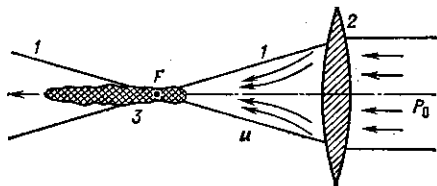


м о т р о н (рис. 4). Темп-ра плазмы в НОР, как правило, выше, чем в дуговом разряде, — ок. 20 000 К. В опыте НОР поджигают в камере, наполненной к.-л. газом, или в комнатном воздухе, фокусируя лазерный луч линзой или зеркалом. Плазма располагается

Рис. 4. Принципиальная схема оптического плазмотрона: 1 — контуры светового канала; 2 — линза; 3 — плазма; F — точка фокуса; u — газовый поток; P<sub>0</sub> — лазерное излучение.



в районе фокуса, несколько сдвигаясь от фокуса по направлению к источнику до того сечения светового канала, где интенсивности излучения ещё хватает для компенсации потерь энергии из плазмы, без чего нет стационарного горения. Чтобы зажечь НОР, необходимо создать начальный, поглощающий лазерное излучение очаг плазмы. Проще всего ввести в область фокуса проволоку и убрать её после зажигания разряда.

Оценить лазерную мощность P, необходимую для поддержания НОР, можно из условия баланса теплопроводностного вытекания энергии из небольшой плазменной сферы радиуса r и поглощения ею лазерной энергии. Если, как это обычно бывает, область разряда не сильно поглощает лазерное излучение,  $\mu_{\omega}r < 1$ , где  $\mu_{\omega}(T)$  — коэф. поглощения при темп-ре плазмы T, то

$$P = 2\pi\theta(T)/\mu_{\omega}(T), \quad \theta(T) = \int_0^r \kappa dT.$$

Здесь  $\theta(T)$  — потенциал потока тепла,  $\kappa$  — коэф. теплопроводности. Ф-ция  $\theta(T)$  — монотонно растущая, но  $\mu_{\omega}(T)$  при пост. давлении имеет максимум при темп-ре, соответствующей почти полной однократной ионизации. Такая примерно темп-ра  $T_m \approx 20\,000$  К и устанавливается в НОР, и ей соответствует минимально необходимая пороговая лазерная мощность P<sub>п</sub>. В воздухе при p = 1 атм НОР устанавливается при мощности излучения CO<sub>2</sub>-лазера P<sub>п</sub> = 2 кВт; темп-ра плазмы при этом T<sub>m</sub> ≈ 17 000 К,  $\theta_m \approx 0,3$  кВт/см,  $\mu_{\omega m} \approx 0,8$  см<sup>-1</sup>. Опыт хорошо подтверждает эти оценки. Коэф. поглощения  $\mu_{\omega}(T_m)$  возрастает с увеличением давления (~p<sup>1,6</sup> — p<sup>2</sup>), а пороговая мощность соответственно уменьшается с ростом давления; P<sub>п</sub> также уменьшается в случае тяжёлых одноатомных газов, обладающих плохой теплопроводностью ( $\theta_m$  меньше). Так, при поддержании НОР в ксеноне при p ≈ 3–4 атм требуется всего P<sub>п</sub> ≈ 150 Вт (рис. 5, а). При p ≥ 10 атм падение P<sub>п</sub> прекращается, т. к. на смену теплопроводностным потерям энергии постепенно приходят лучистые, к-рые растут с p, как и  $\mu_{\omega}$ .

На рис. 5 (а, б) нижними ветвями кривых показаны измеренные на опыте пороговые мощности P<sub>п</sub>. Если лазерная мощность P превышает P<sub>п</sub>, то плазма сильнее сдвигается навстречу лучу и увеличивается в разме-

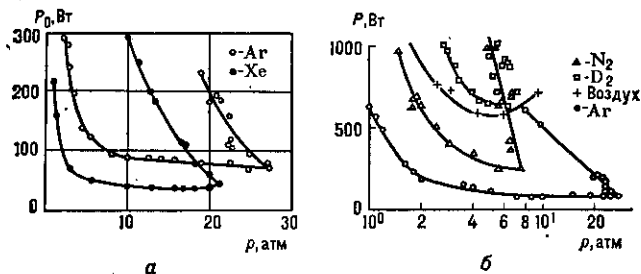


Рис. 5. Пороговые мощности, необходимые для поддержания непрерывного оптического разряда в атомарных (а) и молекулярных (б) газах (нижние ветви кривых). Верхними ветвями кривых показаны верхние пределы существования НОР.

