

Лабораторна робота № 7

ВЗАЄМОДІЯ ІМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З ПОВЕРХНЕЮ ТВЕРДИХ ТІЛ

Мета роботи:

1. Дослідити залежність характеру руйнування лужно-галоїдних кристалів, поверхня яких покрита тонкою металевою плівкою, від товщини плівки при імпульсному лазерному опромінюванні.
2. Дослідити дислокаційну структуру в області руйнування та проаналізувати можливий механізм її формування.

Загальні відомості.

Випромінювання ОКГ (оптичного квантового генератора), яке сфокусовано на поверхню прозорого діелектрика, викликає появу на його поверхні руйнування у вигляді оплавлення області взаємодії та розтріскування або обох цих явищ. Це залежить як від потужності випромінювання, так і від фізико-механічних властивостей діелектрика.

Якщо випромінювання ОКГ достатньої потужності сфокусувати на поверхню лужно-галоїдного кристалу, на якій знаходиться тонка металева плівка, то структура області зруйнування залежить від товщини плівки h . Типова картина такої області приведена на рис. 1.

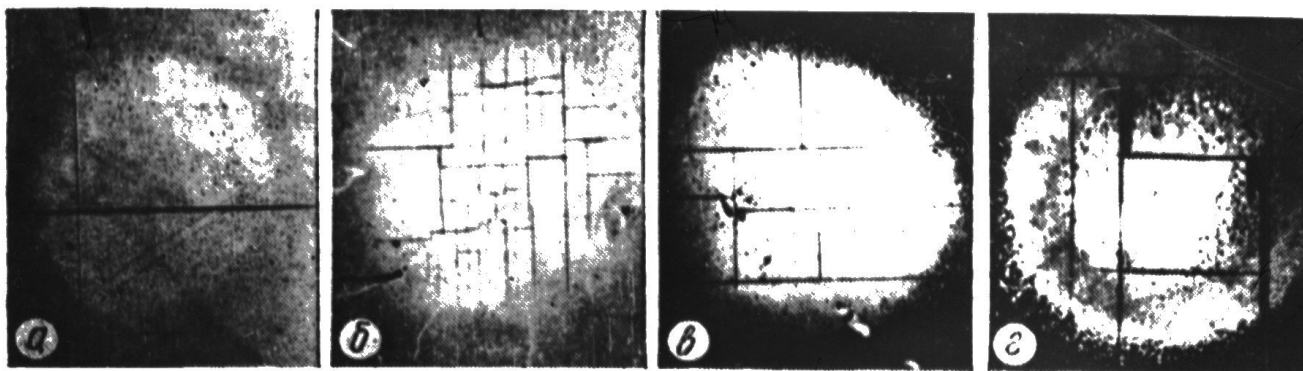


Рис. 1. Структура області зруйнування в залежності від товщини плівки h ,
а- 75 \AA , б- 170 \AA , в- 600 \AA .

Критерієм оцінки характеру руйнування зручно вибрати сумарну довжину тріщин L , як функцію від h . Виявляється, що залежність L від h немонотонна – найбільша густина тріщин спостерігається на зразках з плівками товщиною $100 - 200 \text{ \AA}$ (див. рис. 1).

Дислокаційна структура області руйнування в поперечних розрізах, які перетинають область руйнування, показана на рис. 2. Вона свідчить про те, що релаксація напружень супроводжується рухом дислокацій і розкриттям тріщин. Така картина руйнування добре описується в рамках дислокаційного механізму переносу речовини в монокристалах.

