

この外にもBirmingham大学（英国）の Bowen 教授らのグループからSiC繊維強化CASの疲労特性に及ぼす温度、環境の影響に関する発表が行われた。また、東大の香川らはSiC繊維強化ガラスの引張破壊特性に及ぼす界面力学特性の影響についての報告を行った。

このように今回の会議はガラス自体の特性に関するものよりは構造用ガラスの一分野としてのガラス基複合材料に発表が集中している傾向が見られた。これは、SAMPEの組織自体が本来繊維強化プラスチックのようにプラスチッ

クス系の材料を主体にしていくからであり、会議に参加するメンバーの興味の対象を反映しているように思われた。なお、会議のプロシーディングスが“Processing of the Third Japan International SAMPE Symposium: Advanced Materials-New Processing and Reliability, Eds. by T. Kishi, N. Takeda, and Y. Kagawa, Vol. 1, 2”として発刊されているので詳しく内容を知りたい方は参考にしていただければ幸いである。

「第41回応用物理学関係連合講演会」参加報告

松下電器産業(株) 中央研究所 デバイス研究グループ 棚橋 一郎

第41回応用物理学関係連合春季講演会が、桜の花が綻ぶ、平成6年3月28日から31日までの4日間にわたり、明治大学理工学部（川崎市）において開催された。本講演会は、物理学の基礎と応用に関する非常に幅広い分野の研究を主題に開催されるものであり、約4000件の講演が、52のセッションと23のシンポジウムに分かれて行なわれた。また、展示会も並列して催され盛況であった。このような大きな講演会では、限られた分野しか参加することができないため、以下には、著者が特に興味があり参加したシンポジウム「メソスコピック系の物理とその応用の新展開」と中分類分科名「光物性、光デバイス」の中で特に微粒子分散材料に代表される3次非線形光学材料について報告する。両者はいずれもメソスコピック材料に関したものである。最初に、本報告がごく限られた講演の紹介になることをご容赦願いたい。また、著者の参加し

た会場では、参加人数も多く、特に企業からの発表が目立ち、活発な質疑応答がなされたのが印象深かった。

1. メソスコピック系の物理とその応用の新展開

このシンポジウムでは、学問的にまた、将来のデバイス応用の面からも最近注目されているメソスコピック材料（“中視的”尺度の材料）に関する講演があった。以下、講演内容について紹介する。

(1) メソスコピック材料におけるメソスコピック物理（電子が波動としての性質を顕著に示す、および少数の量子の振舞いが平均化されずに観測される）についての講演があった（東大生研、講演番号28p-MA-1）。メソスコピック材料の開発は、極めて高純度でナノスケースの構造化が可能になったことにより急速に進展し、また、この材料の新しい物性現象をエレクトロニクスとして利用して、シス

テムまでも含めた新たなエレクトロニクスを創出するメソスコピックエレクトロニクスの歴史的な流れを含んだ開発についての講演であった。新機能を有する種々のデバイスが提案され大変興味深かった。

