

# ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ В РЕЛЕЙНОЙ ТЕХНИКЕ

## LASER APPLICATIONS FOR RELAY

**Ю.Лакиза, инж., А.Малащенко, к.т.н., Д. Мартынов, к.т.н.,**  
АООТ «Северная заря», Санкт-Петербург  
*Engineer Lakiza Y.V, candidate of science Malashchenko A. A.,  
candidate of science Martynov D. I.*  
(OJSC «Severnaya Zaria», Saint-Petersburg)

*Рассматриваются примеры применения различных лазеров в технологии производства электромагнитных реле. Показана высокая эффективность использования лазерного излучения как технологического инструмента для сварки, пайки, резки и скрайбирования деталей реле, зачистки микропроводов от изоляции и т. п.*

*The examples of different laser applications used in electromagnetic relays technology are considered. High performance of laser beam technology for relay details welding, soldering, dicing, cutting and skinning from insulation are shown end etc.*

В начале 60-х годов сразу же после изобретения лазера появились первые лабораторные установки, на которых ученые и инженеры различных отраслей промышленности стали опробовать возможности лазерного излучения, в том числе и для технологических целей. Наиболее очевидным технологическим использованием монохроматического когерентного и мало расходящегося оптического излучения было его термическое воздействие, аналогичное воздействию обычного лампового излучения, формируемого светолучевыми установками. Даже в наименовании первых лазерных установок содержалось слово «свет» (СУ-1, СЛС-10-1).

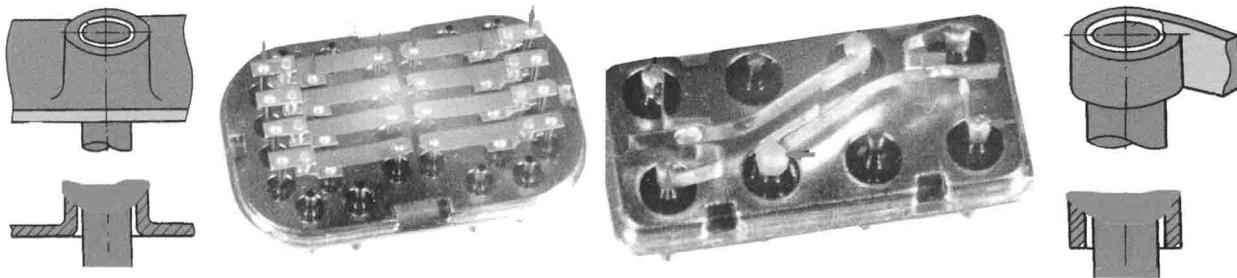
Лабораторные установки СУ-1 и К-3, выпущенные в 1964 г., позволили практически продемонстрировать возможности импульсного лазерного излучения для микросварки, прошивки отверстий, подгонки резисторов и т.п., а накапливаемый опыт работы на этих установках формировал технические требования как к параметрам лазерного излучения для тех или иных технологических операций, так и к лазерному промышленному оборудованию.

В начале 70-х годов в Московском НИИ «Полюс» было организовано производство промышленных лазерных установок типа СЛС-10-1 и «Квант-10», которые предназначались для сварки контактных деталей электромагнитных реле, массово изготавливаемых в Ленинградском ПО «Красная заря». По существу это и было первым широкомасштабным применением лазеров в отечественной промышленности. Как оказалось в дальнейшем, конструктивно-технологические особенности сравнительно простых электромагнитных приборов реле позволили весьма широко и эффективно использовать для их изготовления лазерную технологию.

Ниже приведены основные результаты разработок и внедрения процессов лазерной технологии в производство слаботочной релейной техники, выполненные специалистами АООТ «Северная заря».

### Сварка и повышение ее эффективности

Импульсное излучение твердотельных лазеров, благодаря хорошему сочетанию энергетических, временных и пространственных характеристик, наиболее успешно стало применяться при сборке различных изделий приборостроения и радиоэлектроники, заменяя, как правило, сварку давлением и ручную пайку. В условиях массового<sup>2</sup> производства слаботочных электромагнитных реле в 70-80-х годах замена ручной флюсовой пайки контактов или контактодержателей реле с выводами цоколя (рис. 1) на экологически чистую лазерную сварку имела не только громадный технико-экономический, но и значительный социальный эффект.



