

(第 117 回) 神奈川研究会議事メモ

開催日	2021 年 5 月 11 日 (火)	出席者 敬称略	坂下勲・西村二郎・山崎博・松村眞・ 大谷宏・持田憲秋・猪股勲・宮本公明・ 飯塚弘・神田稔久
時間	15:00~17:00		
場所	TV 会議方式		
資料	撥水性パターンニングにおける表面間力によるハジキ流動 (宮本氏)		
議題	<p>1. 技術課題 撥水性パターンニングにおける表面間力によるハジキ流動 (宮本氏) 議題の概要</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 親水/撥水現象の二次元流動解析 プリンテッドエレクトロニクスとは 親水性・撥水性の起源と流体力学的扱い 2D はじき現象の時間発展解析 2. はじき現象の実験的検討 実験方法の説明 2D 解析と実験結果の比較 3. 親水/撥水現象の三次元流動解析 3D ハジキ現象の時間発展解析法 結果の考察 今後の課題 <p>発表者からのコメント 以前報告したプリンテッドエレクトロニクスのなかの重要技術である親水疎水パターンニングについて、今回、液膜厚の三次元時間変化を差分法で計算した。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 以前の実験で、溝型疎水部では疎水部に沿って溝型にハジクことから、x-y 平面に溝型の疎水部を設定し、領域の外周がすべて対称軸や対称点になるとして境界条件を与えた。 2. 基礎式は膜厚 h の x、y それぞれ 4 階微分を含む偏微分方程式で表された。 3. ハジキが発生し始める限界ハマカー数値は以前の二次元シミュレーションより 1/10 ほど小さく算出された。 4. ハジキの成長速度も 1/10 遅く計算された。この差異の原因はわかっていないので今後、検討の余地がある。 5. 膜厚のハジキ発生限界ハマカー数への効果は、厚いとはじきにくなる点は同じであるが、依存性はかなり小さく算出された。 6. 粘度のハジキ時間への影響は以前の二次元解析と同じく正比例で「ハジキを防ぐには粘度をあげればよい」という塗布の定石を裏付けている。 7. スポット型のハジキの溝型との比較で、スポット型はハジキやすく、ハジキ時間も 1/2 ほど短いことがわかった。これは、ハジキで排除された液は溝型は 2 方向にしか逃げないのに対し、スポット型では 4 方向に逃げることができるためと考えられる。 8. デスカッションで「配線部が線状のケースが現実的なのでシミュレーションすべき」との指摘をいただいた点は是非計算して、実験との比較を行いたい。 <p>以上</p>		

参加者からのコメント

*宮本さんが所属されている研究会の活動内容は素晴らしいと思う。幅が5 μ オーダーのパターニングを印刷技術でどう実現するか、化学・物理・数学の基礎知識を駆使してモデルを作り、数値計算を実行し、結果を活かしてモノ作りと結び付ける・・・化学工学がなすべき仕事なのに、余りやられていなかった分野を開拓されている！（富士フイルムの株価が高騰するのも理解できる）。ただし、用途の広がりが遅いのが気になる。用途開発は研究会のメンバーだけでは難しいと思う。
西村

正直なところ、従来の知見を基に、モデルを作り、数値計算を実行するという、小生には最も苦手な経験の無い分野で、基礎となる知見も無いため、おとなしくしておりました。ただ、計算結果を考察して、実際のモノ作りに結び付ける取り組みを手作りで進めておられる宮本さん達グループの活動に感心いたしました。経済的に中々実現性が見極めが難しいとのご説明でしたが、是非、実業に携わっている方々とも協力できる体制を考え、進めていただければと思いました。進展を期待しております。
猪股

写真生産において致命的な塗布欠陥のひとつであるハジキ欠陥をなくすべく研究する中で、逆にこのハジキ現象をうまく利用した親水撥水パターニングを見出し、そのメカニズムを明らかにし、それをプリンテッド・エレクトロニクスに利用しようとする一連の流れに、ものづくりの原点をみた気がしました。微細なため実験をするにも、また再現性を得るにも苦勞する仕事だと思えます。バルクと異なった材料の表面状態、導電性のナノ物質を含んだインクの物性の差異など、パラメータは山のようにあるように思えます。将来、宮本様あるいはどなたかが、実際に導電性インクを使ったパターニングによりTFTを作り、その有効性が実証されることを期待します。
飯塚

全くの門外漢の私は、思考力が完全にはじかれてしまいました。
フィルム屋さんのお荷物のハジキ現象を、逆に新疎水パターニングに応用しようとする逆転の発想に思考の柔軟さを感じました。
その現象を、2D理論解析し、2D実験を行い、更に3D 実験へ発展させる手法にも手堅さを感じました。
2D理論解析と2D実験の間での未説明事項、更に3D実験での2D実験との大きな差異などの課題解決に向けて、今後の展開と応用の拡大に期待したいと思います。
膜厚とハジキの関係について3D実験では、その影響が小さくなっているとの報告がありましたが、直感的(技術屋的でなく申し訳ありませんが)には理解できるものがあります。更に、高粘度で厚膜、低粘度で厚膜でも結果が異なるように思われます。膜厚と粘度が相互に影響し合っているように思われます。
神田

昔、表面工学を少しばかり、慶応大学の先生に来社ゼミとして1年ほどサワリを教えてもらった記憶がありますが、内容は、化学装置の内表面を如何に酸やスラリーから守るか、或いは発酵槽では接液表面を如何に滑らかにするか、といった身近なテーマであり、すぐに応用できるものでした。
今回の宮本さんご発表のように、ピカピカ表面に何か細工をするといった高度なものでなかったため、知識不足などもあって、内容をよく理解できませんでした。

