

ДОКЛАД

«ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛ МОЩНЫХ ЛАЗЕРОВ»

(Improving Resource of Metal Mirrors for
Powerful Lasers)

Филин Сергей Александрович

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова

Рогалин Владимир Ефимович

АО «Национальный центр лазерных систем и комплексов
«Астрофизика»

Каплунов Иван Александрович

Тверской государственной университет

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Очистка лазерных зеркал из меди, её сплавов и подобных материалов традиционными растворителями от эксплуатационных и технологических загрязнений механической протиркой может сопровождаться царапинами.
2. Недостаток бесконтактной очистки – низкая эффективность растворителей и нестабильность их свойств при хранении и использовании.
3. Диагностирование порога оптического пробоя, ресурса эксплуатации зеркал и прочности нанесённых на них покрытий позволила найти азеотропные смеси более эффективных растворителей; исследованы и предложены способы стабилизации их физико-химических свойств.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

1. Очистке подвергали зеркала из меди Моб с оптическими характеристиками: форма поверхности $N = 2$; ошибка по форме $\Delta N = 0.5$; класс оптической чистоты $P = V$.
2. Очистку зеркал необходимо проводить при невысоких температурах (несмотря на возможное снижение растворяющей способности). Для снижения рабочей температуры по сравнению с чистыми растворителями предпочтительно использование азеотропных смесей. Это обусловлено также их высокой растворяющей способностью к основным видам загрязнений на зеркалах. Приготовление азеотропных смесей осуществляли в соответствии с весовым содержанием, либо методом ректификационной возгонки.
3. В качестве модельных загрязнений использовали смеси, наиболее приближенные к реальным, образующимся на зеркалах при абразивной обработке. Это — пекканифольная смола, ПАВ типа «Прогресс» в количестве 200 мг, составлявшее во всех экспериментах 2 вес.%, и диффузионное (ВМ-5) и веретенное масла и жировые загрязнения с рук, взятые в равных соотношениях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

4. После пяти циклов очистки на зеркало наносили испарением в вакууме покрытие из чистой меди.
5. Оценку адгезионной прочности покрытия производили с помощью многократного отрыва от покрытия липкой ленты ГОСТ 20477-75 и на разрывной машине 20038P-005, для чего на образцы приклеивали клеем К-400 по 4 стальных столбика.
6. На второй серии зеркал из меди после пяти циклов очистки производили определение плотности мощности лазерного излучения (длина волны 1,06 мкм, длительность импульса 30 нс), которую на зеркале последовательно повышали от 10^3 до $5 \cdot 10^8$ Вт/см² до появления устойчивого факела (точность измерения составляла $\pm 15\%$).
7. С помощью микроскопа исследовали состояние поверхности на участках с различным количеством воздействующих импульсов излучения пороговой интенсивности в присутствии факела.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Модельные загрязнения, содержащие 75 вес.% пекканифольной смолы, лучше всего растворяются в азеотропной смеси «фреон-112 – 2-бутанон» и « CCl_4 – 2-бутанон». Адгезионная прочность меди, напылённой на очищенную поверхность, после обработки этими составами достигает максимума — $11,3 \text{ кг/см}^2$ (рис. 1).
2. Исследование порога оптического пробоя очищенной поверхности показало (рис. 2), что его максимум для меди (1,0) получен в смесях «фреон-114В2 – ацетон», «фреон-114В2 – трет-бутанол – метиленхлорид» и «фреон-113 – этанол – метиленхлорид». Смеси, обеспечившие максимальную адгезионную прочность покрытия, показали более низкую величину порога оптического пробоя (0,83 и 0,89, соответственно). Аномально высокий порог оптического пробоя ($\sim 1,0$) получен на всех зеркалах и при очистке азеотропной смесью «фреон-114В2 – ацетон», что объясняется максимальным содержанием в ней фтора.
3. Адгезионная прочность покрытий и порог оптического пробоя зеркал приведены в относительных единицах с точностью $\pm 10\%$ и $\pm 15\%$, соответственно. За «1,0» принималось максимальное среднее значение адгезионной прочности покрытия, составившее $11,3 \text{ кг/см}^2$, и значение порога оптического пробоя, равное (в пределах ошибки измерений) его расчетному значению для меди ($5 \cdot 10^8 \text{ Дж/см}^2$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