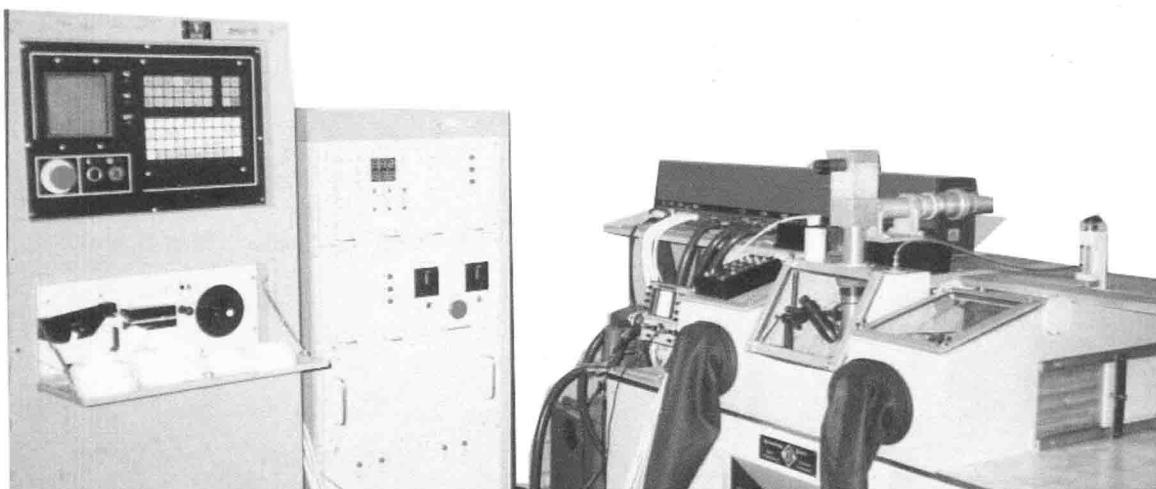
**Рис. 1. Наиболее распространенные соединения контактов или контактодержателей с выводами цоколя реле и соответствующие им типовые контактные системы реле**

Применение лазерного излучения не только взамен трудоемкой и «грязной» операции пайки, а также и взамен электроконтактной сварки, всегда выполняемой с приложением давления, послужило толчком к специальному проектированию узлов реле с учетом положительных особенностей лазерного инструмента. Например, были разработаны конструкции контактных систем реле, практически не требующие термокомпенсационного отжига после их изготовления с применением лазерной сварки. Было разработано также сверхминиатюрное поляризованное реле РПС46 весом менее 2 г, в котором практически все детали и узлы соединяются лазерной сваркой. В этом реле при соединении кожуха с цоколем впервые использовалась лазерная шовная сварка, для чего была разработана специализированная установка «Квант-12».

В настоящее время для герметизации миниатюрных и сверхминиатюрных реле применяется современное более производительное оборудование, например, специализированная установка, разработанная и изготовленная в АООТ «Северная заря» на базе импульснoperiodического лазера ЛИТ-500 (рис. 2).

Для обеспечения надежной герметизации малогабаритных реле (рис 3), когда требуется более мощное излучение с длительностью импульса не менее 510 мс, был модернизирован источник питания базового лазера «Квант-15», позволяющий повысить энергию импульса излучения до 10 Дж при частоте повторения импульсов до 30 Гц.

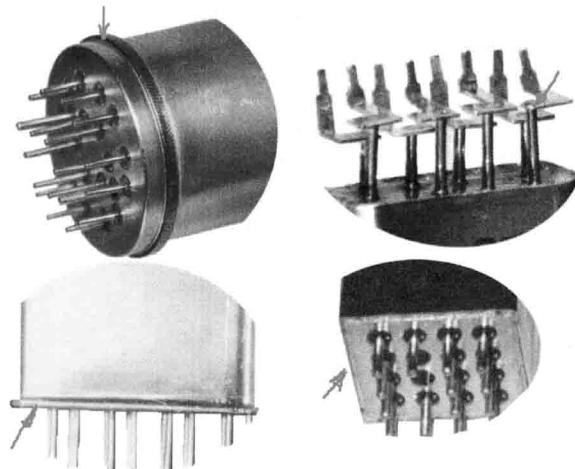
Очевидно, что лазерная установка с такими параметрами может успешно применяться и для точечной сварки деталей и узлов более мощных реле. Примеры применения лазерной точечной сварки при сборке деталей электромагнитов поляризованных реле приведены на рис.4.