いま、表面として興味のあるのは、人の内蔵や皮膚などの表面を多くの微生物が共存しつつ住み、食べたものを加工・処理・吸収のために働いているかといった分野で、化学工学から、微生物学といった別分野に足をいれています。

表面というものは、実に広い分野があることを、改めて認識しました。
余談ですが、一昨年安全工学シンポジウムで、「時間は面である」という仮説を発表しましたが、評判は良くありませんでしたが、この仮説を是とすると、いろいろな現象が良く説明できます。続けたいと思っています。 坂下

コメントというより、感想です。

私の現役時代に生きてきたのはプラントを作る Ton, Meter の世界で、このような内容とは全く無縁でした。そのため同じ化学工学であっても、ナノの世界ではこのようなことが行われているとは、宮本さんからプリエレの一連の講義で紹介されて初めて知った次第です。

会社にいるときはできても退職後も物づくりにかかわっていけることはなかなかできないもので、このような活動を続けていけることは立派なことです。

内容は私にとってかなり難しいですが、今後とも最前線の世界をわかりやすく紹介してください。

持田

緻密で精密な研究開発に感心しました。内容は私には半分も理解できなかったと思いますが、こうした地道な努力と、そのような努力を支える体制が日本の製造業の底力ではないかと考えながら拝聴していました。翻ってエンジ産業は本質が請負業なので、具体的なニーズと費用対効果の見通しが明確な開発しか容易に認められません。したがって、このようなシーズ先行型に近い研究開発の意思決定やマネジメントが、どのような判断基準で進められるのか気になりました。それにしても、長年の研究開発努力には感心するばかりです。

松村

- UV 光のマスク露光により感光性ポリマー層に微細な親水化パターンを形成し、親水インクをパターン上に打滴して回路を形成する技術は、プリントド・エレクトロニクスの詳細度を上げるための有力な技術として注目されているとのこと。特にファンデルワールスポテンシャルによる表面と表面の相互作用エネルギーを考慮する微細設計技術には全くの門外漢のため、その内容は大変勉強になりました。
- 実際のミクロンオーダーのパターニングが、親水撥水現象として時系列的にどのように進行するかについて、各種の条件下で、実験と数値シミュレーションの両面からの定量的アプローチは、基礎研究として大変興味深い内容でした。
- 液膜が一定の初期形状から液のハジキ現象が発生する過程が、凸凹のある支持体、ラインスペース形状、粘度、表面張力、液膜厚など、様々な条件下でハマカー定数により整理されることが数値シミュレーションの結果から定量的に示され、それぞれに納得できる内容でした。これを機会に『ハマカー定数』を google で検索し、関連の論文を読んできましたが、理論物理の数学的な理論構成が印象的でした。
- 数値シミュレーションを、2D モデルと3D モデルで実施されていますが、一連の偏微分方程式をメッシュで切って微差分方程式に変換し、さらに領域の外側にメッシュを加えて境界条件を与え、自ら Excel VBA でプログラミングして、一つの計算に一晩を要してパソコンで解かれたとのこと。宮本様の研究心、持続力とその努力に脱帽します。

山崎

* 米国 IBM は 5 月 6 日、2nm(ナノメートル)半導体製造技術によるテストチップの作成に成功したと発表した。現在、台湾の TSMC が商業生産している最先端半導体は 7nm チップだから、それを大幅に超えるもので、2, 3 年以内にインテル社と共同で商業生産に入る予定であるという。翻って、今回の宮本さんの発表によれば、インクジェットパターンの高精細化で検討している線幅は $5 \mu\text{m}$ (5000nm)だと言う。現在の最先端の半導体製造技術は、非常に複雑な製造過程と超高価な製造や検査機械を必要とするので、原理的には単純なプリントドエレクトロニクス技術を使って先端の半導体製造が可能になるならば、製造コストを大幅に引き下げる事が出来るようになり、世の中に大変革をもたらす事が出来るようになると思われる。しかし、インクジェット技術で印刷する線幅 $5 \mu\text{m}$ でも苦勞しているのに、それを 5nm に引き下げろと言われても、それは、そう簡単には出来ないであろう。殆ど不可能に近い話だと思ってしまう。しかし、印刷法による電子デバイス製造技術には、必ずや適切な利用分野があるはずだし、将来性は大きいにあると思う。掛かる観点から、会社から離れてからも、プリントドエレクトロニクス技術に関心を持ち続け、技術的検討を続けている宮本さんの態度に感心させられる。研究開発の第一線に立っている人達だけではなく、外部にインテリジェンスの高い応援団がいらないと、新しい分野ではなかなか技術変革を起こし、成長していくことが出来ないのではないかと考える。

大谷

	<p>2. 幹事会報告 総会後の1時間と時間が制約されていたので、顔合わせと研究会報告が主であった。 ・装置材料研究会がNEDOのプロジェクトに参画した受託費が支払われたので、その1割が事業事務経費としてSCE・Netに振り込まれた。 ・例年初夏に開催される公開講座・入門講座を今年は有料のオンラインセミナーにすることを計画している。</p> <p>3. 今後の予定 6月 西村氏 7月 大谷氏 8月 松村氏 9月 神田氏 10月 見学会 11月 持田氏 12月 小林氏 1月 山崎氏 2月 猪股氏 3月 飯塚氏 4月 西村氏 5月 宮本氏</p>
次回日程	<p>1. 日時 令和3年6月8日(火) 15時~17時 2. 場所 オンライン会議方式 3. 技術課題 西村氏から提供</p>
次々回日程	<p>1. 日時 令和3年7月13日(火) 15時~17時 2. 場所 オンライン会議方式 3. 技術課題 大谷氏から提供</p>