

④ 電機製品における接着技術*

Technology of Adhesive Bonding for Electric Appliances*

原 賀 康 介**, 西 川 哲 也***, 寺 本 和 良***

Kosuke HARAGA**, Tetsuya NISHIKAWA*** and Kazuyoshi TERAMOTO***

キーワード：接着，接着剤，接着工程，生産合理化，軽量化，ウェルド
ボンディング，プレコート鋼板，プラスチック，アモル
ファス合金，表面改質

1. は じ め に

最近の電気製品においては、システム化、高付加価値化、デザインや機能の多様化、大型化や軽薄短小化、高級化や低価格化などの傾向が著しく、このような傾向に対応するために、高密度化、高精度化、高機能・高性能化、製造機種種の増加、生産コストの低減などが要求されている。これらの要求に対して、精密・微細な加工や組み立て、新素材の採用、組み立ての構造や方法の見直し、多品種少量の高速自動生産などの技術開発が盛んになされている。このような中で、種々の機能を有する接着技術は、電気製品の組み立てにおいて必要不可欠な要素技術となっており、種々の適用がなされている。

本稿では、接着技術のどのような利点が活用されているのか、接着の問題点はどのように解決されているのかを、最近の適用例を中心に紹介する。

2. 電機製品における接着技術の利用のポイント

接着接合は、溶接やネジ止めなどにはない種々の利点を有しており、これを有効に利用することにより種々の機能や効果が得られる。電機製品において、接着接合が用いられる目的と、利用されている接着接合の利点について以下に説明する。

(1) 薄板化、軽量化への対応：接着接合は面接合

*原稿受付 平成3年1月11日

**正 員 三菱電機材料研究所 Member, MIT-SUBISHI ELECTRIC Corp.

*** 三菱電機材料研究所 MITSUBISHI ELECTRIC Corp.

であり応力分散が図れる利点を利用し、薄板の高強度接合、高剛性化、耐振性向上が実現できる。また、金属箔、フィルムなどの薄葉材料、プラスチックなどの軽量材料も容易に接合できるので、採用が促進される。

(2) 新材料の採用、材料変更への対応：各種の材料や異種材料が容易に接合でき、また、接合に要する温度が低いという利点を利用し、プレコート鋼板などの新材料の採用や、適材適所の材料選定が促進される。

(3) 多品種少量生産への対応：(2)と同様の利点から、種々の材料が混在して流れるラインに容易に対応できる。また、穴明けやネジ加工などが不要で、液体であるため種々の形状の塗布が容易にでき、接合部の形状が異なる場合にも容易に対応できる。

(4) 高品質意匠への対応：接合時に大きな力が加わらず、接合時の歪みも非常に小さいため、平滑な表面が容易に得られ、仕上げ作業の工程も不要である。

(5) 充填効果の利用：隙間を埋めることが容易にでき、シール、熱伝導、表面での反射防止、部品の精度吸収などの効果が接合と同時に得られる。

3. 電機製品における最近の接着技術

3.1 ウェルドボンディングによる送風機の羽根組み立て^{1,2)}

送風機の羽根には、図1に示すように、鋼製のスパイダーに鋼製のブレードが接合される構造のものがある。従来は、一般にリベットで組み立てられて

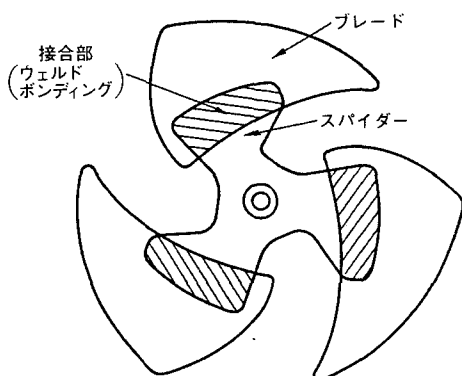


図1 ウェルドボンディングによる送風機の羽根組み立て構造

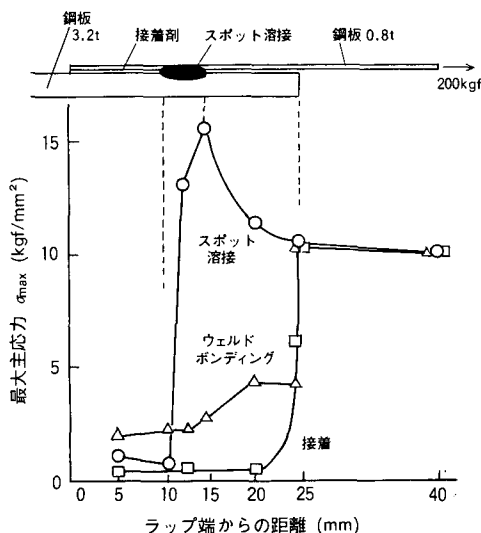


図2 重ね合わせ接合部の薄板下面に働く最大主応力分布の比較(鋼板 0.8t-3.2t, 重ね 25mm, 幅 25mm, 引張り荷重 200kgf)