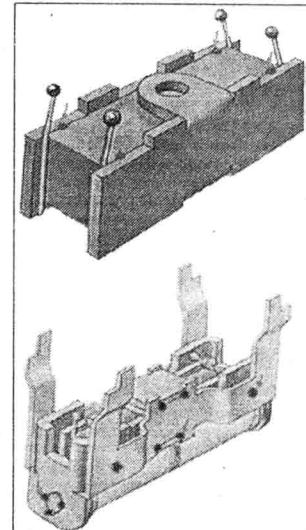
**Рис.2. Специализированная установка АООТ «Северная заря» для герметизации реле на базе лазера ЛИТ-500.**

Установка оснащена герметичным боксом для сварки в среде нейтрального газа и программно-управляемым столом

Характер сварных соединений реле, состоящих, как правило, из разнородных и хорошо отражающих лазерное излучение металлов, потребовал поиска не стандартных технологических решений, направленных на повышение эффективности и качества сварки.

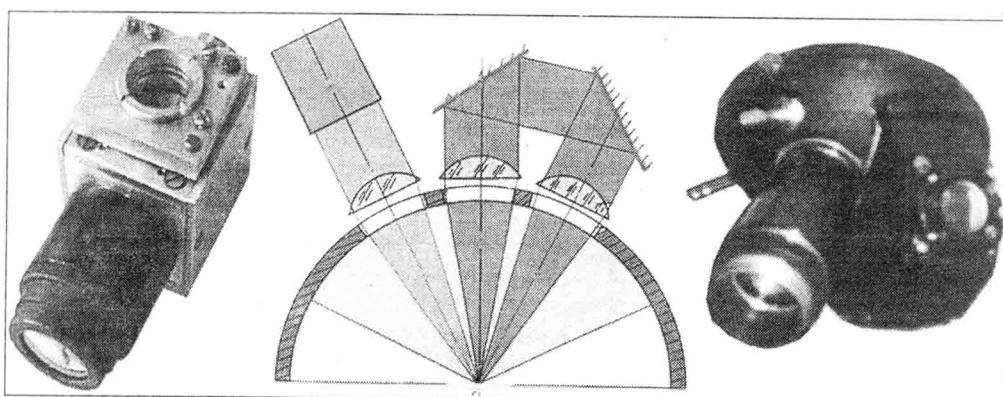


**Рис. 3. Примеры лазерной шовной сварки корпусов реле**



**Рис. 4. Примеры лазерной точечной сварки деталей электромагнита**

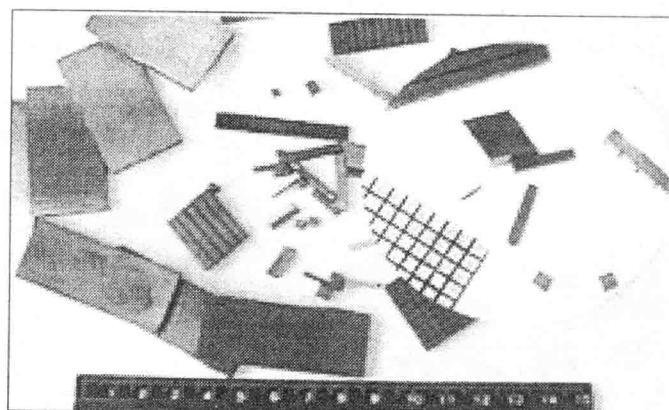
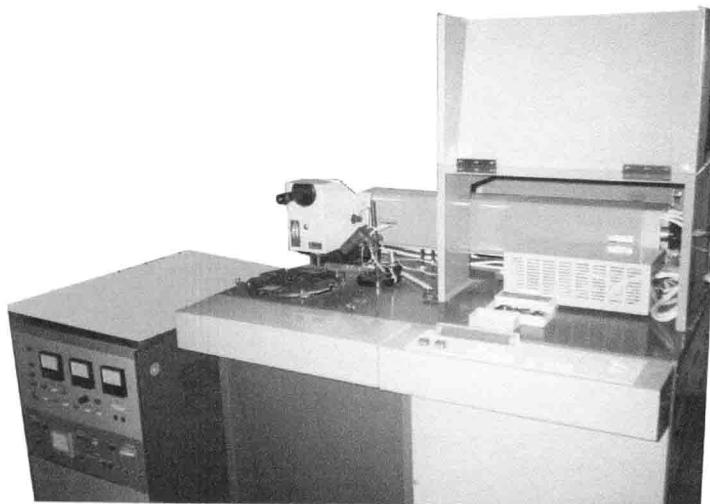
Одним из таких решений является применение в процессе сварки световозвращающих устройств, обеспечивающих повышение КПД лазерного излучения от 2 до 10 раз при одновременной стабилизации энерговложения. Более подробно этот вопрос изложен в работах [1-4]. В работе [1] рассмотрены также и вопросы расчета режимов лазерной сварки деталей реле. Здесь же на рис. 5 приведена оптическая схема многократного возврата лазерного излучения в зону обработки, и внешний вид некоторых из разработанных световозвращающих устройств [5,6].