рах, но темп-ра её не возрастает. Наблюдается и верхний предел существования НОР по мощности и по давлению. Его существование связано с возрастанием роли лучистых потерь при больших темп-рах и размерах плазмы и вызванной этим неустойчивостью состояний, лежащих выше и правее верхних кривых. Однако при фокусировании лазерного луча короткофокусным зеркалом верхнего предела нет — НОР наблюдается и при p ≥ 100 атм.

Спектроскопич. методами измерялись темп-ры в плазме НОР и их пространств. распределения. На рис. 6 показано пространств. распределение темп-ры (изотермы) в НОР в воздухе атм. давления. Луч CO<sub>2</sub>-лазера идёт справа налево; мощность лазера 6 кВт. Контур сходящегося светового канала показан пунктиром. В Ar при p = 2 атм достигалась темп-ра T<sub>max</sub> ≈ 18000 К, в Xe при p = 2 атм — 14 000 К, в H<sub>2</sub> при p = 6 атм — 21000 К, в N<sub>2</sub> при p = 2 атм — 22 000 К, в воздухе при p = 1 атм — 17 000 К. При заметном превышении P

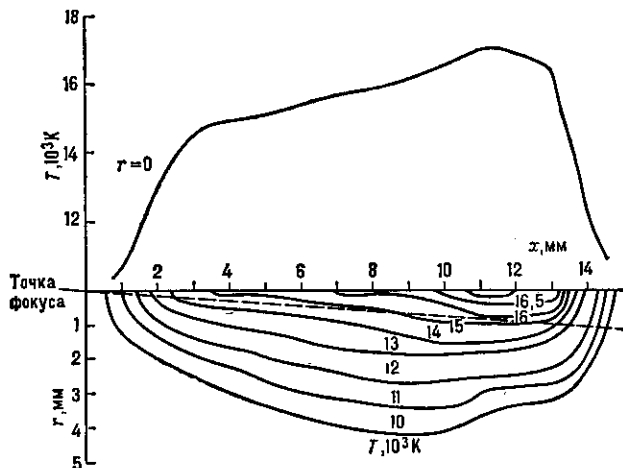


Рис. 6. Изотермы пространственного распределения температуры в НОР (внизу) и распределение T на оси луча (вверху).

над P<sub>п</sub> в плазме НОР поглощается около половины лазерной энергии, остальная проходит насквозь. Благодаря своей высокой темп-ре и хорошей стабильности НОР может служить непрерывным источником излучения очень большой калиброванной яркости. НОР часто возникает около твёрдых поверхностей, подвергаемых воздействию достаточно мощного лазерного излучения: при лазерной сварке, резке и др. Он оказывает неблагоприятное влияние на лазерную технологию, экранируя обрабатываемый материал от луча. Во избежание этих эффектов, а также и для др. целей целесообразно обдувать обрабатываемое место потоком газа (НОР «сдувается»).

Распространение О. р. Как и др. электрич. разрядам в газах, О. р. свойственна тенденция распространяться: плазменный фронт разряда может двигаться навстречу лазерному излучению. Эффекты распространения возникают вследствие ионизации газа перед фронтом плазмы. Когда холодный газ перед фронтом нагревается, ионизуется, он приобретает способность поглощать лазерный луч. Фронт разряда переходит на новое место, новая масса газа включается в разряд. Можно наблюдать и обращённую картину распространения, характерную для оптич. плазмотрона, когда плазменное образование локализовано в пространстве (в районе фокуса линзы, где интенсивность излучения максимальна), а холодный газ продувается через разряд.

Существует неск. механизмов распространения О. р. 1) Нагрев и ионизация газа перед плазменным фронтом сильной ударной волной, вызванной интенсивным энерговыделением, — т. н. световая детона-