ , так и состояния  $^2P$

## Газовые лазеры: гелий-кадмиевый лазер

Инверсия достигается как за счет того, что эффективность заселения состояний  $^2D$  выше, чем состояний  $^2P$ , так и за счет существенно меньших времен жизни состояний  $2P$  по сравнению с временами жизни состояний  $^2D$

Опустошение нижнего лазерного уровня происходит излучательно с переходом иона кадмия в основное состояние

Ширины неоднородно уширенных линий составляют порядка 1 ГГц

При одинаковой длине резонатора мощности излучения на длине волны генерации 441.6 нм He-Cd лазера и 0.63 мкм He-Ne лазера приблизительно одинаковы, близки параметры разряда (плотности тока) и рабочей смеси (давление), примерно одинаковы температуры разряда

### Отличие от гелий-неонового лазера

Верхние лазерные уровни, соответствующие излучению с длинами волн 441.6 нм и 325 нм, разные, вследствие чего конкуренция между линиями генерации в этом лазере отсутствует

# Газовые лазеры: гелий-кадмиевый лазер

## Отличие от аргонового лазера

**Скорость накачки и выходная мощность пропорциональны первой степени плотности тока, поскольку реакция Пеннинга является одноступенчатой**

**Конструкция гелий-кадмиевого лазера должна обеспечивать поддержание однородной плотности ионов кадмия по длине газоразрядной трубки – ионный ток приводит к движению кадмия в область катода (катафорез)**

**Трубка изначально заполняется только парами гелия. Кадмий в металлическом виде хранится в специальном расширении в трубке. Затем кадмий испаряется, попадает в трубку, ионизируется и движется по направлению к аноду. Вблизи анода пары охлаждаются и конденсируются**

**Лазер работает по такой схеме до тех пор, пока большая часть кадмия не перетечет из печки в холодильник. После этого можно поменять местами катод и анод, печку и холодильник, и снова включать лазер**