**Рис. 5. Оптическая схема многократного возврата лазерного излучения в зону обработки, и внешний вид одного из разработанных световозвращающих устройств**

## **Скрайбирование магнитных заготовок, маркировка, резка деталей реле**

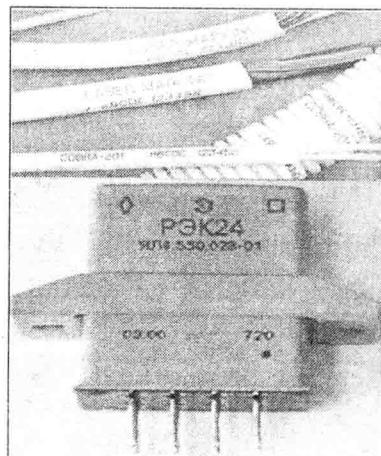
Не менее эффективным применением лазеров в технологии производства реле является и разработанный в середине 80-х годов типовой процесс скрайбирования (надрезания) листовых и прутковых заготовок толщиной до 5 мм из моно- и поликристаллических магнитных материалов, используемых для изготовления постоянных магнитов поляризованных реле [7]. Для реализации лазерного скрайбирования был разработана специальная полуавтоматическая установка на базе лазера ЛТИ-502 (рис.6), используемая взамен 10 традиционных электроэрозионных станков, позволяя также сэкономить до 20% материала заготовки и уменьшить потребление электроэнергии в 2 раза.



**Рис. 6. Специализированная установка АООТ «Северная заря» для скрайбирования магнитных материалов на базе лазера «Темп-50» и образцы магнитов и заготовок.**  
Скорость выполнения надреза глубиной и шириной 0,1 мм до 10 мм\с

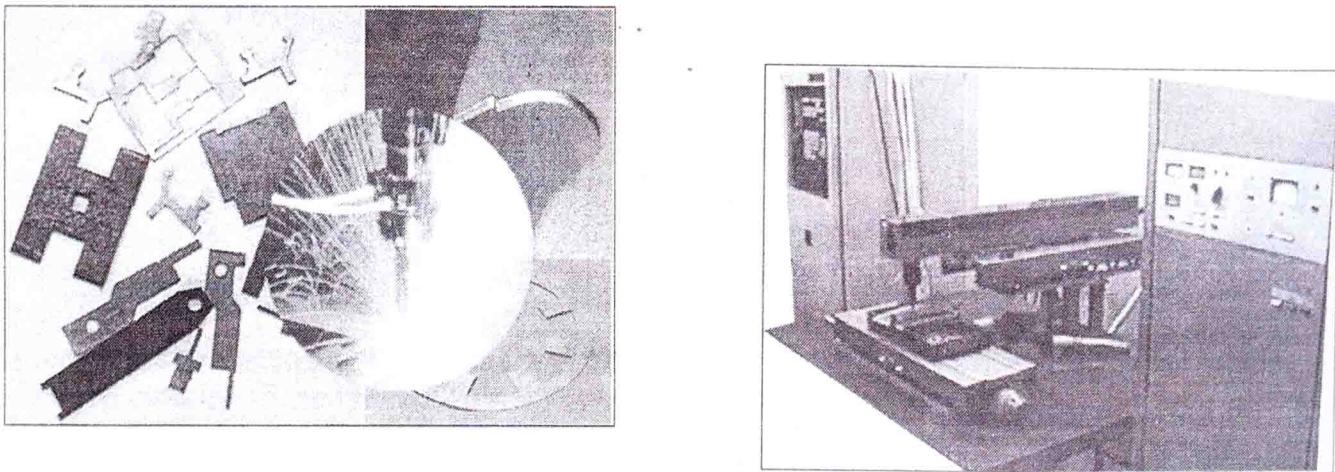
Мощность лазерного излучения и длительность импульсов при скрайбировании выбираются так, чтобы происходило удаление материала из зоны обработки преимущественно за счет его испарения, т.е. без образования жидкой фазы. Аналогично выбираются параметры лазера и для осуществления маркировки металлических, пластмассовых и окрашенных материалов

