

В. ФАБРИКАНТ и Г. РОХЛИН

**О ВЛИЯНИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ИЗЛУЧЕНИЕ РТУТНОГО  
РАЗРЯДА**

*(Представлено академиком С. И. Вавиловым 25 III 1938)*

1. Настоящая работа представляет собой первую попытку количественного исследования влияния магнитного поля на интенсивность излучения газового разряда.

В литературе имеется ряд работ, посвященных влиянию магнитного поля на газовый разряд, но во всех этих работах речь идет об электрических характеристиках разряда (1). Исключение составляет только одна работа, в которой исследовался весьма специальный тип разряда и магнитное поле применялось для получения интенсивных искровых спектров (2). Однако в этой работе ставились чисто методические задачи.

Вместе с тем по ряду причин вопрос о влиянии магнитного поля на свечение электрического разряда представляет значительный интерес как с теоретической, так и с практической точек зрения (проблема северных сияний, построение новых источников света и др.).

2. Объектом наших исследований была ртутная лампа низкого давления и постоянного тока. Лампа обладала жидким катодом и давление паров в ней поддерживалось при помощи водяного охлаждения. Диаметр лампы 30 мм, длина 240 мм. Для получения наибольшей чистоты лампа была все время соединена с вакуумной установкой.

Изучалось влияние магнитного поля на положительный столб разряда. Магнитное поле создавалось при помощи двух соленоидов, одетых на среднюю часть лампы. Длина соленоидов 55 мм, внутренний диаметр 60 мм и наружный 130 мм.

Соленоиды устанавливались на различных расстояниях друг от друга. Измерения интенсивностей излучения производились в промежутке между соленоидами.

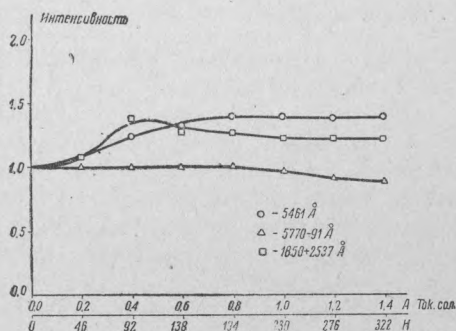
Измерения интенсивности производились спектрофотометром Кениг-Мартенса. Для измерения интенсивности резонансных линий 1850 Å, 2537 Å в лампу был введен люминесцирующий зонд. Зонд помещался у внутренней стенки лампы. При измерениях видимых линий между лампой и спектрофотометром помещалось молочное стекло; при измерениях яркости зонда его изображение фокусировалось на щели спектрофотометра. Измерения производились при двух различных конфигурациях поля: во-первых, в продольном однородном поле при последовательно включенных соленоидах и, во-вторых, в сильно неоднородном поле, возникающем при встречном включении соленоидов. Насколько нам известно, влияние

такого неоднородного поля, обладающего осевой симметрией, вообще не изучалось, несмотря на то, что оно как раз дает наиболее значительные эффекты (см. ниже). Ясно, что в последнем случае основную роль играют радиальные составляющие магнитного поля. На фиг. 1 и 2 изображены усредненные результаты нескольких серий измерений.

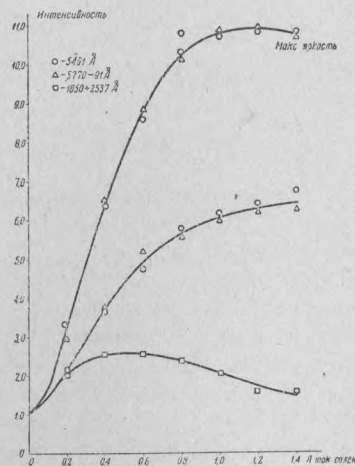
3. Измерения в продольном поле производились при расстоянии между соленоидами, равном 25 мм, что при данных размерах соленоидов обеспечивало достаточную однородность поля. При включении соленоидов разряд контрагировался.

На фиг. 1 изображены результаты измерений при температуре  $16^\circ$  и при силе разрядного тока 1.5 А. По оси абсцисс отложена сила тока в соленоидах и напряженность магнитного поля, по оси ординат—интенсивности линии  $5\,770\text{--}91\text{ \AA}$  и  $5\,461\text{ \AA}$  и яркость зонда в условных единицах. Для удобства сравнения все три кривые совмещены в начальной точке.

Измерения в неоднородном поле производились при различных расстояниях между соленоидами.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

На фиг. 2 изображены результаты, полученные при расстоянии между соленоидами, равном 80 мм ( $16^\circ$ , 1.5 А).

По осям координат отложены те же величины, что и на фиг. 1.

При меньших расстояниях между соленоидами усиление интенсивностей практически было таким же. Увеличение температуры катода лампы и силы разрядного тока уменьшало эффекты.

4. Из кривых фиг. 1 следует, что продольное магнитное поле весьма слабо влияет на общую интенсивность излучения разряда. Максимальное увеличение интенсивности составляет 40% от начальной величины.

Наоборот, из кривых фиг. 2 следует, что неоднородное магнитное поле чрезвычайно сильно влияет на интенсивность излучения, причем наблюдается большое различие в поведении видимых линий и резонансного излучения (яркость зонда). Общая интенсивность линий  $5\,461\text{ \AA}$ ,  $5\,770\text{--}91\text{ \AA}$  возрастает в 6—7 раз, тогда как интенсивность резонансного излучения изменяется в гораздо меньших пределах, достигая максимальной величины при токе в соленоидах, равном 0.5 А. В максимуме интенсивность резонансного излучения превышает начальную в 2.5 раза, а при наибольшем токе в соленоидах всего в 1.5 раза. Таким образом в неоднородном магнитном поле происходит резкое перераспределение энергии в спектре ртутной лампы.

