

5, 21

ПРОБОЙ ЖИДКОГО И ГАЗОБРАЗНОГО ГЕЛИЯ ЛАЗЕРНЫМ ЛУЧОМ И НАБЛЮДЕНИЕ ВРМБ В ЖИДКОМ He

И.И.Абрикосова, О.М.Бочкова

1. В работе [1] был предложен низкотемпературный метод измерения пороговых параметров для пробоя жидкого и газообразного гелия. Схема экспериментальной установки дана на рис. 1. Мощность лазера 10 *Мвт*, длительность импульса 30 – 35 *нсек*, радиус пятна фокусировки 10^{-2} *см*. Повышение давления гелия в дьюаре до 2,2 *атм* позволило

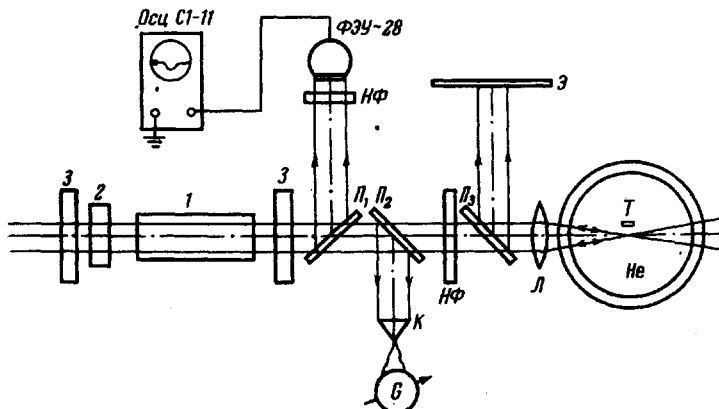


Рис. 1. 1 – кристалла рубина, 2 – просветляющий фильтр, 3 – выносные зеркала, НФ – нейтральные фильтры, Т – термометр Аллен-Брэдли, К – вакуумный калориметр, П₁, П₂, П₃ – отклоняющиеся стеклянные пластины, Э – экран, Л – линза

получать сведения о пробое гелия в области между плотностями жидкости и газа при равновесном давлении, равном 1 *атм*. Зависимость пороговой напряженности электрического поля в световой волне E от плотности гелия ρ (рис. 2, разные значки соответствуют разным опытам) показывает на то, что жидкий гелий можно рассматривать в данном случае как плотный газ. Величина пороговых полей и ход кривой близки к полученным при комнатной температуре и высоких давлениях гелия в работах [2, 3].

Низкотемпературный метод дает возможность получать очень чистую плотную среду, так как все примеси вымораживаются и оседают. Было крайне интересно, поэтому, использовать данный метод для исследования вопроса о происхождении первых "затравочных" электронов, с которых начинается лавинная ионизация плотной среды под действием лазерного луча. Пробой в гелии при низких температурах может начинаться только либо благодаря многоквантовой ионизации атомов гелия (14-ти квантовый фотоэффект!) либо в результате термо- или фото-эмиссии из твердых субмикроскопических частиц примеси, которые в очень малом количестве все же могут находиться в гелии во взвешенном состоянии [4].

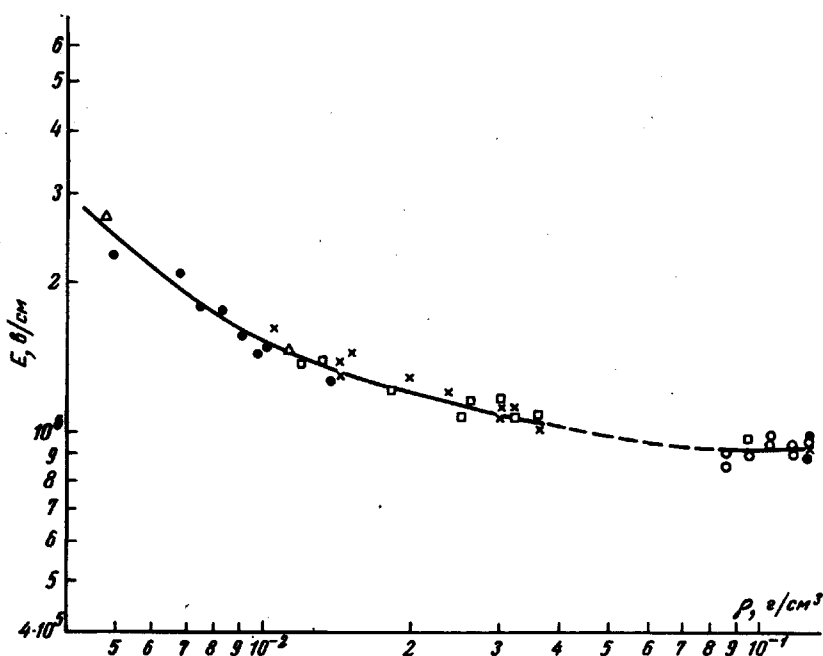


Рис. 2

Кривая на рис. 2 получена из нескольких опытов, когда для каждой плотности легко наблюдался воспроизводимый резкий порог, и минимальные поля, необходимые для пробоя, были сравнительно низкие. Было замечено, что часто при неизменных характеристиках лазерного луча, для одной и той же плотности гелия пороговые интенсивности могут очень сильно меняться в основном от опыта к опыту, а иногда даже и в данном опыте. Первый импульс в жидком гелии, почти во всех опытах не вызывал пробоя даже при максимальной мощности нашего лазера, которая примерно в девять раз превышает пороговую для данной

плотности гелия. В этом случае имело место очень интенсивное ВРМБ в жидком гелии (см. раздел 2). В газообразном гелии и особенно в He- II, где, как известно, быстро коагулирует и оседает мелкодисперсная взвесь [5], часто также отсутствовал пробой при максимальной интенсивности луча. В таких опытах было невозможно снять пороговую кривую, так как пробоя то совсем не было, то появлялась искра, разная по величине при одной и той же плотности среды. Для выяснения причины появления "затравок" инициирующих лавину в дьюар с жидким гелием медленно подсасывалась смесь водорода с гелием так, чтобы концентрация H_2 в жидком гелии составляла $10^{-7} - 10^{-9}$. При этом каждый раз наблюдалось понижение порога до предельно малых значений, соответствующих кривой на рис. 2; прибор с гелием во всех опытах оставался прозрачным.