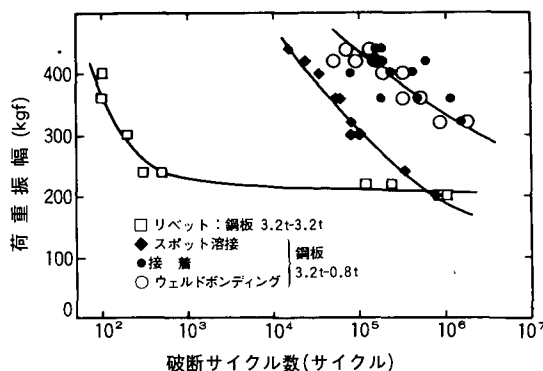


図3 引張りせん断繰返し疲労特性の比較(鋼板, 重ね 15mm, 幅 25mm)

おり、接合部の応力集中が大きく薄板では接合強度が低下するため、ある程度の板厚が必要で薄肉化、軽量化に限界があった。また、リベット締結後に塗装を行っても塗料が接合部の内部まで十分に入らず、使用中に錆が発生するという問題もあった。

これに対して、ウェルドボンディングで接合された羽根では、部品の重なり部分の前面が接着剤により面接合されるので、図2に示すように接合部での応力分散が図れ、薄板でも高い接合強度と、図3に示すように優れた耐疲労特性が得られる。ウェルドボンディングと高張力鋼板を採用することにより30~40%の薄板化、軽量化が実現した³⁾。さらに、スポット溶接が併用されていることにより接合信頼性が非常に高く、また、重なり部分での錆の発生もなく、リベットの突起もないので外観意匠性にも優れるなどの効果も得られている。接着剤は一液加熱硬化型の構造用エポキシが使用され、油面に塗布して貼り合わせ、スポット溶接の後塗装し、焼き付け塗装ラインで160~180°Cで塗料と接着剤が同時に硬化される。スポット溶接は硬化までの仮固定と、スパイダーの曲面にブレードの曲面を沿わせるためにも重要な役割を果たしている²⁾。

3.2 多品種少量生産エレベータパネルの接着組み立て⁴⁾

エレベーターのかご室の壁、扉、乗場の扉などの意匠パネルは、典型的な多品種少量生産品である。従来は、図4に示すように、表面材の種類に応じて種々の構造がとられていた。

多品種少量生産を効率よく行ない、顧客ニーズに迅速で柔軟に対応するとともに、かご室を軽量化して、省エネルギーやエレベーターシステムの小型化の要求にも応えるために、構造の簡素化と標準化が行なわれ製造方法の統一が図られている。構造面では、軽量で剛性の高いコルゲート上補強材を接着接合する構造が全面的に採用され、さらに、表面材も薄肉化されている。接着材は、多種類の材質に対応できるように焼き付け塗装にも耐える耐熱性、塩ビ鋼板のような熱に弱い意匠材料にも影響のない低温硬化性、各種材料に対する優れた接着強度と耐久性、薄板でも歪みの出ない低硬化収縮性、さらに、優れた作業性を有した構造用ウレタン系接着剤とプライマーが新たに開発され使用されている。

