

В. ФАБРИКАНТ и Г. РОХЛИН

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

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 28 VI 1938)

Цель настоящей работы состоит в выяснении оптическим методом механизма разряда в продольном магнитном поле. Возможность такого применения оптических методов была уже намечена в нашей предыдущей работе (1). Оптический метод обладает тем преимуществом по сравнению с методом электрических зондов, что применимость самой методики не зависит от присутствия магнитного поля. Недостатком оптического метода является то, что он позволяет исследовать поведение только сравнительно быстрых электронов (с энергиями, превышающими потенциал возбуждения). Поэтому особенно плодотворным будет сопоставление результатов оптических и зондовых измерений.

1. Объектом измерений была ртутная разрядная трубка специальной конструкции, уже применявшаяся в ряде работ нашей лаборатории (2).

Эта трубка имеет жидкий катод, и давление паров поддерживается в ней при помощи водяной ванны. Конструкция трубки устраняет быстрые электроны, летящие из катодной части разряда.

Магнитное поле создавалось при помощи двух соленоидов, одетых на прямую часть трубки. Размеры соленоидов следующие: радиус внутреннего отверстия 36 мм, наружный радиус 62 мм, длина 62 мм. Расстояние между соленоидами 22 мм. Наблюдения производились в промежутке между соленоидами.

Все измерения произведены при температуре водяной ванны, равной 18°, и силе тока в 0.5 А. Такие условия были выбраны с целью свести к минимуму роль вторичных процессов. Измерялось распределение яркости по сечению разряда в свете отдельных спектральных линий: 5461 Å ($7^3S_1 \rightarrow 6^3P_2$), 4358 Å ($7^3S_1 \rightarrow 6^3P_1$), 5791 Å ($6^1D_2 \rightarrow 6^1P_1$), 3906 Å ($8^1D_2 \rightarrow 6^1P_1$), 3704 Å ($9^1D_2 \rightarrow 6^1P_1$), 4916 Å ($8^1S_0 \rightarrow 6^1P_1$), 4108 Å ($9^1S_0 \rightarrow 6^1P_1$).

Измерения яркости производились фотографическим методом, причем на щель спектрографа давалось уменьшенное горизонтальное изображение лампы.

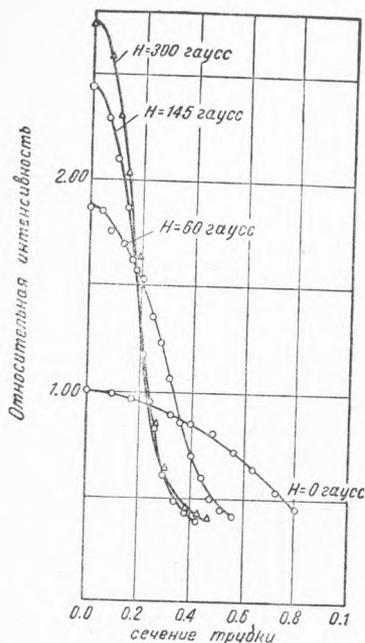
2. Сплошные кривые на фиг. 1 и 3 и пунктирная кривая на фиг. 2 изображают результаты измерений. Кривые фиг. 1 дают наглядное представление о стягивании разряда в свете зеленой линии 5461 Å при увеличении магнитного поля. По оси абсцисс отложены смещения в долях радиуса трубки, по оси ординат—яркости.

Кривые фиг. 3 изображают влияние магнитного поля на максимальную яркость (в центре трубки) для линий 5 791, 3 906 и 3 704 Å. Линии синглетной резкой серии 4 916 — 4 108 Å обладают менее резким спадом интенсивностей.

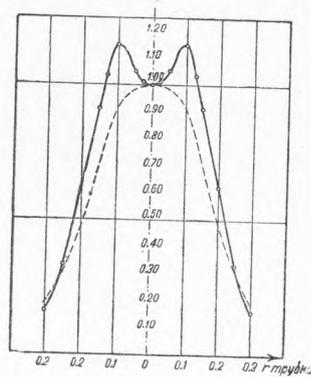
3. Приведенные выше результаты оптических измерений позволяют сделать количественные выводы о влиянии магнитного поля на распределение электронов по сечению разрядной трубки и на среднюю энергию электронов.

При этом еще раз следует указать, что речь идет только об электронах с энергиями, превышающими низкий потенциал возбуждения.

Совпадение кривых распределения для линий 5 791, 3 906 и 3 704 Å



Фиг. 1.



Фиг. 2.

с различными потенциалами возбуждения свидетельствует о постоянстве энергии электронов в пределах шнура разряда.

Поэтому распределение объемной плотности излучения, испускаемого разрядом, должно совпадать с распределением объемной плотности электронов. Пунктирная кривая на фиг. 2 конечно непосредственно не представляет распределения объемной плотности излучения, но путем соответствующей обработки такое распределение может быть вычислено из этой кривой. Дело заключается в том, что при фотографировании шнура яркость в каждой точке представляет результат действия целого слоя. Переход от этих интегральных яркостей к объемным плотностям излучения сводится к решению интегрального уравнения абелевского типа (3).