## Газовые лазеры: аргонный лазер

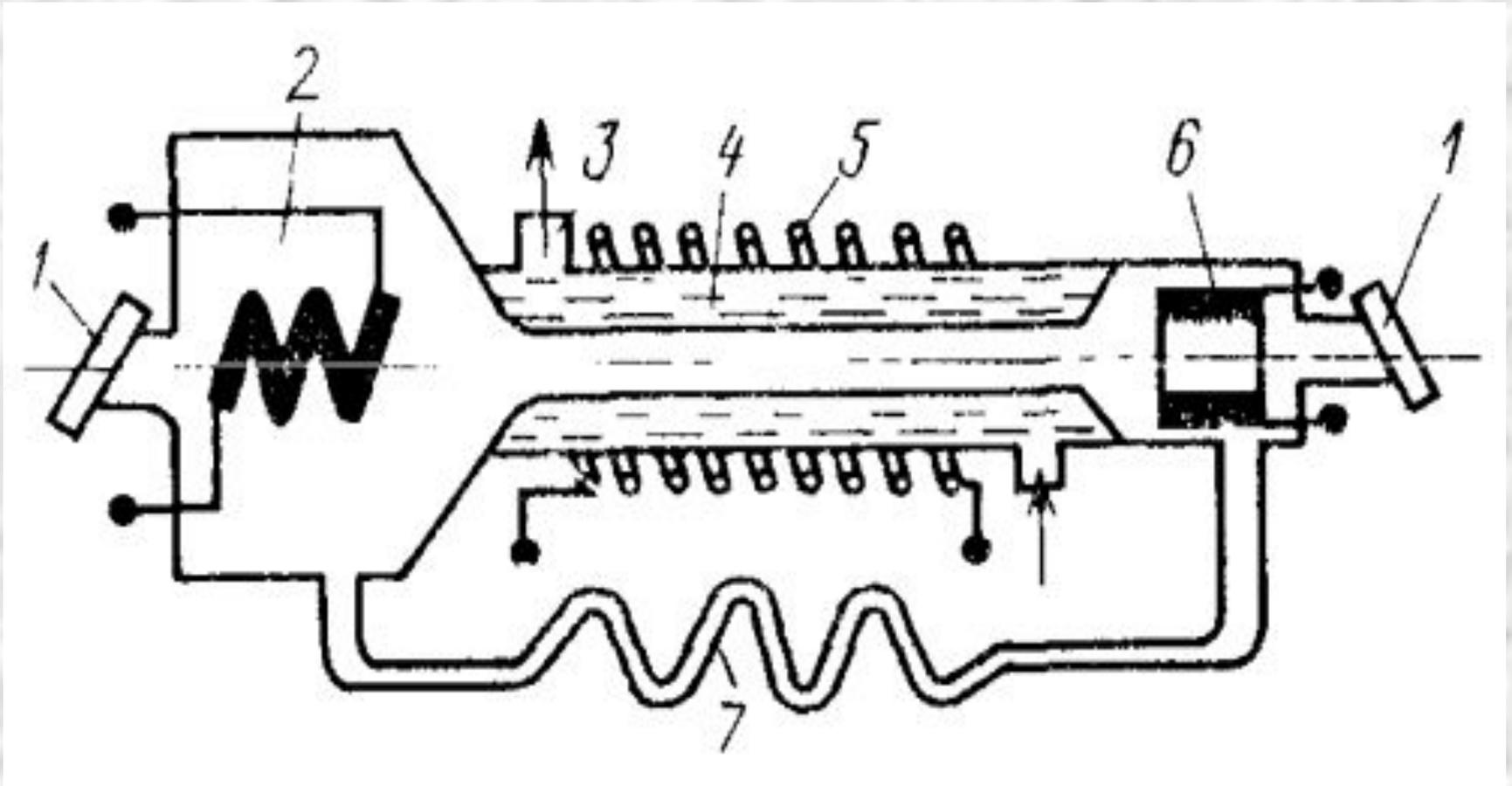
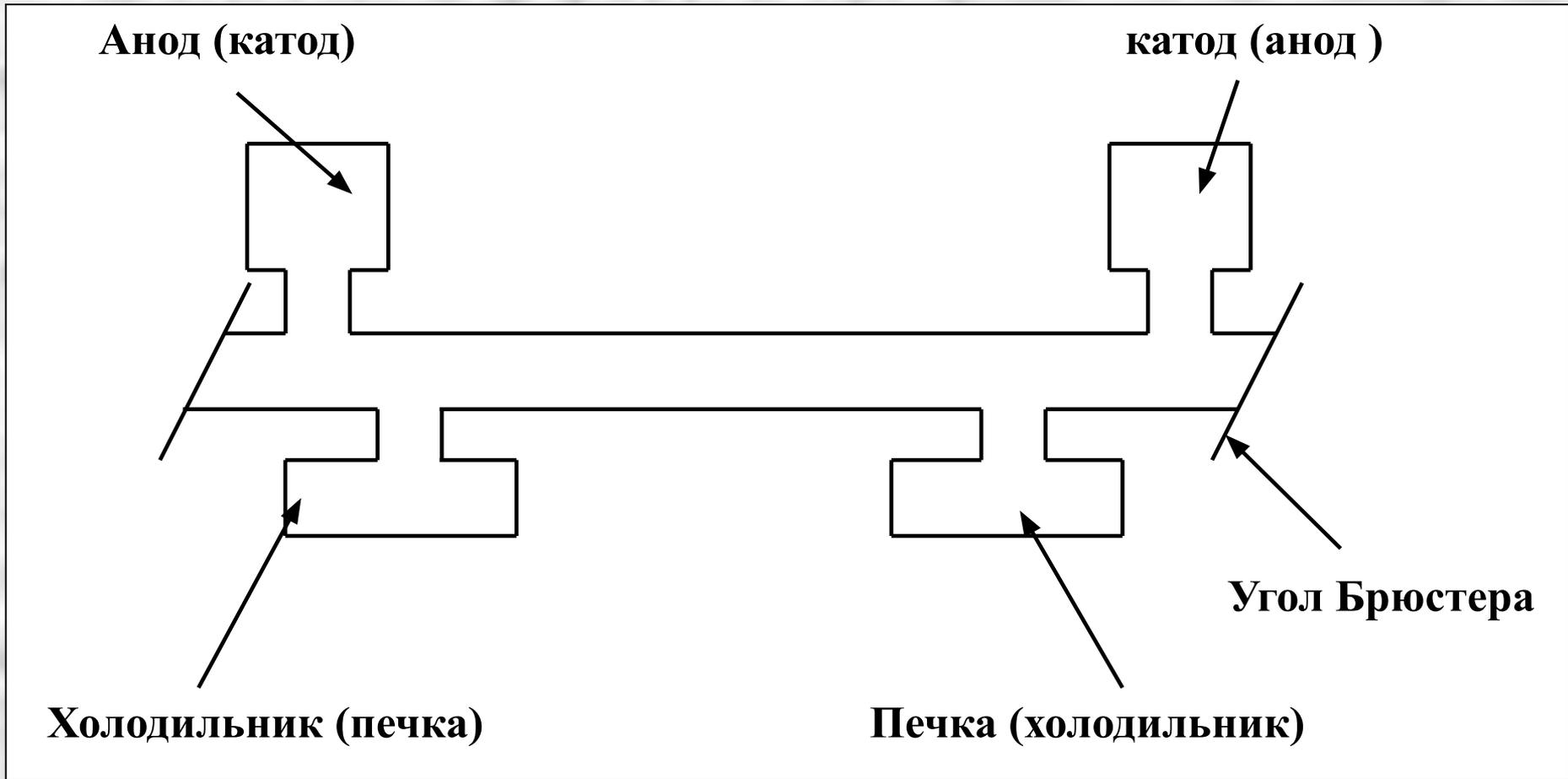


Схема аргонного лазера: 1 — окна под углом Брюстера; 2 — катод; 3 — система охлаждения; 4 — керамический капилляр; 5 — обмотка соленоида; 6 — анод; 7 — обводной канал

# Газовые лазеры: гелий-кадмиевый лазер



Конструкция газоразрядной трубки гелий-кадмиевого лазера