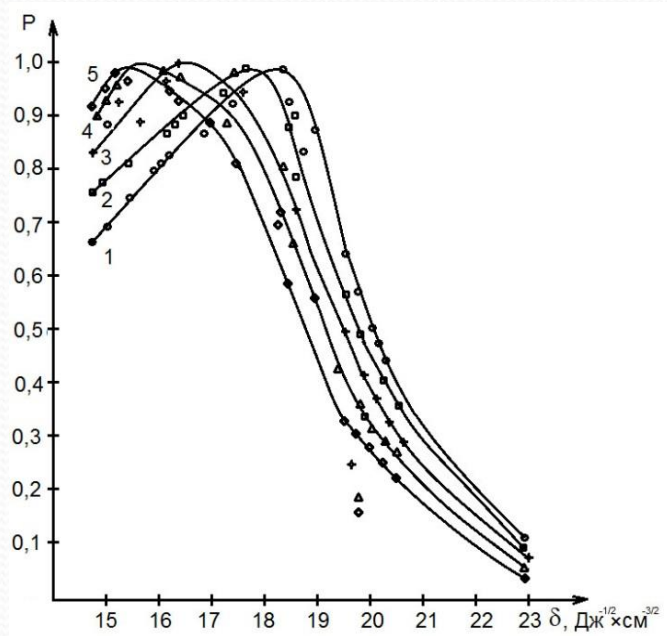


Рис. 1 - Зависимость адгезионной прочности напылённого слоя меди на зеркале от параметра растворимости моющей среды при содержании пекканифольной смолы в загрязнении: 1 - 75%; 2 - 60; 3 - 45; 4 - 30; 5 - 15%

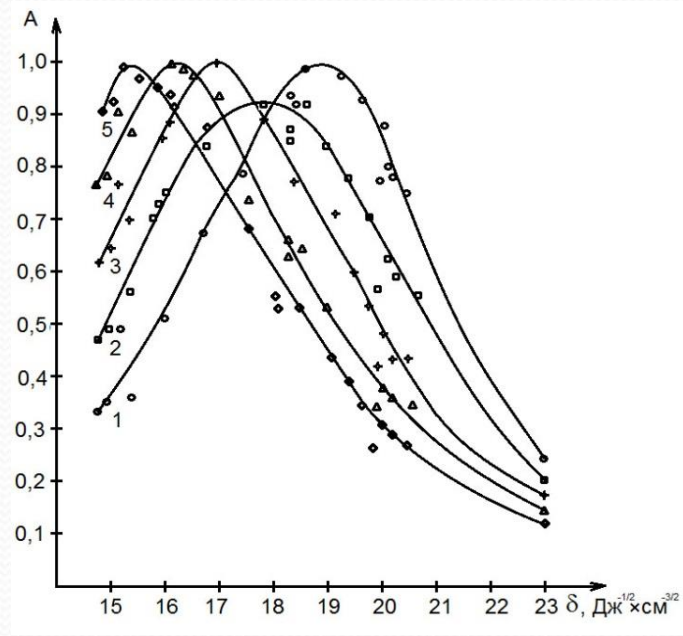


Рис. 2 - Зависимость порога оптического пробоя зеркала из меди от параметра растворимости моющей среды при содержании пекканифольной смолы в загрязнении: 1 - 75%; 2 - 60; 3 - 45; 4 - 30; 5 - 15%

ВЫВОДЫ

1. Показана эффективность использования азеотропной смеси - «галогензамещенный углеводород – ацетон (2-бутанон) – этанол» для очистки металлооптики. Максимум адгезионной прочности обеспечивается применением азеотропной смеси с параметром растворимости и полярной селективностью компонентов, близких к параметрам загрязнений.
2. Максимум порога оптического пробоя ($\sim 1,0$) обеспечивают азеотропные смеси, когда полярная селективность и параметр растворимости компонентов растворителя, содержащего максимально возможную концентрацию фтора, и примесей совпадают. Приведен вероятный механизм этих процессов.
3. Параметр растворимости загрязнения должен отличаться от параметра растворимости азеотропной смеси (при которой достигается максимум адгезионной прочности) на величину $0,3-1,0 \text{ Дж}^{-1/2} \cdot \text{см}^{-3/2}$.
4. Приведен вероятный механизм зависимости параметров растворимости азеотропной смеси, обеспечивающих достижение максимумов адгезионной прочности и порога оптического пробоя.

ВЫВОДЫ

5. Выявлены правомерность учета энергетических факторов поверхности в классической теории растворимости и возможность выбора моющей среды для очистки металлооптики с использованием параметра растворимости Гильдебрандта для растворителей и загрязнений с учетом их полярной селективности с последующей коррекцией на энергетические характеристики поверхности.
6. Обоснована целесообразность использования для очистки силовой металлооптики экологичной, с высокой химической и термической стойкостью и низкой температурой кипения азеотропной смеси «фреон-114В2 – ацетон», обеспечивающей получение близких к максимуму адгезионной прочности покрытий и порога оптического пробоя в широком диапазоне состава загрязнений.

Наши контакты: E-mail: Kaplunov.IA@tversu.rul.ru; safilin@mail.ru

Спасибо за внимание!