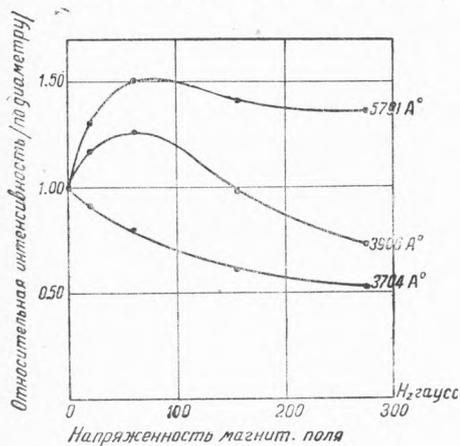
Сплошная кривая на фиг. 2 изображает результат такого пересчета. Согласно сказанному выше эта кривая совпадает с распределением плотности электронов по сечению разрядной трубки. Таким образом наблюдается максимум плотности электронов на некотором расстоянии от оси*. Качественное объяснение такого распределения электронов нетрудно получить, применяя теорию Штермера (4). Электроны собираются между двумя запретными зонами.

* Г. В. Сливак в личном сообщении указал нам, что аналогичный эффект был обнаружен им несколько ранее совместно с Э. М. Рейхруделем при помощи метода зондов.

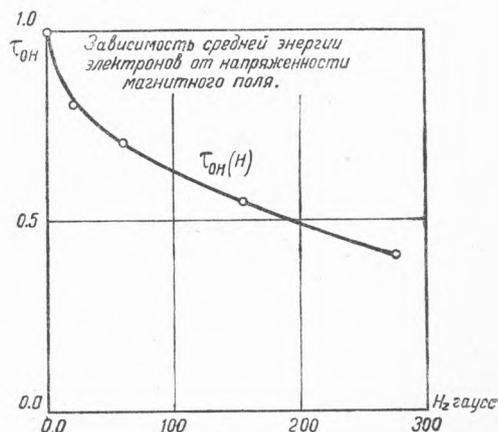
Поскольку установлено постоянство средней энергии электронов по сечению разряда, нетрудно получить из кривых фиг. 3 ход средней энергии электронов в зависимости от напряженности магнитного поля.

Еще в предыдущей работе было обращено внимание на то, что у линии 5 770—91 Å, обладающей более высоким потенциалом возбуждения, чем видимый триплет, наблюдается небольшой спад интенсивности при возрастании магнитного поля. Кривые фиг. 3 уже совершенно отчетливо показывают, что с ростом магнитного поля интенсивности линий, обладающих высокими потенциалами возбуждения, спадают. При этом чем выше потенциал возбуждения, тем круче спад (5 791 Å—8.8 V; 3 906 Å—9.7 V; 3 704 Å—10 V).

Поскольку в исследованных условиях разряда вторичные эффекты не могли играть заметной роли, кривые фиг. 3 дают непосредственно



Фиг. 3.



Фиг. 4.

изменение числа возбуждающих соударений с ростом магнитного поля. При этом можно считать, что возбуждение происходит преимущественно из нормального состояния.

Число возбуждающих соударений, как известно, зависит от концентрации и энергии электронов и от функции возбуждения (5).

Ход кривых на фиг. 3 может быть объяснен только тем, что с ростом напряженности магнитного поля растет концентрация электронов и падает их средняя энергия.

Беря отношение ординат двух кривых, мы получим величины, уже зависящие только от энергии электронов и формы функций возбуждения (5). Линии 5 791, 3 906 и 3 704 Å обладают типичными сингулетными функциями возбуждения, что весьма упрощает количественный расчет хода энергии электронов из кривых фиг. 3.

На фиг. 4 изображен относительный ход средней энергии электронов с ростом магнитного поля, полученный таким образом. Начальная энергия электронов в отсутствии поля равна 3.5 V (6).

Мы видим, что энергия электронов монотонно уменьшается с ростом магнитного поля. Интересно отметить, что наблюдавшийся менее резкий спад интенсивностей линий 4 916 и 4 108 Å прекрасно объясняется формой их функций возбуждения и свидетельствует о правильности соображений, приведших к определению спада энергии электронов. Линии 4 916 и 4 108 Å обладают типичными триплетными функциями возбуждения (второй максимум функции

возбуждения в разряде совершенно не существенен) (7), несмотря на то, что начинаются с сингулетных уровней.

В связи с обнаруженным спадом энергии электронов мы хотели коротко остановиться на результатах работы Слуцкого (8). Соглашаясь с критикой методической стороны этой работы (9), следует еще указать, что по существу в этой работе было обнаружено не влияние магнитного поля на энергию электронов в плазме разряда, а просто уменьшение энергии электронов при диффузии в газе. Роль магнитного поля в этих экспериментах сводилась к созданию нитевидного источника электронов. В этом смысле эксперименты аналогичны опытам с накаливаемой нитью, служащей источником электронов.

Результаты

1. Количественно исследовано стягивание продольным магнитным полем ртутного разряда низкого давления.
2. Оптическим методом определено распределение электронов по сечению разряда в продольном магнитном поле, причем установлено наличие максимума концентрации электронов на некотором расстоянии от оси разряда.
3. Оптическим методом установлено и исследовано уменьшение средней энергии электронов в плазме разряда при наложении продольного магнитного поля.

Всесоюзный электротехнический институт.
Москва.

Поступило
29 VI 1938.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Фабрикант и Г. Рохлин, ДАН, XIX, 393 (1938). ² В. Фабрикант, Ф. Бутаева и И. Цирг, ЖЭТФ, 7, 733 (1937). ³ Hörmann, ZS. f. Phys., 97, 539 (1935); W. Elenbaas, Physica, 2, 757 (1935). ⁴ К. Штермер, Проблема полярных сияний (1933). ⁵ В. Фабрикант, ДАН, XV, 451 (1937). ⁶ Б. Клярфельд, ЖТФ, VII (1937). ⁷ Schaffernicht, ZS. f. Phys., 62, 106 (1930). ⁸ А. Слуцкий, ЖТФ, 7, 1862 (1937). ⁹ Г. Спивак и Э. Рейхрудель, ЖЭТФ, 8, 319 (1938).