図5に製造工程を示した。各種の材質、形状・寸法のパネルが同一ラインで製造される。プライマーは鋼板、ステンレス鋼板のみにスプレー塗布され、

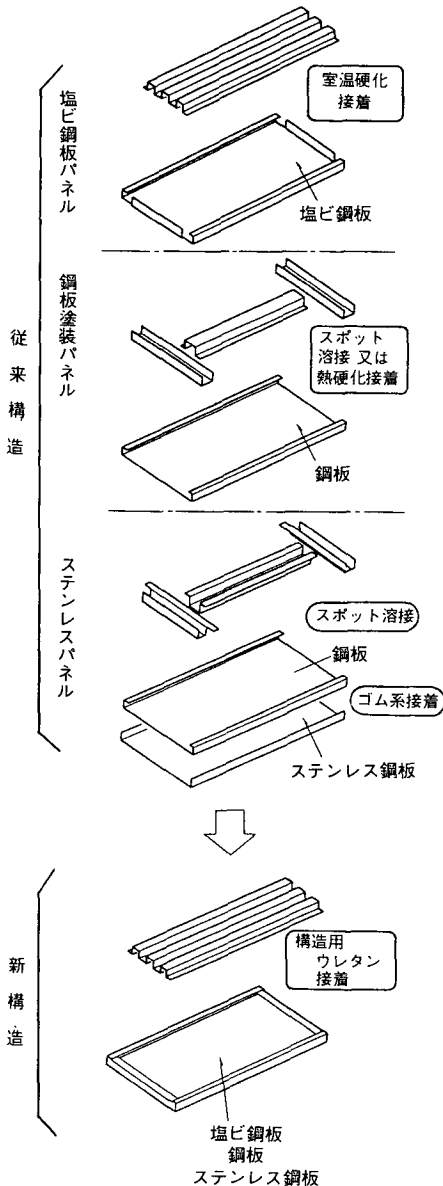


図 4 意匠パネルの基本構造

塩ビ鋼板、亜鉛めっき鋼板には塗布されない。接着剤は、専用の塗布ロボットにより、接着部の形状・寸法に応じて塗布パターン、吐出量を自動的にコントロールして塗布される。補強材を貼り合わせた後、補強材の形状・寸法にかかわらず接着部に均一な加圧が自動的に行なわれ、加圧状態で 80°C 10 分間の加熱硬化がなされる。接着の品質確保のために、接着剤の塗布から補強材貼り合わせまでの工程は、温度・湿度が管理された接着室内で行なわれる。塗布装置は、主剤と硬化剤が常に適正な配合比になるよ

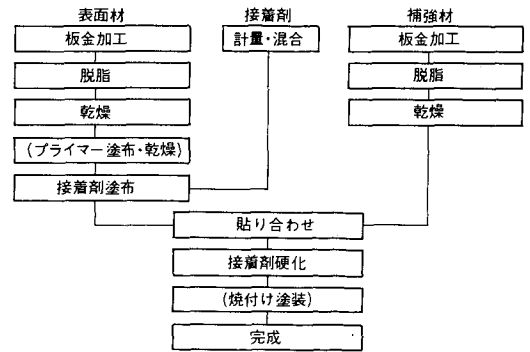


図 5 新しい意匠パネルの製造工程

うにそれぞれ流量の計測・管理がなされ、また、ミキサー内でのゲル化を防止するために、塗布終了時点からの時間計測により自動洗浄がなされている。

新しいパネル製造方法の開発により、部品点数や図面枚数が半減し、工期も短縮され、多品種少量生産品の効率的な生産が実現している。また、従来品と同等以上の性能を確保しながら約 25 % の重量低減も達成されている。

3.3 プレコート鋼板製照明器具の接着組み立て^{5,1)}

製造工程の合理化やコストダウンを目的として、平板段階で鋼板に塗装されたプレコート鋼板の採用が増加している。図 6 は、プレコート鋼板製の照明器具であり、反射板と端板が接着接合されている。従来は、鋼板をスポット溶接した後塗装されていた。プレコート鋼板は溶接ができないので、ネジやカシメなどの機械的接合が採用される場合も多いが、外観意匠性や強度の点で問題も多い。この照明器具では、接着接合の採用により、歪みや変形がない優れた外観意匠性と、薄板でも高強度な接合が実現されている。25×10 mm と 12×10 mm の接着部をそれぞれ 2 カ所ずつ設け、従来 8 カ所でスポット溶接していたものと同程度の強度が確保されている。

接着剤が硬化するまでの固定と硬化時間の短縮は、生産性の点で重要な課題であり、図 6 に示すように、カシメにより仮固定した後、高周波誘導加熱により 6 秒で硬化する方法がとられている。意匠面への接着剤のはみだしの防止も重要で、接合部に溝や段差をつけて接着剤の流出を防止する設計がなされている。なお、プレコート鋼板は、素材のめっき鋼板と塗膜との接着性が優れ、塗膜表面は接着剤との接着性に優れたものが新たに開発採用され、接着剤は、塗膜との相性の良い二液型ウレタン系接着剤