Стосовно явища, яке ми досліджуємо, суть його полягає в наступному. Під дією випромінювання ОКГ, що падає на металеву плівку, остання поглинає

енергію і нагрівається до температури кипіння T_k і при цьому випаровується. За час нагрівання і випаровування, на протязі якого зберігається безпосередній контакт плівки із кристалом, в при поверхневому шарі кристала встановлюється деякій розподіл температури і відповідний до нього розподіл термопружних напружень. Релаксація цих напружень проходить шляхом виносу речовини із стиснутої області на поверхню через рух дислокаційних сегментів. Після випаровування плівки іде процес поширення тепла в глибину кристалу. Це призводить до появи напружень в глибині кристалу та охолодження поверхні. Після охолодження поверхні до деякої температури T в області, що раніше була стиснутою, виникають напруження, які розтягують. Вони релаксують за рахунок зворотнього руху дислокацій та утворення тріщин. Тріщини, що виникають у зоні руйнування, повинні розповсюджуватися на деяку глибину $x(h)$. Ця глибина залежить від часу випаровування плівки, який в свою чергу залежить від її товщини. Якщо припустити, що при виникненні тріщини, глибина якої $x(h)$, напруження релаксують в області кристалу, ширина якої $2x(h)$ (див. рис. 2), а довжина однієї тріщини D (D - поперечний розмір пучка), то сумарна довжина тріщин у двох взаємно перпендикулярних напрямках в області кристалу, яка знаходиться під пучком, буде $2 \cdot \frac{D}{2x(h)} D$, тобто визначається виразом $L(h) \sim \frac{D^2}{x(h)}$.

Густина дислокацій $\rho(x)$ на відстані X від поверхні зразка, очевидно, пропорційна напруженню σ , яке в свою чергу пропорційне температурі T на поверхні зразка. Як показано в [2], виконується співвідношення $\rho(x) \approx \exp\left(-\frac{x^2}{4\chi t}\right)$, де χ - коефіцієнт температуропровідності; t - час розвитку руйнування. Звідси витікає, що залежність $\ln \rho$ від x^2 повинна бути лінійною.

$$h \approx 75 \text{ \AA}$$

$$h \approx 170 \text{ \AA}$$

$$h \approx 600 \text{ \AA}$$

$$h \approx 1000 \text{ \AA}$$

В цій роботі досліджуються монокристали KCl та LiF, які вироцнені із розплаву методом Кіропулоса. Із великого блока виколуються зразки – пластини розмірами $(10 \times 10 \times 4) \text{ мм}^3$. На одну із площин $(10 \times 10) \text{ мм}^2$ напиленням в вакуумі $\approx 10^{-4} \text{ торр}$ наноситься тонка плівка Cu. Товщина покриття задається вагою металу, що випаровується, а потім вимірюється на інтерферометрі. Контрольні експерименти з покриттям із інших металів, приводять до аналогічних результатів.

Джерелом випромінювання є рубіновий лазер ГОР-30, який працює в режимі вільної генерації. Тривалість імпульсу τ дорівнює 10^{-3} с , потужність випромінювання $\approx 5 \cdot 10^5 \text{ Вт/см}^2$.



Рис. 2. Дислокаційна структура і тріщини в області взаємодії з ОГК.
(поперечний розріз)

Порядок виконання роботи.

1. На свіжий скол монокристалів KCl та LiF випаровуванням в вакуумі нанести плівки Cu товщиною $\sim 100 \text{ \AA}$
2. За допомогою лазера ГОР-30 опромінити зразки. Опромінювання кожного зразка провести по 4-5 разів так, щоб області руйнування не перекривалися. Сфотографувати типові картини руйнування.
3. Розколоти зразки так, щоб перетнути області руйнування, та протравити на дислокації сколи перпендикулярні областям руйнування. Сфотографувати дислокаційну картину, яка сформувалася, та тріщини.
4. Підрахувати густину дислокацій на різних відстанях від поверхні, що опромінювалась. Побудувати графік залежності $\ln \rho = f(x^2)$.

Звіт

Звіт про виконану роботу повинен вміщувати:

1. Фотографії областей руйнування кристалів, які мають металеві покриття різної товщини.
2. Фотографії дислокаційних структур і тріщин на перпендикулярних до зони зруйнування сколах.
3. Графік залежності $\ln \rho = f(x^2)$.

Контрольні питання.

Література:

1. В.Г.Кононенко, А.К.Емец. УФК, т.22, Ж 2, С.179-183, 1977.
2. Я.Е. Гегузин, В.Г.Кононенко. ФТТ, т.15, 0.3550, 1973.