Для маркировки готовых реле и их деталей, шильдиков аппаратуры и оборудования, проводов и т.п. используются специализированные маркеры на базе лазера «Квант-60», оснащенные компьютером для программирования текста или рисунка маркировки (рис. 7).



**Рис. 7. Установка для лазерной маркировки и ее примеры нанесения на проводах и реле**

Детали реле в условиях производства обычно изготавливают методом штамповки. Однако при макетировании реле такой способ изготовления небольшого количества деталей трудоемок и дорог. В этом случае более эффективно применение газолазерной резки с использованием излучателей твердотельных лазеров типа ЛТН-102 (рис.8), работающих в импульсном режиме с частотой повторения импульсов 3050 Гц. Соответствующий выбор параметров излучения, состава и скорости подачи газа позволяют получать приемлемое качество кромок деталей, форма которых задается соответствующим перемещением программно-управляемого стола.



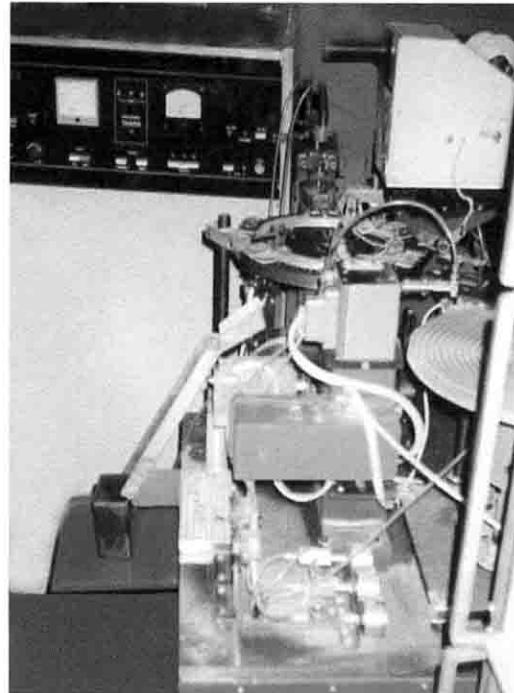
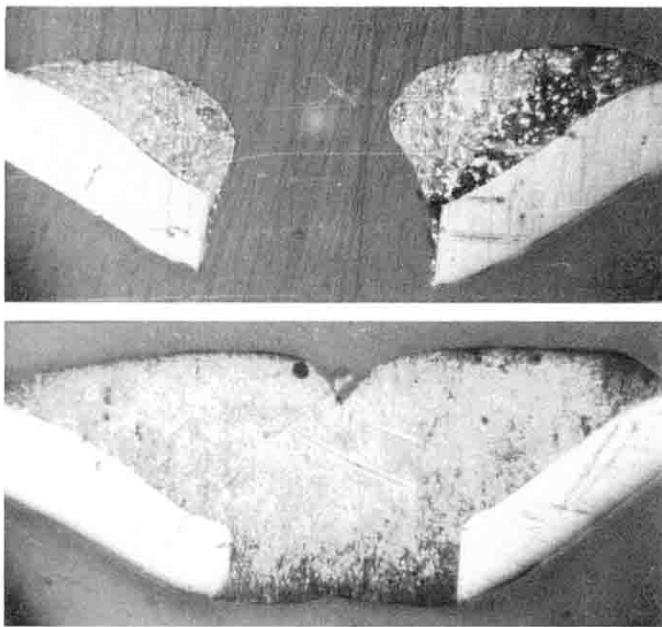
**Рис. 8. Примеры газолазерной резки деталей реле на программно-управляемой установке (справа)**