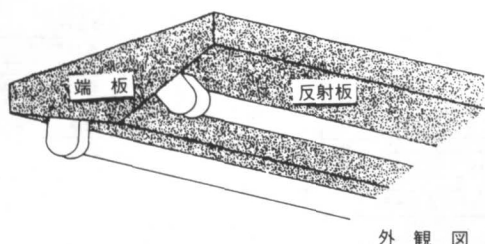


図6 プレコート鋼板製の照明器具の外観と接着組み立て構造

が開発採用されている。

3.4 大画面ディスプレイ用表示素子へのレンズの接着^{6,3)}

競技場などのスポーツ施設や駅のコンコースなどの公共スペースに設置される大画面ディスプレイは、図7の中央に示す表示素子が、数千から数万個並べられて一つの画面を構成している。明るい屋外でも鮮明に見えるためには、発光時の輝度が高く、かつ、発光時と消灯時のコントラストが高いことが必要である。このために、カラーフィルター付プラスチックレンズ(図7左)が、表示素子の発光面(ガラス)に接着されている(図7右)。

図8に、カラーフィルター付きレンズの接着部の構造を示す。ここで、接着剤とプライマーは、カラーフィルター付レンズを表示素子に接着固定する役割と共に、両者の隙間を埋めて、表面での反射を防止する機能及び隙間への雨や汚れの侵入を防止する機能を有している。接着剤には、耐候性、透明性、レンズの熱変形に追従できる柔軟性が要求され、二液付加型シリコン樹脂が使用されている。プライマーは接着性の向上が目的である。カラーフィルターは印刷で作られるが、レンズへの密着性を高めるために、レンズを粗面化し、アンダーコート剤を

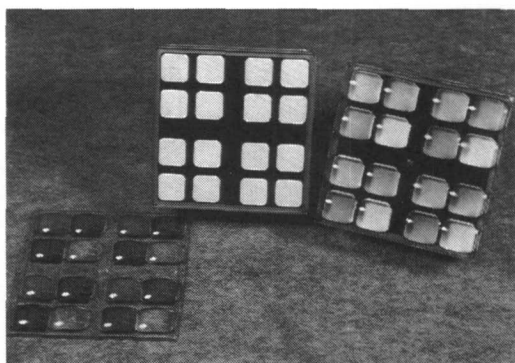


図7 カラーフィルター付レンズを接着した大画面ディスプレイ用表示素子(右)。左はカラーフィルター付レンズ、中央は表示素子

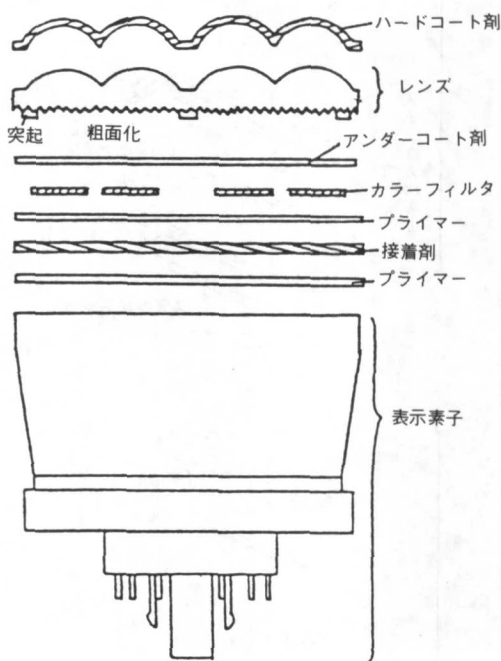


図8 カラーフィルター付レンズの接着部の構造

塗布した面に印刷されている。レンズの熱変形により接着部に加わる応力を低減するために、レンズに突起を形成して接着剤層の厚さを厚くしている。また、接着剤の塗布形状をコントロールして、接着時の気泡の混入を防止している。

3.5 トルクセンサにおけるアモルファス磁性合金の接着

金属箔やフィルムなどの薄葉材料を均一に高強度に接合するには接着が最適である。図9は、回転軸に加わるトルクを非接触で計測する磁歪式トルクセンサの構成図⁷⁾である。このトルクセンサでは、軸(鉄)に鉄系のアモルファス合金薄膜(約30 μm)