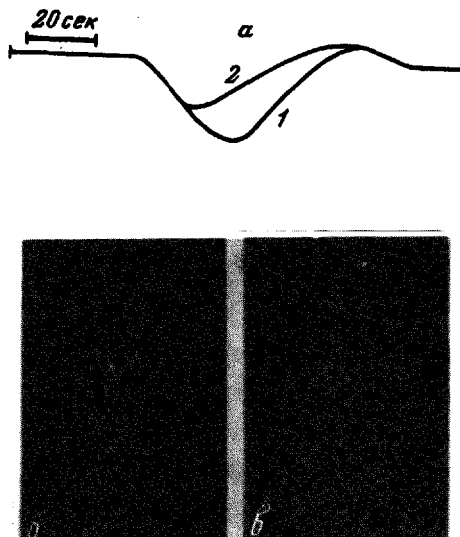


Рис. 3

Анализ большого числа экспериментов показал, что пробой начинается с появления в фокусе линзы электронов скорее всего в результате термоэмиссии из нагретых мельчайших частиц пыли, взвешенных в гелии. Значительное повышение порога для пробоя в чистом гелии, по сравнению с обычно наблюдаемыми порогами, свидетельствует о том, что первые электроны появляются в таких опытах не благодаря многоквантовой ионизации самих атомов гелия. Возможно, твердые частицы дают первые электроны и в других опытах по пробую в плотных га-

зах, где невозможно по-видимому добиться абсолютного отсутствия пыли.

2. При мощности потока лазерного излучения, превышающей 10^{10} *вт/см²* в жидком гелии был обнаружен эффект вынужденного рассеяния Мандельштама – Бриллюэна (ВРМБ). Стимулированное излучение в He^4 наблюдалось ранее в работе [6]. Рассеянный свет распространяется навстречу лазерному лучу и характеризуется высокой направленностью; частота его близка к частоте падающего света и интенсивность сравнима с интенсивностью лазерного излучения. Обратный луч был особенно интенсивным в случае чистого гелия, когда не было пробоя (см. осциллограмму обратного луча на рис. 3,а (кривая 1)); при искре в жидком гелии рассеяние также имело место (рис. 3,а (кривая 2)). (Порог для ВРМБ выше, чем порог для пробоя). Фотографии отраженного назад света (рис. 3,б, в, фотопластинка ставилась перед экраном Э на рис. 1), указывают, по-видимому, на наличие самофокусировки луча в жидком гелии. О возможности самофокусировки излучения, отраженного назад за счет процессов ВРМБ, высказывалось предположение в работе [7]; о захвате обратного луча в нити при ВРМБ в CS_2 сообщалось в работе [8]. Фотография на рис. 3, в получена при мощности излучения лазера, близкой к пороговой для ВРМБ. Такое же пятно, окруженное кольцом, можно видеть на фотографиях сечения луча, захваченного в нить в CS_2 , [9].

Дальнейшие исследования ВРМБ позволят вероятно получить сведения об электрооптических и упругих свойствах жидкого гелия.

Гелий очень слабо рассеивает свет [10 – 12]. Благодаря большой интенсивности ВРМБ появляется возможность изучать молекулярное рассеяние света в жидком гелии.

Считаем приятным долгом выразить благодарность А.И.Шальникову за ценные советы и Б.В.Аншукову за постоянную помощь в работе.

Физический факультет
Московского
государственного университета
им. М.В. Ломоносова

Поступило в редакцию
20 января 1969 г.

Литература

- [1] И.И.Абрикосова, М.Б.Щербина-Самойлова. Письма в ЖЭТФ, 7, 305, 1968.
- [2] R. G. Meyerand, A. F. Naught. Phys. Rev. Lett., 11, 401, 1963.

- [3] D. H. Gill, A. A. Dougal. Phys. Rev. Lett, 15, 845, 1965.
- [4] А.И.Шальников. ЖЭТФ, 47, 1727, 1964.
- [5] П.Савич, А.И.Шальников. J. of Phys., 10, 299, 1946; K. L. Chopra, Y. B. Brown. Low temperature Physics and chemistry, V-th, Wisconsin., 1957, стр. 241.
- [6] G. Winterling, G. Walda, W. Heinicke. Phys. Lett., 26A, 301, 1968.
- [7] Ю.П.Райзер. Письма в ЖЭТФ, 4, 3, 1966.
- [8] M. Maier, W. Rother, W. Kaiser. Phys. Lett., 23, 83, 1966.
- [9] E. Garmire, R. Chiao, C. Townes. Phys. Rev. Lett., 16, 347, 1966.
- [10] В.Л.Гинзбург. ЖЭТФ, 6, 243, 1943.
- [11] И.А.Яковлев. J. of Phys., 7, 307, 1943.
- [12] H. Grimm, K. Dransfeld. Z. Naturforsch., 22a, 1629, 1967.