### **Лужение и заплавка отверстий**

Технологический процесс лазерной заплавки облуженных отверстий был разработан как альтернатива процессу окончательной герметизации реле, осуществляющему путем флюсовой пайки низкотемпературным припоем. Для лазерной заплавки отверстий (рис. 9), имеющих диаметр 0,5-1,0 мм, используется сварочная установка типа «Квант-10» или «Квант-15».

Очевидно, что при лазерном нагреве, благодаря высокой скорости расплавления припоя, не требуется флюс, пары которого могли бы попасть во внутренний объем реле. Кроме того, мощности лазерного излучения достаточно для использования и более тугоплавких припоев.

Для объективной оценки качества заплавки откаченного отверстия установка оснащена устройством [8], измеряющим пространственно-временные характеристики основного и вспомогательного лазерного излучения, отражаемого от формирующейся поверхности припоя. При получении неудовлетворительного сигнала устройство выдает команду лазеру на повторение посылки импульса для повторной заплавки.



**Рис. 9. Шлифы заплавленного и облуженного отверстия на специализированной автоматической установке АООТ «Северная заря» на базе лазера ЛТН-102**

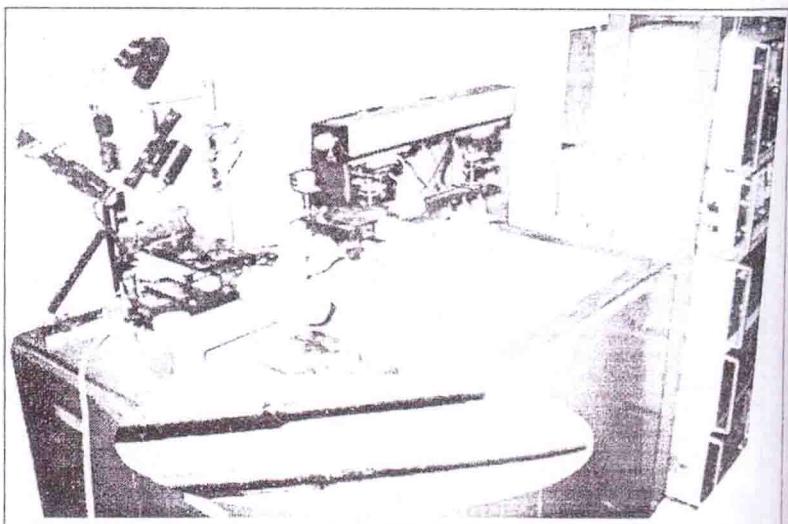
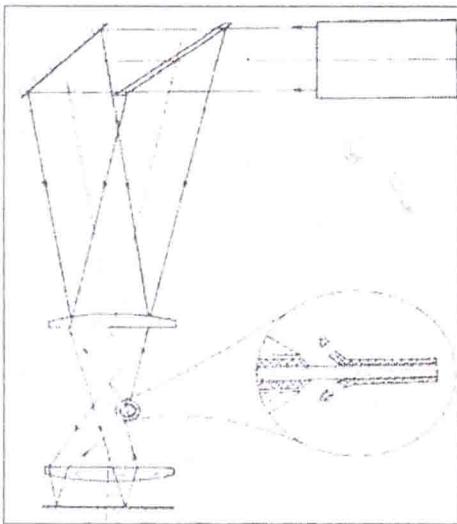
С целью получения стабильных по форме облуженных кромок отверстия, в том числе и облуженных тугоплавким припоем, был разработан новый способ [9,10] и специализированная автоматизированная установка, также основанные на применении лазерного излучения как источника дозированного тепла (рис. 9).