次に既存原理に基づくデバイスの限界を越えるために、量子効果に着目した新しい原理による電子デバイスの研究についての講演があったので以下にいくつか報告する。

- (2) 量子細線に関する研究として、量子細線の一部に突起状のスタブ構造を有するスタブ構造量子細線を用いて、電子波の干渉現象の電界による可能性に関する報告があった（NTT、28p-MA3）。結果として干渉現象を通した電界によるコンダクタンスの明瞭な変調を実験的に確かめている。また、量子細線を用いるデバイスの作製方法としては、エッチングと再成長埋め込みを用いる「埋め込み型量子細線作製技術」が有望であり、主流になりつつある。NTTでは、選択ドープ型AlGaAs/GaAsヘテロ構造に対して電子ビーム描画とエッチングにより細線構造を形成後、MOCVDを用いたAlGaAsの再成長埋め込みにより、埋め込み型量子細線を実現している。
- (3) 量子細線や量子ドットに代表される低次元系に特有なサイズ量子効果とそのデバイスへの応用の可能性のひとつとして、変調ドープヘテロ接合界面の周期的折り曲げ構造による一次元電子ガス系の講演があった（日立中研、28p-MA-6）。具体的にはn型AlGaAs/アンダードープGaAs変調ドープヘテロ接合界面を周期的に折曲げると電子濃度が高く、同時に細線としてのパッキング密度の高い一次元電子ガス系が実現できるというものであった。
- (4) 量子効果素子研究の現状と題して量子効果素子の種類と具体的デバイスに関する紹介があった（富士通、28p-MA-7）。量子効果素子には、電子波の広がりや可干渉性を利用した素子（電子波素子）と微細構造で現れてくる量子サイズ効果やトンネル効果を利用した素子（量子化機能素子）があり、デバイス応用を考えると電子波素子の方が夢多いが、実用までにはまだかなりの時間を要する分野であるということであった。一方、量子化機能素子は、1980年代に進んだ超格子素子の研究成果を活用できるため、動作温度も電子波素子よりも高温動作が可能であり、具体的なデバイスの紹介があった。将来は、複数の量子ドットを結合させた記憶機能を示す量子ドット素子の時代の到来を予測され、興味深かった。
- (5) 量子ナノ構造に関する最近の新しい展開についての講演があった（東大生研、28p-MA-8）。量子細線レーザや量子ドットレーザが、その量子効果および体積効果によりレーザ特性が向上することが理論的に示されてきたが、一方、キャリアの緩和のボトルネックが問題となり、ナノ構造レーザの研究意義を疑問視する意見がある。しかしながら、ナノ構造を適切に設計することにより、このような問題を克服することができるという報告がなされ興味深かった。また、量子ナノ構造の実現には、寸法、密度、寸法ゆらぎ、品質、パターンの自由度などの制御が課題となり、寸法においては、10nmの微細加工が実現されているが、この寸法を維持して寸法ゆらぎの問題を克服するには現在のところ極めて困難であり、ブレイクスルーが必要であるとの指摘があった。また、量子細線を評価するのに磁気フォトルミネッセンスを用いると効果的であり、興味深かった。さらに、光と電子を共鳴させるための光微小共振器についての紹介があった。

以上、このシンポジウムでは、ナノメータスケールの微細加工による新規な機能を有する材料、デバイスに関する原理から応用までの幅広い講演があった。このような研究は、商品レベルでの実用化はまだ遠いと考えられるが、新しい学問分野やデバイス概念を与える重要な研究分野であり、今後ますます盛ん

になるものと思われた。

2. 3次非線形光学材料

次世代の光スイッチ等のデバイスの実用化を目的に、半導体微粒子や金属微粒子分散ガラスに代表される3次非線形光学材料の研究が盛んに行なわれており、多数の発表があったので以下に紹介する。今回の講演では、特に高速応答性に優れる金属微粒子に関する講演が大半を占めていた。

(1) 高分子の緩和現象を利用して50mol%もの大量の金微粒子(平均粒径8nm)を含有した非晶質酸化チタン(1 μ m)を石英ガラス上に作製し、その蛍光寿命に関する発表があった(三ツ星ベルト、29a-T-1)。結果として、金微粒子/ナイロン複合体では金微粒子に特有の表面プラズモン吸収ピークが530nmにあるのに対して、金微粒子/非晶質酸化チタンではピークが620nmにシフトし、さらにこの複合体の蛍光寿命は酸化チタン結晶の蛍光寿命より短いことが示され、このことより、非晶質酸化チタンと金微粒子との強い相互作用を示唆すると考えられるとの報告があった。このような微粒子の作製方法は興味深い。

(2) 金属と半導体との複合微粒子をレーザ蒸着法により作製するという発表があった(日本板ガラス、29a-T-4)。これは、半導体微粒子の表面を金属で被覆することで1桁以上非線形光学特性を向上させることができるという理論による。レーザ蒸着法により、CdTe微粒子を形成し、さらにこれを覆うように金を堆積させたところ、金は、いわゆる島状成長をしており、CdTe微粒子を均一には覆っていないが、吸収スペクトルから金とCdTe微粒子との間になんらかの相互作用のあることが報告された。今後、このような複合微粒子の作製と非線形光学特性に関する研究が活発になるのではないかと感じた。

(3) 金微粒子を誘電体薄膜に分散した材料とその非線形光学特性についての発表があった

(TDK、29a-T-5)。スパッタ法により、BaTiO₃あるいはSrTiO₃上にAuペレットを置いたターゲットを用い薄膜を形成した後、700~900℃で熱処理することにより、金微粒子を分散析出させた。金微粒子自体の3次非線形光学定数、 $\chi_m^{(3)}$ 、はSiO₂に分散した金微粒子の場合には微粒子の粒径に依存しないのに対して、誘導体マトリックスに分散したものは粒径の増大とともに減少するという興味深い結果が報告された。マトリックスの効果も今後検討しなければならない重要な課題であると感じた。

