

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КОЭФФИЦИЕНТ ОТРАЖЕНИЯ $\text{Nd}_2\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ В ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

А. М. Агальцов, А. И. Головашкин, В. С. Горелик, С. Д. Зотов,
О. М. Иваненко, Э. Н. Лоткова, Б. Г. Макеев,
Е. М. Кудрявцев, Т. Ф. Файзуллов

Обнаружено возрастание коэффициента отражения для поляризованного лазерного излучения видимого диапазона от полированной поверхности высокотемпературного сверхпроводника после воздействия на эту поверхность лазерного излучения инфракрасного диапазона.

Одним из методов управления характеристиками сверхпроводящих материалов является воздействие на них лазерного излучения. В результате такого воздействия могут проходить как обратимые, так и необратимые процессы, влияющие на свойства высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) /1/. Если частота лазерного излучения близка к частотам локальных (или квазилокальных) колебаний в кристаллической решетке, то амплитуда таких колебаний атомов может существенно возрасти. В частности, это относится к локальным колебаниям примесных атомов кислорода в монокристалле кремния /2/. При этом возрастает вероятность необратимых изменений свойств материала за счет разрыва соответствующих связей между частицами, составляющими кристаллическую решетку.

В оксидных высокотемпературных сверхпроводниках под влиянием различных возмущений может происходить отрыв атомов кислорода с образованием соответствующих вакансий в кристаллической решетке. В частности, в известном дырочном ВТСП $\text{Nd}_2\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ повышение концентрации кислородных вакансий приводит к "диэлектризации" материала и ухудшению сверхпроводящих свойств. В случае же электронного ВТСП $\text{Nd}_2\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ повышение концентрации кислородных вакансий приводит к "металлизации" и улучшению сверхпроводящих характеристик материала.

В данной работе исследовалось влияние на оптические свойства сверхпроводящих керамик $\text{Nd}_2\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-\delta}$ лазерного излучения, частота генерации которого близка к частотам колебаний кислородных связей в обсуждаемом материале /3/.

Для осуществления резонансного лазерного воздействия использовался электрогазодинамический лазер на смеси CO_2 -Ag, работающий в моноимпульсном режиме с

мощностью ~ 1 Вт на серии колебательно-вращательных переходов в области $16,2\text{--}18,6$ мкм /4, 5/.

Изменение свойств полированной поверхности ВТСП анализировалось путем контроля интенсивности поляризованного лазерного излучения, отраженного от поверхности сверхпроводника. В качестве зондирующего применялся импульсно-периодический лазер на парах меди, работающий с частотой следования импульсов 10^4 Гц, со средней мощностью ~ 1 Вт для двух линий генерации видимого диапазона: $\lambda = 510,6$ и $578,2$ нм.