### **Удаление изоляции с микропроводов**

Традиционные способы очистки от изоляции обмоточных ( $\varnothing=20\text{-}150$  мкм) и монтажных ( $\varnothing=0,5\text{-}1,0$  мм) микропроводов основаны на термомеханическом, или на чисто термическом воздействии на изоляцию соответствующего инструмента. Применение этих способов для обработки новых типов проводов в полиимидной изоляции не обеспечивало требуемого качества, так как высокопрочная и теплостойкая (температура разложения 600-800 °C) изоляция, сгорая, существенно окисляла жилу провода. При механической зачистке жила микропровода получает недопустимые повреждения.

Решение этой технической задачи стало возможным благодаря использованию нового способа лазерной очистки [11], основанного не на термическом разложении (сгорании) изоляции, а на ее удалении с одновременно испаряемым тонким слоем металлической жилы в результате воздействия на нее мощного ( $10^8\text{-}10^9$  Вт\см<sup>2</sup>) и короткого (10 нс) импульса мало поглощаемого изоляцией излучения.

Для ускорения очистки тонких проводов без их вращения было разработано устройство, оптическая схема которого показана на рис. 10. Это устройство, а также оптико-механический блок, разделяющий лазерный пучок на несколько частей и направляющий их на разные стороны толстого провода, применены в специализированной установке, созданной на базе лазера ЛТИ-205 (рис. 10). Более подробно с особенностями технологии лазерной очистки микропроводов можно ознакомиться в работе [12].



**Рис. 10. Схема очистки тонких проводов и специализированная установка АООТ «Северная заря» на базе лазера ЛТИ-205 с многосторонним воздействием излучения:  $\lambda=1,06 \text{ мкм}$ ,  $E \leq 1,0 \text{ Дж}$ ,  $F \leq 50 \text{ Гц}$ ,  $t=5-15\text{нс}$ .**

Скорость зачистки: обмоточных проводов  $\varnothing=20-150 \text{ мкм}$  до  $50 \text{ мм}\backslash\text{s}$ ; монтажных проводов  $\varnothing=0,5-1,0 \text{ мм}$  до  $10\text{мм}\backslash\text{s}$

### Заключение

Как следует из представленного обзора, импульсные твердотельные лазеры занимают одно из ведущих мест в технологии производства миниатюрных электромагнитных реле. По сути, современное производство таких реле и их дальнейшее совершенствование уже не возможно без использования лазеров

Среди новых возможных применений лазерного излучения следует отметить направление, связанное с повышением электрохимической износостойкости контактов и механической износостойкости деталей электромагнита, которые могут быть достигнуты благодаря специальному воздействию лазерного излучения на контактирующие и трещищиеся поверхности.

Другим актуальным направлением работ является повышение качества и стабильности операций сварки, лужения, заплавки и т.п., особенно при изготовлении дорогих и высоконадежных изделий. Как показано в [1-4,13], наиболее простым и эффективным способом повышение качества и стабильности лазерной металлообработки является использование отраженного излучения, содержащего не только энергию, которую можно повторно и многократно применить, но и информацию, по которой можно судить о результате воздействия.

Для наиболее всестороннего исследования пространственно-временных параметров отражаемого из зоны обработки лазерного излучения можно воспользоваться запатентованным устройством [14].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Малащенко А. А., Мезенов А. В. *Лазерная сварка металлов*. М.: 'Машиностроение', 1984.
2. Лакиза Ю. В., Малащенко А. А., Мезенов А. В. *Повышение эффективности лазерной обработки материалов*. Л.: ЛДНТП, 1984.
3. Лакиза Ю. В., Малащенко А. А., Мезенов А. В. Эффективность электронно-лучевой и лазерной обработки металлов *Изв. ЛЭТИ/Научн. тр. Ленингр. электротехн. ин-та им. В. И. Ульянова (Ленина)*, 1982, вып. 303.
4. Лакиза Ю. В., Малащенко А. А., Мезенов А. В., Пустоварин В. И. Исследование возможности повышения эффективности использования лазерного излучения в металлообработке. *Техника средств связи*, 1982, сер. ТПС, вып. 5.

5. Авт. сейд. СССР № 892808. Устройство для лазерной обработки материалов /Лакиза Ю. В., Малащенко А.А.
6. Авт. сейд. СССР № 957507. Устройство для лазерной обработки /Лакиза Ю. В., Малащенко А.
7. Авт. сейд. СССР № 1384084. Способ изготовления магнитов преимущественно с полукристаллической