(4) 多元スパッタ交互蒸着法による金微粒子とシリカガラスとの積層構造を有する金属微粒子分散ガラス薄膜の非線形光学特性に関する講演があった(松下電器、29a-T-6)。金微粒子の平均粒径は、作製した薄膜を熱処理することで、3~34nmの範囲で制御できた。また、薄膜の3次非線形感受率 $\chi^{(3)}$ は、 3.6×10^{-7} esuを示し、吸収係数 α で規格化した $\chi^{(3)}/\alpha$ は粒径とともに大きくなり次第に飽和した。このような結果は、局所電場因子を用いた計算より予測される傾向と一致することが報告された。

(5) 真空蒸着法による高密度金微粒子とシリカガラスとの積層構造を有する金属微粒子分散ガラス薄膜の非線形光学特性に関する講演があった(三菱重工、山形大、29a-T-7)。作製した薄膜は、530nm付近にプラズモン吸収ピークを示し、金微粒子の平均粒径は、14nmであり、 $\chi^{(3)}$ は、 $\sim 1 \times 10^{-7}$ esuを示したとの報告があった。この薄膜は比較的大きな吸光度を示すことから、金微粒子が高密度で形成されているのではないかと感じた。

(6) スパッタビームのエネルギーと量とを独立にかつ広範囲に制御できるイオンビームスパッタ法による金微粒子分散ガラスの作製に関する講演があった(名大、29a-T-8)。金のスパッタ時間を長くすることにより、表面プラズモン吸収によるピークが大きくなり、ピー

ク位置が長波長側にシフトした。これは粒径の増大による効果であるとの報告があった。

(7) 銅微粒子分散ガラスのフェムト秒非線形光学応答に関する報告があった(名大、HOYA、29a-T-9)。パルス幅 100fsのポンプ光とプローブ光を用いて過渡吸収スペクトルの測定により、ポンプ光強度の減少とともにプラズマ吸収ピークの吸収の回復が高速になることが報告された。このような結果は、銅微粒子に吸収されるエネルギー密度の減少により最高電子温度が低下し、電子温度の回復が高速になるためであると考えており、大変興味深かった。

(8) 銅微粒子と銀微粒子分散ガラスのガラスマトリックスを変化させた場合の3次非線形性に関する報告があった(HOYA、29a-T-10)。銅微粒子分散ガラスの場合には、 P_2O_5-BaO 系ガラスマトリックス(屈折率: 1.7)を用いるよりも B_2O_3-PbO 系ガラスマトリックス(屈折率: 2.07)を用いると $\chi^{(3)}/\alpha$ (α : 吸収係数)が微粒子半径30nmで $1.2 \times 10^{-10} \text{esu} \cdot \text{cm}$ と約4倍大きくなり、このことは、マトリックスの誘電率が大きいほど電場集中効果が顕著になるためであるとの報告があった。また、銀微粒子分散ガラスでは、銅微粒子の場合とは異なり、マトリックスの誘電率の違いによる効果が現れず、これは、銀微粒子では、マトリックスの誘電率

よりも ϵ_m の波長依存性が大きくプラズモンピークのシフトにより、このような効果が見られないという非常に興味深い報告がなされた。今後分散する微粒子とマトリックスとの適切な組み合わせが重要になってくるものと思われる。

(9) CuCl微粒子分散ガラス薄膜の3次非線形に関する報告があった(旭硝子、29a-T-11)。CuCl微粒子分散ガラスは、励起子閉じ込め効果により大きな非線形光学特性を示し、さらにこの非線形光学特性を向上させるためにスパッタ法によりCuCl濃度を上げることが検討された。その結果、ブルーシフトした Z_2 励起子近傍での $\chi^{(3)} > 10^{-3} \text{esu}$ であり、従来よりも3桁高い値を示すことが報告された。スパッタ法は、微粒子の高濃度化に適した方法であると思われる。

以上のように、今回の非線形光学材料に関する講演では、従来の半導体微粒子系材料よりも金属微粒子系材料に関するものが多く、さらに半導体と金属との複合微粒子系材料の作製も試みられていることが特徴的であった。また、近い将来、光スイッチ等のデバイスに応用可能な非線形光学材料が開発されるものと思われた。なお次回の応用物理学学会学術講演会は名古屋市の名城大学で、9月19日~22日に開催される予定である。

A CerS年会参加報告

長岡技術科学大学 化学系 小松 高行

第96回アメセラ年会が4月24~27日までイン

ディアナポリスで開催された。私もアメリカ滞在中のことでもあり、是非一度出席したく、26日と27日の二日間だけであったが発表参加した。

〒940-21 長岡市上富岡町1603-1
Tel. 0258-46-6000