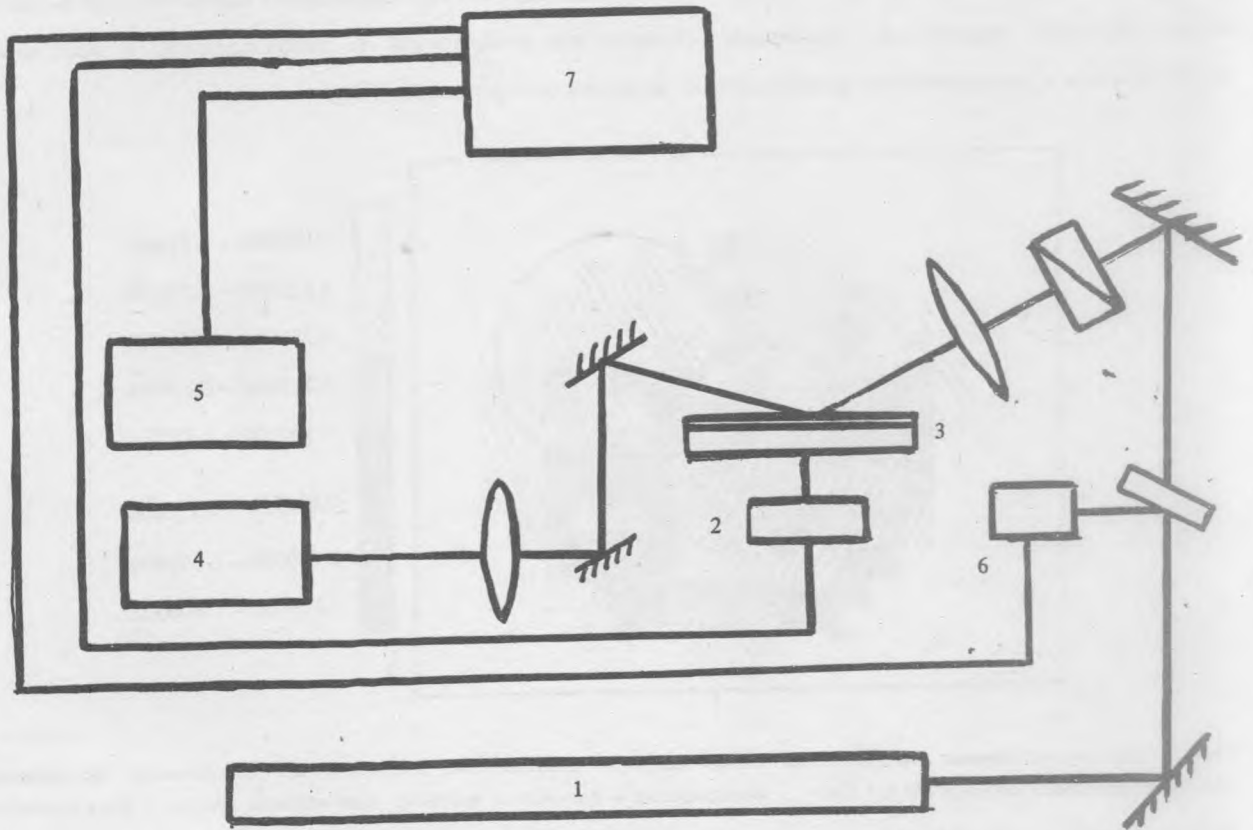


Рис. 1. Экспериментальная установка для измерения пространственного распределения коэффициента отражения в сверхпроводниках: 1 — лазерный источник света, 2 — сканируемый столик, 3 — образец для исследования, 4 — монохроматор, 5 — фотоумножитель, 6 — приемник опорного сигнала, 7 — ЭВМ.

Падающее на поверхность сверхпроводника зондирующее лазерное излучение направлялось под углом, близким к углу Брюстера, и было поляризовано в плоскости падения. Общая схема установки для анализа отраженного зондирующего излучения приводится на рис. 1. Исследуемый

образец помещался на двухкоординатном горизонтальном столике, управляемом с помощью шагового двигателя. Отраженный от поверхности образца сигнал с помощью зеркал направлялся на малогабаритный монохроматор, настроенный на длину волны зондирующего излучения, и регистрировался с помощью фотоумножителя. Общее управление установкой и анализ полученных экспериментальных результатов осуществлялись с помощью вычислительной машины IBM PC-XT. Коэффициент отражения исследуемого образца измерялся путем дискретного сканирования по области $1,5 \times 1,5$ мм, разбитой на 20×20 точек. Локализация на поверхности образца задавалась с помощью щели монохроматора и составляла 75 мкм. За счет использования блока опорного сигнала осуществлялась нормировка полезного сигнала по отношению к возбуждающему излучению. Погрешность в измерении коэффициента отражения не превышала 2%.

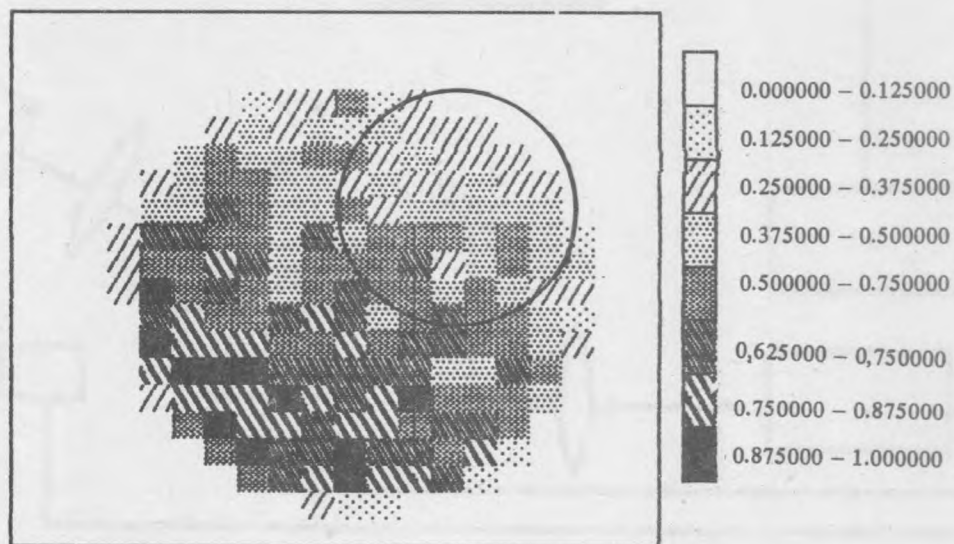


Рис. 2. Пространственное распределение интенсивности отраженного излучения от поверхности полированной керамики исходного образца $Nd_2Ce_xCuO_{4-b}$. Поляризация в плоскости падения; угол падения близок к углу Брюстера. Кружок соответствует области, впоследствии подвергнутой лазерному воздействию.