В таком поле участок положительного столба, лежащий между соленоидами, представляет собой эллипсоидальное светящееся тело.

Измерения хода максимальной яркости без молочного стекла с током в соленоидах показали, что эта яркость растет еще быстрее, чем общая интенсивность. Максимальные яркости линий  $5461 \text{ \AA}$  и  $5770-91 \text{ \AA}$  растут примерно в 11—12 раз при изменении тока в соленоидах в тех же пределах, что и выше.

Важно отметить, что характер наблюдаемых эффектов не изменялся при изменении направления тока в соленоидах на обратное, а также при замене в соленоидах постоянного тока переменным.

5. При теоретическом толковании описанных выше эффектов основное значение имеет большая величина длины свободного пробега электронов в условиях наших экспериментов [несколько сантиметров <sup>(3)</sup>]. Чем больше длина свободного пробега электронов, тем эффекты сильнее.

Роль магнитного поля сводится в основном к искривлению электронных траекторий и к увеличению числа соударений между электронами и атомами. С этой точки зрения понятно различие, наблюдаемое в действии продольного и неоднородного полей. В неоднородном поле контуры светящегося столба подобны картине магнитного поля; в этом смысле наблюдаемые эффекты аналогичны эффектам, рассматриваемым в теории полярных сияний Штёрмера <sup>(4)</sup>.

Наибольший теоретический интерес представляют наблюдающиеся различия в ходе интенсивностей отдельных линий. При продольном поле обращает на себя внимание различие в поведении видимых линий  $5461 \text{ \AA}$  и  $5770-91 \text{ \AA}$ . Линия  $5770-91 \text{ \AA}$ , обладающая несколько более высоким потенциалом (8.8 V), чем линия  $5461 \text{ \AA}$  (7.7 V), несколько даже ослабляется при увеличении поля.

Ход интенсивности резонансного излучения в известной мере подобен ходу градиента, наблюдавшемуся в близких условиях Спиваком и Рейхруделем <sup>(1)</sup>. Это подобие не случайно, поскольку в исследуемых условиях разряда значительная доля разрядной мощности расходуется на резонансное излучение <sup>(5)</sup>.

Различие в поведении резонансных и видимых линий в случае неоднородного поля очевидно объясняется вторичными процессами: кумулятивным возбуждением и тушением ударами второго рода с электронами. В этом смысле действие магнитного поля эквивалентно повышению плотности разрядного тока <sup>(6)</sup>.

Для дальнейшего однозначного выяснения механизма возбуждения в магнитном поле поставлены эксперименты на трубках конструкции, уже применявшейся в нашей лаборатории при абсорбционных измерениях <sup>(7)</sup>. Эта конструкция устраняет быстрые электроны, летящие со стороны катода, и позволяет точно регулировать давление. В таких условиях будет количественно исследовано контрагирование разряда в продольном поле.

6. Обнаруженное сильное влияние неоднородного магнитного поля на свечение разряда может оказаться полезным для различных практических применений. Световой поток ртутного разряда практически сосредоточен на линиях  $5461 \text{ \AA}$  и  $5770-91 \text{ \AA}$ , так что наблюдаемое усиление интенсивности этих линий эквивалентно такому же усилению яркости и силы света лампы.

Само по себе изменение яркости лампы (модулирование) может быть полезно в ряде случаев, но особенно важно, что повышение яркости сопровождается весьма значительным повышением световой отдачи лампы. Измерения показали, что при наложении магнитного поля мощность, потребляемая лампой, возрастала не более, чем на 50%, т. е. в несколько раз медленнее, чем сила света.

Таким образом наложение неоднородного магнитного поля может

рассматриваться как новый метод повышения светоотдачи газосветной лампы.

Одна из основных причин повышения светоотдачи—это происходящее в магнитном поле резкое перераспределение энергии в спектре ртутной лампы.

Энергию, затрачиваемую на поддержание магнитного поля, практически можно не учитывать, так как соленоиды могут быть выключены последовательно с лампой в качестве необходимого сопротивления или заменены постоянными магнитами.

Для практического применения необходимо конечно усовершенствовать конструкцию лампы и найти условия, соответствующие максимальной светоотдаче.

Всесоюзный электротехнический институт.  
Москва.  
Московский энергетический институт  
им. Молотова.

Поступило  
25 III 1938.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> J. Townsend, Proc. Roy. Soc., **86**, 197, 571 (1912); Electricity in Gases, 96—102 (1915); Phil. Mag., **22**, 145 (1936); **23**, 421, 880 (1937); J. Langmuir, H. Mott-Smith, G. E. R., **27**, 810 (1924); V. A. Bailey, Phil. Mag., **23**, 774 (1937); Huxley, Phil. Mag., **23** (1937); L. Tonks, Phys. Rev., **51**, 744 (1937); А. Слущкин, ЖТФ, **7**, 1862 (1937); Е. Рейхрудель, Г. Спивак, ДАН, XVIII, 177 (1938).  
<sup>2</sup> O. Luhr, F. Studer, Phys. Rev., **51**, 306 (1937). <sup>3</sup> T. Killian, Phys. Rev., **35**, 1238 (1930). <sup>4</sup> E. Hewson, Rev. Mod. Phys., **9**, 403 (1937). <sup>5</sup> Б. Клярфельд, ЖТФ, **7**, 1017 (1937). <sup>6</sup> В. Фабрикант, И. Цирг, ДАН, XVI, 271 (1937). <sup>7</sup> В. Фабрикант, Ф. Бутаева, И. Цирг, ЖЭТФ, **7**, 733 (1937).