の磁歪素片が接着されている。磁歪素片は、帯状のアモルファスを軸に接着後フォトエッチングによるパターニングで作られる。

広い温度範囲にわたって温度ドリフトがなく、高い感度とリニアリティを得るためには、温度により接着剤のヤング率、線膨張係数が変化しないこと、熱応力や接着剤の硬化収縮応力が小さいこと、トルク応力の伝達効率が高いこと、接着層の厚さのバラツキが少ないことなどが要求される。これらの点を解決するために、接着剤のガラス転移温度をセンサ動作温度 (-20 から $+80^{\circ}\text{C}$) の上限以上にし、接着剤の線膨張係数を $41 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と小さくして、アモルファス ($11.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) 及び軸材 ($11.76 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) の線膨張係数に近づけ、硬化収縮率を小さくしたエポキシ系接着剤が使用され、接着剤層の厚さを薄く均一にするために、治具で加圧しながら 120°C で 90 分間の加熱硬化がなされている⁷⁾。より高温用 ($\sim +120^{\circ}\text{C}$) のセンサにはポリイミド系接着剤が使用されており、 250°C で加熱硬化がなされている⁸⁾。

3.6 難接着性プラスチックの接着性改善⁹⁾

軽量化の手段としてプラスチックは有力な材料であるが、PPS, PET, PBT, ナイロン, ポリアセタールなどに代表される結晶性プラスチックは、接着性に劣るという大きな問題を有しており、採用の障害となることも多い。そこで、難接着性プラスチックの接着性改善は大きな課題であり、接着剤の改良、プライマーの開発、表面処理方法の開発など種々の検討がなされている。

このような背景の中で、プラスチックの表面に、大気中で波長の短い紫外線を照射して表面改質する方法が注目されている。表面改質に用いられる波長は、 $1849 \text{ \AA}$ と $2537 \text{ \AA}$ であり、通常低圧水銀ランプが用いられる。図 10 は、大気中で 650 W の低圧水銀ランプの光を 5 cm の距離から PPS 及び PBT に照射し、エポキシ系接着剤で接着した場合の、照射時間と接着強度の関係である。照射しないものでは接着強度が非常に低く、接着剤とプラスチックの界面で破壊するが、30 秒程度の照射からプラスチックが材料破壊する程に接着強度が増加している。図 11 は、照射時間とプラスチックの表面ぬれ指数の関係である。照射時間の増加とともに表面ぬれ指数が大きく増加している。表面分析の結果、紫外線照射により発生したオゾンによる酸化と考えられる極性基の増加が確認されている。このように、紫外線照射による表面改質は、容易で大きな効果が得られ、

