

535.89

РАМАНОВСКИЙ ЛАЗЕР С ПЕРЕВОРАЧИВАНИЕМ СПИНА — ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ИСТОЧНИК ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ *)

Создан интенсивный лазерный источник, который при наложении меняющегося магнитного поля плавно и непрерывно перестраивает длину волны излучения в диапазоне 10,9—13 мкм. В видимой и ближней инфракрасной (но не дальней инфракрасной) областях доступны другие виды перестраиваемых источников — параметрические генераторы. На съезде Американского физического общества в Вашингтоне в апреле 1970 г. этот эксперимент был описан в докладе К. Патела (Лаборатории фирмы «Белл»). Он и Д. Шоу¹ направили пучок от лазера на CO_2 с $\lambda = 10$ мкм на кристалл InSb и приложили перпендикулярно к пучку сильное магнитное поле (менявшееся от 20 до 100 кгс).

Другой способ генерации перестраиваемого инфракрасного излучения основывается на использовании рамановского рассеяния от поляритонов. Поскольку поляритон, по определению, представляет собой смесь оптического и акустического возбуждений, колебания решетки, возникающие в процессе вынужденного рассеяния, высвечиваются в инфракрасной области. Длину волны можно менять, изменяя углы падения и наблюдения эмиссии. Прошлогодние эксперименты групп, работающих в Лабораториях «Белл»², Стэнфордском университете³ и в Оптическом институте в Орсе⁴, продемонстрировали эффективность этого метода.

В новом эксперименте рамановское рассеяние осуществляется, когда электроны проводимости опрокидывают спины в магнитном поле. Частота комбинационной линии меняется по закону $\omega_s = \omega_0 - g\mu_B B$, где ω_0 — частота излучения накачки, μ_B — борв-

*) Spin-flip Raman Laser is Tunable Infrared Source, Phys. Today 23 (7), 57 (1970).
Перевод В. И. Рядника.

ский магнетон, B — напряженность магнитного поля, g — эффективное гиромагнитное отношение для электронов в кристалле InSb.

Три года назад К. Пател, Р. Слэшер и П. Флёрн получили спонтанное комбинационное рассеяние при переворачивании спина на InSb, InAs и PbTe; однако излучение на смещенной длине волны было слабым. После этого Пател также несколько раз пытался получить вынужденное рамановское рассеяние, в котором на каждую моду рассеянного излучения пришлось по несколько фотонов; эти фотоны затем начинали взаимодействовать с первичными, и начинался лавинный процесс усиления. В конце концов это привело к успеху, и в последних экспериментах Патела и Шоу кристалл генерирует на комбинационной частоте около 10% подводимой к нему мощности.

Лазер на CO_2 может излучать тысячи ватт, но в экспериментах группы «Белл» по вынужденному рамановскому рассеянию использовалась входная мощность лишь 300 *вт*; Пател полагает, что эту мощность можно снизить еще во много раз. При выходной мощности 1 *вт* ширина линии была менее $0,03 \text{ см}^{-1}$. Лазерный импульс длился примерно 0,1 *мксек*. Вероятно, для накачки подойдут и другие лазеры, например, лазер на CO, дающий излучение с $\lambda = 5 \text{ мкм}$; тогда перестраиваемое излучение будет возможно в диапазоне примерно от 5,5 до 7,5 *мкм*.

Использование InSb в опытах обусловлено тем, что в нем электроны имеют чрезвычайно высокий эффективный магнитный момент, в 25 раз больший, чем у свободных электронов. Соответственно увеличиваются комбинационные добавки и тем самым диапазон частот, в котором может осуществляться перестройка. Кристаллы InSb имеют и другие благоприятные характеристики: они механически прочны и обладают чрезвычайно высокой прозрачностью для излучения в упомянутом интервале длин волн, так что эффективность комбинационного лазера оказывается высокой. Группа «Белл» сейчас занята поисками других подходящих материалов для преобразователей излучения.

В эксперименте выявилось одно загадочное обстоятельство: при изменении напряженности магнитного поля частота лазерного излучателя с переворачиванием спина точно следовала за этим изменением (в пределах условий эксперимента). Поскольку кристалл представляет оптический резонатор для излучения, следовало бы ожидать, что при нарастании поля и прохождении через собственные частоты резонатора должна бы возникать какая-либо нелинейная связь, приводящая к затягиванию частоты. Этого, однако, не обнаружилось; но вместе с тем выходная мощность на собственных частотах резонатора возрастала примерно на 10%.

Очевидным полем применения перестраиваемого рамановского лазера с опрокидыванием спина является ИК спектроскопия. К. Пател, Д. Шоу и Р. Керл уже использовали лазер для снятия спектров поглощения NH_3 и получили более высокое разрешение, чем достигнутое ранее на спектрометрах с дифракционными решетками.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. C. N. K. Patel, D. Shaw, Phys. Rev. Lett. 24, 451 (1970).
2. J. A. Giordmaine, S. K. Kurtz, Phys. Rev. Lett. 22, 192 (1969).
3. J. M. Yarborough, S. S. Sussman, H. E. Puthoff, R. H. Pantel, V. C. Johnson, Appl. Phys. Lett. 15, 102 (1969).
4. F. De Martini, Phys. Lett. 30A, 319 (1969).