На рис. 2 приведено распределение интенсивности отраженного на длине волны $\lambda = 578,2$ нм лазерного излучения от поверхности образца $Nd_2Ce_xCuO_{4-b}$. Как видно из этого рисунка, исходный образец характеризуется довольно большими пространственными изменениями коэффициента отражения в видимой области спектра.

Изменение коэффициента отражения в различных участках поверхности может быть связано с зависимостью оптических свойств от ориентации микросталлических зерен в сверхпроводящей керамике. Другой причиной пространственных изменений оптических свойств может быть

неоднородность электропроводности, обусловленная изменением концентрации кислородных вакансий вдоль поверхности. Так как размеры анализируемых участков в каждой точке сравнительно велики (75 мкм) по сравнению с размерами микрокристаллических зерен (~ 10 мкм), можно полагать, что наблюдаемые неоднородности коэффициента отражения связаны главным образом с локальными неоднородностями электропроводности образца.

В правом верхнем углу рис. 2 кружком отмечен участок, который впоследствии был подвергнут облучению инфракрасным лазером CO_2 -Ar. Повторная регистрация пространственного распределения коэффициента отражения проводилась спустя 12 часов после процесса инфракрасного облучения.

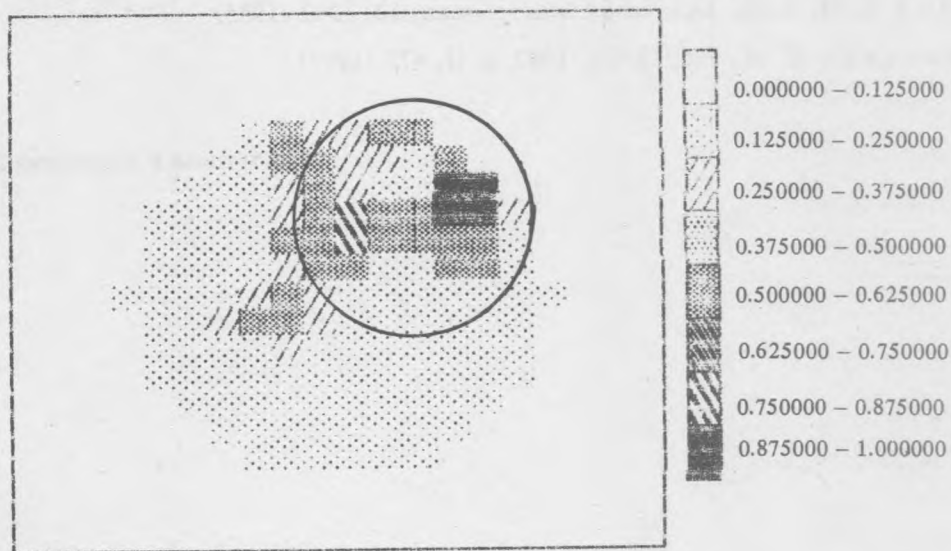


Рис. 3. Относительное пространственное распределение интенсивности отраженного излучения облученного и необлученного образцов $\text{Nd}_2\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-\delta}$. Кружок соответствует области, подвергнутой лазерному воздействию.

На рис. 3 приведен результат машинной обработки, полученный путем вычитания пространственных распределений интенсивностей отраженного света в облученном и необлученном образцах. Видно, что область повышенного отражения соответствует форме пятна инфракрасного излучения на исследуемом образце. Точность построения распределения на рис. 3 не хуже 2%, а превышение сигнала над фоном — более 5%.

Таким образом, в данной работе показано, что под воздействием лазерного излучения ИК диапазона, близкого к частоте оптических колебаний кислородных связей в $\text{Nd}_2\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-\delta}$, происходит возрастание коэффициента отражения в видимой области. Это можно объяснить локальной "металлизацией" приповерхностных областей и улучшением их сверхпроводящих характеристик в результате увеличения концентрации кислородных вакансий.

Даная работа выполнена в рамках проекта № 757 "ИКАР" Государственной программы по ВТСП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еременко В. В., Гнездялов В. П., Фомин В. И. Тезисы докладов III Всес. совещания по ВТСП, т. I, с. 138, изд. ВТИНП АН УССР, Харьков, 1991.
2. Арцимович М. В. и др. Препринт ФИАН № 164, М., 1984.
3. Кудрявцев Е. М. Препринт ФИАН № (в печати), М., 1992.
4. Баранов А. Н. и др. Квантовая электроника, 12, 2202 (1985).
5. Kudriavtsev E. M. Proc. SPIE, 1397, p. II, 475 (1991).

Поступила в редакцию 2 января 1992 г.