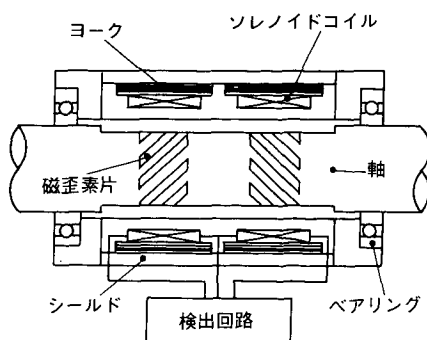


図 9 磁歪式トルクセンサの構成図

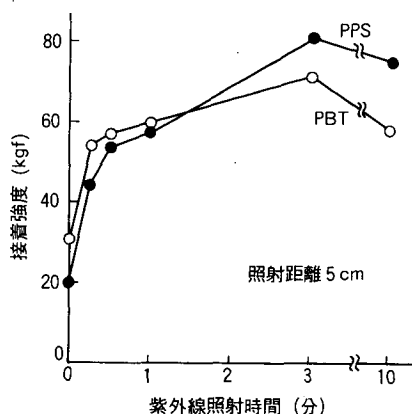


図 10 紫外線照射時間と接着強度の関係

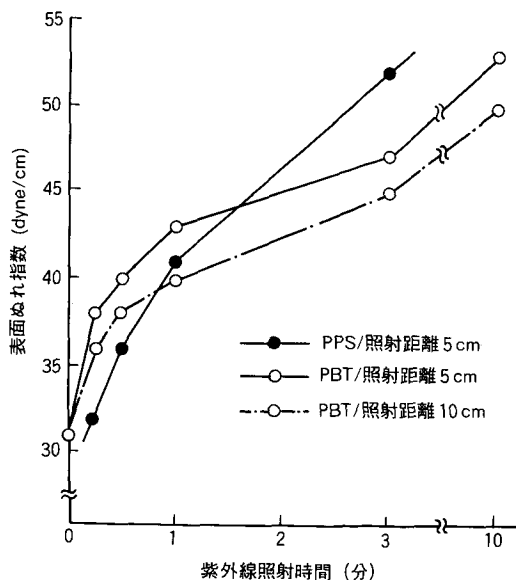


図 11 紫外線照射時間と表面ぬれ指数の関係

今後の展開が期待されている。

4. お わ り に

本稿では、電機製品において、接着技術のどのような利点が活用され、接着の問題点はどのように解決されているのかを、最近の適用例を中心に紹介した。耐久性については言及できなかったが、さまざまな方法で耐久性の向上が図られており¹⁰⁾、接着接合の特性を十分に理解して設計すれば高い信頼性が得られる。電機製品において接着技術は、今後ますます多様で高度な適用がなされようとしており、今後は、既存の接合方法との棲み分け、複合化が進行していくものと思われる。

参 考 文 献

- 1) 原賀康介: “電気機器産業での現状と要点”, 接着シンポジウム要旨集 (溶接学会), (1989) P. 75
- 2) 原賀康介: “ウェルドボンドの強度特性と応用”, 溶接技術, 38 (3) (1990) P. 64
- 3) 藤堂安人: “自動車, 電機に見る接着剤活用術”, 日経ニューマテリアル, No. 87 (1990) P. 10
- 4) 原賀康介, 西川哲也, 山本和美, 服部勝利, 勢力峰生: “新しい構造用ウレタン系接着剤の開発と, そのエレベーター意匠パネルへの適用”, 三菱電機技報, 64 (3) (1990) P. 279
- 5) 原賀康介: “電気機器における接着接合技術”, NEW WELT EC, 4 (9) (1988) p. 38
- 6) 相葉和征, 二石俊一, 大平洋夫, 谷尚記, 原賀康介, 上坂和夫: “大型平面ディスプレイ用表示素子へのフィルタ付きレンズの接着”, 第28回日本接着学会年次大会講演要旨集, (1990) P. 135
- 7) 宇津井良彦, 佐藤博, 池田英男: “磁歪式トルクセンサ”, 電気学会マグネティックス研究会資料, No. MAG-88-158 (1988) P. 19
- 8) 長谷裕之, 若宮正行: National Technical Report, 34 (4) (1988) P. 364
- 9) 寺本和良, 柳浦聡, 原賀康介, 岡島敏浩, 黒川博志: “紫外線照射によるエンブラの表面処理とその接着性”, 第28回日本接着学会年次大会講演要旨集, (1990) P. 115
- 10) 原賀康介, 服部勝利, 山田祥, 伊藤憲治, 高木正巳: “電気機器における構造接着技術の開発と実用化”, 日本接着協会誌, 25 (11) (1989) P. 528

ソ連科学アカデミー物理学研究所研究者とのセミナー

日 時: 平成3年5月23日 (木) 9:50~17:00

会 場: 笹川記念会館4階第1・2会議室

東京都港区三田3-12-12 (☎ 03-3454-5062)

主 催: 日本工学会

共 催: 会員74学協会

幹事学会: 応用物理学会・電気学会・電子情報通信学会
(折衝中)

定 員: 100名

参加費: 日本工学会加盟学協会会員 20,000円

非 会 員 30,000円

プログラム (逐次通訳付)

09:50~10:00 挨拶 担当理事

10:00~11:20 ソ連における科学技術の現状

IGP 物理学研究所副所長, ソ連科学アカ
デミー会員 V. V. Osiko

11:20~12:20 次世代高出力固体結晶レーザーとその応
用

IGP 物理学研究所レーザー工学研究室長
A. A. Danilov

昼 休 (60分)

13:20~14:20 光プロセス技術とその応用

IGP 物理学研究所固体レーザー分光研究
室長 T. T. Basiev

14:20~15:20 新しい固体材料とその応用

IGP 物理学研究所高密度レーザー材料研
究室長 B. I. Denker

休 憩 (20分)

15:40~16:30 分子における光化学プロセス技術

前東京工業大学長, 日本化学学会会長

田中 郁三

16:30~17:00 質疑応答

申込締切: 平成3年5月10日 (金) 本会必着

問い合わせ先: ☎ 107 東京都港区赤坂9-6-41

社団法人 日本工学会

☎ 03-3475-4621 FAX 03-3403-1738